II

*(Actes non législatifs)*

# ACTES ADOPTÉS PAR DES INSTANCES CRÉÉES PAR DES ACCORDS INTERNATIONAUX

Seuls les textes originaux de la CEE (ONU) ont un effet légal en vertu du droit public international. Le statut et la date d'entrée en vigueur du présent règlement sont à vérifier dans la dernière version du document de statut TRANS/WP.29/343 de la CEE (ONU), disponible à l'adresse suivante:

http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html

## Règlement nº 96 de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU) — Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des moteurs destinés aux tracteurs agricoles et forestiers ainsi qu'aux engins mobiles non routiers s'agissant des émissions de polluants du moteur [2019/547]

Comprenant tout le texte valide jusqu'à:

Série 05 d'amendements — Date d'entrée en vigueur: 29 décembre 2018

TABLE DES MATIÈRES

RÈGLEMENT

1. Domaine d'application

2. Définitions et abréviations

3. Demande d'homologation pour un moteur ou une famille de moteurs

4. Homologation

5. Prescriptions et essais

6. Installations sur le véhicule

7. Famille de moteurs et type de moteur

8. Conformité de la production

9. Sanctions pour non-conformité de la production

10. Modifications et extension de l'homologation du type de moteur

11. Arrêt définitif de la production

12. Dispositions transitoires

13. Noms et adresses des services techniques chargés des essais d'homologation et des autorités d'homologation de type

ANNEXES

1. Modèles de dossier d'information et de document d'information

2. Communication

3. Exemples de marques d'homologation

4. Procédure d'essai

5. Méthode d'évaluation des données et de calcul

6. Caractéristiques techniques des carburants de référence prescrites pour les essais d'homologation et le contrôle de la conformité de la production

7. Prescriptions techniques pour les moteurs à bicarburation

8. Méthodologie pour l'adaptation des résultats des essais d'émissions en laboratoire afin d'inclure les facteurs de détérioration

9. Prescriptions relatives aux stratégies de limitation des émissions, aux mesures de limitation des NOX et aux mesures de limitation des émissions de particules

10. Paramètres pour la définition des types de moteurs et des familles de moteurs, ainsi que de leurs modes de fonctionnement

1. DOMAINE D'APPLICATION

Le présent règlement s'applique à tous les moteurs faisant partie des catégories définies au paragraphe 1.1, qui sont installés sur des véhicules de la catégorie T et sur des engins mobiles non routiers ou sont destinés à l'être.

1.1. Aux fins du présent règlement, les catégories de moteurs suivantes, subdivisées en sous-catégories définies à l'appendice 1 du règlement, s'appliquent:

1.1.1. «Catégorie NRE«, aux moteurs destinés aux véhicules de la catégorie T et aux engins mobiles non routiers destinés et propres à se déplacer ou à être déplacés par route ou autrement, et qui ne sont inclus dans aucune des autres catégories définies aux paragraphes 1.1.2 à 1.1.7;

1.1.2. «Catégorie NRG», aux moteurs dont la puissance de référence est supérieure à 560 kW et qui sont exclusivement destinés à être utilisés dans des groupes électrogènes; les moteurs destinés aux groupes électrogènes autres que ceux présentant ces caractéristiques sont inclus dans les catégories NRE ou NRS, en fonction de leurs caractéristiques;

1.1.3. «Catégorie NRSh», les moteurs AC (à allumage commandé) portatifs dont la puissance de référence est inférieure à 19 kW et qui sont exclusivement destinés à être utilisés dans des engins portatifs;

1.1.4. «Catégorie NRS», les moteurs AC destinés aux véhicules de la catégorie T et aux engins mobiles non routiers dont la puissance de référence est inférieure à 56 kW et qui ne sont pas inclus dans la catégorie NRSh;

1.1.5. «Catégorie SMB», les moteurs AC exclusivement destinés à être utilisés dans des motoneiges; les moteurs destinés aux motoneiges autres que les moteurs AC sont inclus dans la catégorie NRE;

(1) La classification des véhicules à moteur et des remorques est reproduite au paragraphe 2 de la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3), document ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.6 — https://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

1.1.6. «Catégorie ATS», les moteurs AC exclusivement destinés à être utilisés sur les véhicules tout-terrain (VTT) et les véhicules côte à côte (VCC), qui sont soit des véhicules de la catégorie T, soit des engins mobiles non routiers; les moteurs destinés aux VTT et aux VCC autres que les moteurs AC sont inclus dans la catégorie NRE.

1.1.7. Un moteur à régime variable d'une catégorie spécifique peut être utilisé en lieu et place d'un moteur à régime constant de la même catégorie.

1.2. Le présent règlement ONU ne s'applique pas à la surveillance des émissions de polluants provenant des moteurs installés sur des véhicules de la catégorie T ou sur des engins mobiles non routiers dont les caractéristiques, les conditions d'utilisation et la charge utile sont hors norme.

2. DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS

2.1. Aux fins du présent règlement, on entend par:

2.1.1. «Paramètre réglable», tout dispositif, système ou élément de conception réglable manuellement (y compris ceux qui sont difficilement accessibles) et qui, une fois réglé, peut avoir une incidence sur les émissions ou l'efficacité d'un moteur lors d'essais d'émissions ou en utilisation normale. Les paramètres réglables concernent, entre autres, le calage de la pompe d'injection et la quantité de carburant injectée;

2.1.2. «Facteurs d'ajustement», des facteurs additifs (facteur d'ajustement vers le haut et facteur d'ajustement vers le bas) ou des facteurs multiplicatifs à prendre en compte durant la régénération périodique (peu fréquente);

2.1.3. «Véhicule tout-terrain (VTT)», un engin mobile non routier ou un véhicule de la catégorie T, propulsé par un moteur, destiné essentiellement à circuler sur des surfaces sans revêtement sur quatre roues ou davantage, équipé de pneumatiques basse pression, et possédant uniquement une selle pour le conducteur ou une selle pour le conducteur et un siège destiné à un seul passager, ainsi qu'un guidon pour le pilotage;

2.1.4. «Température ambiante», dans un laboratoire (par exemple dans la chambre de pesée de filtre), la température régnant dans le laboratoire en question;

2.1.5. «Condensation aqueuse», la précipitation de constituants aqueux lors du passage d'une phase gazeuse à une phase aqueuse;

2.1.6. «Stratégie auxiliaire de limitation des émissions»(AECS), une stratégie de limitation des émissions qui est activée de façon à modifier temporairement la stratégie de base de limitation des émissions dans un but spécifique et en réponse à un ensemble spécifique de conditions ambiantes ou de fonctionnement, et qui ne reste activée que tant que ces conditions existent;

2.1.7. «Stratégie de base de limitation des émissions»(BECS), une stratégie de limitation des émissions qui est active quels que soient le régime et le couple du moteur, à moins qu'une stratégie auxiliaire de limitation des émissions (AECS) ne soit activée;

2.1.8. «Étalonnage», l'opération qui consiste à régler la réponse d'un système de manière telle que ses résultats correspondent à une série de signaux de référence; voir aussi «vérification»;

2.1.9. «Gaz d'étalonnage», un mélange de gaz purifiés utilisé pour étalonner les analyseurs de gaz;

2.1.10. «Moteur à allumage par compression (APC)», un moteur qui fonctionne selon le principe de l'allumage par compression;

2.1.11. «Moteur à régime constant», un moteur dont l'homologation de type n'est valable que pour un seul régime, à l'exclusion des moteurs dont on a neutralisé ou supprimé la fonction régime constant; il peut disposer d'un régime de ralenti qui peut être utilisé lors du démarrage ou de l'extinction du moteur et il peut être équipé d'un régulateur qui peut être réglé sur un autre régime de ralenti lorsque l'on coupe le moteur;

2.1.12. «Cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins mobiles non routiers à régime constant»(«cycle NRSC à régime constant»), l'un des cycles d'essai en conditions stationnaires pour engins mobiles non routiers suivants, définis à l'appendice A.6 de l'annexe 4 du présent règlement: D2, G1, G2 ou G3;

2.1.13. «Fonctionnement à régime constant», le fonctionnement d'un moteur dont le régime est automatiquement maintenu constant par un régulateur qui adapte la commande de l'opérateur, même en conditions de charge changeantes;

2.1.14. «Carter», les espaces fermés à l'intérieur ou à l'extérieur d'un moteur qui sont reliés au carter d'huile par des conduits internes ou externes par lesquels les gaz et les vapeurs peuvent s'échapper;

2.1.15. «Stratégie d'invalidation», une stratégie de limitation des émissions qui réduit l'efficacité du système de limitation des émissions soit durant le fonctionnement normal de l'engin, soit en dehors des procédures d'essai d'homologation de type;

2.1.16. «Système réducteur de $NO_X$», un système de traitement aval des gaz d'échappement destiné à réduire les émissions d'oxydes d'azote ($NO_X$) (par exemple des catalyseurs de $NO_X$ passifs et actifs en régime pauvre, des adsorbeurs de $NO_X$ et des systèmes de réduction catalytique sélective (SCR);

2.1.17. «Facteurs de détérioration», la série de facteurs qui indiquent le lien entre les émissions en début et en fin de période de durabilité des caractéristiques d'émission;

2.1.18. «Point de rosée», une valeur de mesure de l'humidité correspondant à la température d'équilibre à laquelle se condense l'eau sous une certaine pression à partir de l'air humide avec une humidité absolue donnée. Le point de rosée est exprimé en tant que température en °C ou K, et n'est valable que pour la pression à laquelle il est mesuré;

2.1.19. «Dérive», la différence entre un signal zéro ou d'étalonnage et la valeur respective indiquée par un instrument de mesure immédiatement après son emploi dans un essai d'émissions, pour autant que l'instrument ait été mis à zéro et calibré juste avant l'essai;

2.1.20. «Moteur à bicarburation», un moteur conçu pour fonctionner simultanément avec un carburant liquide et un carburant gazeux, chacun possédant son propre circuit d'alimentation, et dans lequel la quantité consommée d'un carburant par rapport à l'autre peut varier selon les conditions de fonctionnement;

2.1.21. «Mode bicarburation», on entend le mode de fonctionnement normal d'un moteur à bicarburation pendant lequel le moteur utilise simultanément le carburant liquide et un carburant gazeux dans certaines conditions de fonctionnement;

2.1.22. «Unité de commande électronique», le dispositif électronique d'un moteur qui fait partie du système de limitation des émissions et qui se sert des données des capteurs du moteur pour gérer les paramètres de celui-ci;

2.1.23. «Système de limitation des émissions», tout dispositif, système ou élément de conception qui limite ou réduit les émissions de polluants réglementés émis par un moteur;

2.1.24. «Stratégie de limitation des émissions», un élément ou un ensemble d'éléments de conception faisant partie de la conception générale d'un moteur ou d'un engin mobile non routier équipé d'un moteur et servant à limiter les émissions;

2.1.25. «Période de durabilité des caractéristiques d'émission»ou «EDP», le nombre d'heures utilisé ou, le cas échéant, la distance parcourue pour déterminer les facteurs de détérioration;

2.1.26. «Utilisateur final», toute personne physique ou morale, autre que le constructeur ou le FEO, qui est responsable du fonctionnement du moteur installé sur un engin mobile non routier ou un véhicule de la catégorie T;

2.1.27. «Famille de moteurs», un groupe de moteurs fabriqués par le même constructeur qui, de par leur conception, possèdent des caractéristiques communes en ce qui concerne les émissions de gaz d'échappement et respectent les valeurs limites d'échappement en vigueur;

2.1.28. «Régime moteur régulé», le régime de fonctionnement du moteur lorsqu'il est réglé par le régulateur en place;

2.1.29. «Date de production du moteur», la date, exprimée en mois et année, à laquelle le moteur subit avec succès le dernier contrôle après avoir quitté la chaîne de production et est prêt à être livré ou mis en stock;

2.1.30. «Type de moteur», un groupe de moteurs ne présentant pas entre eux des différences essentielles en ce qui concerne les caractéristiques définies à l'annexe 10 du présent règlement ONU;

2.1.31. «Entrée en service», la première utilisation d'un véhicule de la catégorie T, conformément à sa finalité, dans une partie contractante;

2.1.32. «Système de traitement aval des gaz d'échappement», un catalyseur, un filtre à particules, un système de réduction des $NO_X$ ou tout autre dispositif de réduction des émissions, y compris toute combinaison de dispositifs ayant les mêmes composants physiques, placé en aval du moteur. Cette définition exclut les systèmes de recirculation des gaz d'échappement (EGR) et les turbocompresseurs, qui sont considérés comme faisant partie du moteur;

2.1.33. «Recirculation des gaz d'échappement»ou «EGR», un dispositif technique qui fait partie du système de limitation des émissions et réduit les émissions en renvoyant les gaz d'échappement expulsés de la ou des chambres de combustion dans le flux d'air d'admission avant ou pendant la combustion, sauf lorsque la distribution est calée pour augmenter la quantité de gaz d'échappement résiduels dans la ou les chambres de combustion qui est mélangée au flux d'air d'admission avant ou pendant la combustion;

2.1.34. «Dilution du flux total», le processus de mélangeage de tout le flux de gaz d'échappement avec l'air de dilution avant de prélever une fraction du flux des gaz d'échappement dilués à des fins d'analyse;

2.1.35. «Carburant gazeux», tout carburant qui existe à l'état totalement gazeux dans des conditions ambiantes normales (298 K et pression ambiante absolue de 101,3 kPa);

2.1.36. «Polluants gazeux», les polluants ci-après en phase gazeuse émis par un moteur: monoxyde de carbone (CO), hydrocarbures totaux (HC) et oxydes d'azote ($NO_X$); les oxydes d'azote, qui comprennent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote ($NO_2$), sont exprimés en équivalent $NO_2$;

2.1.37. «Groupe électrogène», un engin mobile non routier indépendant qui ne fait pas partie d'un groupe motopropulseur, principalement conçu pour produire de l'énergie électrique;

2.1.38. «GER (apport énergétique relatif du gaz)», dans le cas d'un moteur à bicarburation, le rapport entre l'apport énergétique du carburant gazeux et l'apport énergétique de l'ensemble des deux carburants; dans le cas d'un moteur monocarburant, le GER est égal soit à 1 soit à zéro, selon le type de carburant;

2.1.39. «Pratiques techniques reconnues», les évaluations faites en conformité avec les principes scientifiques et techniques généralement admis et les informations techniques disponibles;

2.1.40. «Régulateur», un dispositif ou une stratégie de gestion du moteur qui gère automatiquement le régime ou la charge du moteur, autre qu'un limiteur de surrégime installé sur un moteur de catégorie NRSh limitant le régime maximal du moteur à seule fin d'empêcher le moteur de tourner à des régimes supérieurs à une certaine limite;

2.1.41. «Moteur AC portatif», un moteur AC dont la puissance de référence est inférieure à 19 kW et qui est utilisé dans un équipement qui répond à au moins une des conditions suivantes:

a) être porté par l'opérateur pendant toute la durée de l'exécution de la ou des fonctions pour lesquelles il est conçu;

b) fonctionner dans des positions multiples, par exemple à l'envers ou basculé sur le côté, pour exécuter la ou les fonctions pour lesquelles il est conçu;

c) avoir une masse à sec, y compris le moteur, inférieure à 20 kg et satisfaire en outre à au moins une des conditions suivantes:

i) l'opérateur soutient ou porte l'équipement pendant toute la durée de l'exécution de la ou des fonctions pour lesquelles il est conçu;

ii) l'opérateur soutient ou pilote l'équipement pendant l'exécution de la ou des fonctions pour lesquelles il est conçu;

iii) il est utilisé dans un générateur ou une pompe;

2.1.42. «Filtre HEPA», un filtre à air antiparticules de grande efficacité conçu pour une élimination initiale minimale des particules de 99,97 % sur la base de la norme ASTM F 1471-93;

2.1.43. «Haut régime ($n_{hi}$)», le régime le plus élevé auquel le moteur fournit 70 % de sa puissance maximale;

2.1.44. «Ralenti», le régime moteur le plus bas en charge minimale (charge égale ou supérieure à zéro) lorsqu'un régulateur gère le régime moteur. Pour les moteurs qui en sont dépourvus, le ralenti est le régime annoncé par le constructeur comme étant le régime minimal possible en charge minimale. Par ralenti à chaud, on entend le régime de ralenti du moteur à chaud;

2.1.45. «Première entrée en service»:

a) la première immatriculation, si celle-ci est obligatoire, ou

b) si l'immatriculation n'est obligatoire que pour la circulation sur route ou si elle n'est pas obligatoire, la mise sur le marché;

2.1.46. «Moteur à combustion interne»ou «moteur», un convertisseur d'énergie autre qu'une turbine à gaz conçu pour transformer l'énergie chimique (absorbée) en énergie mécanique (délivrée) grâce à un processus de combustion interne; cela inclut, sur les moteurs qui en sont équipés, le système de limitation des émissions et l'interface de communication (matérielle et messages) entre la ou les unités de commande électronique du moteur et toute autre unité de commande du groupe motopropulseur d'un véhicule de la catégorie T ou d'un engin mobile non routier nécessaires pour satisfaire aux exigences du présent règlement;

2.1.47. «Facteur de recalage ($S_\lambda$)», une expression qui indique la marge de réglage requise du système de gestion du moteur en ce qui concerne une modification du rapport d'excès d'air λ si le moteur fonctionne avec une composition de gaz et non avec du méthane pur;

2.1.48. «Carburant liquide», un carburant qui est à l'état liquide dans des conditions ambiantes normales (298 K et pression ambiante absolue de 101,3 kPa);

2.1.49. «Mode carburant liquide», le mode normal de fonctionnement d'un moteur à bicarburation pendant lequel celui-ci n'utilise aucun carburant gazeux quelles que soient les conditions;

2.1.50. «Bas régime ($n_{lo}$)», le régime le plus bas auquel le moteur fournit 50 % de sa puissance maximale;

2.1.51. «Mise sur le marché», toute fourniture d'un moteur ou d'un engin mobile non routier destiné à être distribué ou utilisé sur le marché d'une partie contractante dans le cadre d'une activité commerciale, à titre onéreux ou gratuit;

2.1.52. «Constructeur», toute personne physique ou morale responsable, devant l'autorité d'homologation, de tous les aspects de l'homologation par type et de la conformité de la production des moteurs, que cette personne participe ou non directement à toutes les étapes de la conception et de la construction du moteur soumis à homologation;

2.1.53. «Représentant du constructeur»ou «représentant», toute personne physique ou morale établie dans la partie contractante, que le constructeur mandate dûment par écrit pour le représenter dans les domaines relevant de l'autorité d'homologation de la partie contractante et pour agir pour son compte dans les domaines relevant du présent règlement;

2.1.54. «Puissance nette maximale», la valeur maximale de la puissance nette sur la courbe nominale de puissance à pleine charge du type de moteur concerné;

2.1.55. «Régime de couple maximal», le régime du moteur auquel on obtient le couple maximal du moteur, indiqué par le constructeur;

2.1.56. «Puissance nette», la puissance en «Kw»du moteur, mesurée au banc d'essai, en bout de vilebrequin ou de l'organe équivalent, selon la méthode de mesure de la puissance des moteurs à combustion interne définie dans le règlement ONU nº 120 relatif à la mesure de la puissance nette, du couple net et de la consommation spécifique de carburant des moteurs à combustion interne destinés aux tracteurs agricoles, aux tracteurs forestiers et aux engins mobiles non routiers;

2.1.57. «Engin mobile non routier»toute machine mobile, tout équipement transportable ou tout véhicule, pourvu ou non d'une carrosserie ou de roues, non destiné au transport routier de passagers ou de marchandises, y compris tout engin installé sur le châssis de véhicules destinés au transport routier de passagers ou de marchandises;

2.1.58. «Émissions de gaz de carter», tout flux de gaz provenant du carter ouvert d'un moteur qui est envoyé directement dans l'atmosphère;

2.1.59. «Commande de l'opérateur», une action de l'opérateur pour commander la puissance produite par le moteur;

2.1.60. «Fabricant d'équipements d'origine»ou «FEO», toute personne physique ou morale qui construit des engins mobiles non routiers ou des véhicules de la catégorie T;

2.1.61. «Moteur de base», un moteur choisi dans une famille de moteurs de telle sorte que ses caractéristiques d'émissions soient représentatives de cette famille;

2.1.62. «Système de traitement aval des particules», un système de traitement aval des gaz d'échappement conçu pour réduire les émissions de particules par séparation mécanique ou aérodynamique, par diffusion ou par inertie;

2.1.63. «Dilution du flux partiel», la méthode d'analyse des gaz d'échappement qui consiste à séparer une partie du flux des gaz d'échappement total et à la mélanger avec une quantité appropriée d'air de dilution avant de l'envoyer au filtre de collecte des particules;

2.1.64. «Nombre de particules»ou «PN», le nombre de particules solides d'un diamètre supérieur à 23 nm émises par un moteur;

2.1.65. «Particules (PM)», toute matière qui est recueillie sur un filtre aux caractéristiques précises après dilution des gaz d'échappement avec de l'air filtré propre de sorte que la température ne dépasse pas 325 K (52 °C);

2.1.66. «Particules polluantes», toute matière émise par un moteur qui se mesure en masse (PM) ou en nombre de particules (PN);

2.1.67. «Taux de charge», la fraction en pourcentage du couple maximal disponible utilisée à un régime donné du moteur;

2.1.68. «Installé de façon permanente», boulonné ou solidement fixé d'une autre manière, de sorte qu'il ne puisse pas être enlevé sans l'aide d'outils ou de matériel, à une embase ou tout autre support pour que le moteur fonctionne en un seul endroit dans un bâtiment, une structure, un établissement ou une installation;

2.1.69. «Mise sur le marché», la première commercialisation, dans une partie contractante, d'un moteur ou d'un engin mobile non routier. Pour les véhicules de la catégorie T, la mise sur le marché s'entend comme leur mise en circulation;

2.1.70. «Sonde», la première section de la ligne de transfert qui achemine l'échantillon jusqu'à l'élément suivant du système de prélèvement;

2.1.71. «Puissance nette nominale», la puissance nette en kW délivrée par le moteur au régime nominal, déclarée par le constructeur;

2.1.72. «Régime nominal», le régime maximal à pleine charge permis par le régulateur d'un moteur, tel que défini par le constructeur, ou, en l'absence de régulateur, le régime auquel le moteur atteint la puissance nette maximale indiquée par le constructeur;

2.1.73. «Réactif», tout agent consommable ou non récupérable nécessaire au bon fonctionnement du système de traitement aval des gaz d'échappement;

2.1.74. «Puissance de référence», la puissance nette qui est utilisée pour déterminer les valeurs limites d'émission applicables au moteur;

2.1.75. «Régénération», l'opération pendant laquelle les niveaux d'émissions changent alors que l'efficacité du système de traitement aval des gaz d'échappement se rétablit selon un processus prévu par le constructeur et qui peut être continu ou peu fréquent (périodique);

2.1.76. «Mode service», un mode spécial de fonctionnement des moteurs à bicarburation qui est activé à des fins de réparation ou pour garer l'engin mobile non routier en un endroit sûr lorsque le fonctionnement en mode bicarburation n'est pas possible;

2.1.77. «Moteur AC», un moteur qui fonctionne selon le principe de l'allumage commandé (AC) par étincelle;

2.1.78. «Véhicule côte à côte»ou «VCC», un engin mobile non routier ou un véhicule de la catégorie T autopropulsé, commandé par l'opérateur et non articulé, destiné essentiellement à circuler sur des surfaces sans revêtement sur quatre roues ou davantage, dont la masse à vide minimale en ordre de marche est de 300 kg (y compris l'équipement standard, le liquide de refroidissement, les lubrifiants, le carburant et les outils mais à l'exclusion des accessoires facultatifs et du conducteur) et la vitesse maximale par construction est égale ou supérieure à 25 km/h; un tel véhicule est aussi conçu pour transporter des personnes et/ou des marchandises et/ou pour tirer et pousser du matériel, est dirigé par une commande autre qu'un guidon, est destiné à des fins récréatives ou utilitaires et ne peut transporter plus de six personnes, y compris le conducteur, assises côte à côte sur un ou plusieurs sièges autres que des selles;

2.1.79. «Moteur monocarburant», un moteur autre qu'un moteur à bicarburation;

2.1.80. «Motoneige», un engin autopropulsé qui est destiné à circuler hors route essentiellement sur la neige, qui est propulsé par des chenilles en contact avec la neige et dirigé par un ou plusieurs skis en contact avec la neige, et dont la masse à vide maximale en ordre de marche est de 454 kg (y compris l'équipement standard, le liquide de refroidissement, les lubrifiants, le carburant et les outils mais à l'exclusion des accessoires facultatifs et du conducteur);

2.1.81. «Réglage de l'étendue», le réglage d'un instrument de manière à ce qu'il donne une réponse appropriée à une norme d'étalonnage qui représente entre 75 % et 100 % de la valeur maximale de la plage de mesure de l'instrument ou de la plage d'utilisation prévue;

2.1.82. «Gaz de réglage de l'étendue», un mélange de gaz purifiés qui sert à régler les analyseurs de gaz;

2.1.83. «Émissions spécifiques», les émissions massiques exprimées en g/kWh;

2.1.84. «Engin fixe», un engin qui est destiné à être installé de façon permanente à un endroit lors de sa première utilisation et qui n'est pas destiné à être déplacé, par route ou autrement, hormis durant son transport du lieu de construction au lieu de première installation;

2.1.85. «Cycle d'essai en conditions stationnaires», un cycle d'essai dans lequel le régime et le couple moteur sont maintenus dans un ensemble fini de valeurs nominalement constantes; il peut être effectué en mode discret ou à modes raccordés;

2.1.86. «Stœchiométrique», la valeur d'un rapport air/carburant tel que si le carburant était entièrement oxydé, il n'y aurait pas de carburant ou d'oxygène restant;

2.1.87. «Support de prélèvement», un filtre à particules, un sac-échantillon ou tout autre moyen de stockage utilisé pour le prélèvement par lots;

2.1.88. «Modification non autorisée», la désactivation, l'adaptation ou la modification du système de contrôle des émissions, y compris tout logiciel ou autre élément de commande logique de ce système, ayant pour conséquence, volontaire ou non, de diminuer l'efficacité du moteur en matière d'émissions;

2.1.89. «Cycle d'essai», une suite de points d'essai, correspondant chacun à un régime et à un couple précis, devant être appliqués avec le moteur en phase d'essai, en conditions de fonctionnement stationnaires ou transitoires;

2.1.90. «Intervalle d'essai», un intervalle de temps pendant lequel sont déterminées les émissions spécifiques au frein;

2.1.91. «Tolérance», l'intervalle dans lequel se situent 95 % d'un ensemble de valeurs enregistrées d'une quantité donnée, les 5 % restants sortant de l'intervalle de tolérance;

2.1.92. «Cycle d'essai en conditions transitoires», un cycle d'essai comportant une séquence de valeurs normalisées de régime et de couple présentant des variations seconde par seconde dans le temps;

2.1.93. «Homologation de type», la procédure par laquelle une autorité d'homologation certifie qu'un type de moteur ou une famille de moteurs satisfait aux dispositions administratives et aux exigences techniques applicables du présent règlement;

2.1.94. «Mise à jour/enregistrement», la fréquence avec laquelle l'analyseur fournit les nouvelles valeurs du moment;

2.1.95. «Moteur à régime variable», un moteur autre qu'un moteur à régime constant;

2.1.96. «Cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins mobiles non routiers à régime variable»(«cycle NRSC à régime variable»), tout cycle NRSC qui n'est pas un cycle NRSC à régime constant;

2.1.97. «Vérification», le fait d'évaluer si les résultats d'un système de mesure concordent avec une série de signaux de référence appliqués dans une ou plusieurs limites préalablement fixées. Voir aussi «étalonnage»;

2.1.98. «Filtre à particules aval de surface», un filtre à particules aval dans lequel tous les gaz d'échappement sont contraints de passer à travers une paroi qui filtre les matières solides;

2.1.99. «Indice de Wobbe»ou «indice W», le produit du pouvoir calorifique correspondant d'un gaz par unité de volume par la racine carrée de sa densité relative dans les mêmes conditions de référence:

$$W = H_{gas} \times \sqrt{\frac{\rho_{air}}{\rho_{gas}}}$$

2.1.100. «Réglage du zéro», le fait de régler un instrument d'une manière telle qu'il donne une réponse de zéro en présence d'un gaz d'étalonnage de concentration nulle, tel que l'azote purifié ou l'air purifié;

2.1.101. «Gaz de réglage du zéro», un gaz donnant une réponse de zéro dans un analyseur;

2.2. Symboles et abréviations

2.2.1. Symboles

Les symboles sont expliqués au paragraphe 3.2 de l'annexe 4 et on trouvera les symboles spécifiques dans les annexes correspondantes.

2.2.2. Abréviations

| | |
|---|---|
| APC | Allumage par compression |
| ASTM | American Society for Testing and Materials |
| BMD | Minidilueur pour prélèvement en sac |
| BSFC | Consommation spécifique de carburant par ch de puissance utile |
| CFV | Tube de venturi à écoulement critique |
| CLD | Détecteur par chimiluminescence |
| CVS | Prélèvement à volume constant |
| *DeNO*$_X$ | *Système de traitement aval des NO*$_X$ |
| DF | Facteur de détérioration |
| ECM | Module électronique de commande |
| EFC | Régulation électronique de débit |
| EGR | Recyclage des gaz d'échappement |
| FID | Détecteur à ionisation de flamme |
| GC | Chromatographie en phase gazeuse |
| GPL | Gaz de pétrole liquéfié |

| | |
|---|---|
| HCLD | Détecteur à chimiluminescence chauffé |
| HFID | Détecteur à ionisation de flamme chauffé |
| IBP | Point d'ébullition initial |
| ISO | Organisation internationale de normalisation |
| NDIR | Analyseur dans l'infrarouge non dispersif |
| NDUV | Analyseur dans l'ultraviolet non dispersif |
| NIST | US National Institute for Standards and Technology |
| NMC | Convertisseur de HCNM |
| PDP | Pompe volumétrique |
| %FS | Pourcentage de l'échelle totale |
| PFD | Dilution de flux partiel |
| *PFS* | Système à flux partiel |
| PTFE | *Polytétrafluoréthylène (couramment appelé Teflon*™ (marque déposée)) |
| RMC | Cycle à modes stationnaires raccordés |
| RMS | Valeur moyenne quadratique |
| RTD | Détecteur de température résistif |
| SAE | Society of Automotive Engineers |
| SSV | Venturi subsonique |
| UCL | Limite supérieure de confiance |
| UFM | Débitmètre ultrasonique |

3. DEMANDE D'HOMOLOGATION POUR UN MOTEUR OU UNE FAMILLE DE MOTEURS

3.1. La demande d'homologation pour un type de moteur ou une famille de moteurs du point de vue du niveau des émissions de polluants gazeux et de particules est présentée par le constructeur du moteur ou par un représentant dûment accrédité.

3.2. Le demandeur doit fournir à l'autorité d'homologation de type un dossier d'information constitué des éléments suivants:

a) un document d'information, donnant la liste des carburants de référence et, si le constructeur le demande, tout autre carburant, mélange de carburants ou émulsion de carburants indiqués au paragraphe 5.1.3 et décrits à l'annexe 6 du présent règlement;

b) l'ensemble des données, dessins, photographies et autres éléments d'information pertinents concernant le type de moteur ou, le cas échéant, le moteur de base;

c) tout autre renseignement demandé par l'autorité d'homologation de type dans le cadre d'une demande d'homologation de type;

d) une description du type de moteur et, le cas échéant, les caractéristiques de la famille de moteurs définie à l'annexe 10 du présent règlement.

3.3. Le dossier d'information peut être communiqué soit sous forme imprimée soit sous un format électronique accepté par le service technique et par l'autorité d'homologation.

3.3.1. Les demandes soumises sur papier doivent être présentées en triple exemplaire, les dessins doivent être à l'échelle appropriée et suffisamment détaillés, sur des feuilles ou dans un dossier de format A4. Les photographies doivent être suffisamment détaillées.

3.4. Le constructeur doit mettre à la disposition du service technique chargé d'effectuer les essais d'homologation définis au paragraphe 5 un moteur conforme au type ou, dans le cas d'une famille de moteurs, aux caractéristiques du moteur de base défini à l'appendice A.3 de l'annexe 1 du présent règlement.

3.5. Dans le cas d'une demande d'homologation de type d'une famille de moteurs, si le service technique décide que le moteur de base choisi n'appartient pas complètement à la famille de moteurs définie à l'appendice A.3 de l'annexe 1, le constructeur doit mettre à sa disposition un autre moteur et, si nécessaire, encore un autre moteur de base, que le service technique pourra considérer comme appartenant à cette famille de moteurs.

4. HOMOLOGATION

4.1 Si le moteur présenté à l'homologation en application du paragraphe 3 du présent règlement satisfait aux prescriptions du paragraphe 5 ci-après l'homologation pour ce type de moteur ou cette famille de moteurs est accordée. L'autorité d'homologation délivre alors la fiche de communication décrite à l'annexe 2.

Dans un souci de clarté et pour faciliter l'accès aux données pertinentes, la fiche de communication se compose d'un additif qui contient les documents les plus pertinents relatifs au type de moteur ou à la famille de moteurs qui ont fait l'objet d'une homologation de type.

Pour recevoir une homologation de type pour un type de moteur ou une famille de moteurs, le constructeur doit apporter la preuve que le type de moteur ou la famille de moteurs en question est conforme aux prescriptions du présent règlement énoncées aux paragraphes 5, 6 et 8 et aux annexes 4, 7, 8, 9 et 10. Le constructeur doit aussi s'assurer que les carburants de référence utilisés sont ceux énumérés à l'annexe 6, eu égard à l'appendice 4 du présent règlement.

En outre, pour faire homologuer un véhicule équipé d'un moteur homologué ou un autre véhicule, en ce qui concerne leurs émissions, le FEO doit respecter les prescriptions d'installation énoncées au paragraphe 6.

4.2. Si le constructeur autorise l'utilisation de carburants disponibles sur le marché autres que les carburants de référence définis à l'annexe 6, les dispositions de l'appendice 4 du présent règlement s'appliquent.

4.3. Marques d'homologation et étiquetage des moteurs

4.3.1. Un numéro d'homologation est attribué à chaque type de moteur ou famille de moteurs homologués, dont les deux premiers chiffres indiquent la série d'amendements correspondant au plus récentes modifications techniques majeures apportées au règlement, à la date de délivrance de l'homologation. Le numéro d'homologation est suivi d'un code d'identification indiquant une des catégories et une des sous-catégories définies dans le tableau 1 figurant à l'appendice A.1 de l'annexe 3. Vient ensuite une barre oblique («/») et le code du type de carburant défini dans le tableau 2 de l'appendice A.1 de l'annexe 3. Dans le cas des moteurs à bicarburation, le second carburant indiqué dans le tableau 3 de l'appendice A.1 de l'annexe 3 représente le carburant gazeux. Une même partie contractante ne peut attribuer ce numéro à un autre type de moteur ou une autre famille de moteurs.

4.3.2. L'homologation ou l'extension ou le refus de l'homologation d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs, en application du présent règlement, est communiquée aux parties à l'accord de 1958 appliquant le présent règlement au moyen d'une fiche conforme au modèle visé à l'annexe 2, le cas échéant, du présent règlement. Les valeurs obtenues au cours de l'essai du type sont aussi indiquées.

4.3.3. Sur tout moteur conforme à un type de moteur ou à une famille de moteurs homologués en application du présent règlement, il est apposé de manière bien visible et en un endroit facilement accessible, une marque internationale d'homologation composée:

4.3.3.1. D'un cercle à l'intérieur duquel est placée la lettre «E», suivi du numéro distinctif du pays qui a accordé l'homologation([2]);

4.3.3.2. Du numéro du présent règlement, suivi de la lettre «R», d'un tiret et du numéro d'homologation, placé à droite du cercle prescrit au paragraphe 4.3.3.1.

([2]) La liste des numéros distinctifs des Parties contractantes à l'Accord de 1958 est reproduite à l'annexe 3 de la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3), document ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.6, annexe 3 — www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/ wp29resolutions.html.

4.3.4. Si le moteur est conforme à un type ou à une famille homologués en application d'un ou de plusieurs autres règlements annexés à l'accord dans le pays qui a accordé l'homologation en application du présent règlement, il n'est pas nécessaire de répéter le symbole prescrit; en pareil cas, le numéro du règlement, le numéro d'homologation et les symboles additionnels pour tous les règlements pour lesquels l'homologation a été accordée dans le pays qui a accordé l'homologation en application du présent règlement sont inscrits l'un au-dessous de l'autre, à droite du symbole prescrit au paragraphe 4.3.3.1 ci-dessus.

4.3.5. La marque d'homologation est placée à côté de la plaque apposée par le constructeur sur le type de moteur homologué ou directement sur celle-ci.

4.3.6. Si le marquage réglementaire du moteur est masqué par certaines pièces sur des véhicules de la catégorie T ou des engins mobiles non routiers, le constructeur doit l'apposer en un autre endroit, visible celui-ci.

4.3.7. On trouvera à l'annexe 3 du présent règlement des exemples de marques d'homologation.

4.3.8. Les moteurs homologués porteront, en plus de la marque d'homologation:

a) la marque de fabrique ou de commerce du constructeur du moteur et l'adresse à laquelle il peut être joint;

b) le nom donné par le constructeur au type de moteur ou, le cas échant, à la famille de moteurs à laquelle il appartient;

c) le numéro de code moteur attribué par le constructeur;

d) la date de production du moteur, telle qu'elle est définie au paragraphe 2.1.29 du présent règlement.

4.3.9. Méthode de fixation du marquage réglementaire

4.3.9.1. Le marquage réglementaire doit être fixé sur une pièce indispensable au fonctionnement normal du moteur, qui en principe n'est jamais remplacée.

4.3.9.2. Il doit être fixé de telle façon qu'il reste sur le moteur aussi longtemps que celui-ci produira des émissions et doit être facilement lisible et indélébile.

4.3.9.3. En cas d'utilisation d'étiquettes ou de plaques, elles devront être fixées de telle façon qu'elles ne puissent être enlevées sans être détruites ou effacées.

4.4. L'autorité d'homologation doit constituer un dossier d'information composé du dossier conducteur, du procès-verbal d'essai et de tous les autres documents ajoutés par elle et le service technique, dans l'exercice de leurs fonctions. Ce dossier d'information doit inclure une liste des éléments qui le composent, clairement numérotés, qui détaille chacun des documents, afin que l'on puisse retrouver les différentes étapes de l'homologation, notamment les dates des révisions et des mises à jour.

L'autorité d'homologation doit veiller à ce que les renseignements contenus dans le dossier d'information restent disponibles pendant au moins vingt-cinq ans après la fin de la validité de l'homologation de type en question.

5. PRESCRIPTIONS ET ESSAIS

5.1. Généralités

Les moteurs doivent être conçus, fabriqués et montés de façon à satisfaire aux prescriptions du présent règlement.

5.1.1. Les mesures techniques prises par le constructeur doivent être telles que les émissions polluantes de gaz et de particules soient effectivement limitées, comme indiqué à l'appendice 2 du présent règlement, tout au long de la vie normale du moteur, comme indiqué à l'appendice 3 du présent règlement dans des conditions normales d'utilisation.

5.1.1.1. À cette fin, les émissions d'émission finales obtenues lors des essais effectués conformément aux prescriptions du paragraphe 5.1.2 ne doivent pas dépasser les limites fixées à l'appendice 2 de ce paragraphe:

a) lorsque le moteur est soumis à des essais conformément aux conditions et aux procédures techniques détaillées énoncées à l'annexe 4 du présent règlement;

b) lorsqu'il est utilisé avec le ou les carburants définis au paragraphe 5.1.3;

c) lorsqu'on utilise les cycles d'essai prescrits à l'appendice A.6 de l'annexe 4 du présent règlement.

5.1.2. Les valeurs finales des émissions provenant des moteurs soumis au présent règlement doivent être calculées en appliquant ce qui suit aux résultats des essais obtenus en laboratoire:

a) les émissions de gaz de carter prescrites au paragraphe 5.7;

b) tout facteur d'ajustement nécessaire lorsque le moteur est équipé d'un système de traitement aval à régénération peu fréquente;

c) pour tous les moteurs, en fin de calcul, les facteurs de détérioration applicables aux périodes de durabilité des caractéristiques d'émission définies à l'appendice 2 du présent règlement et calculées selon les prescriptions de l'annexe 8.

5.1.3. Conformément à l'appendice 4 du présent règlement, les essais d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs visant à déterminer s'ils satisfont aux limites d'émissions prescrites dans le présent règlement doivent être effectués en utilisant les carburants ou combinaisons de carburants de référence ci-dessous, selon le cas:

a) gazole;

b) essence;

c) mélange essence/huile, pour les moteurs AC deux temps;

d) gaz naturel/biométhane;

e) gaz de pétrole liquéfié (GPL);

f) éthanol.

Le type de moteur ou la famille de moteurs doivent en outre satisfaire aux limites d'émissions prescrites dans le présent règlement en ce qui concerne tous les autres carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburant indiqués par le constructeur dans sa demande d'homologation de type, qui sont décrits à l'appendice 4 du présent règlement.

5.1.4. S'agissant de la procédure à suivre pour les mesures et les essais, les prescriptions techniques doivent être respectées en ce qui concerne:

a) l'appareillage et les procédures à utiliser pour la conduite des essais;

b) l'appareillage et les procédures à utiliser pour la mesure et l'échantillonnage des émissions;

c) les méthodes d'évaluation et de calcul des données;

d) les méthodes de détermination des facteurs de détérioration;

e) les méthodes permettant de prendre en considération les émissions de gaz de carter;

f) les méthodes permettant de déterminer et de prendre en considération la régénération en continu ou peu fréquente des systèmes de traitement aval;

g) les moteurs à gestion électronique des catégories NRE et NRG, qui doivent satisfaire aux limites d'émission prescrites à l'appendice 2 du présent règlement et utiliser la gestion électronique pour déterminer à la fois la quantité de carburant à injecter et le moment de l'injection ou pour activer, désactiver ou moduler le système de réduction des émissions de $NO_X$ par les moyens suivants:

i) stratégies de réduction des émissions et la documentation nécessaire à la présentation de ces stratégies;

ii) mesures de réduction des $NO_X$ et la méthode utilisée pour présenter ces mesures;

iii) zone associée au cycle d'essai en conditions stationnaires pertinent, à l'intérieur de laquelle l'excédent d'émissions autorisé par rapport aux limites prescrites dans l'appendice 2 du présent règlement est défini;

iv) choix par le service technique de points de mesure supplémentaires à l'intérieur de la plage de contrôle pendant les essais d'émissions au banc.

5.1.5. Tout réglage, réparation, démontage, nettoyage ou remplacement d'éléments ou de systèmes du moteur, effectué de façon périodique pour prévenir tout dysfonctionnement du moteur n'est autorisé que s'il est techniquement nécessaire à un bon fonctionnement du système antipollution défini au paragraphe 3.4 de l'annexe 8.

5.2. Si, conformément aux paramètres définissant une famille de moteurs énoncés à l'annexe 10, celle-ci couvre plus d'une plage de puissance, le moteur de base (aux fins de l'homologation de type) et tous les types de moteurs appartenant à cette même famille (aux fins de la conformité de la production) doivent, en ce qui concerne les plages de puissance pertinentes:

a) satisfaire aux limites d'émissions les plus sévères;

b) subir des cycles d'essais correspondant aux limites d'émissions les plus sévères;

c) être soumis aux essais d'homologation de type et mis sur le marché le plus tôt possible, comme indiqué au paragraphe 12.

5.3. Les prescriptions techniques applicables aux stratégies de réduction des émissions, définies à l'annexe 9 du présent règlement s'appliquent.

5.4. L'utilisation de stratégies d'invalidation est interdite.

5.5. Les types et les familles de moteurs doivent être équipés d'origine de systèmes de limitation des émissions, de façon à éviter toute modification non autorisée dans la mesure du possible. À cette fin, les paragraphes 3 et 4 de l'annexe 9 et l'appendice A.3 de l'annexe 9 s'appliquent.

5.6. Mesures et essais dans la zone associée au cycle d'essai en conditions stationnaires.

5.6.1. Prescriptions générales

Le présent paragraphe s'applique aux moteurs à gestion électronique des catégories NRE et NRG qui satisfont aux limites d'émission prescrites à l'appendice 2 du présent règlement et utilisent la gestion électronique pour déterminer à la fois la quantité de carburant à injecter et le moment de l'injection ou pour activer, désactiver ou moduler le système de réduction des émissions de $NO_X$.

Il définit les prescriptions techniques applicables à la zone associée au cycle d'essai en conditions stationnaires pertinent, à l'intérieur de laquelle l'excédent d'émissions autorisé par rapport aux limites prescrites dans l'appendice 2 du présent règlement est défini.

Lorsqu'un moteur est soumis à des essais, conformément au paragraphe 5.6.4, les échantillons d'émissions polluantes de gaz et de particules prélevés en tout point choisi de façon aléatoire à l'intérieur de la zone de contrôle considérée définie au paragraphe 5.6.2 ne doivent pas dépasser les valeurs limites définies à l'appendice 2 du présent règlement multipliées par le facteur 2,0.

Le paragraphe 5.6.3 définit les modalités du choix par le service technique de points de mesure supplémentaires à l'intérieur de la plage de contrôle pendant les essais d'émission au banc afin de démontrer que les prescriptions du paragraphe 5.6.1 sont respectées.

Le constructeur peut demander que le service technique supprime des points de l'une quelconque des plages de mesure définies au paragraphe 5.6.2 pendant la démonstration prescrite au paragraphe 5.6.3. Le service technique peut autoriser cette suppression si le constructeur peut apporter la preuve que le moteur ne peut fonctionner à ces points lorsqu'il est utilisé dans n'importe quel engin mobile non routier ou ensemble de véhicules de la catégorie T.

Les instructions de montage fournies par le constructeur au FEO conformément à l'appendice 5 du présent règlement doivent définir les limites supérieures et inférieures de la plage de contrôle et inclure une déclaration précisant que le FEO ne doit pas installer le moteur de façon à l'obliger de fonctionner en permanence à des combinaisons régime/couple exclusivement situées en dehors de la plage de contrôle pour la courbe de couple correspondant au type de moteur ou à la famille de moteurs homologués.

5.6.2. Plage de contrôle du moteur

La plage de contrôle dans laquelle doivent être menés les essais du moteur doit être celle qui est définie dans le présent paragraphe et correspondre au cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins mobiles non routiers (NRSC) du moteur soumis à l'essai.

5.6.2.1. Plage de contrôle des moteurs soumis au cycle NRSC C1

Ces moteurs fonctionnent à des régimes et sous des charges variables. Certaines parties de la plage de contrôle sont exclues en fonction de la catégorie (ou de la sous-catégorie) et du régime du moteur.

5.6.2.1.1. Moteurs à régime variable de la catégorie NRE ayant une puisse nette maximale égale ou supérieure à 19 kW et moteurs à régime variable de la catégorie NRG.

La plage de contrôle (voir figure 1) est définie comme suit:

Limite supérieure du couple: courbe de couple à pleine charge;

Régime moteur: régime A à $n_{hi}$

où:

Régime A = $n_{lo} + 0{,}15\,(n_{hi} - n_{lo})$;

$n_{hi}$ = Haut régime (voir paragraphe 2.1.43);

$n_{lo}$ = Bas régime (voir pararagraphe 2.1.50).

Sont exclus des essais:

a) les points en dessous de 30 % du couple maximum;

b) les points en dessous de 30 % de la puisse nette maximale.

Si le régime A mesuré ne diffère pas de plus de 3 % du régime déclaré par le constructeur, c'est ce dernier qui est utilisé. Au-delà de cette tolérance, c'est le régime mesuré qui est retenu.

Les points d'essai intermédiaires situés à l'intérieur de la plage de contrôle sont déterminés comme suit:

Pourcentage du couple = pourcentage du couple maximum

$$\text{Pourcentage du régime} = \frac{(n - n_{idle})}{(n_{100\,\%} - n_{idle})} \cdot 100$$

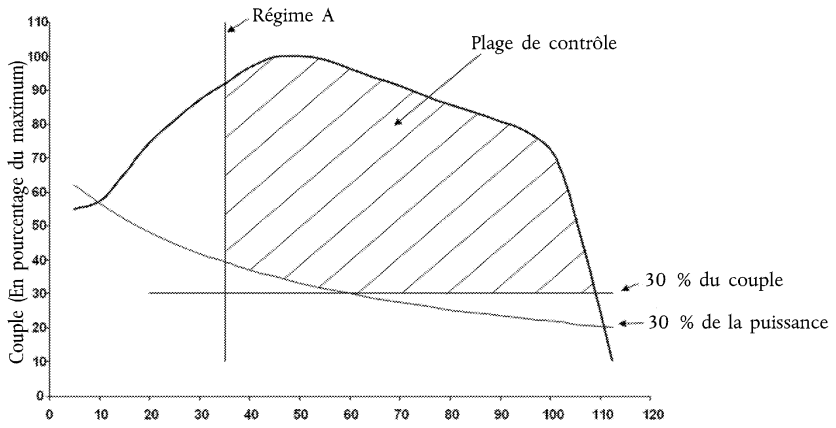
où:

$n_{100\,\%}$ est le régime maximum pour le cycle d'essai correspondant, et

$n_{idle}$ est le régime de ralenti.

*Figure 1*

**Plage de contrôle pour les moteurs à régime variable de la catégorie NRE ayant une puisse nette maximale supérieure ou égale à 19 kW et les moteurs à régime variable de la catégorie NRG**




5.6.2.1.2. Moteurs à régime variable de la catégorie NRE ayant une puisse nette maximale inférieure à 19 kW

La plage de contrôle définie au paragraphe 5.6.2.1.1 s'applique avec les exclusions ci-dessous, illustrées aux figures 2 et 3:

a) pour les particules seulement, si le régime moteur C est inférieur à 2400 tr/min, les points situés à droite ou au-dessous de la ligne formée en reliant les points correspondant à 30 % du couple maximum ou à 30 % de la puisse nette maximale, si cette seconde valeur est plus élevée, au régime moteur B et à 70 % de la puisse nette maximale à haut régime;

b) pour les particules seulement, si le régime moteur C est égal ou supérieur à 2400 tr/min, les points situés à droite de la ligne formée en reliant les points correspondant à 30 % du couple maximum ou à 30 % de la puisse nette maximale, si cette seconde valeur est plus élevée, au régime moteur B à 50 % de la puisse nette maximale à 2400 tr/min et à 70 % de la puisse nette maximale à haut régime.

où:

Régime moteur B = $n_{lo} + 0{,}5 \times (n_{hi} - n_{lo})$;

Régime moteur C = $n_{lo} + 0{,}75 \times (n_{hi} - n_{lo})$;

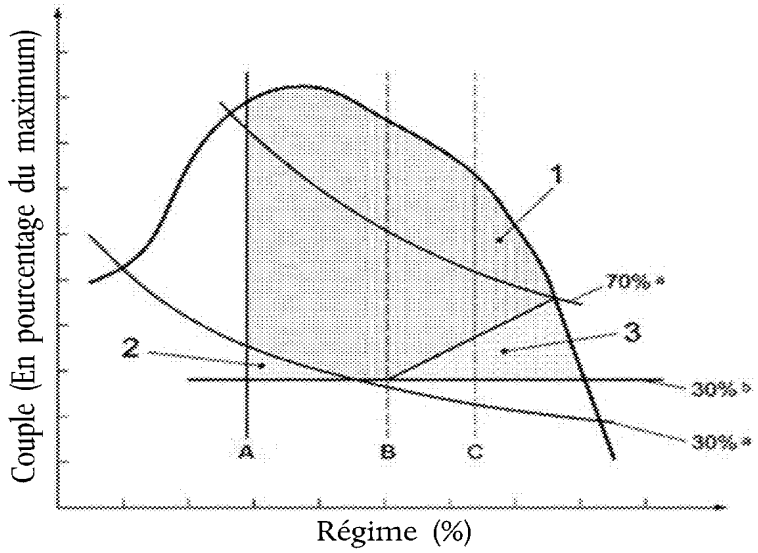
$n_{hi}$ = haut régime (voir paragraphe 2.1.43);

$n_{lo}$ = bas régime (voir paragraphe 2.1.50).

Si les régimes A, B et C mesurés ne diffèrent pas de plus de 3 % du régime déclaré par le constructeur, c'est ce dernier qui est utilisé. Au-delà de cette tolérance, c'est le régime mesuré qui est retenu.

*Figure 2*

**Plage de contrôle pour les moteurs à régime variable de la catégorie NRE ayant une puisse nette maximale inférieure à 19 kW et un régime C inférieur à 2400 tr/min**




Key

1 Plage de contrôle

2 Exclusion toutes émissions

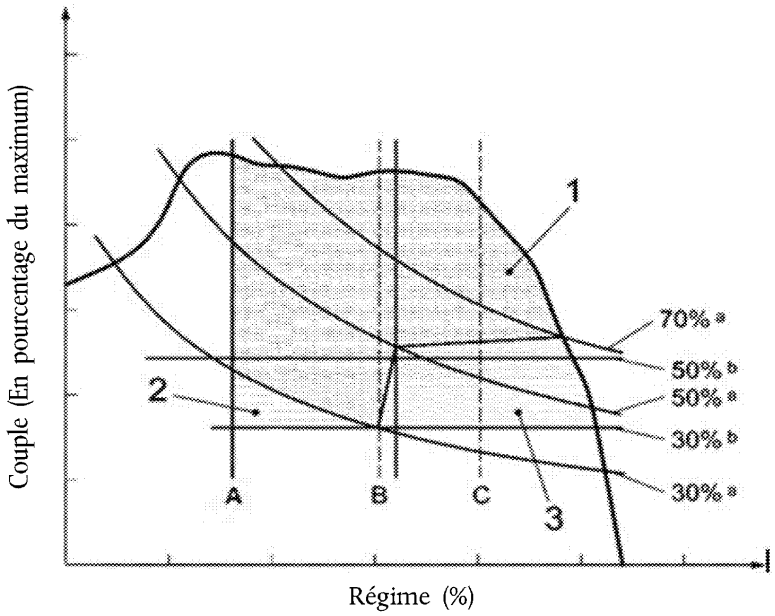
3 Exclusion particules

a Pourcentage de la puissance nette maximale

b Pourcentage du couple maximum

*Figure 3*

**Plage de contrôle pour les moteurs à régime variable de la catégorie NRE ayant une puisse nette maximale inférieure à 19 kW et un régime C supérieur ou égal à 2400 tr/min**



*Légende*

1 Plage de contrôle

2 Exclusion toutes émissions

3 Exclusion particules

[a] Pourcentage de la puissance nette maximale

[b] Pourcentage du couple maximum

5.6.2.2. Zone de contrôle pour les moteurs soumis aux essais sur des cycles NRSC D2 et G2

Ces moteurs fonctionnent principalement à un régime très proche de leur régime nominal, de sorte que la plage de contrôle se définit comme suit:

Régime moteur:100 %

Plage de couple:50 % du couple correspondant à la puissance maximale.

5.6.3. Prescriptions en matière de démonstration

Le service technique doit choisir de façon aléatoire trois points de charge et de régime moteur dans la plage de contrôle pour procéder à des essais. Pour les moteurs soumis au paragraphe 5.6.2.1, il doit choisir au maximum trois points. Pour les moteurs soumis au paragraphe 5.6.2.2, un point suffit. Le service technique doit aussi déterminer de façon aléatoire l'ordre de passage des points d'essai. Les essais doivent être effectués conformément aux prescriptions principales du cycle NRSC mais chaque point d'essai doit être évalué séparément.

5.6.3.1. Pour le choix aléatoire des points prescrits au paragraphe 5.6.3, il faut utiliser des méthodes statistiques de randomisation reconnues.

5.6.4. Prescriptions en matière d'essai

L'essai doit être effectué immédiatement après le cycle NRSC comme suit:

a) l'essai des points de couple et de régime moteur choisis de façon aléatoire doit être effectué soit immédiatement après la séquence d'essai NRSC en mode discret, décrite aux points a) à e) du paragraphe 7.8.1.2 de l'annexe 4 mais avant les procédures post-essai f) soit après le cycle d'essai à modes raccordés («RMC») décrit aux points a) à d) du paragraphe 7.8.2.3 de l'annexe 4 mais avant les procédures post-essai e), selon qu'il convient;

b) les essais doivent être effectués conformément aux points b) à e) du paragraphe 7.8.1.2 de l'annexe 4, à l'aide de la méthode à filtres multiples (un filtre pour chaque point d'essai) pour chacun des points d'essai choisis conformément au paragraphe 3;

c) une valeur d'émissions spécifique doit être calculée (en g/kWh ou #/kWh selon le cas) pour chaque point d'essai;

d) les valeurs d'émissions peuvent être calculées sur la base de la masse, conformément à l'appendice A.1 de l'annexe 5 ou sur une base molaire, conformément à l'appendice A.2 de l'annexe 5, mais elles doivent être compatibles avec la méthode utilisée pour le cycle d'essai NRSC en mode discret ou le cycle d'essai RMC;

e) pour les calculs de sommation concernant les émissions de gaz et de particules, le cas échéant, $N_{mode}$ dans les équations (A.5-64), (A.5-136) ou (A.5-180), doit être fixé à 1 et un facteur de pondération de 1 doit être utilisé;

f) pour les calculs de particules, il faut utiliser la méthode à filtres multiples et pour les calculs de sommation, $N_{mode}$ dans l'équation (A.5-67) doit être fixé à 1 et un facteur de pondération de 1 doit être utilisé.

5.6.5. Régénération

Dans le cas où une régénération surviendrait immédiatement avant ou pendant la procédure décrite au paragraphe 5.6.4, l'essai pourrait être annulé à la fin de cette procédure à la demande du constructeur, quelle que soit la cause de la régénération, auquel cas l'essai doit être recommencé. Les mêmes points de couple et de régime moteur doivent être utilisés, même si l'ordre peut être modifié. Il n'est pas nécessaire de reprendre un point de couple ou de régime moteur qui a déjà réussi. Pour le nouvel essai, il faut suivre la procédure ci-dessous:

a) le moteur doit fonctionner de façon à ce que la régénération arrive à son terme et, le cas échéant, que la charge de particules dans le filtre aval ait été rétabli;

b) la procédure de montée en température du moteur doit être effectuée conformément au paragraphe 7.8.1.1 de l'annexe 4;

c) la procédure d'essai définie au paragraphe 5.6.4 doit être recommencée à partir du point b) du paragraphe 5.6.4.

5.7. Vérification des émissions de gaz de carter

5.7.1. Les moteurs en fonctionnement peuvent émettre des gaz de carter dans les gaz d'échappement en amont de tout dispositif aval.

5.7.2. Les gaz de carter qui sont émis directement dans l'air ambiant doivent être ajoutés aux émissions de gaz d'échappement lors de tous les essais d'émissions. C'est la raison pour laquelle le constructeur doit monter les moteurs de telle façon que tous les gaz de carter soient dirigés vers le système d'échantillonnage conformément aux prescriptions du paragraphe 6.10 de l'annexe 4 du présent règlement.

6. INSTALLATIONS SUR LE VÉHICULE

6.1. Informations et instructions destinées aux équipementiers et aux utilisateurs finals

6.1.1. Le constructeur ne doit pas communiquer aux équipementiers ou aux utilisateurs finals des informations techniques relatives aux éléments prévus dans le présent règlement qui diffèrent des éléments approuvés par l'autorité d'homologation de type.

6.1.2. Le constructeur doit mettre à la disposition des équipementiers toutes les informations et les instructions pertinentes nécessaires à l'installation correcte d'un moteur sur des engins mobiles non routiers ou sur des véhicules de la catégorie T, y compris une description des éventuelles conditions particulières ou restrictions concernant l'installation ou l'utilisation du moteur.

6.1.3. Le constructeur doit mettre à la disposition des équipementiers toutes les informations et les instructions pertinentes nécessaires destinées à l'utilisateur final, y compris une description des éventuelles conditions particulières ou restrictions concernant l'utilisation d'un moteur.

6.1.4. Le constructeur doit mettre à la disposition des équipementiers la valeur des émissions de dioxyde de carbone ($CO_2$) établie durant le processus d'homologation de type et leur donner pour instruction de communiquer cette information, accompagnée d'explications sur les conditions d'essai, à l'utilisateur final de l'engin mobile non routier ou le véhicule de la catégorie T sur lequel le moteur est destiné à être installé.

6.1.5. Le détail des informations et instructions pertinentes à l'intention des équipementiers figure dans l'appendice 5 du présent règlement.

6.2. Obligations des équipementiers concernant l'installation de moteurs

6.2.1. Les équipementiers doivent installer des moteurs ayant fait l'objet d'une homologation de type sur des engins mobiles non routiers conformément aux instructions communiquées par le constructeur en vertu du paragraphe 6.1.2, et de manière à ne pas affecter les performances des moteurs en matière d'émissions de gaz polluants et de particules polluantes.

6.2.2. Lorsqu'un équipementier ne suit pas les instructions visées au paragraphe 6.2.1 ou modifie un moteur au cours de son installation sur un engin mobile non routier ou un véhicule de la catégorie T d'une manière qui affecte les performances du moteur en matière d'émissions de gaz polluants et de particules polluantes, il est considéré comme un constructeur aux fins du présent règlement et, en particulier, est soumis aux obligations énoncées aux paragraphes 5, 7, 8 et 9.

6.2.3. Les équipementiers ne doivent installer des moteurs ayant fait l'objet d'une homologation de type sur des engins mobiles non routiers et des véhicules de la catégorie T qu'aux fins des types d'utilisation exclusive prévus pour les catégories de moteur visées au paragraphe 1.1.

6.2.4. Lorsque la marque d'homologation du moteur visée à l'annexe 3 n'est pas visible sans enlever de pièces, l'équipementier doit apposer, de manière visible, sur l'engin mobile non routier ou le véhicule de la catégorie T, un duplicata de ladite marque visée à ladite annexe et dans l'acte d'exécution pertinent, qui est fourni par le constructeur.

6.2.5. Le détail des informations et instructions pertinentes à l'intention des utilisateurs finals figure dans l'appendice 6 du présent règlement.

7. FAMILLE DE MOTEURS ET TYPE DE MOTEUR

7.1. Paramètres définissant une famille de moteurs

Une famille de moteurs, telle qu'elle est définie par le fabricant des moteurs, doit satisfaire aux critères énoncés à l'annexe 10.

7.2. Choix du moteur de base

Le moteur de base doit être choisi conformément aux prescriptions énoncées à l'annexe 10.

7.3. Paramètres permettant de définir un type de moteur

Les caractéristiques techniques d'un type de moteur sont celles définies dans le document d'information établi conformément au modèle présenté à l'appendice A.3 de l'annexe 1.

8. CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION

8.1. Tous les moteurs portant la marque d'homologation prescrite dans le présent règlement doivent être fabriqués de façon à être conformes, en ce qui concerne la description figurant dans le certificat d'homologation et ses annexes, au type homologué. Les procédures de fabrication doivent satisfaire aux prescriptions ci-dessous, notamment à celles figurant à l'annexe 1 de l'accord (E/ECE/TRANS/505/Rev.3).

8.2. Définitions

Aux fins du présent paragraphe, les définitions ci-après s'appliquent. On entend par:

8.2.1. «Système de gestion de la qualité», un ensemble d'éléments interdépendants dont se servent les institutions pour diriger l'application des politiques de gestion de la qualité et veiller à ce que leurs objectifs soient atteints;

8.2.2. «Vérification», un processus qui consiste à rassembler des éléments d'information pour voir comment les critères de vérification sont appliqués; elle doit être objective, impartiale et indépendante et elle doit être à la fois systématique et documentée;

8.2.3. «Mesures correctives», un processus consistant à résoudre les problèmes, suivi de mesures destinées à supprimer les causes d'un refus de conformité ou toute situation indésirable et à éviter qu'elle se reproduise;

8.3. Objet

8.3.1. Le contrôle de la conformité de la production vise à ce que chaque moteur soit conforme aux prescriptions en matière de caractéristiques, d'efficacité et de marquage applicables au type ou à la famille de moteurs homologués;

8.3.2. Le contrôle de la conformité de la production se compose de deux éléments indissociables, à savoir l'évaluation des systèmes de gestion de la qualité, appelée «évaluation initiale»selon la définition figurant au paragraphe 8.4 et le contrôle des produits appelé «contrôle de la conformité des produits», définis au paragraphe 8.5.

8.4. Évaluation initiale

8.4.1. Avant d'accorder une homologation de type, l'autorité d'homologation vérifie que le constructeur a établi des procédures satisfaisantes pour assurer un contrôle efficace de façon que les moteurs en cours de production soient conformes au type ou à la famille de moteurs homologués;

8.4.2. L'évaluation initiale doit obéir aux directives concernant la surveillance des systèmes de gestion de la qualité et ou de l'environnement énoncées dans la norme EN ISO 19011:2011;

8.4.3. L'autorité d'homologation doit se satisfaire de l'évaluation initiale et des modalités du contrôle de la conformité des produits énoncées au paragraphe 8.5, en tenant compte, le cas échéant d'une des dispositions décrites aux paragraphes 8.4.3.1 à 8.4.3.3, de plusieurs d'entre elles ou de la totalité d'entre elles, selon le cas;

8.4.3.1. L'évaluation initiale et/ou la vérification des dispositions de contrôle de la conformité des produits peuvent être effectuées par l'autorité d'homologation ou un organisme nommé par elle pour agir en son nom;

8.4.3.1.1. Pour se faire une idée de l'évaluation initiale, l'autorité d'homologation peut prendre connaissance des informations disponibles concernant le certificat du constructeur qui n'a pas été obtenu au titre du paragraphe 8.4.3.3;

8.4.3.2. L'évaluation initiale et la vérification de la conformité des produits peuvent aussi être effectuées par l'autorité d'homologation d'une autre partie contractante ou par l'organisme mandaté par elle;

8.4.3.2.1. Si tel est le cas, l'autorité d'homologation de l'autre partie contractante doit établir un certificat de conformité précisant les domaines et les installations de production qu'elle a contrôlés, en ce qui concerne les moteurs devant être homologués;

8.4.3.2.2. Dès qu'elle reçoit une demande de déclaration de conformité d'une autorité d'homologation d'une partie contractante, l'autorité d'homologation d'une autre partie contractante doit immédiatement envoyer le certificat de conformité ou faire savoir qu'elle n'est pas en mesure de produire ce document;

8.4.3.2.3. Le certificat de conformité doit comprendre au moins les éléments suivants:

8.4.3.2.3.1. Le nom du groupe ou de la société (par exemple XYZ);

8.4.3.2.3.2. La région d'implantation (par exemple Europe);

8.4.3.2.3.3 Le numéro de l'unité de production [unité de production n° 1 (Turquie) — unité de production n° 2 (Allemagne)];

8.4.3.2.3.4 .Les types et/ou les familles de moteurs concernés;

8.4.3.2.3.5. Activité couverte (par exemple montage des moteurs, essai des moteurs, fabrication de systèmes de traitement aval

8.4.3.2.3.6. Documents examinés (par exemple manuel concernant la qualité du site)

8.4.3.2.3.7. Date de l'évaluation (par exemple vérification menée entre le 18 et le 30 mai 2018);

8.4.3.2.3.8. Date prévue de la visite de contrôle (par exemple octobre 2020).

8.4.3.3. L'autorité d'homologation doit aussi accepter le certificat de conformité du constructeur correspondant à la norme EN ISO 9001:2008 ou une norme équivalente, qui atteste que les prescriptions d'évaluation initiale du paragraphe 8.4 sont remplies. Le constructeur doit donner des détails du certificat et s'engager à informer l'autorité d'homologation de toute modification de sa validité ou de sa portée.

8.5. Modalités du contrôle de la conformité des produits

8.5.1. Tous les moteurs homologués en vertu du présent règlement doivent être fabriqués de façon à être conformes au type ou à la famille de moteurs homologués en satisfaisant aux prescriptions du présent paragraphe.

8.5.2. Avant d'accorder une homologation de type en vertu du présent règlement, l'autorité d'homologation doit s'assurer qu'il existe des dispositions adéquates et des plans de contrôle détaillés, documents qui doivent être convenus avec le constructeur pour chaque homologation, afin d'effectuer à des intervalles prescrits les essais ou les contrôles connexes servant à vérifier la continuité de la conformité avec le type ou la famille de moteurs, notamment, le cas échéant, les essais prescrits au paragraphe 5 du présent règlement.

8.5.3. Le titulaire de l'homologation de type doit:

8.5.3.1. S'assurer de l'existence et de l'application de procédures de contrôle efficaces de la conformité des moteurs avec le type ou la famille de moteurs homologués;

8.5.3.2. Avoir accès aux équipements d'essai ou autres nécessaires pour vérifier la conformité avec chaque type ou famille de moteurs homologués;

8.5.3.3. S'assurer que les données d'essai ou les résultats des contrôles soient consignés et que les documents annexés restent disponibles pendant une période pouvant aller jusqu'à dix ans, qui doit être fixée en accord avec l'autorité d'homologation;

8.5.3.4. Dans le cas des moteurs des catégories NRS et NRSh, sauf des catégories NRS-v-2b et NRS-v-3, s'assurer que pour chaque type de moteur on effectue au minimum les contrôles et les essais prescrits dans le présent règlement. S'agissant des autres catégories de moteurs, le constructeur et l'autorité d'homologation peuvent décider que les essais, obéissant à des critères appropriés, porteront uniquement sur un seul élément ou un groupe d'éléments;

8.5.3.5. Analyser les résultats de chaque type d'essai ou de contrôle afin de vérifier la stabilité des caractéristiques du produit, en tenant compte des variations constatées dans la production industrielle;

8.5.3.6. S'assurer que tout ensemble d'échantillons considérés comme non conformes dans l'essai en question entraînera un nouvel échantillonnage ainsi qu'un nouvel essai et un nouveau contrôle.

8.5.4. Si les résultats de la nouvelle vérification ou du nouveau contrôle mentionnés au paragraphe 8.5.3.6 ci-dessus sont considérés comme non satisfaisants par l'autorité d'homologation, le constructeur doit veiller à ce que la conformité de la production soit rétablie dès que possible en prenant des mesures correctives approuvées par l'autorité d'homologation.

8.6. Poursuite de la vérification

8.6.1. L'autorité qui a accordé l'homologation est habilitée à vérifier périodiquement les méthodes de contrôle de la conformité de la production appliquées dans chaque installation de production. Pour ce faire, le constructeur doit lui donner libre accès aux installations de production, aux lieux d'inspection, d'essai, de stockage et de distribution et doit lui communiquer tous les renseignements nécessaires concernant les registres relatifs au contrôle de la qualité.

8.6.1.1. Normalement, ces vérifications périodiques consistent à s'assurer que les procédures prescrites aux paragraphes 8.4 et 8.5 (évaluation initiale et modalités du contrôle de la conformité des produits) conservent leur efficacité.

8.6.1.1.1. Les activités de surveillance menées par les services techniques doivent être considérées comme satisfaisant aux prescriptions du paragraphe 8.6.1.1 pour ce qui est des procédures établies lors de l'évaluation initiale.

8.6.1.1.2. La fréquence minimum des vérifications (autres que celles mentionnées au paragraphe 8.6.1.1.1) visant à garantir que les contrôles de conformité de la production appliqués conformément aux paragraphes 8.4 et 8.5 sont effectués pendant une période qui dépend du climat de confiance instauré par l'autorité d'homologation doit être au moins d'une fois tous les deux ans. Cependant, des vérifications supplémentaires doivent être effectuées par l'autorité d'homologation, en fonction de la production annuelle, des résultats des évaluations précédentes, de la nécessité de suivre la mise en œuvre des mesures correctives et de toute demande raisonnable émanant d'une autre autorité d'homologation ou d'un organisme de surveillance des marchés.

8.6.2. Lors de chaque contrôle, les résultats des essais, des contrôles et les chiffres de la production et notamment les résultats des essais et des contrôles détaillés mentionnés au paragraphe 8.5.2 doivent pouvoir être contrôlés par l'inspecteur.

8.6.3. L'inspecteur peut choisir de façon aléatoire les échantillons qui seront soumis à des essais dans le laboratoire du constructeur ou dans les installations du service technique, auquel cas il s'agira uniquement d'essais physiques. Le nombre minimum d'échantillons peut être déterminé d'après les résultats de la vérification effectuée par le constructeur.

8.6.4. Si le niveau de contrôle semble insuffisant ou s'il semble nécessaire de vérifier la validité des essais effectués conformément au paragraphe 8.6.2 ou en cas de demande raisonnable formulée par une autre autorité d'homologation, l'inspecteur choisit les échantillons qui seront soumis à des essais dans le laboratoire du constructeur ou qui seront envoyés au service technique pour qu'il les soumette à des essais physiques conformément aux prescriptions formulées au paragraphe 8.7 du présent règlement.

8.6.5. Si l'autorité d'homologation qui a accordé l'homologation lors d'une inspection ou d'un contrôle estime que les résultats obtenus sont insuffisants, elle veille à ce que toutes les mesures nécessaires soient prises pour rétablir la conformité de la production le plus rapidement possible; elle peut notamment retirer l'homologation qu'elle avait accordée si elle estime que les mesures correctives prises par le constructeur sont insuffisantes.

8.6.6. Si l'autorité d'homologation d'une autre partie contractante estime que les résultats obtenus sont insuffisants, elle peut demander à l'autorité qui avait accordé l'homologation de vérifier que les moteurs en cours de fabrication sont toujours conformes au type ou à la famille de moteurs homologués. Dès qu'elle reçoit cette demande, l'autorité d'homologation doit prendre les mesures décrites au paragraphe 8.6.5.

8.7. Prescriptions concernant les essais destinés à vérifier la conformité de la production en cas de niveau insuffisant du contrôle de la conformité des produits comme indiqué au paragraphe 8.6.

8.7.1. Lorsque la conformité de la production est jugée insuffisante, comme indiqué aux paragraphes 8.6.4, 8.6.5 ou 8.6.6, elle doit être vérifiée par des essais d'émissions, conformément aux prescriptions figurant dans la fiche de communication.

8.7.2. Sauf prescriptions contraires du paragraphe 8.7.3, la procédure ci-dessous s'applique.

8.7.2.1. Trois moteurs et, le cas échéant, trois systèmes de traitement aval sont prélevés de façon aléatoire dans le lot de moteurs du type considéré produits. D'autres moteurs peuvent être prélevés si nécessaire pour prendre une décision. Pour obtenir la conformité, quatre moteurs au moins doivent être soumis à des essais.

8.7.2.2. Une fois que les moteurs ont été prélevés par l'inspecteur, le constructeur n'a plus le droit d'effectuer le moindre réglage sur ceux-ci.

8.7.2.3. Les moteurs doivent être soumis aux essais d'émissions conformément aux prescriptions de l'annexe 4 ou, dans le cas des moteurs à bicarburation, conformément à l'annexe 7, ainsi qu'aux cycles d'essais correspondant au type de moteur conformément à l'appendice A.6 de l'annexe 4.

8.7.2.4. Les valeurs limites sont celles fixées à l'appendice 2 du présent règlement. Si un moteur équipé d'un système de traitement aval effectue des régénérations peu fréquentes, comme indiqué au paragraphe 6.6.2 de l'annexe 4, les résultats d'émissions de polluants gazeux et de particules doivent être corrigés au moyen du facteur applicable au type ou à la famille de moteurs considérés. Dans tous les cas, les résultats d'émissions de polluants gazeux ou de particules doivent être corrigés au moyen des facteurs de détérioration (FD) appropriés correspondant à ce type ou à cette famille de moteurs, facteurs qui ont été déterminés conformément au paragraphe 5 du présent règlement.

8.7.2.5. Les essais doivent être effectués sur des moteurs neufs.

8.7.2.5.1. A la demande du constructeur, les essais peuvent être effectués sur des moteurs qui ont subi un rodage pendant une durée soit représentant 2 % de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions, soit de 125 h, si cette durée est inférieure. Si le rodage est effectué par le constructeur, celui-ci doit s'engager à ne pas effectuer de réglage sur les moteurs. Si le constructeur a défini les modalités du rodage dans le document d'information mentionné à l'annexe 1, ces modalités devront être respectées.

8.7.2.6. Sur la base des essais effectués sur le moteur prélevé conformément à l'appendice 7 du présent règlement, le lot de moteurs produits est considéré comme conforme au type homologué si les émissions de tous les polluants sont considérées comme satisfaisantes et non conforme si les émissions d'un seul de ces polluants ne sont pas satisfaisantes, conformément aux critères d'essai appliqués à l'appendice 7 du présent règlement et définis à la figure 4.

8.7.2.7. Une fois que les émissions d'un polluant sont considérées comme satisfaisantes, cette décision ne saurait être modifiée par le résultat d'un essai supplémentaire effectué pour prendre une décision concernant les autres polluants.

Si les émissions de tous les polluants ne sont pas considérées comme satisfaisantes et que les émissions d'aucun polluant ne sont considérées comme insatisfaisantes, un essai est effectué sur un autre moteur.

8.7.2.8. Si aucune décision n'est prise, le constructeur peut, à tout moment, décider d'arrêter les essais, ce qui implique la non-conformité.

8.7.3. Par dérogation au paragraphe 8.7.2.1, la procédure ci-après s'applique aux types de moteurs dont le volume de vente total est inférieur à 100 unités par an.

8.7.3.1. Un moteur et, le cas échéant, un système de traitement aval sont prélevés de façon aléatoire sur un lot de moteurs appartenant au type de moteur considéré.

8.7.3.2. Si le moteur est conforme aux prescriptions énoncées au paragraphe 8.7.2.4, la conformité est obtenue sans qu'il soit nécessaire de procéder à d'autres essais.

8.7.3.3. Si les résultats des essais ne sont pas conformes aux prescriptions du paragraphe 8.7.2.4, la procédure définie aux paragraphes 8.7.2.6 à 8.7.2.8 est appliquée.

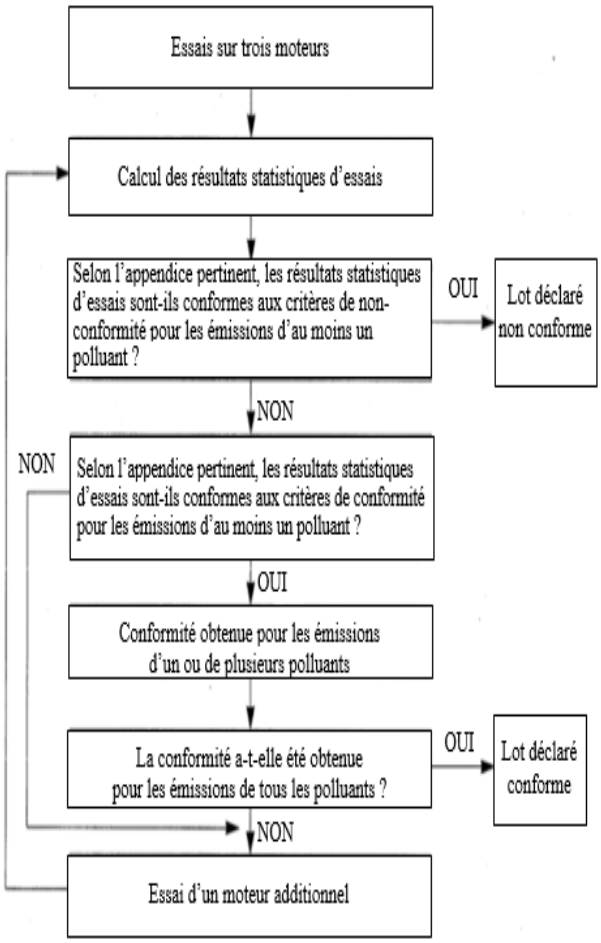
8.7.4. Tous ces essais peuvent être effectués avec des carburants disponibles sur le marché. Cependant, si le constructeur le demande, ce sont les carburants définis à l'appendice 5 du présent règlement qui sont utilisés. Pour les moteurs fonctionnant avec des carburants gazeux, cela signifie que les essais seront effectués avec au moins deux des carburants de référence sur chacun de ces moteurs, sauf dans le cas des moteurs fonctionnant avec des carburants gazeux au bénéfice d'une homologation pour moteur à carburant spécifique, pour lesquels un seul carburant de référence suffira, comme indiqué à l'appendice 4 du présent règlement. Si plus d'un carburant gazeux de référence est utilisé, les résultats devront montrer que le moteur satisfait aux limites d'émissions avec chaque carburant.

8.7.5. Non-conformité des moteurs fonctionnant avec des carburants gazeux

En cas de doute quant à la conformité d'un moteur fonctionnant avec des carburants gazeux, y compris de moteurs à bicarburation, avec utilisation d'un carburant produit sur le marché, les essais doivent être effectués avec chacun des carburants de référence avec lesquels le moteur de base a été soumis à des essais et, à la demande du constructeur, avec l'éventuel troisième carburant mentionné aux paragraphes A.3.2.3.1.1.1, A.3.2.3.2.1 et A.3.2.4.1.2 de l'appendice 4 du présent règlement, avec lequel le moteur de base peut avoir été soumis aux essais. Si nécessaire, les résultats obtenus peuvent être convertis en appliquant les facteurs «r», «ra»ou «rb»décrits aux paragraphes A.3.2.3.3, A3.2.3.4.1 et A.3.2.4.1.3 de l'appendice 4 du présent règlement. Si «r», «ra»ou «rb»sont inférieurs à 1, aucune correction n'est nécessaire. Les résultats mesurés et, le cas échéant, les résultats calculés doivent démontrer que le moteur respecte les valeurs limites d'émissions avec tous les carburants pertinents (par exemple carburants 1 et 2 et, le cas échéant, carburant 3 dans le cas des moteurs fonctionnant avec un mélange gaz naturel/biométhane et les carburants A et B dans le cas des moteurs fonctionnant au GPL).

*Figure 4*

**Schéma de principe des essais de contrôle de la conformité de la production**




9. SANCTIONS POUR NON-CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION

9.1. L'homologation délivrée pour un type ou une famille de moteurs conformément au présent règlement peut être retirée si les prescriptions du paragraphe 5 ci-dessus ne sont pas respectées ou si le ou les moteurs prélevés n'ont pas subi avec succès les essais prescrits au paragraphe 8.

9.2. Si une partie contractante à l'accord appliquant le présent règlement retire une homologation qu'elle a précédemment accordée, elle en informe aussitôt les autres parties contractantes appliquant le présent règlement au moyen d'une fiche de communication conforme au modèle de l'annexe 2 du présent règlement.

10. MODIFICATIONS ET EXTENSION DE L'HOMOLOGATION DU TYPE DE MOTEUR

10.1. Le constructeur doit informer l'autorité qui a accordé l'homologation de toute modification des renseignements figurant dans le dossier d'information, sans délai. En cas de modification, l'autorité d'homologation décide quelles procédures énoncées au paragraphe 10.2 qu'il convient de suivre. Si nécessaire, l'autorité d'homologation peut décider, en concertation avec le constructeur, qu'une nouvelle homologation de type doit être accordée.

10.1.1. Toute demande de modification d'une homologation de type doit être soumise exclusivement à l'autorité d'homologation qui a accordé l'homologation initiale.

10.1.2. Si l'autorité d'homologation estime que, pour pouvoir procéder à une modification, il faut recommencer certaines vérifications ou certains essais, elle doit en informer le constructeur. Les procédures prévues au paragraphe 10.2 ne s'appliquent que si, sur la base de ces vérifications ou essais, l'autorité d'homologation conclut que les prescriptions applicables à l'homologation de type continuent à être respectées.

10.2. Si certains éléments du dossier d'information ont été modifiés, sans nécessité de recommencer les vérifications ou les essais, la modification est qualifiée de «révision».

En cas de révision, l'autorité d'homologation doit, dans un délai raisonnable, réviser les pages pertinentes du dossier d'information comme il convient, en indiquant clairement sur chacune d'elle la nature de la modification apportée; elle doit en outre indiquer la date de la révision et réviser la table des matières du dossier d'information. Toute version récapitulative mise à jour du dossier d'information, accompagnée d'une description détaillée des modifications, sera considérée comme conforme ou comme satisfaisant aux prescriptions du présent paragraphe.

10.2.1. Toute modification telle que celle mentionnée au paragraphe 10.2 doit être qualifiée d'«extension»si certains éléments du dossier d'information ont été modifiés et dans les cas suivants:

a) si de nouvelles vérifications ou de nouveaux essais sont nécessaires;

b) si tout élément de la communication, à l'exception de ses annexes, a été modifié; ou

c) si une nouvelle prescription énoncée dans le présent règlement devient applicable au type ou à la famille de moteurs homologués.

10.2.2. En cas d'extension, l'autorité d'homologation doit établir une version mise à jour de la communication portant un numéro d'extension qui doit correspondre au nombre d'extensions déjà accordées plus un. Cette communication doit clairement indiquer les raisons de l'extension et la date de l'extension. L'autorité d'homologation doit informer les autres parties contractantes à l'accord de 1958 appliquant le présent règlement de l'homologation accordée.

10.2.3. Chaque fois que des pages du dossier d'information sont modifiées ou qu'une version récapitulative mise à jour est établie, le ou les renvois au dossier d'information qui figurent dans la communication doivent être modifiés en conséquence pour indiquer la date de l'extension ou de la révision la plus récente ou la date de la présentation récapitulative la plus récente de la version mise à jour.

10.2.4. Aucune modification de l'homologation d'un type ou d'une famille de moteurs n'est obligatoire si la nouvelle prescription mentionnée au point c) du paragraphe 10.2.1 ne s'applique pas, d'un point de vue technique, à ce type ou cette famille de moteurs en ce qui concerne l'efficacité en matière d'émissions.

10.3. Dans l'éventualité de la révision d'une homologation de type, l'autorité d'homologation communique au demandeur, dans un délai raisonnable, les documents révisés ou une version récapitulative mise à jour du dossier d'information, selon le cas, notamment le ou les renvois au dossier d'information, comme indiqué au second alinéa du paragraphe 10.2.

10.4. Dans l'éventualité de l'extension d'une homologation de type, l'autorité d'homologation communique au demandeur, dans un délai raisonnable, la communication mise à jour mentionnée au paragraphe 10.2.2, notamment ses annexes, et le ou les revois au dossier d'information.

11. ARRÊT DÉFINITIF DE LA PRODUCTION

Si le titulaire d'une homologation arrête définitivement la production du type ou de la famille de moteurs homologués conformément au présent règlement, il doit en informer l'autorité qui a délivré l'homologation, laquelle, à son tour, le notifie aux autres parties à l'accord appliquant le présent règlement au moyen d'une fiche de communication conforme au modèle de l'annexe 2 du présent règlement.

12. DISPOSITIONS TRANSITOIRES

12.1. À compter de la date officielle d'entrée en vigueur de la série 05 d'amendements, aucune partie contractante appliquant le présent règlement ne pourra refuser d'accorder une homologation en vertu du présent règlement tel qu'amendé par la série 05 d'amendements.

12.2. À compter des dates d'homologation de type indiquées aux tableaux 1 à 6, les parties contractantes appliquant le présent règlement pourront refuser d'accorder une homologation aux moteurs ou aux familles de moteurs appartenant aux catégories définies au paragraphe 1, qui ne satisfont pas aux prescriptions du présent règlement, tel qu'amendé par la série 05 d'amendements.

12.3. À compter de la date de la mise sur le marché indiquée dans les tableaux 1 à 6, les parties contractantes appliquant le présent règlement pourront refuser la mise sur le marché de types ou de familles de moteurs appartenant aux catégories définies au paragraphe 1, qui ne satisferont pas aux prescriptions du présent règlement tel qu'amendé par la série 05 d'amendements.

12.4. Les parties contractantes appliquant le présent règlement peuvent continuer à accorder des homologations aux moteurs qui satisfont aux dispositions d'une précédente série d'amendements ou à toute version du présent règlement à condition que les moteurs ou les véhicules soient destinés à être exportés vers des pays qui appliquent les prescriptions en question. Les marques figurant sur ces moteurs doivent être conformes aux formats définis dans les séries d'amendements pertinentes au présent règlement ONU.

12.5. Sans préjudice du paragraphe 12.4 du présent règlement, les parties contractantes appliquant le présent règlement peuvent continuer à accorder des homologations aux moteurs qui satisfont aux prescriptions du présent règlement tel que modifié par toute série précédente d'amendements, ou à tout niveau du présent règlement, à condition que le moteur soit destiné à remplacer un moteur existant soumis aux mêmes normes d'émissions ou à des normes moins sévères, installé sur un véhicule en circulation.

*Tableau 1*

**Dates d'application du présent règlement pour les moteurs de la catégorie NRE**

| Catégorie | Type d'allumage | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | Homologation de type du moteur | Mise sur le marché des moteurs et des véhicules |
|---|---|---|---|---|---|
| NRE | APC | 0 < P < 8 | NRE-v-1<br>NRE-c-1 | 29 décembre 2018 | 29 décembre 2018 |
| | APC | 8 ≤ P < 19 | NRE-v-2<br>NRE-c-2 | | |
| | APC | 19 ≤ P < 37 | NRE-v-3<br>NRE-c-3 | 29 décembre 2018 | 29 décembre 2018 |
| | | 37 ≤ P < 56 | NRE-v-4<br>NRE-c-4 | | |
| | Tous | 56 ≤ P < 130 | NRE-v-5<br>NRE-c-5 | 29 décembre 2018 | 1er janvier 2020 |
| | | 130 ≤ P ≤ 560 | NRE-v-6<br>NRE-c-6 | 29 décembre 2018 | 29 décembre 2018 |
| | | P > 560 | NRE-v-7<br>NRE-c-7 | 29 décembre 2018 | 29 décembre 2018 |

*Tableau 2*

**Dates d'application du présent règlement pour les moteurs de la catégorie NRG**

| Catégorie | Type d'allumage | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | Homologation de type du moteur | Mise sur le marché des moteurs et des véhicules |
|---|---|---|---|---|---|
| NRG | Tous | P > 560 | NRG-v-1<br>NRG-c-1 | 29 décembre 2018 | 29 décembre 2018 |

*Tableau 3*

**Dates d'application du présent règlement pour les moteurs de la catégorie NRSh**

| Catégorie | Type d'allumage | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | Homologation de type du moteur | Mise sur le marché des moteurs et des véhicules |
|---|---|---|---|---|---|
| NRSh | AC | 0 < P < 19 | NRSh-v-1a<br>NRSh-v-1b | 29 décembre 2018 | 29 décembre 2018 |

*Tableau 4*

**Dates d'application du présent règlement pour les moteurs de la catégorie NRS**

| Catégorie | Type d'allumage | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | Homologation de type du moteur | Mise sur le marché des moteurs et des véhicules |
|---|---|---|---|---|---|
| NRS | AC | 0 < P < 56 | NRS-vr-1a<br>NRS-vi-1a<br>NRS-vr-1b<br>NRS-vi-1b<br>NRS-v-2a<br>NRS-v-2b<br>NRS-v-3 | 29 décembre 2018 | 29 décembre 2018 |

*Tableau 5*

**Dates d'application du présent règlement pour les moteurs de la catégorie SMB**

| Catégorie | Type d'allumage | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | Homologation de type du moteur | Mise sur le marché des moteurs et des véhicules |
|---|---|---|---|---|---|
| SMB | AC | P > 0 | SMB-v-1 | 29 décembre 2018 | 29 décembre 2018 |

*Tableau 6*

**Dates d'application du présent règlement pour les moteurs de la catégorie ATS**

| Catégorie | Type d'allumage | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | Homologation de type du moteur | Mise sur le marché des moteurs et des véhicules |
|---|---|---|---|---|---|
| ATS | AC | P > 0 | ATS-v-1 | 29 décembre 2018 | 29 décembre 2018 |

13. NOMS ET ADRESSES DES SERVICES TECHNIQUES CHARGÉS DES ESSAIS D'HOMOLOGATION ET DES AUTORITÉS D'HOMOLOGATION DE TYPE

Les parties contractantes à l'accord de 1958 appliquant le présent règlement doivent communiquer au Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies les noms et adresses des services techniques chargés des essais d'homologation et ceux des autorités qui délivrent l'homologation de type et auxquelles doivent être envoyées les fiches d'homologation ou d'extension ou de refus d'homologation émises dans d'autres pays.

*APPENDICE 1*

**DÉFINITION DES SOUS-CATÉGORIES DE MOTEURS VISÉES AU PARAGRAPHE 1**

*Tableau 7*

**Sous-catégories de moteurs de la catégorie nre, définie au paragraphe 1.1.1**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | Puissance de référence |
|---|---|---|---|---|---|
| NRE | APC | Variable | 0 < P <8 | NRE-v-1 | Puisse nette maximale |
| | APC | | 8 ≤ P <19 | NRE-v-2 | |
| | APC | | 19 ≤ P <37 | NRE-v-3 | |
| | APC | | 37 ≤ P <56 | NRE-v-4 | |
| | Tous | | 56 ≤ P < 130 | NRE-v-5 | |
| | | | 130 ≤ P ≤ 560 | NRE-v-6 | |
| | | | P > 560 | NRE-v-7 | |
| | APC | Constant | 0 < P <8 | NRE-c-1 | Puissance nette nominale |
| | APC | | 8 ≤ P < 19 | NRE-c-2 | |
| | APC | | 19 ≤ P < 37 | NRE-c-3 | |
| | APC | | 37 ≤ P < 56 | NRE-c-4 | |
| | Tous | | 56 ≤ P < 130 | NRE-c-5 | |
| | | | 130 ≤ P ≤ 560 | NRE-c-6 | |
| | | | P > 560 | NRE-c-7 | |

*Tableau 8*

**Sous-catégories de moteurs de la catégorie nrg, définie au paragraphe 1.1.2**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | Puissance de référence |
|---|---|---|---|---|---|
| NRG | Tous | Variable | P > 560 | NRG-v-1 | Puisse nette maximale |
| | | Constant | P ≥ 560 | NRG-c-1 | Puissance nette nominale |

*Tableau 9*

**Sous-catégories de moteurs de la catégorie nrsh, définie au paragraphe 1.1.3**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Cylindrée totale ($cm^3$) | Sous-catégorie | Puissance de référence |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NRSh | AC | Variable ou constant | 0 < P < 19 | SV < 50 | NRSh-v-1a | Puisse nette maximale |
| | | | | SV ≥ 50 | NRSh-v-1b | |

*Tableau 10*

**Sous-catégories de moteurs de la catégorie nrs, définie au paragraphe 1.1.4**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Cylindrée totale ($cm^3$) | Sous-catégorie | Puissance de référence |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NRS | AC | variable (≥3600 tr/min) ou constant | 0 < P < 19 | 80 ≤ SV < 225 | NRS-vr-1a | Puisse nette maximale |
| | | | | SV ≥ 225 | NRS-vr-1b | |
| | | Variable (<3600 tr/min) | | 80 ≤ SV < 225 | NRS-vi-1a | |
| | | | | SV ≥ 225 | NRS-vi-1b | |
| | | Variable ou constant | 19 ≤ P < 30 | SV ≤ 1 000 | NRS-v-2a | Puisse nette maximale |
| | | | | SV > 1 000 | NRS-v-2b | |
| | | | 30 ≤ P < 56 | Toutes | NRS-v-3 | Puisse nette maximale |

Les moteurs d'une puissance < 19 kW et d'une cylindrée < 80 $cm^3$, montés sur des engins autres que des engins portatifs, doivent être inclus dans la catégorie NRSh.

*Tableau 11*

**Sous-catégories de moteurs de la catégorie smb, définie au paragraphe 1.1.5**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | Puissance de référence |
|---|---|---|---|---|---|
| SMB | AC | Variable ou constant | P > 0 | SMB-v-1 | Puisse nette maximale |

*Tableau 12*

**Sous-catégories de moteurs de la catégorie ats, définie au paragraphe 1.1.6**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | Puissance de référence |
|---|---|---|---|---|---|
| ATS | AC | Variable ou constant | P > 0 | ATS-v-1 | Puisse nette maximale |

*APPENDICE 2*

**LIMITES DES ÉMISSIONS DE GAZ D'ÉCHAPPEMENT, PHASE V**

*Tableau 13*

**Limites d'émissions pour les moteurs de la catégorie nre, définie au paragraphe 1.1.1**

| Sous-catégorie de moteur | Plage de puissance | Type d'allumage | CO | HC | $NO_X$ | Masse de particules | Nombre de particules | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kW | | g/kWh | g/kWh | g/kWh | g/k Wh | #/kWh | |
| NRE-v-1<br>NRE-c-1 | 0 < P < 8 | APC | 8,00 | ($HC + NO_X \leq 7,50$) | | 0,40(1) | — | 1,10 |
| NRE-v-2<br>NRE-c-2 | 8 ≤ P < 19 | APC | 6,60 | ($HC + NO_X \leq 7,50$) | | 0,40 | — | 1,10 |
| NRE-v-3<br>NRE-c-3 | 19 ≤ P < 37 | APC | 5,00 | ($HC + NO_X \leq 4,70$) | | 0,015 | $1 \times 10^{12}$ | 1,10 |
| NRE-v-4<br>NRE-c-4 | 37 ≤ P < 56 | APC | 5,00 | ($HC + NO_X \leq 4,70$) | | 0,015 | $1 \times 10^{12}$ | 1,10 |
| NRE-v-5<br>NRE-c-5 | 56 ≤ P < 130 | Tous | 5,00 | 0,19 | 0,40 | 0,015 | $1 \times 10^{12}$ | 1,10 |
| NRE-v-6<br>NRE-c-6 | 130 ≤ P ≤ 560 | Tous | 3,50 | 0,19 | 0,40 | 0,015 | $1 \times 10^{12}$ | 1,10 |
| NRE-v-7<br>NRE-c-7 | P > 560 | Tous | 3,50 | 0,19 | 3,50 | 0,045 | — | 6,00 |

(1) 0,60 pour les machines à lanceur équipées d'un moteur à injection directe et refroidi par air.

*Tableau 14*

**Limites d'émissions pour les moteurs de la catégorie nrg, définie au paragraphe 1.1.2**

| Sous-catégorie de moteur | Plage de puissance | Type d'allumage | CO | HC | $NO_X$ | Masse de particules | Nombre de particules | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kW | | g/kWh | g/kWh | g/kWh | g/kWh | #/kWh | |
| NRG-v-1<br>NRG-c-1 | P > 560 | Tous | 3,50 | 0,19 | 0,67 | 0,035 | — | 6,00 |

*Tableau 15*

**Limites d'émissions pour les moteurs de la catégorie nrsh, définie au paragraphe 1.1.3**

| Sous-catégorie de moteur | Plage de puissance | Type d'allumage | CO | $HC + NO_X$ |
|---|---|---|---|---|
| | kW | | g/kWh | g/kWh |
| NRSh-v-1a | 0 < P < 19 | AC | 805 | 50 |
| NRSh-v-1b | | | 603 | 72 |

*Tableau 16*

**Limites d'émissions pour les moteurs de la catégorie nrs, définie au paragraphe 1.1.4**

| Sous-catégorie de moteur | Plage de puissance | Type d'allumage | CO | $HC + NO_X$ |
|---|---|---|---|---|
| | kW | | g/kWh | g/kWh |
| NRS-vr-1a<br>NRS-vi-1a | 0 < P < 19 | AC | 610 | 10 |
| NRS-vr-1b<br>NRS-vi-1b | | | 610 | 8 |
| NRS-v-2a | 19 ≤ P ≤ 30 | | 610 | 8 |
| NRS-v-2b<br>NRS-v-3 | 19 ≤ P < 56 | | 4,40(1) | 2,70(1) |

(1) Ou alors toute combinaison de valeurs correspondant à l'équation $(HC + NO_X) \times CO^{0,784} \leq 8,57$ ou $CO \leq 20,6$ g/kWh et $(HC + NO_X) \leq 2,7$ g/kWh.

*Tableau 17*

**Limites d'émissions pour les moteurs de la catégorie smb, définie au paragraphe 1.1.5**

| Sous-catégorie de moteur | Plage de puissance | Type d'allumage | CO | $NO_X$ | HC |
|---|---|---|---|---|---|
| | kW | | g/kWh | g/kWh | g/kWh |
| SMB-v-1 | P > 0 | AC | 275 | — | 75 |

*Tableau 18*

**Limites d'émissions pour les moteurs de la catégorie ats, définie au paragraphe 1.1.6**

| Sous-catégorie de moteur | Plage de puissance | Type d'allumage | CO | $HC + NO_X$ |
|---|---|---|---|---|
| | kW | | g/kWh | g/kWh |
| ATS-v-1 | P > 0 | AC | 400 | 8 |

A.1.1. Dispositions spéciales applicables aux quantités totales d'hydrocarbures (HC) pour les moteurs fonctionnant uniquement ou partiellement avec des carburants gazeux

Pour les sous-catégories pour lesquelles un facteur A est défini, la limite de HC pour les moteurs fonctionnant uniquement ou partiellement avec des carburants gazeux définis aux tableaux 13 à 14 est remplacée par une limite calculée au moyen de la formule ci-dessous:

$HC = 0{,}19 + (1{,}5 \times A \times GER)$

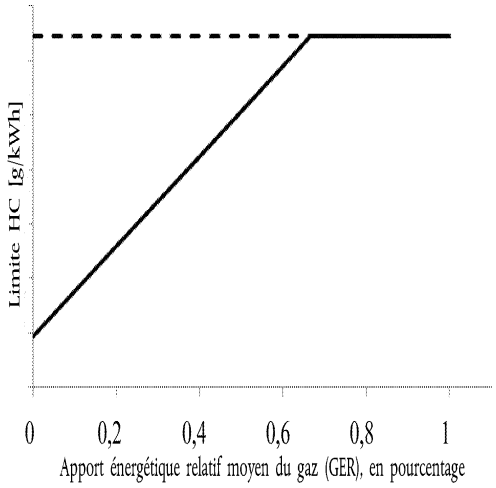
où GER représente l'apport énergétique relatif du gaz pendant le cycle d'essai approprié.

Lorsque l'on utilise à la fois un cycle d'essai en conditions stationnaires et un cycle d'essai en conditions transitoires, le GER est déterminé à partir du cycle d'essai transitoire, avec démarrage à chaud. Si l'on utilise plus d'un cycle d'essai en conditions stationnaires, le GER moyen est déterminé pour chaque cycle.

Si la limite calculée pour HC dépasse la valeur 0,19 + A, la limite pour HC est fixée à 0,19 + A.

*Figure 5*

**Diagramme montrant la limite des émissions de HC en fonction du ger moyen**




Pour les sous-catégories auxquelles s'applique une limite combinée $HC/NO_X$, la valeur de cette limite est réduite de 0,19 g/kWh et s'applique uniquement aux $NO_X$.

Dans le cas des moteurs fonctionnant avec un carburant non gazeux, cette formule ne s'applique pas.

*APPENDICE 3*

**PÉRIODES DE DURABILITÉ DES CARACTÉRISTIQUES D'ÉMISSION (PDCE)**

*Tableau 19*

**PDCE pour les moteurs de la catégorie NRE**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | PDCE (en heures) |
|---|---|---|---|---|---|
| NRE | APC | Variable | 0 < P < 8 | NRE-v-1 | 3 000 |
| | APC | | 8 ≤ P < 19 | NRE-v-2 | |
| | APC | | 19 ≤ P < 37 | NRE-v-3 | 5 000 |
| | APC | | 37 ≤ P < 56 | NRE-v-4 | 8 000 |
| | Tous | | 56 ≤ P < 130 | NRE-v-5 | |
| | | | 130 ≤ P ≤ 560 | NRE-v-6 | |
| | | | P > 560 | NRE-v-7 | |
| | APC | Constant | 0 < P < 8 | NRE-c-1 | 3 000 |
| | APC | | 8 ≤ P < 19 | NRE-c-2 | |
| | APC | | 19 ≤ P < 37 | NRE-c-3 | |
| | CI | | 37 ≤ P < 56 | NRE-c-4 | 8 000 |
| | Tous | | 56 ≤ P < 130 | NRE-c-5 | |
| | | | 130 ≤ P ≤ 560 | NRE-c-6 | |
| | | | P > 560 | NRE-c-7 | |

*Tableau 20*

**PDCE pour les moteurs de la catégorie NRG**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | PDCE (en heures) |
|---|---|---|---|---|---|
| NRG | Tous | Constant | P > 560 | NRG-v-1 | 8 000 |
| | | Variable | | NRG-c-1 | |

*Tableau 21*

**PDCE pour les moteurs de la catégorie NRSH**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Cylindrée ($cm^3$) | Sous-catégorie | PDCE (en heures) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NRSh | AC | Variable ou constant | 0 < P < 19 | SV < 50 | NRSh-v-1a | 50/125/300(1) |
| | | | | SV ≥ 50 | NRSh-v-1b | |

(1) Ces heures correspondent aux catégories 1/2/3 telles qu'elles sont définies dans le tableau A.8-2 de l'annexe 8 du présent règlement.

*Tableau 22*

**PDCE pour les moteurs de la catégorie NRS**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Cylindrée ($cm^3$) | Sous-catégorie | PDCE (en heures) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NRS | AC | Variable, nominal ou constant | 0 < P < 19 | 80 ≤ SV < 225 | NRS-vr-1a | 125/250/500(1) |
| | | Variable ou intermédiaire | | | NRS-vi-1a | |
| | | Variable, nominal ou constant | | SV ≥ 225 | NRS-vr-1b | 250/500/1 000(1) |
| | | Variable ou intermédiaire | | | NRS-vi-1b | |
| | | Variable ou constant | 19 ≤ P < 30 | SV ≤ 1000 | NRS-v-2a | 1000 |
| | | | | SV > 1 000 | NRS-v-2b | 5000 |
| | | | 30 ≤ P < 56 | Toutes | NRS-v-3 | 5000 |

(1) Ces heures correspondent aux catégories 1/2/3 telles qu'elles sont définies dans le tableau A.8-2 de l'annexe 8 du présent règlement.

*Tableau 23*

**PDCE pour les moteurs de la catégorie SMB**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | PDCE (en heures) |
|---|---|---|---|---|---|
| SMB | AC | Variable ou constant | P > 0 | SMB-v-1 | 400(1) |

(1) Une période de 8 000 km peut être autorisée.

*Tableau 24*

**PDCE pour les moteurs de la catégorie ATS**

| Catégorie | Type d'allumage | Régime | Plage de puissance (kW) | Sous-catégorie | PDCE (en heures) |
|---|---|---|---|---|---|
| ATS | AC | Variable ou constant | P > 0 | ATS-v-1 | 500/1 000(1) |

(1) Ces heures correspondent à des cylindrées totales < 100 $cm^3$/ ≥ 100 $cm^3$.

*APPENDICE 4*

**PRESCRIPTIONS APPLICABLES À D'AUTRES CARBURANTS, MÉLANGES DE CARBURANTS OU ÉMULSIONS DE CARBURANTS SPÉCIFIQUES**

A.4.1. Prescriptions applicables aux moteurs fonctionnant avec des carburants liquides

A.4.1.1. Lorsqu'un constructeur demande une homologation de type, il peut choisir l'une des options suivantes en ce qui concerne la gamme de carburants du moteur:

a) moteur à gamme de carburants normalisée conformément aux prescriptions énoncées au paragraphe A.4.1.2; ou

b) moteur à carburant spécifique, conformément aux prescriptions énoncées au paragraphe A.4.1.3.

A.4.1.2. Prescriptions applicables aux moteurs à gamme de carburants normalisée (gazole ou essence)

Un moteur à gamme de carburants normalisée doit satisfaire aux prescriptions des paragraphes A.4.1.2.1 à A.4.1.2.4.

A.4.1.2.1. Le moteur de base doit respecter les valeurs limites applicables énoncées à l'appendice 2 du présent règlement et les prescriptions énoncées dans le présent règlement lorsque le moteur fonctionne avec les carburants de référence indiqués aux sections 1.1 ou 2.1 de l'annexe 6.

A.4.1.2.2. En l'absence d'une norme internationale pour le gazole non routier, le gazole de référence (gazole non routier) de l'annexe 6 représente les gazoles non routiers du commerce dont la teneur en soufre n'excède pas 10 mg/kg, dont l'indice cétane n'est pas inférieur à 45 et dont la teneur en esters méthyliques d'acides gras («FAME») ne dépasse pas 8,0 % v/v. Excepté dans les cas permis conformément aux paragraphes A.4.1.2.2.1, A.4.1.2.3 et A.4.1.2.4, le constructeur fait une déclaration correspondante aux utilisateurs finals conformément aux prescriptions de l'appendice 6, selon laquelle le fonctionnement du moteur avec du gazole non routier est limité aux carburants dont la teneur en soufre ne dépasse pas 10 mg/kg (20 mg/kg au point de distribution finale), dont l'indice cétane n'est pas inférieur à 45 et dont la teneur en FAME n'excède pas 8,0 % v/v. Le constructeur peut également indiquer d'autres paramètres (par exemple, la lubrifiance).

A.4.1.2.2.1. Le constructeur du moteur ne doit indiquer à aucun moment qu'un type de moteur ou qu'une famille de moteurs peut être utilisé sur le territoire de toutes les parties contractantes avec des carburants du commerce autres que ceux qui satisfont aux prescriptions du présent paragraphe, à moins que le constructeur ne se conforme, en outre, aux prescriptions du paragraphe A.4.1.2.3:

a) dans le cas de l'essence, la norme CEN EN 228:2012. De l'huile lubrifiante peut être ajoutée conformément aux préconisations du constructeur;

b) dans le cas du gazole (autre que le gazole non routier), la norme CEN EN 590:2013;

c) dans le cas du gazole non routier, une teneur en soufre maximum autorisée de 10 mg/kg, un indice cétane au moins égal à 45 et une teneur en FAME non supérieure à 8,0 % v/v.

A.4.1.2.3. Si le constructeur permet que ses moteurs fonctionnent avec d'autres carburants du marché que ceux définis au paragraphe A.4.1.2.2, tels que B100 (EN 14214:2012+A1:2014), B20 ou B30 (EN 16709:2015), ou avec des carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants spécifiques, il doit également, en plus des prescriptions du paragraphe A.4.1.2.2.1, prendre l'ensemble des mesures suivantes:

a) déclarer, dans le document d'information présenté à l'annexe 1A les spécifications des carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants du commerce avec lesquels la famille de moteurs est capable de fonctionner;

b) démontrer que le moteur de base est capable de satisfaire aux prescriptions du présent règlement lorsqu'il fonctionne avec les carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants déclarés;

c) satisfaire aux prescriptions en matière de surveillance en service indiquées par toute partie contractante (le cas échéant) concernant les carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants déclarés, y compris tout mélange entre les carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants déclarés, et le carburant du marché concerné, défini au paragraphe A.4.1.2.2.1.

A.4.1.2.4. Dans le cas des moteurs à allumage commandé, le taux de mélange carburant/huile doit être le taux recommandé par le constructeur à l'appendice 6 du présent règlement. Le pourcentage d'huile dans le mélange carburant/lubrifiant doit être consigné sur la fiche de renseignements présentée à l'annexe 1A.

A.4.1.3. Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à carburant spécifique (ED 95 ou E 85)

Un moteur à carburant spécifique (ED 95 ou E 85) doit satisfaire aux prescriptions des paragraphes A.4.1.3.1 et A.4.1.3.2.

A.4.1.3.1. En ce qui concerne le carburant ED 95, le moteur de base doit respecter les valeurs limites applicables énoncées dans l'appendice 2 du présent règlement lorsque le moteur fonctionne avec le carburant de référence indiqué au paragraphe 1.2 de l'annexe 6.

A.4.1.3.2. En ce qui concerne le carburant E 85, le moteur de base doit respecter les valeurs limites applicables énoncées dans l'appendice 2 du présent règlement lorsque le moteur fonctionne avec le carburant de référence indiqué au paragraphe 2.2 de l'annexe 6.

A.4.2. Prescriptions applicables aux moteurs fonctionnant avec un mélange gaz naturel (GN)/biométhane ou avec du gaz de pétrole liquéfié (GPL), y compris les moteurs à bicarburation

A.4.2.1. Lorsqu'un constructeur demande une homologation, il peut choisir l'une des options suivantes en ce qui concerne la gamme de carburants du moteur:

a) moteur à gamme de carburants universelle, conformément aux prescriptions énoncées au paragraphe A.4.2.3;

b) moteur à gamme de carburants restreinte, conformément aux prescriptions énoncées au paragraphe A.4.2.4;

c) moteur à carburant spécifique, conformément aux prescriptions énoncées au paragraphe A.4.2.5.

A.4.2.2. Des tableaux récapitulatifs des prescriptions pour l'homologation des moteurs fonctionnant avec un mélange gaz naturel/biométhane, des moteurs fonctionnant au GPL et des moteurs à bicarburation sont présentés au paragraphe A.4.3.

A.4.2.3. Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants universelle

A.4.2.3.1. Dans le cas des moteurs fonctionnant avec un mélange gaz naturel/biométhane, y compris les moteurs à bicarburation, le constructeur doit apporter la preuve que le moteur de base peut s'adapter à tous les mélanges gaz naturel/biométhane disponibles sur le marché. Cette preuve doit être apportée conformément au présent paragraphe A.4.2 et, dans le cas des moteurs à bicarburation, également conformément aux dispositions supplémentaires relatives à la procédure d'adaptation visées au paragraphe 6.4 de l'annexe 7.

A.4.2.3.1.1. Dans le cas des moteurs fonctionnant avec un mélange gaz naturel comprimé (GNC)/biométhane, il y a généralement deux types de carburants, les carburants à haut pouvoir calorifique (gaz H) et les carburants à faible pouvoir calorifique (gaz L), mais avec des variations importantes à l'intérieur de chaque gamme; ces gaz diffèrent en effet sensiblement par leur pouvoir énergétique exprimé selon l'indice de Wobbe et leur facteur de recalage ($S_\lambda$). Les gaz naturels dont le facteur de recalage se situe entre 0,89 et 1,08 ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,08$) sont considérés comme des gaz H, alors que ceux dont le facteur de recalage se situe entre 1,08 et 1,19 ($1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$) sont considérés comme des gaz L. La composition des carburants de référence reflète les variations extrêmes de $S_\lambda$.

Le moteur de base doit satisfaire aux prescriptions du présent règlement lorsqu'il fonctionne avec les carburants de référence $G_R$ (carburant 1) et $G_{25}$ (carburant 2), tels qu'ils sont définis dans l'annexe 6, ou avec des carburants équivalents obtenus en mélangeant du gaz de gazoduc avec d'autres gaz, comme indiqué à l'appendice A.1 de l'annexe 6, sans réajustement manuel du système d'alimentation du moteur entre les deux essais (fonction d'auto-adaptation nécessaire). Un cycle d'adaptation est permis après le changement de carburant. Le cycle d'adaptation consiste à effectuer le préconditionnement pour l'essai d'émissions suivant, conformément au cycle d'essai considéré. Dans le cas des moteurs soumis à l'essai sur un cycle NRSC, lorsque le cycle de préconditionnement est inadéquat pour permettre l'auto-adaptation de l'alimentation du moteur, un autre cycle d'adaptation défini par le constructeur peut être accompli avant le préconditionnement du moteur.

A.4.2.3.1.1.1. Le constructeur peut soumettre le moteur à l'essai avec un troisième carburant (carburant 3) si le facteur de recalage ($S_\lambda$) est compris entre 0,89 (c'est-à-dire la valeur inférieure de $G_R$) et 1,19 (c'est-à-dire la valeur supérieure de $G_{25}$), par exemple lorsque le carburant 3 est un carburant du marché. Les résultats de cet essai peuvent servir de base pour évaluer la conformité de la production.

A.4.2.3.1.2. Dans le cas des moteurs fonctionnant avec un mélange gaz naturel liquéfié (GNL)/biométhane, le moteur de base doit satisfaire aux prescriptions du présent règlement lorsqu'il fonctionne avec les carburants de référence $G_R$ (carburant 1) et $G_{20}$ (carburant 2), tels qu'ils sont définis à l'annexe 6, ou avec des carburants équivalents obtenus en mélangeant du gaz de gazoduc à d'autres gaz, comme indiqué à l'appendice A.1 de l'annexe 6, sans réajustement manuel du système d'alimentation du moteur entre les deux essais (fonction d'auto-adaptation nécessaire). Un cycle d'adaptation est permis après le changement de carburant. Le cycle d'adaptation consiste à effectuer le préconditionnement pour l'essai d'émissions suivant, conformément au cycle d'essai considéré. Dans le cas des moteurs soumis à l'essai sur un cycle NRSC, lorsque le cycle de préconditionnement est inadéquat pour permettre l'auto-adaptation de l'alimentation du moteur, un autre cycle d'adaptation défini par le constructeur peut être accompli avant le préconditionnement du moteur.

A.4.2.3.2. Dans le cas des moteurs fonctionnant avec un mélange gaz naturel comprimé (GNC)/biométhane, capables de s'adapter automatiquement à la fois à la gamme des gaz H et à la gamme des gaz L, et qui passent d'une gamme à l'autre au moyen d'un commutateur, le moteur de base doit être soumis à des essais avec le carburant de référence pertinent comme indiqué à l'annexe 6 pour chaque gamme, et dans chacune des positions du commutateur. Les carburants sont le $G_R$ (carburant 1) et le $G_{23}$ (carburant 3) pour les gaz de la gamme H et le $G_{25}$ (carburant 2) et le $G_{23}$ (carburant 3) pour les gaz de la gamme L, ou les carburants équivalents obtenus en mélangeant du gaz de gazoduc à d'autres gaz, comme indiqué à l'appendice A.1 de l'annexe 6. Le moteur de base doit satisfaire aux prescriptions du présent règlement sur les deux positions du commutateur sans qu'il soit nécessaire de corriger le mélange entre les deux essais exécutés sur chaque position concernée. Un cycle d'adaptation est permis après le changement de carburant. Le cycle d'adaptation consiste à effectuer le préconditionnement pour l'essai d'émissions suivant, conformément au cycle d'essai respectif. Dans le cas des moteurs soumis à l'essai sur un cycle NRSC, lorsque le cycle de préconditionnement est inadéquat pour permettre l'auto-adaptation de l'alimentation du moteur, un autre cycle d'adaptation défini par le constructeur peut être accompli avant le préconditionnement du moteur.

A.4.2.3.2.1. Le constructeur peut soumettre le moteur à l'essai avec un troisième carburant au lieu du $G_{23}$ (carburant 3) si le facteur de recalage ($S_\lambda$) est compris entre 0,89 (c'est-à-dire la valeur inférieure de $G_R$) et 1,19 (c'est-à-dire la valeur supérieure de $G_{25}$), par exemple lorsque le carburant 3 est un carburant du marché. Les résultats de cet essai peuvent servir de base pour évaluer la conformité de la production.

A.4.2.3.3. Dans le cas des moteurs fonctionnant avec un mélange gaz naturel/biométhane, le rapport des résultats d'émissions «r»doit être déterminé pour chaque polluant de la manière suivante:

$$r = \frac{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 2}}{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 1}}$$

ou

$$r_a = \frac{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 2}}{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 3}}$$

et

$$r_b = \frac{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 1}}{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 3}}$$

A.4.2.3.4. Dans le cas des moteurs fonctionnant au GPL, le constructeur doit démontrer la capacité du moteur de base à s'adapter à toute composition de carburant disponible sur le marché.

Pour ce gaz, il existe des variations de la composition des $C_3$ et des $C_4$, variations qui se reflètent dans la composition des carburants de référence. Le moteur de base doit satisfaire aux prescriptions en matière d'émissions avec les carburants de référence A et B, tels qu'ils sont définis à l'annexe 6, sans nouveau réglage du mélange entre les deux essais. Un cycle d'adaptation est permis après le changement de carburant. Le cycle d'adaptation consiste à effectuer le préconditionnement pour l'essai d'émissions suivant, conformément au cycle d'essai considéré. Dans le cas des moteurs soumis à l'essai sur un cycle NRSC, lorsque le cycle de préconditionnement est inadéquat pour permettre l'auto-adaptation de l'alimentation du moteur, un autre cycle d'adaptation indiqué par le constructeur peut être accompli avant le préconditionnement du moteur.

A.4.2.3.4.1. Le rapport des résultats d'émissions «r»doit être déterminé pour chaque polluant de la manière suivante:

$$r = \frac{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence B}}{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence A}}$$

A.4.2.4. Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants restreinte

Un moteur à gamme de carburants restreinte doit satisfaire aux prescriptions des paragraphes A.4.2.4.1 à A.4.2.4.3.

A.4.2.4.1. Moteurs fonctionnant au GNC et conçus pour fonctionner soit avec les gaz de la gamme H soit avec les gaz de la gamme L

A.4.2.4.1.1. Le moteur de base doit être soumis à l'essai avec le carburant de référence pertinent, comme indiqué à l'annexe 6 pour la gamme pertinente. Les carburants sont le $G_R$ (carburant 1) et le $G_{23}$ (carburant 3) pour les gaz de la gamme H et le $G_{25}$ (carburant 2) et le $G_{23}$ (carburant 3) pour les gaz de la gamme L, ou les carburants équivalents obtenus en mélangeant du gaz de gazoduc avec d'autres gaz, comme indiqué à l'appendice A.1 de l'annexe 6. Le moteur de base doit satisfaire aux prescriptions du présent règlement sans qu'il soit nécessaire de procéder à un réajustement de l'alimentation entre les deux essais. Un cycle d'adaptation est permis après le changement de carburant. Le cycle d'adaptation consiste à effectuer le préconditionnement pour l'essai d'émissions suivant, conformément au cycle d'essai considéré. Dans le cas de moteurs soumis à l'essai sur un cycle NRSC, lorsque le cycle de préconditionnement est inadéquat pour permettre l'auto-adaptation de l'alimentation du moteur, un autre cycle d'adaptation indiqué par le constructeur peut être accompli avant le préconditionnement du moteur.

A.4.2.4.1.2. À la demande du constructeur, le moteur peut être essayé avec un troisième carburant au lieu du $G_{23}$ (carburant 3) si le facteur de recalage ($S_\lambda$) est compris entre 0,89 (c'est-à-dire la valeur inférieure de $G_R$) et 1,19 (c'est-à-dire la valeur supérieure de $G_{25}$), par exemple lorsque le carburant 3 est un carburant du marché. Les résultats de cet essai peuvent servir de base pour évaluer la conformité de la production.

A.4.2.4.1.3. Le rapport des résultats d'émissions «r»doit être déterminé pour chaque polluant de la manière suivante:

$$r = \frac{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 2}}{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 1}}$$

ou

$$r_a = \frac{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 2}}{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 3}}$$

et

$$r_b = \frac{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 1}}{\text{résultat d'émissions avec le carburant de référence 3}}$$

A.4.2.4.2. Moteurs fonctionnant au gaz naturel ou au GPL et conçus pour fonctionner avec une composition de carburant spécifique

A.4.2.4.2.1. Le moteur de base doit satisfaire aux prescriptions en matière d'émissions avec les carburants de référence $G_R$ et $G_{25}$ ou avec les carburants équivalents obtenus en mélangeant du gaz de gazoduc avec d'autres gaz, comme indiqué à l'appendice A.1 de l'annexe 6 dans le cas du GNC, avec les carburants de référence $G_R$ et $G_{20}$ ou avec les carburants équivalents obtenus en mélangeant du gaz de gazoduc avec d'autres gaz comme indiqué à l'appendice A.2 de l'annexe 6 dans le cas du GNL ou avec les carburants de référence A et B dans le cas du GPL, comme indiqué à l'annexe 6. Un réglage précis du système d'alimentation est autorisé entre les essais. Celui-ci consiste en un réétalonnage de la base de données d'alimentation, qui ne doit modifier ni la stratégie de gestion fondamentale ni la structure principale de la base de données. S'il y a lieu, les éléments influant directement sur le débit de carburant (buses d'injecteurs, par exemple) pourront être remplacés.

A.4.2.4.2.2. Dans le cas du GNC, le constructeur peut demander que le moteur soit soumis à l'essai avec les carburants de référence $G_R$ et $G_{23}$, avec les carburants de référence $G_{25}$ et $G_{23}$ ou avec les carburants équivalents obtenus en mélangeant du gaz de gazoduc à d'autres gaz, comme indiqué à l'appendice A.1 de l'annexe 6, auquel cas l'homologation n'est valable respectivement que pour les gaz de la gamme H ou les gaz de la gamme L.

A.4.2.5. Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à carburant spécifique fonctionnant avec un mélange gaz naturel liquéfié (GNL)/biométhane liquéfié.

Un moteur à carburant spécifique fonctionnant avec un mélange gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié doit satisfaire aux prescriptions des paragraphes A.4.2.5.1 et A.4.2.5.2.

A.4.2.5.1. Conditions pour demander l'homologation d'un moteur à carburant spécifique fonctionnant avec un mélange gaz naturel liquéfié (GNL)/biométhane liquéfié.

A.4.2.5.1.1. Le constructeur est obligé de demander une homologation pour moteur à carburant spécifique si le moteur est réglé pour une composition de gaz GNL spécifique dont le facteur de recalage ne diffère pas de plus de 3 % de celui du carburant $G_{20}$ défini à l'annexe 6 et dont la teneur en éthane ne dépasse pas 1,5 %.

A.4.2.5.1.2. Dans tous les autres cas, le constructeur doit demander une homologation de type pour moteur à carburant universel conformément aux prescriptions du paragraphe A.4.2.1.3.2.

A.4.2.5.2. Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à bicarburation à carburant spécifique (GNL)

A.4.2.5.2.1. Dans le cas d'une famille de moteurs à bicarburation dont les moteurs sont réglés pour une composition spécifique de gaz GNL dont le facteur de recalage ne diffère pas de plus de 3 % de celui du carburant $G_{20}$ défini à l'annexe 6 et dont la teneur en éthane ne dépasse pas 1,5 %, le moteur de base ne doit être soumis à l'essai qu'avec le carburant gazeux de référence $G_{20}$, ou avec le carburant équivalent obtenus en mélangeant du gaz de gazoduc avec d'autres gaz comme indiqué à l'appendice A.1 de l'annexe 6.

A.4.2.6. Homologation de type d'un moteur appartenant à une famille de moteurs

A.4.2.6.1. À l'exception du cas mentionné au paragraphe A.4.2.6.2, l'homologation de type d'un moteur de base est étendue à tous les moteurs appartenant à la même famille, sans autre essai, pour toute composition de carburant faisant partie de la gamme pour laquelle le moteur de base a fait l'objet d'une homologation de type (dans le cas des moteurs décrits au paragraphe A.4.2.5) ou à la même gamme de carburants (dans le cas des moteurs décrits soit au paragraphe A.4.2.3, soit au paragraphe A.4.2.4) pour laquelle le moteur de base a fait l'objet d'une homologation de type.

A.4.2.6.2. Si le service technique détermine que, pour ce qui concerne le moteur de base sélectionné, la demande soumise ne représente pas entièrement la famille de moteurs définie au paragraphe 7 du présent règlement, un autre moteur et, si nécessaire, un moteur d'essai de référence supplémentaire peuvent être sélectionnés par le service technique et soumis à l'essai.

A.4.2.7. Prescriptions supplémentaires pour les moteurs à bicarburation

Pour obtenir l'homologation de type d'un moteur ou d'une famille de moteurs à bicarburation, le constructeur doit:

a) réaliser les essais conformément au tableau 25;

b) en plus des prescriptions définies au paragraphe A.4.2, démontrer que les moteurs à bicarburation ont été soumis aux essais et sont conformes aux prescriptions indiquées dans l'annexe 7.

A.4.3. Synthèse du processus d'homologation des moteurs fonctionnant au gaz naturel et au GPL, y compris les moteurs à bicarburation

A.4.3.1. Les tableaux 19 à 21 présentent une synthèse du processus d'homologation des moteurs fonctionnant au gaz naturel et des moteurs fonctionnant au GPL ainsi que du nombre minimal d'essais requis pour l'homologation des moteurs à bicarburation.

*Tableau 25*

**Homologation de type des moteurs fonctionnant au gaz naturel**

| | Paragraphe A.4.2.3: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants universelle | Nombre de cycles d'essai | Calcul de «r» | Paragraphe A.4.2.4: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants restreinte | Nombre de cycles d'essai | Calcul de «r» |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Voir paragraphe A.4.2.3.1: Moteur fonctionnant au gaz naturel adaptable à toute composition du carburant | $G_R$[1] et $G_{25}$[2] À la demande du constructeur, le moteur peut être soumis à l'essai avec un carburant du marché supplémentaire[3], si $S_\lambda$ est compris entre 0,89 et 1,19 | 2 (max. 3) | $r = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel1(G_R)}$ et, si le moteur est soumis à l'essai avec un carburant supplémentaire $r_a = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel3(market\ fuel)}$ et $r_b = \frac{fuel1(G_R)}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$ | | | |
| Voir paragraphe A.4.2.3.: Moteur fonctionnant au gaz naturel qui est auto-adaptable au moyen d'un commutateur | $G_R$[1] et $G_{23}$[3] pour la gamme H et $G_{25}$[2] et $G_{23}$[3] pour la gamme L: À la demande du constructeur, le moteur peut être soumis à l'essai avec un carburant du marché[3] au lieu du $G_{23}$, si $S_\lambda$ est compris entre 0,89 et 1,19 | 2 pour la gamme H et 2 pour la gamme L; à la position respective du commutateur | $r_b = \frac{fuel1(G_R)}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$ et $r_a = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$ | | | |

| | Paragraphe A.4.2.3: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants universelle | Nombre de cycles d'essai | Calcul de «r» | Paragraphe A.4.2.4: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants restreinte | Nombre de cycles d'essai | Calcul de «r» |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Voir paragraphe A.4.2.4.1: Moteur fonctionnant au gaz naturel configuré pour fonctionner soit avec les gaz de la gamme H, soit avec les gaz de la gamme L | | | | $G_R$[1] et $G_{23}$[3] pour la gamme H ou $G_{25}$[2] et $G_{23}$[3] pour la gamme L<br><br>À la demande du constructeur, le moteur peut être soumis à l'essai avec un carburant du marché[3] au lieu du $G_{23}$, si $S_\lambda$ est compris entre 0,89 et 1,19 | 2 pour la gamme H ou 2 pour la gamme L<br><br>2 | $r_h = \frac{fuel1(G_R)}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$ pour la gamme H ou $r_n = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$ pour la gamme L |
| Voir paragraphe. A.4.2.4.2: Moteur fonctionnant avec gaz naturel configuré pour fonctionner avec une composition de carburant spécifique | | | | $G_R$[1] и $G_{25}$[2]: Un réglage précis entre les essais est autorisé.<br><br>À la demande du constructeur, le moteur peut être soumis à l'essai avec les gaz suivants: $G_R$[1] et $G_{23}$[3] pour la gamme H ou $G_{25}$[2] et $G_{23}$[3] pour la gamme L | 2<br><br>2 pour la gamme H ou 2 pour la gamme L | |

*Tableau 26*

**Homologation de type des moteurs fonctionnant au gpl**

| | Paragraphe A.4.2.3: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants universelle | Nombre de cycles d'essai | Calcul de «r» | Paragraphe A.4.2.4: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants restreinte | Nombre de cycles d'essai | Calcul de «r» |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Voir paragraphe A.4.2.3.4 Moteur fonctionnant au GPL adaptable à toute composition du carburant | Carburant A et carburant B | 2 | $r = \frac{fuel\ B}{fuel\ A}$ | | | |
| Voir paragraphe A.4.2.4.2 Moteur fonctionnant au GPL configuré pour fonctionner avec une composition de carburant spécifique | | | | Carburant A et carburant B Un réglage précis entre les essais est autorisé | 2 | |

*Tableau 27*

**Nombre minimal d'essais requis pour l'homologation de type des moteurs à bicarburation**

| Type de bicarburation | Mode carburant liquide | Mode bicarburation | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | GNC | GNL | $GNL_{20}$ | GPL |
| 1A | | Universel ou restreint (2 essais) | Universel (2 essais) | Carburant spécifique (1 essai) | Universel ou restreint (2 essais) |
| 1B | Universel (1 essai) | Universel ou restreint (2 essais) | Universel (2 essais) | Carburant spécifique (1 essai) | Universel ou restreint (2 essais) |
| 2A | | Universel ou restreint (2 essais) | Universel (2 essais) | Carburant spécifique (1 essai) | Universel ou restreint (2 essais) |
| 2B | Universel (1 essai) | Universel ou restreint (2 essais) | Universel (2 essais) | Carburant spécifique (1 essai) | Universel ou restreint (2 essais) |
| 3B | Universel (1 essai) | Universel ou restreint (2 essais) | Universel (2 essais) | Carburant spécifique (1 essai) | Universel ou restreint (2 essais) |

*APPENDICE 5*

**DÉTAIL DES INFORMATIONS ET INSTRUCTIONS PERTINENTES À L'INTENTION DES ÉQUIPEMENTIERS**

A.5.1. Conformément au paragraphe 6.1, le constructeur doit communiquer aux équipementiers toutes les informations et les instructions pertinentes nécessaires pour que le moteur soit conforme au type de moteurs homologué lorsqu'il est installé sur un engin mobile non routier ou un véhicule de la catégorie T. Les instructions à cet effet doivent être clairement signalées aux équipementiers.

A.5.2. Ces instructions peuvent être fournies sur papier ou dans un format électronique couramment utilisé.

A.5.3. Lorsqu'un certain nombre de moteurs nécessitant les mêmes instructions sont fournis au même équipementier, une seule série d'instructions est à fournir.

A.5.4. Les informations et instructions destinées aux équipementiers doivent comprendre au moins les éléments suivants:

A.5.4.1. Les prescriptions d'installation pour atteindre les performances du type de moteurs en matière d'émissions, y compris le système de réduction des émissions, qui doivent être prises en compte pour le bon fonctionnement du système de réduction des émissions;

A.5.4.2. Une description des éventuelles conditions particulières ou restrictions concernant l'installation ou l'utilisation du moteur, comme indiqué sur la fiche de communication visée à l'annexe 2;

A.5.4.3. Une déclaration indiquant que l'installation du moteur ne doit pas définitivement limiter le moteur pour qu'il fonctionne exclusivement dans une plage de puissance correspondant à une (sous-)catégorie ayant des limites d'émission de gaz polluants et de particules polluantes plus strictes que la (sous-)catégorie à laquelle il appartient;

A.5.4.4. Pour les familles de moteurs auxquelles s'applique le paragraphe 5.6 du présent règlement, les limites supérieure et inférieure de la plage de contrôle et une déclaration indiquant que l'installation du moteur ne doit pas limiter celui-ci pour qu'il fonctionne exclusivement à un régime et à des points de charge se trouvant en dehors de la plage de contrôle de la courbe de couple du moteur;

A.5.4.5. Le cas échéant, les exigences relatives à la conception des composants fournis par l'équipementier qui ne font pas partie du moteur et sont nécessaires pour faire en sorte que, lorsqu'il est installé, le moteur soit conforme au type de moteur homologué;

A.5.4.6. Le cas échéant, les exigences en matière de conception applicables au réservoir de réactif, y compris la protection contre le gel, la surveillance du niveau du réactif et les moyens de prélever un échantillon de réactif;

A.5.4.7. Le cas échéant, des informations sur l'éventuelle mise en place d'un dispositif non chauffé pour le réactif;

A.5.4.8. Réservé

A.5.4.9. Le cas échéant, une déclaration indiquant que l'équipementier doit fournir un système d'avertissement tel qu'il figure dans les appendices A.1 et A.2 de l'annexe 9;

A.5.4.10. Le cas échéant, des informations sur l'interface entre le moteur et l'engin mobile non routier ou le véhicule de la catégorie T en ce qui concerne le système d'avertissement de l'opérateur visé au paragraphe A.5.4.9;

A.5.4.11. Le cas échéant, des informations sur l'interface entre le moteur et l'engin mobile non routier ou le véhicule de la catégorie T en ce qui concerne le système d'incitation de l'opérateur visé à l'annexe 9;

A.5.4.12. Le cas échéant, des informations sur le moyen de désactiver temporairement l'incitation de l'opérateur tel que prévu à l'annexe 9;

A.5.4.13. Le cas échéant, des informations sur la fonction prioritaire permettant de restituer toute sa puissance au moteur telle que prévue à l'annexe 9;

A.5.4.14 Dans le cas des moteurs à bicarburation:

a) une déclaration indiquant que l'équipementier doit fournir un indicateur de fonctionnement en mode bicarburation tel que prévu à l'appendice A.5 de l'annexe 7;

b) une déclaration indiquant que l'équipementier doit fournir un système d'alerte pour mode bicarburation tel que prévu à l'appendice A.5 de l'annexe 7;

c) des informations sur l'interface entre le moteur et l'engin mobile non routier ou le véhicule de la catégorie T en ce qui concerne l'indicateur et le système d'avertissement de l'opérateur visés aux points a) et b) du paragraphe A.5.4.14;

A.5.4.15. Réservé

A.5.4.16. Dans le cas d'un moteur à régime constant pouvant être réglé à un régime alternatif tel que prévu au paragraphe 1.1.2.3 de l'annexe 10:

a) une déclaration indiquant que l'installation du moteur doit être faite de telle sorte que:

i) le moteur soit arrêté avant la sélection d'un régime alternatif au moyen du régulateur de régime constant; et

ii) le régulateur de régime constant ne puisse sélectionner qu'un régime alternatif autorisé par le constructeur du moteur;

b) des précisions sur chaque (sous-)catégorie et mode de fonctionnement (régime) pour lesquels le moteur est homologué et peut être réglé une fois installé;

A.5.4.17. Si le moteur est équipé d'un régime de ralenti pour le démarrage et l'arrêt, une déclaration indiquant que le moteur doit être installé de manière à ce que la fonction de régime constant soit activée avant l'augmentation de la charge du moteur à partir de l'absence de charge.

A.5.5. Le constructeur doit fournir à l'équipementier toutes les informations et instructions que ce dernier est tenu de communiquer aux utilisateurs finals conformément à l'appendice 2 du paragraphe 6.

A.5.6. Le constructeur doit communiquer à l'équipementier la valeur des émissions de dioxyde de carbone ($CO_2$), exprimée en g/kWh, déterminée durant le processus d'homologation de type et figurant dans la fiche de communication relative au moteur. Cette valeur doit être fournie par l'équipementier aux utilisateurs finals avec la déclaration suivante: «Cette mesure des émissions de $CO_2$ est le résultat d'un essai, réalisé sur un cycle fixe dans des conditions de laboratoire, portant sur un moteur (parent) représentatif du type de moteur de la famille de moteurs), et ne constitue pas une indication ou une garantie des performances d'un moteur particulier une fois celui-ci installé sur un engin mobile non routier ou un véhicule de la catégorie T.»

*APPENDICE 6*

**DÉTAILS DES INFORMATIONS ET DES INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX UTILISATEURS FINALS**

A.6.1. Le FEO doit communiquer aux utilisateurs finals toutes les informations et les instructions nécessaires pour que ceux-ci utilisent les moteurs de façon à maintenir leurs émissions de gaz polluants et de particules en deçà des limites fixées pour le type de moteur ou la famille de moteurs homologué. Il doit être clairement précisé que ces instructions sont destinées aux utilisateurs finals.

A.6.2. Ces instructions doivent:

A.6.2.1. Être formulées dans des termes clairs et non techniques, identiques à ceux utilisés dans les instructions destinées aux utilisateurs finals des engins mobiles non routiers et des véhicules de la catégorie T;

A.6.2.2. Être présentées sur un support papier ou sous une forme électronique courante;

A.6.2.3. Faire partie des instructions destinées aux utilisateurs finals des engins mobiles non routiers ou des véhicules de la catégorie T ou être présentées sous la forme d'un document distinct;

A.6.2.3.1. Même si elles sont présentées indépendamment des instructions destinées aux utilisateurs finals des engins mobiles non routiers ou des véhicules de la catégorie T, être présentées sous la même forme.

A.6.3. Les informations et les instructions destinées aux utilisateurs finals doivent:

A.6.3.1. Décrire toutes les conditions ou les restrictions spéciales applicables à l'utilisation du moteur concerné, comme indiqué sur la fiche de communication de l'homologation;

A.6.3.2. Indiquer que le moteur, notamment son système de limitation des émissions, doit fonctionner, être utilisé et être entretenu conformément aux instructions données aux utilisateurs finals, afin que les émissions du moteur restent conformes aux prescriptions applicables à cette catégorie de moteur;

A.6.3.3. Indiquer que toute utilisation non autorisée du système de limitation des émissions est interdite, notamment désactiver ou supprimer le système de recirculation des gaz (EGR) ou le système de dosage d'un réactif;

A.6.3.4. Indiquer qu'il est indispensable de rectifier rapidement tout fonctionnement, utilisation ou opération d'entretien incorrects du système de limitation des émissions conformément aux mesures correctives indiquées par les alertes décrites aux paragraphes A.6.2.5 et A.6.2.6;

A.6.3.5. Donner des explications détaillées sur les éventuels dysfonctionnements du système de limitation des émissions dus à un fonctionnement, une utilisation ou un entretien incorrects du moteur installé, accompagnées des signaux d'avertissement et des mesures de correction correspondants;

A.6.3.6. Donner des explications détaillées sur les utilisations incorrectes éventuelles d'un engin mobile non routier ou d'un véhicule de la catégorie T qui se traduiraient par un dysfonctionnement du système de limitation des émissions, accompagnées des signaux d'avertissement et des mesures de correction correspondants;

A.6.3.7. Réservé;

A.6.3.8. Réservé;

A.6.3.9. Pour les engins mobiles non routiers ou les véhicules de la catégorie T équipés d'un système d'alerte de l'opérateur, indiquer que l'opérateur sera informé par le système d'alerte que le système de limitation des émissions ne fonctionne pas correctement;

A.6.3.10. Pour les engins mobiles non routiers et les véhicules de la catégorie T équipés d'un système d'incitation de l'opérateur, indiquer que si l'opérateur ne tient pas compte du signal d'alerte, cela entraînera l'activation du système d'incitation et se traduira par une immobilisation complète de l'engin mobile non routier ou du véhicule de la catégorie T;

A.6.3.11. Pour les véhicules mobiles non routiers et les véhicules de la catégorie T équipés d'une fonction d'incitation prioritaire destinée à donner au moteur sa pleine puissance pour des raisons de sécurité ou pour permettre un diagnostic autoréparateur, donner des informations sur les modalités de cette fonction;

A.6.3.12. Le cas échéant, donner des explications sur le fonctionnement du système d'alerte et du système d'incitation du conducteur définis aux paragraphes A.6.3.9, A.6.3.10 et A.6.3.11, notamment sur ce qui se produirait, du point de vue de l'efficacité et de l'enregistrement des dysfonctionnements, si l'opérateur ne tenait pas compte des signaux d'alerte, ne recomplétait par le réservoir de réactif ou ne remédiait pas au problème rencontré;

A.6.3.13. Réservé;

A.6.3.14. Pour les engins mobiles non routiers ou les véhicules de la catégorie T équipés d'un moyen de désactiver le système d'incitation de l'opérateur, donner des renseignements sur le fonctionnement de ce système et indiquer qu'il sera activé uniquement en cas d'urgence, que toute activation sera enregistrée dans l'ordinateur de bord et que les autorités d'inspection nationales pourront lire ces enregistrements à l'aide d'un analyseur de diagnostic;

A.6.3.15. Contenir des renseignements sur le ou les carburants propres à assurer l'efficacité du système de limitation des émissions, notamment dans les deux cas suivants:

a) lorsque le moteur fonctionne avec du gazole normal ou du gazole non routier, indiquer que le carburant a une teneur en soufre ne dépassant pas 10 mg/kg (20 mg/kg au point de distribution final), un indice de cétane au moins égal à 45 et une teneur en FAME ne dépassant pas 8,0 % v/v;

b) lorsque le moteur peut fonctionner avec d'autres carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants, selon les indications du constructeur figurant dans la fiche de communication de l'homologation, ceux-ci doivent être précisés;

A.6.3.16. Contenir des renseignements sur les caractéristiques du lubrifiant nécessaire à l'efficacité du système de limitation des émissions;

A.6.3.17. Si le système de limitation des émissions utilise un réactif, les caractéristiques de ce réactif notamment sa nature, sa concentration lorsqu'il est en solution, la plage de température dans laquelle il doit être utilisé ainsi que les normes internationales en vigueur concernant sa composition et sa qualité, doivent être conformes aux prescriptions figurant dans l'homologation de type du moteur;

A.6.3.18. Le cas échéant, contenir des instructions sur la façon dont l'opérateur doit recompléter le réactif entre les opérations normales d'entretien. Ces instructions doivent indiquer comment l'opérateur doit remplir le réservoir de réactif et à quelle fréquence, en fonction de l'utilisation de l'engin mobile non routier ou du véhicule de la catégorie T;

A.6.3.19. Indiquer que pour garantir l'efficacité du moteur du point de vue des émissions, il est indispensable d'utiliser et de recompléter le réactif conformément aux prescriptions des paragraphes A.6.3.17 et A.6.3.18;

A.6.3.20. Indiquer les prescriptions d'entretien du système de limitation des émissions, notamment tout remplacement d'éléments critiques du système en question;

A.6.3.21. Dans le cas de moteurs à bicarburation:

a) le cas échéant, des informations sur les indicateurs applicables à la bicarburation;

b) dans le cas d'un moteur à bicarburation soumis à des restrictions de fonctionnement en mode service, indiquer que l'activation de ce mode se traduira par une immobilisation de l'engin mobile non routier ou du véhicule de la catégorie T;

c) dans le cas d'un véhicule équipé d'une fonction d'incitation prioritaire destinée à donner au moteur sa pleine puissance, donner des informations sur les modalités de cette fonction.

A.6.4. Le FEO doit indiquer aux utilisateurs finals les valeurs d'émissions de dioxyde de carbone ($CO_2$) en g/kWh obtenues pendant l'homologation et consignées dans le certificat d'homologation accompagné de la déclaration suivante: «Cette valeur d'émission de $CO_2$ a été obtenue lors d'un cycle d'essais bien précis, en laboratoire, effectués sur un moteur (de base) représentatif de l'ensemble des moteurs d'une même famille et ne garantit en aucun cas l'efficacité du moteur soumis aux essais une fois monté sur un engin mobile non routier ou un véhicule de la catégorie T.»

*APPENDICE 7*

**PROCÉDURE DES ESSAIS DE CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION**

A.7.1. Le présent appendice décrit la procédure à suivre pour contrôler la conformité de la production en ce qui concerne les émissions de polluants.

A.7.2. Avec un minimum de trois moteurs, la procédure d'échantillonnage doit être conçue de telle sorte que la probabilité que 30 % des moteurs d'un lot soient déclarés non conformes soit de 0,90 (risque constructeur = 10 %) alors que la probabilité que 65 % des moteurs d'un lot soient déclarés conformes est de 0,10 (risque usager = 10 %).

A.7.3. La procédure ci-dessous doit être utilisée pour chacun des polluants (voir figure 4):

Si n = nombre d'échantillons.

A.7.4. Déterminer pour l'échantillon les statistiques d'essai indiquant le nombre total de moteurs déclarés non conformes au énième essai.

A.7.5. Il s'ensuit que:

a) si les statistiques d'essais sont inférieures ou égales au nombre de moteurs déclarés conformes pour le nombre d'échantillons définis au tableau 28, une décision de conformité doit être accordée pour l'émission du polluant considéré;

b) si les statistiques d'essais sont égales ou supérieures au nombre de moteurs déclarés non conformes pour le nombre d'échantillons définis au tableau 28, une décision de non-conformité est prise pour les émissions du polluant considéré;

c) ou alors, un moteur additionnel est soumis à des essais conformément au paragraphe 8.7.2 et la procédure de calcul est appliquée aux échantillons prélevés, dont le nombre est augmenté d'une unité.

Dans le tableau 28, le nombre de moteurs déclarés conformes et le nombre de moteurs déclarés non conformes doivent être calculés au moyen de la norme ISO 8422:1991.

*Tableau 28*

**Statistiques des essais de contrôle de la conformité de la production**

Nombre minimum d'échantillons: 3 Nombre minimum d'échantillons pour obtenir la conformité: 4

| Nombre total de moteurs soumis aux essais (nombre d'échantillons) | Nombre de moteurs déclarés conformes | Nombre de moteurs déclarés non conformes |
|---|---|---|
| 3 | — | 3 |
| 4 | 0 | 4 |
| 5 | 0 | 4 |
| 6 | 1 | 5 |
| 7 | 1 | 5 |
| 8 | 2 | 6 |
| 9 | 2 | 6 |
| 10 | 3 | 7 |
| 11 | 3 | 7 |
| 12 | 4 | 8 |

| Nombre total de moteurs soumis aux essais (nombre d'échantillons) | Nombre de moteurs déclarés conformes | Nombre de moteurs déclarés non conformes |
|---|---|---|
| 13 | 4 | 8 |
| 14 | 5 | 9 |
| 15 | 5 | 9 |
| 16 | 6 | 10 |
| 17 | 6 | 10 |
| 18 | 7 | 11 |
| 19 | 8 | 9 |

*ANNEXE 1*

**MODÈLES DE DOSSIER D'INFORMATION ET DE DOCUMENT D'INFORMATION**

1. DOSSIER D'INFORMATION

Le dossier d'information mentionné au paragraphe 3 du présent règlement doit contenir les pièces suivantes:

1.1. Une liste de ses pièces constitutives;

1.2. Une déclaration du constructeur dans laquelle il s'engage à respecter toutes les prescriptions du présent règlement conformément au modèle présenté à l'appendice A.1 de la présente annexe;

1.3. Une déclaration du constructeur dans laquelle il s'engage à ce que le type ou la famille de moteurs respectent les limites d'émissions prescrites à l'appendice 2 du présent règlement, en ce qui concerne les carburants liquides, les mélanges de carburants ou les émulsions de carburants autres que ceux définis au paragraphe A.3.1.2.2 de l'appendice 4 du présent règlement;

1.4. Dans le cas des moteurs à gestion électronique des catégories NRE et NRG, qui respectent les limites d'émissions fixées à l'appendice 2 du présent règlement et qui sont équipés d'un système électronique de gestion du calage de l'injection et de la quantité injectée ou d'une gestion électronique servant à activer, désactiver ou moduler le système de réduction des $NO_X$, un examen complet de la stratégie de limitation des émissions, notamment de la stratégie de base et des moyens par lesquels chaque stratégie auxiliaire permet de déterminer directement ou indirectement les variables de production;

1.4.1. Les renseignements confidentiels supplémentaires décrits à l'appendice A.2 doivent être communiqués uniquement au service technique chargé des essais mais ne doivent pas figurer dans le dossier d'information;

1.5. Dans la mesure du possible, une description détaillée des caractéristiques fonctionnelles des mesures de limitation des $NO_X$ et du système d'incitation décrit à l'annexe 9 du présent règlement;

1.5.1. Si possible, un exemplaire des rapports de démonstration mentionnés aux paragraphes A.1.10.5 et A.1.13.4 de l'appendice A.1 de l'annexe 9;

1.5.2. Si possible, une description des moyens et de la façon de consulter les registres mentionnés au paragraphe A.1.5.2.1.1 e) de l'appendice A.1 de l'annexe 9;

1.5.3. Si le moteur type ou les moteurs d'une même famille sont des moteurs NCD, une justification de leur appartenance à cette famille, accompagnée des renseignements demandés aux paragraphes 1.5, 1.5.1 et 1.5.2 concernant les moteurs NCD peut être fournie à la place, sous réserve de l'accord de l'autorité d'homologation;

1.6. Si possible, une description détaillée des caractéristiques fonctionnelles des mesures de limitation des particules mentionnée à l'annexe 9 du présent règlement;

1.6.1. Si possible, un exemplaire du rapport de démonstration mentionné au paragraphe A.2.9.3.6 de l'appendice A.2 de l'annexe 9;

1.6.2. Si possible, une description des moyens et de la façon de consulter les registres mentionnés au paragraphe A.2.5.2 de l'appendice A.2 de l'annexe 9;

1.6.3. Si le moteur type ou les moteurs d'une même famille sont des moteurs PCD une justification de leur appartenance à cette famille, accompagnée des renseignements demandés aux paragraphes 1.6, 1.6.1 et 1.6.2 concernant les moteurs PCD peut être fournie à la place, sous réserve de l'accord de l'autorité d'homologation;

1.7. Une déclaration du constructeur, étayée par des procès-verbaux d'essais ou d'autres données sur les facteurs de détérioration mentionnés au paragraphe 5 et à l'annexe 8 du présent règlement;

1.7.1. Si le moteur type ou la famille de moteurs font partie d'une famille de système de traitement aval, une justification attestant de cette appartenance, accompagnée des renseignements demandés au paragraphe 1.7 concernant la famille de systèmes de traitement aval peut être fournie à la place, sous réserve de l'accord de l'autorité d'homologation;

1.8. Si possible, une déclaration du constructeur, étayée par des procès-verbaux d'essais ou d'autres données, attestant des facteurs d'ajustement de la régénération peu fréquente mentionnés à l'annexe 4 du présent règlement;

1.8.1. Si le moteur type ou la famille de moteurs font partie d'une famille de système de traitement aval, une justification attestant de cette appartenance, accompagnée des renseignements demandés au paragraphe 1.8 concernant la famille de systèmes de traitement aval peut être fournie à la place, sous réserve de l'accord de l'autorité d'homologation;

1.9. Une déclaration du constructeur et des données prouvant que les mesures de réduction des émissions sont destinées à empêcher toute modification non autorisée dans la mesure du possible, comme indiqué au paragraphe 5.5 et à l'appendice A.3 de l'annexe 9 du présent règlement;

1.9.1 Dans le cas des types et des familles de moteurs équipés d'un module de gestion électronique (ECU) faisant partie du système de limitation des émissions, les informations doivent inclure une description des dispositions prises pour empêcher toute utilisation non autorisée ou modification de l'ECU, notamment la possibilité de mise à jour au moyen d'un programme ou d'un étalonnage agréé par le constructeur;

1.9.2. Dans le cas des types et des familles de moteurs équipés d'un système de limitation des émissions de type mécanique, les informations doivent inclure une description des dispositions prises pour empêcher toute utilisation non autorisée ou modification des paramètres réglables du système de limitation des émissions. Ces dispositions comprennent notamment l'installation d'éléments tels qu'un limiteur d'accès au carburateur, des obturateurs des vis de réglage du carburateur ou des vis spéciales non réglables par l'usager;

1.9.3. Afin que les moteurs appartenant à des familles différentes fassent partie de la même famille en ce qui concerne la protection contre une utilisation non autorisée, le constructeur doit confirmer à l'autorité d'homologation que les mesures prises à cette fin sont analogues;

1.10. Une description du connecteur qui sert à recevoir le signal de couple émis par l'ECU si la partie contractante demande à effectuer des essais de surveillance en service pour que l'autorité d'homologation puisse se le procurer;

1.11. Une description des systèmes généraux de gestion de l'assurance de la qualité aux fins de la conformité de la production, conformément au paragraphe 8 du présent règlement;

1.12. La liste des prescriptions concernant l'entretien du système de limitation des émissions et la périodicité de ces entretiens, notamment le remplacement de composants critiques;

1.13. Le document d'information rempli, mentionné au paragraphe 2 de la présente annexe;

1.13.1. Si les renseignements contenus dans le document d'information concernant l'homologation d'un moteur ont changé, le constructeur communique les pages révisées à l'autorité d'homologation en indiquant clairement la nature de la ou des modifications et la date à laquelle il sera de nouveau publié;

1.14. La totalité des données, dessins, photographies et autres éléments d'information requis dans le document d'information;

2. DOCUMENT D'INFORMATION

Le document d'information doit avoir un numéro de référence qui lui est attribué par le demandeur.

2.1. Tout document d'information doit contenir:

2.1.1. Les renseignements d'ordre général mentionnés dans la partie A de l'appendice A.3;

2.1.2. Les renseignements mentionnés dans la partie B de l'appendice A.3, permettant de connaître les paramètres de conception communs à tous les types de moteurs d'une même famille de moteurs ou applicables à un type de moteur ne faisant pas partie d'une famille aux fins de l'homologation de type;

2.1.3. Les renseignements mentionnés dans la partie C de l'appendice A.3 suivant le format de la matrice définie au paragraphe 2.1.3.1 afin de connaître les éléments applicables au moteur de base, au type de moteur et aux moteurs faisant partie d'une même famille, le cas échéant:

2.1.3.1. Matrice d'un type ou d'une famille de moteurs, avec exemples

| N° de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/ type de moteur | Types de moteurs faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n |
| 3.1 | Identification du moteur | | | | | |
| 3.1.1 | Désignation du type de moteur | A01 | A02 | A03 | A04 | A05 |
| | | | | | | |
| 3.2 | Paramètres d'efficacité | | | | | |
| 3.2.1 | Régime(s) nominal(nominaux) déclaré(s) (tr/min) | 2 200 | 2 200 | 2 000 | 1 800 | 1 800 |
| | | | | | | |
| 3.10 | Dispositifs divers: oui/non | | | | | |
| 3.10.1 | Recirculation des gaz d'échappement (EGR) | | | | | |
| 3.10.1.1 | Caractéristiques (refroidi/non refroidi, haute pression/basse pression, etc.) | | | | | |
| … | … | … | | | | |

2.1.3.2. Réservé

2.1.3.3. Dans le cas des moteurs à régime constant possédant des régimes nominaux multiples, il convient d'ajouter une ou plusieurs colonnes supplémentaires pour chaque régime au paragraphe 3.2 (paramètres d'efficacité).

2.2. Notes explicatives sur l'élaboration du document d'information

2.2.1. En accord avec l'autorité d'homologation, les renseignements mentionnés aux paragraphes 2.1.2 et 2.1.3 peuvent être présentés sous une autre forme.

2.2.2. chaque type de moteur ou chaque moteur de base figurant dans la matrice du paragraphe 2.1.3.1 doit être identifié conformément à la désignation du type ou de la famille de moteurs définis au paragraphe 2.3.

2.2.3. Seuls les paragraphes de la présente annexe s'appliquant à la famille de moteurs considérée, aux types de moteur faisant partie de cette famille ou au type de moteur considéré sont énumérés; dans tous les cas cette liste doit correspondre au système de numérotation proposé.

2.2.4. Lorsque plusieurs options séparées par une barre oblique sont proposées pour une entrée, soit les options non retenues sont biffées, soit la ou les options retenues sont présentées.

2.2.5. Lorsque la même valeur ou que la description d'une certaine caractéristique d'un moteur s'applique à plusieurs ou à tous les moteurs d'une même famille, les cellules correspondantes peuvent être regroupées.

2.2.6. Lorsqu'une image, un diagramme ou un renseignement détaillé est requis, un renvoi à un appendice est possible.

2.2.7. Lorsque le «type» d'un élément est requis, les renseignements fournis concernent exclusivement l'élément en question; il peut s'agir d'une liste de caractéristiques, du nom du constructeur, du numéro d'une pièce détachée ou d'un dessin, d'un dessin ou d'une combinaison de ceux-ci ou d'autres méthodes permettant d'arriver au même résultat.

2.3. Désignation du type ou de la famille de moteurs

Le constructeur attribue à chaque type et famille de moteurs un code alphanumérique unique.

2.3.1. Dans le cas d'un type de moteur, ce code porte le nom de désignation du type de moteur et doit permettre de reconnaître clairement et sans équivoque les moteurs présentant une combinaison unique de caractéristiques techniques en ce qui concerne les rubriques mentionnées dans la partie C de l'appendice A.3 de la présente annexe, qui sont applicables à ce type de moteur.

2.3.2. Dans le cas des types de moteurs faisant partie d'une famille, le code porte le nom de désignation de famille de types ou «FT» et se compose de deux parties, dont la première désigne la famille de moteurs et la seconde les types de moteurs appartenant à cette famille.

La désignation de la famille de moteurs doit permettre de reconnaître clairement et sans équivoque les moteurs qui présentant une combinaison unique de caractéristiques techniques en ce qui concerne les rubriques mentionnées dans les parties B et C de l'appendice A.3 de la présente annexe applicables à la famille de moteurs considérée.

Le code FT doit indiquer clairement et sans équivoque les moteurs qui présentent une combinaison unique de caractéristiques techniques en ce qui concerne les rubriques mentionnées dans la partie C de l'appendice A.3 de la présente annexe, qui sont applicables à la famille de moteurs considérée.

2.3.2.1. Le constructeur peut utiliser la même désignation de famille de moteurs pour désigner des moteurs d'une même famille mais appartenant à deux catégories de moteurs ou davantage.

2.3.2.2. Le constructeur ne peut utiliser la même désignation de famille de moteurs pour désigner les moteurs de plus d'une famille composée de la même catégorie de moteurs.

2.3.2.3. Présentation du code FT

Dans le code FT, un espace libre doit être laissé entre la désignation de la famille du moteur et la désignation du type de moteur comme indiqué dans l'exemple ci-dessous:

«159AF[space]0054»

2.3.3. Nombre de caractères

Le nombre de caractères ne doit pas excéder:

a) 15 pour la désignation de la famille de moteurs;

b) 25 pour la désignation du type de moteur;

c) 40 pour la FT.

2.3.4. Caractères autorisés

La désignation du type de moteur et la désignation de la famille de moteurs doivent être constituées de lettres latines et/ou de chiffres arabes.

2.3.4.1. L'usage des parenthèses et des tirets est autorisé à condition qu'ils ne remplacent pas une lettre ou un chiffre.

2.3.4.2. L'utilisation de caractères variables est autorisée. Tout caractère variable inconnu au moment de la notification doit être remplacé par un «#».

2.3.4.2.1. Les raisons de l'utilisation de ces caractères variables doivent être expliquées au service technique et à l'autorité d'homologation de type.

*APPENDICE A.1*

**DÉCLARATION DU CONSTRUCTEUR ATTESTANT DE LA CONFORMITÉ DE MOTEURS AVEC LE RÈGLEMENT ONU Nº 96, SÉRIE 05 D'AMENDEMENTS**

Le soussigné: [. . . . . (nom et qualité] déclare par la présente que le type de moteur/la famille de moteurs (*) satisfait à tous égards aux prescriptions du règlement ONU nº 96, série 05 d'amendements et n'utilise aucune stratégie d'invalidation.

Toutes les stratégies de limitation des émissions satisfont, dans la mesure du possible, aux prescriptions de la stratégie de base de limitation des émissions (BECS) et à la stratégie auxiliaire de limitation des émissions (AECS) énoncées au paragraphe 2 de l'annexe 9 du règlement nº 96-05 et ont été annoncées conformément à cette annexe et à l'annexe 1 dudit règlement.

1. Marque (raison(s) sociale(s) du constructeur):

2. Nom commercial, le cas échéant:

3. Nom de la société et adresse du constructeur:

4. Nom et adresse du représentant agréé par le constructeur (le cas échéant):

5. Désignation du type de moteur/désignation de la famille de moteurs/Code FT (*):

(lieu) (date) .....

Identité (**) et signature de la personne habilitée à rédiger la déclaration au nom du constructeur:

*Notes explicatives:*

*(Les appels de note, les notes de bas de page et les notes explicatives ne figurent pas sur la déclaration du constructeur)*

(*) Biffer la ou les mention(s) inutile(s), ou n'indiquer que la ou les mention(s) retenue(s).

(*) L'identité de la personne habilitée par le constructeur ou son représentant agréé à signer la présente déclaration doit être précisée à côté de sa signature. Par identité on entend le nom et la qualité de cette personne.

*APPENDICE A.2*

**RENSEIGNEMENTS CONFIDENTIELS CONCERNANT LA STRATÉGIE DE LIMITATION DES ÉMISSIONS**

A.2.1. Le présent appendice s'applique aux moteurs équipés d'un système de gestion électronique qui détermine à la fois le moment de l'injection et la quantité de carburant injectée.

A.2.2. Des renseignements supplémentaires doivent être communiqués au service technique mais pas annexés à la demande d'homologation de type. Ces renseignements concernent tous les paramètres modifiés par toute stratégie de limitation des émissions auxiliaires et les conditions limites dans lesquelles elle peut être mise en œuvre, et notamment:

a) une description de la logique de commande, des stratégies de réglage et des points de commutation pendant tous les modes de fonctionnement pour le système d'alimentation en carburant et les autres systèmes essentiels, nécessaires à l'efficacité de la limitation des émissions (comme la recirculation des gaz d'échappement (EGR) ou le dosage de réactifs);

b) une justification de l'utilisation d'une stratégie auxiliaire de limitation des émissions appliquée au moteur, accompagnée de données matérielles et d'essai, démontrant ses effets sur les émissions d'échappement. Cette justification peut s'appuyer sur des données d'essai, des pratiques techniques reconnues ou une combinaison des deux;

c) une description détaillée des algorithmes ou des sondes (le cas échéant) utilisés pour déceler, analyser ou expliquer un dysfonctionnement du système de limitation des émissions de $NO_X$;

d) une description détaillée des algorithmes ou des sondes (le cas échéant) utilisés pour déceler, analyser ou expliquer un dysfonctionnement du système de limitation des particules.

A.2.3. Les renseignements supplémentaires mentionnés au paragraphe A.2.2 sont strictement confidentiels. Ils doivent être conservés par le constructeur et mis à la disposition de l'autorité d'homologation lors de l'homologation de type ou sur demande, à tout moment, aussi longtemps que l'homologation est valable. Dans ce cas, l'autorité d'homologation de type doit traiter ces renseignements comme des renseignements confidentiels et ne pas les communiquer à d'autres parties.

*APPENDICE A.3*

**MODÈLE DE DOCUMENT D'INFORMATION**

PARTIE A

1. RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

1.1. Marque (raison(s) sociale(s) du constructeur): .....

1.2. Nom commercial, le cas échéant: .....

1.3. Nom de la société et adresse du constructeur: .....

1.4. Nom et adresse du représentant agréé par le constructeur (le cas échéant): .....

1.5. Nom et adresse de la ou des usines de montage: .....

1.6. Désignation du type de moteur/désignation de la famille de moteurs/Code FT .....

1.7. Catégorie et sous-catégorie du type ou de la famille de moteurs(*): NRE-v-1/ NRE-v-2/NRE-v-3/NRE-v-4/NRE-v-5/NRE-v-6/NRE-v-7/NRE-c-1/NRE-c-2/ NRE-c-3/NRE-c-4/NRE-c-5/NRE-c-6/NRE-c-7/NRG-v-1/NRG-c-1/NRSh-v-1a/ NRSh-v-1b/NRS-vr-1a/NRS-vr-1b/NRS-vi-1a/NRS-vi-1b/NRS-v-2a/NRS-v-2b/ NRS-v-3/SMB-v-1/ATS-v-1

1.8. Catégorie de période de durabilité des caractéristiques d'émission: sans objet/catégorie 1 (produits de consommation)/catégorie 2 (produits semi professionnels)/catégorie 3 (produits professionnels)

1.9. Réservé

1.10. Réservé

1.11. Puissance de référence: puissance nette nominale/puisse nette maximale

1.12. Cycle d'essais NRSC primaire: C1/C2/D2/G1/G2/G3/H

1.13. Cycle d'essais en conditions transitoires: sans objet/NRTC/LSI-NRTC

1.14. Restrictions d'utilisation (le cas échéant):

PARTIE B

2. PARAMÈTRES DE CONCEPTION COMMUNS AUX MOTEURS D'UNE MÊME FAMILLE([1])

2.1. Cycle de combustion: quatre temps/deux temps/rotatif/autre (préciser) .....

2.2. Type d'allumage: allumage par compression/allumage commandé

2.3. Configuration des cylindres

2.3.1. Position des cylindres dans le bloc: monocylindre/en V/en ligne/opposés/en étoile/autres (préciser): .....

2.3.2. Entraxe entre deux cylindres (mm): .....

2.4. Type/conception de la chambre de combustion

2.4.1. Chambre de combustion ouverte/fractionnée/autre (préciser)

2.4.2. Configuration des soupapes et des conduits: .....

2.4.3. Nombre de soupapes par cylindre: .....

2.5. Cylindrée de chaque cylindre ($cm^3$): .....

2.6. Moyen de refroidissement principal: air/eau/huile

2.7. Mode d'aspiration: atmosphérique/suralimentation/suralimentation avec refroidisseur intermédiaire

2.8. Carburant

2.8.1. Types de carburants: gazole (non routier)/éthanol pour moteurs APC spéciaux (ED95)/essence (E10)/éthanol (E85)/(gaz naturel/biométhane)/gaz de pétrole liquéfié(GPL)

2.8.1.1. Sous-types de carburants: (gaz naturel/biométhane seulement) carburant universel — carburant à haut pouvoir calorifique (gaz H) et carburant à faible pouvoir calorifique (L)/carburant restreint — à haut pouvoir calorifique (gaz H)/carburant restreint — à faible pouvoir calorifique (gaz L)/carburant spécifique (GNL)

2.8.2. Catégories de carburants: carburants liquides uniquement /carburants gazeux uniquement/bicarburant de type 1A/bicarburant de type 1B/bicarburant de type 2A/bicarburant de type 2B/bicarburant de type 3B

2.8.3. Liste des carburants supplémentaires, mélanges de carburants ou émulsions de carburants pouvant être utilisés par le moteur soumis à l'essai déclarés par le constructeur conformément au paragraphe A.6.3.15 de l'appendice 6 du présent règlement (renvoyer à une norme ou une préconisation reconnue): .....

2.8.4. Ajout de lubrifiant au carburant: oui/non

2.8.4.1. Spécifications du lubrifiant:.....

2.8.4.2. Rapport carburant/huile: .....

2.8.5. Type d'alimentation: pompe, tuyauterie (haute pression) et injecteur/pompe en ligne ou à distribution/injecteur unitaire/rampe haute pression/carburateur/ injection indirecte/injection directe/mélangeur/autre (préciser): .....

2.9. Système de gestion du moteur: mécanique/électronique([2])

2.10. Dispositifs divers: oui/non (dans l'affirmative, joindre un schéma indiquant leur emplacement et l'ordre dans lequel ils sont disposés)

2.10.1. Recirculation des gaz d'échappement (EGR): oui/non (dans l'affirmative, remplir la section 3.10.1 et joindre un schéma indiquant leur emplacement et l'ordre dans lequel ils sont disposés)

2.10.2. Injection d'eau: oui/non (dans l'affirmative, remplir la section 3.10.2 et joindre un schéma indiquant leur emplacement et l'ordre dans lequel ils sont disposés)

2.10.3. Injection d'air: oui/non (dans l'affirmative, remplir la section 3.10.3 et joindre un schéma indiquant leur emplacement et l'ordre dans lequel ils sont disposés)

2.10.4. Autres: oui/non (dans l'affirmative, remplir la section 3.10.4 et joindre un schéma indiquant leur emplacement et l'ordre dans lequel ils sont disposés):.....

2.11. Système de traitement aval: oui/non (dans l'affirmative, joindre un schéma indiquant leur emplacement et l'ordre dans lequel ils sont disposés)

2.11.1. Catalyseur d'oxydation:

oui/non (dans l'affirmative, remplir la section 3.11.2)

2.11.2. Système de réduction des émissions de $NO_X$ avec réduction sélective des $NO_X$ (ajout d'un agent réducteur):

oui/non (dans l'affirmative, remplir la section 3.11.3)

2.11.3. Autres systèmes de $NO_X$:

oui/non (dans l'affirmative, remplir la section 3.11.3)

2.11.4. Catalyseur trois voies combinant oxydation et réduction des $NO_X$:

oui/non (dans l'affirmative, remplir la section 3.11.3)

2.11.5. Système de traitement aval des particules à régénération passive:

oui/non (dans l'affirmative, remplir la section 3.11.4)

2.11.5.1. Filtre de surface/filtre non de surface

2.11.6. Système de traitement aval des particules avec régénération active:

oui/non (dans l'affirmative, remplir la section 3.11.4)

2.11.6.1. Filtre de surface/filtre non de surface

2.11.7. Autre système de traitement aval des particules: oui/non

(dans l'affirmative, remplir la section 3.11.4)

2.11.8. Autre dispositif de traitement aval (préciser):.....

(dans l'affirmative, remplir la section 3.11.5)

2.11.9. Autres dispositifs ou caractéristiques qui ont une forte incidence sur les émissions: oui/non (préciser):.....

(dans l'affirmative, remplir la section 3.11.7)

PARTIE C

| N° de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.1. | **Identification du moteur** | | | | | | |
| 3.1.1. | Désignation du type de moteur | | | | | | |
| 3.1.2. | Désignation du type de moteur figurant sur la plaque constructeur: oui/non | | | | | | |
| 3.1.3. | Emplacement du marquage obligatoire: | | | | | | |
| 3.1.4. | Mode de fixation du marquage obligatoire: | | | | | | |
| 3.1.5. | Dessins montrant l'emplacement du numéro d'identification du moteur (en entier avec ses dimensions): | | | | | | |
| 3.2. | **Paramètres d'efficacité** | | | | | | |
| 3.2.1. | Régime(s) nominal(nominaux) déclaré(s) (tr/min): | | | | | | |
| 3.2.1.1. | Quantité de carburant par course ($mm^3$) pour les moteurs diesel et quantité de carburant (g/h) pour les autres moteurs, à la puissance nette nominale: | | | | | | |
| 3.2.1.2. | Puissance nette nominale déclarée (kW): | | | | | | |
| 3.2.2. | Régime de la puissance maximale (tr/min): | | | | | | S'il diffère du régime nominal |
| 3.2.2.1. | Quantité de carburant par course ($mm^3$) pour les moteurs diesel et quantité de carburant (g/h) pour les autres moteurs, à la puisse nette maximale: | | | | | | |
| 3.2.2.2. | Puisse nette maximale (kW): | | | | | | Si elle diffère de la puissance nominale |
| 3.2.3. | Régime du couple maximum déclaré (tr/min): | | | | | | Le cas échéant |
| 3.2.3.1. | Quantité de carburant par course ($mm^3$) pour les moteurs diesel et quantité de carburant (g/h) pour les autres moteurs, au régime de couple maximum: | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.2.3.2. | Couple maximum déclaré (Nm): | | | | | | Le cas échéant |
| 3.2.4. | Régime d'essai déclaré (100 %): | | | | | | Le cas échéant |
| 3.2.5. | Régime d'essai intermédiaire déclaré: | | | | | | Le cas échéant |
| 3.2.6. | Régime de ralenti (tr/min) | | | | | | Le cas échéant |
| 3.2.7. | Régime maximum sans charge (tr/min): | | | | | | Le cas échéant |
| 3.2.8. | Couple minimum déclaré (Nm) | | | | | | Le cas échéant |
| 3.3. | **Procédure de rodage** | | | | | | Au gré du constructeur |
| 3.3.1. | Durée du rodage | | | | | | |
| 3.3.2. | Cycle de rodage | | | | | | |
| 3.4. | **Essai du moteur** | | | | | | |
| 3.4.1. | Montage d'essai spécifique: oui/non | | | | | | Pour les moteurs NRSh seulement |
| 3.4.1.1. | Description, avec photographies ou dessins du système de montage du moteur sur le banc d'essai, notamment de l'arbre de transmission relié au dynamomètre | | | | | | |
| 3.4.2. | Chambre de mélange autorisée par le constructeur: oui/non | | | | | | Pour les moteurs NRSh seulement |
| 3.4.2.1. | Description de la chambre de mélange des gaz d'échappement, avec photos et/ou dessins | | | | | | Le cas échéant |
| 3.4.3. | Cycle NRSC ou cycle RMC en mode discret choisi par le constructeur | | | | | | |
| 3.4.4. | Réservé | | | | | | |
| 3.4.5. | Nombre de cycles de préconditionnement avant l'essai transitoire | | | | | | Le cas échéant, au minimum un |
| 3.4.6. | Préconditionnement pour cycle RMC ou cycle NRSC | | | | | | |
| 3.4.6.1. | En cas de cycle RMC, nombre de cycles RMC de préconditionnement avant le cycle RMC NRSC | | | | | | Au minimum 0,5 |
| 3.5. | **Système de lubrification** | | | | | | |
| 3.5.1. | Température du lubrifiant | | | | | | Le cas échéant |
| 3.5.1.1. | Minimum (°C): | | | | | | |
| 3.5.1.2. | Maximum (°C): | | | | | | |

| N° de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.6. | **Cylindres** | | | | | | |
| 3.6.1. | Alésage (mm): | | | | | | |
| 3.6.2. | Course (mm): | | | | | | |
| 3.6.3. | Nombre de cylindres: | | | | | | |
| 3.6.4. | Cylindrée totale ($cm^3$): | | | | | | |
| 3.6.5. | Volume balayé par cylindre en % du moteur de base | | | | | | Dans le cas d'une famille de moteurs |
| 3.6.6. | Taux de compression volumétrique | | | | | | Préciser la tolérance |
| 3.6.7. | Description de la chambre de combustion: | | | | | | |
| 3.6.8. | Dessins de la chambre de combustion et de la tête du piston | | | | | | |
| 3.6.9. | Surface minimum de la section transversale des conduits d'admission et d'échappement ($mm^2$): | | | | | | |
| 3.6.10. | Calage de la distribution | | | | | | |
| 3.6.10.1. | Levée maximum et angles d'ouverture et de fermeture par rapport au point mort haut ou données équivalentes | | | | | | |
| 3.6.10.2. | Gamme de référence et/ou de réglage: | | | | | | |
| 3.6.10.3. | Distribution à calage variable: oui/non | | | | | | Le cas échéant et pour l'admission et l'échappement |
| 3.6.10.3.1. | Type: continu/(marche/arrêt) | | | | | | |
| 3.6.10.3.2. | Déphasage de l'arbre à cames | | | | | | |
| 3.6.11. | Configuration des conduits | | | | | | Pour moteur deux-temps seulement, le cas échéant |
| 3.6.11.1. | Emplacement, taille et nombre | | | | | | |
| 3.7. | **Système de refroidissement** | | | | | | Remplir la section pertinente |
| 3.7.1. | Refroidissement par liquide | | | | | | |
| 3.7.1.1. | Nature du liquide | | | | | | |
| 3.7.1.2. | Pompes de circulation: oui/non | | | | | | |
| 3.7.1.2.1. | Type(s): | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.7.1.2.2. | Rapport(s) d'entraînement: | | | | | | Le cas échéant |
| 3.7.1.3. | Température minimum du liquide de refroidissement en sortie (°C): | | | | | | |
| 3.7.1.4. | Température maximum du liquide de refroidissement en sortie (°C): | | | | | | |
| 3.7.2. | Refroidissement par air | | | | | | |
| 3.7.2.1. | Ventilateur: oui/non | | | | | | |
| 3.7.2.1.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.7.2.1.2. | Rapport(s) d'entraînement: | | | | | | Le cas échéant |
| 3.7.2.2. | Température maximum au point de référence point (°C): | | | | | | |
| 3.7.2.2.1. | Emplacement du point de référence | | | | | | |
| 3.8. | **Aspiration** | | | | | | |
| 3.8.1. | Dépression maximum autorisée de l'admission à 100 % du régime et à 100 % de la charge (kPa) | | | | | | |
| 3.8.1.1. | Avec filtre à air propre: | | | | | | |
| 3.8.1.2. | Avec filtre à air sale: | | | | | | |
| 3.8.1.3. | Emplacement de la mesure: | | | | | | |
| 3.8.2. | Suralimentation: oui/non | | | | | | |
| 3.8.2.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.8.2.2. | Description et schéma du système (par exemple pression de suralimentation maximum, clapet de décharge, VGT, double turbo) | | | | | | |
| 3.8.3. | Refroidisseur intermédiaire: oui/non | | | | | | |
| 3.8.3.1. | Type: air-air/air-eau/autre(préciser) | | | | | | |
| 3.8.3.2. | Température maximum en sortie du refroidisseur à 100 % du régime et à 100 % de la charge (°C): | | | | | | |
| 3.8.3.3. | Chute de pression maximale autorisée dans l'ensemble du refroidisseur à 100 % du régime et à 100 % de la charge (kPa) | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.8.4. | Vanne de fermeture d'admission: oui/non | | | | | | |
| 3.8.5. | Recyclage des gaz de carter: oui/non | | | | | | |
| 3.8.5.1. | Dans l'affirmative, description et dessins | | | | | | |
| 3.8.5.2. | Dans la négative, conformité avec le paragraphe 5.7 du présent règlement: oui/non | | | | | | |
| 3.8.6. | Circuit d'admission | | | | | | *Moteurs deux temps, moteurs NRS et moteurs NRSh seulement* |
| 3.8.6.1. | Description du circuit d'admission, (avec dessins, photographies et éventuellement numérotation des pièces) | | | | | | |
| 3.8.7. | Filtre à air | | | | | | *Moteurs deux temps, moteurs NRS et moteurs NRSh seulement* |
| 3.8.7.1. | Type: | | | | | | |
| 3.8.8. | Silencieux d'admission d'air | | | | | | *Moteurs deux temps, moteurs NRS et moteurs NRSh seulement* |
| 3.8.8.1. | Type: | | | | | | |
| 3.9. | **Système d'échappement** | | | | | | |
| 3.9.1. | Description du système d'échappement (avec dessins, photographies et éventuellement numérotation des pièces si nécessaire) | | | | | | Moteurs deux temps, moteurs NRS et moteurs NRSh seulement |
| 3.9.2. | Température maximum des gaz d'échappement (°C): | | | | | | |
| 3.9.3. | Contre-pression d'échappement maximum admissible à 100 % du régime et à 100 % de la charge (kPa) | | | | | | |
| 3.9.3.1. | Lieu de la mesure | | | | | | |
| 3.9.4. | Contre-pression d'échappement prescrite par le constructeur pour un système de traitement aval à contre-pression variable au début de l'essai (kPa): | | | | | | |
| 3.9.4.1. | Emplacement et régime/charge | | | | | | |
| 3.9.5. | Vanne de fermeture d'échappement: oui/non | | | | | | |
| 3.10. | **Dispositifs divers: oui/non** | | | | | | |
| 3.10.1. | Recirculation des gaz d'échappement (EGR) | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.10.1.1. | Caractéristiques: refroidi/non refroidi, haute pression/basse pression/autres (préciser): | | | | | | |
| 3.10.2. | Injection d'eau | | | | | | |
| 3.10.2.1. | Principe de fonctionnement: | | | | | | |
| 3.10.3. | Injection d'air | | | | | | |
| 3.10.3.1. | Principe de fonctionnement: | | | | | | |
| 3.10.4. | Autres | | | | | | |
| 3.10.4.1. | Type(s) | | | | | | |
| 3.11. | **Traitement aval des gaz d'échappement** | | | | | | |
| 3.11.1. | Emplacement | | | | | | |
| 3.11.1.1. | Emplacement(s) des dispositifs de traitement aval et distance maximum/minimum entre le moteur et le premier d'entre eux | | | | | | |
| 3.11.1.2. | Chute maximum de température entre la sortie de l'échappement ou de la turbine et le premier dispositif de traitement aval (°C), si elle est indiquée: | | | | | | |
| 3.11.1.2.1. | Conditions d'essai pour la mesure: | | | | | | |
| 3.11.1.3. | Chute de température minimum entre l'entrée de l'admission et le premier dispositif de traitement aval (°C), si elle est indiquée: | | | | | | |
| 3.11.1.3.1. | Conditions d'essai pour la mesure: | | | | | | |
| 3.11.2. | Catalyseur d'oxydation | | | | | | |
| 3.11.2.1. | Nombre de convertisseurs catalytiques et de leurs éléments | | | | | | |
| 3.11.2.2. | Dimensions et volume du ou des convertisseurs catalytiques | | | | | | *Ou dessin* |
| 3.11.2.3. | Teneur totale en métaux précieux (g): | | | | | | |
| 3.11.2.4. | Concentration relative de chaque élément (%): | | | | | | |
| 3.11.2.5. | Substrat (structure et matériaux): | | | | | | |
| 3.11.2.6. | Densité alvéolaire: | | | | | | |
| 3.11.2.7. | Type du boîtier du ou des convertisseurs catalytique | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.11.3. | Dispositif de traitement aval pour la limitation des $NO_X$ ou catalyseur trois voies | | | | | | |
| 3.11.3.1. | Type: | | | | | | |
| 3.11.3.2. | Nombre de convertisseurs catalytiques et de leurs éléments: | | | | | | |
| 3.11.3.3. | Type de catalyse: | | | | | | |
| 3.11.3.4. | Dimensions et volume du ou des convertisseurs catalytiques | | | | | | *Ou dessin* |
| 3.11.3.5. | Teneur totale en métaux précieux (g): | | | | | | |
| 3.11.3.6. | Concentration relative de chaque élément (%) | | | | | | |
| 3.11.3.7. | Substrat (structure et matériaux): | | | | | | |
| 3.11.3.8. | Densité alvéolaire: | | | | | | |
| 3.11.3.9. | Type du boîtier pour le ou les convertisseurs catalytiques | | | | | | |
| 3.11.3.10. | Méthode de régénération: | | | | | | Le cas échéant |
| 3.11.3.10.1. | Régénération peu fréquente: oui/non | | | | | | Dans l'affirmative, remplir la section 3.11.6 |
| 3.11.3.11. | Plage de température normale de fonctionnement (°C): | | | | | | |
| 3.11.3.12. | Réactif consommable: oui/non | | | | | | |
| 3.11.3.12.1. | Type et concentration du réactif nécessaire à la catalyse | | | | | | |
| 3.11.3.12.2. | Seuil de concentration du principe actif en dessous duquel le réactif ne déclenche pas le système d'alarme ($CD_{min}$) (% vol.) | | | | | | |
| 3.11.3.12.3. | Plage de température normale de fonctionnement du réactif | | | | | | |
| 3.11.3.12.4. | Norme internationale: | | | | | | Le cas échéant |
| 3.11.3.13. | Sonde(s) de $NO_X$: oui/non | | | | | | |
| 3.11.3.13.1. | Type: | | | | | | |
| 3.11.3.13.2. | Emplacement(s) | | | | | | |
| 3.11.3.14. | Sonde(s) d'oxygène: oui/non | | | | | | |
| 3.11.3.14.1. | Type: | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.11.3.14.2. | Emplacement(s): | | | | | | |
| 3.11.4. | Système de traitement aval des particules | | | | | | |
| 3.11.4.1. | Type de filtre: filtre de surface/filtre non de surface/autre (préciser) | | | | | | |
| 3.11.4.2. | Type: | | | | | | |
| 3.11.4.3. | Dimensions et capacité du système de traitement aval des particules: | | | | | | *Ou dessin* |
| 3.11.4.4. | Emplacement(s) et distances maximum et minimum par rapport au moteur: | | | | | | |
| 3.11.4.5. | Description de la méthode ou du système de régénération, accompagnée de dessins: | | | | | | |
| 3.11.4.5.1. | Régénération peu fréquente: oui/non | | | | | | Dans l'affirmative, remplir la section 3.11.6 |
| 3.11.4.5.2. | Température minimum des gaz d'échappement à partir de laquelle se déclenche le processus de régénération (°C): | | | | | | |
| 3.11.4.6. | Revêtement catalytique: oui/non | | | | | | |
| 3.11.4.6.1. | Type de catalyse: | | | | | | |
| 3.11.4.7. | Catalyseur contenu dans le carburant (FBC): oui/non | | | | | | |
| 3.11.4.8. | Plage de température normale de fonctionnement (°C): | | | | | | |
| 3.11.4.9. | Plage de pressions normale de fonctionnement (kPa) | | | | | | |
| 3.11.4.10. | Capacité de stockage en suie/cendres (g): | | | | | | |
| 3.11.4.11. | Sonde(s) d'oxygène: oui/non | | | | | | |
| 3.11.4.11.1. | Type: | | | | | | |
| 3.11.4.11.2. | Emplacement(s): | | | | | | |
| 3.11.5. | Autres dispositifs de traitement aval | | | | | | |
| 3.11.5.1. | Description et fonctionnement: | | | | | | |
| 3.11.6. | Régénération peu fréquente | | | | | | |
| 3.11.6.1. | Nombre de cycles avec régénération | | | | | | |
| 3.11.6.2. | Nombre de cycles sans régénération | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.11.7. | Autres dispositifs ou caractéristiques | | | | | | |
| 3.11.7.1. | Type(s) | | | | | | |
| 3.12. | **Alimentation en carburant des moteurs APC à carburant liquide ou, le cas échéant, des moteurs à bicarburation** | | | | | | |
| 3.12.1. | Pompe d'alimentation | | | | | | |
| 3.12.1.1. | Pression (kPa) ou diagramme des caractéristiques: | | | | | | |
| 3.12.2. | Système d'injection | | | | | | |
| 3.12.2.1. | Pompe | | | | | | |
| 3.12.2.1.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.12.2.1.2. | Vitesse nominale de rotation (tr/min): | | | | | | |
| 3.12.2.1.3. | Volume ($mm^3$) par temps ou cycle à pleine injection et à la vitesse nominale de rotation de la pompe: | | | | | | Préciser la tolérance |
| 3.12.2.1.4. | Vitesse de rotation de la pompe (tr/min) produisant le couple maximal: | | | | | | |
| 3.12.2.1.5. | Volume ($mm^3$) par temps ou cycle à pleine injection et à la vitesse de rotation de la pompe produisant le couple maximal | | | | | | Préciser la tolérance |
| 3.12.2.1.6. | Diagramme des caractéristiques | | | | | | À la place des 3.12.2.1.1 à 3.12.2.1.5 |
| 3.12.2.1.7. | Méthode utilisée: montage sur moteur/montage au banc | | | | | | |
| 3.12.2.2. | Calage de l'injection | | | | | | |
| 3.12.2.2.1. | Courbe de calage de l'injection | | | | | | Préciser la tolérance, le cas échéant |
| 3.12.2.2.2. | Calage statique: | | | | | | Préciser la tolérance |
| 3.12.2.3. | Tuyauterie d'injection | | | | | | |
| 3.12.2.3.1. | Longueur (mm): | | | | | | |
| 3.12.2.3.2. | Diamètre intérieur (mm): | | | | | | |
| 3.12.2.4. | Rampe haute pression: oui/non | | | | | | |
| 3.12.2.4.1. | Type: | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.12.3. | Injecteur(s) | | | | | | |
| 3.12.3.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.12.3.2. | Pression d'ouverture (kPa): | | | | | | Préciser la tolérance |
| 3.12.4. | ECU: oui/non | | | | | | |
| 3.12.4.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.12.4.2. | Numéro(s) d'étalonnage du logiciel: | | | | | | |
| 3.12.4.3. | Norme(s) de communication pour l'accès aux informations concernant les flux de données: ISO 27145 avec ISO 15765-4 (Protocole CAN)/ISO 27145 avec ISO 13400 (Protocole TCP/IP)/SAE J1939-73 | | | | | | |
| 3.12.5. | Régulateur | | | | | | |
| 3.12.5.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.12.5.2. | Régime auquel se déclenche la coupure à pleine charge: | | | | | | Préciser la tolérance, le cas échéant |
| 3.12.5.3. | Régime maximum sans charge | | | | | | Préciser la tolérance, le cas échéant |
| 3.12.5.4. | Régime de ralenti (tr/min): | | | | | | Préciser la tolérance, le cas échéant |
| 3.12.6. | Dispositif de démarrage à froid: oui/non | | | | | | |
| 3.12.6.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.12.6.2. | Description: | | | | | | |
| 3.12.7. | Température du carburant à l'entrée de la pompe d'injection du carburant | | | | | | |
| 3.12.7.1. | Minimum (°C): | | | | | | |
| 3.12.7.2. | Maximum (°C): | | | | | | |
| 3.13. | **Alimentation en carburant des moteurs à allumage commandé fonctionnant avec un carburant liquide** | | | | | | |
| 3.13.1. | Carburateur | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.13.1.1. | Type(s) | | | | | | |
| 3.13.2. | Injection indirecte | | | | | | |
| 3.13.2.1. | Monopoint/multipoints | | | | | | |
| 3.13.2.2. | Type(s): | | | | | | |
| 3.13.3. | Injection directe | | | | | | |
| 3.13.3.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.13.4. | Température du carburant à l'endroit précisé par le constructeur | | | | | | |
| 3.13.4.1. | Emplacement: | | | | | | |
| 3.13.4.2. | Minimum (°C) | | | | | | |
| 3.13.4.3. | Maximum (°C) | | | | | | |
| 3.14. | **Alimentation en carburant des moteurs fonctionnant avec un carburant gazeux ou, le cas échéant, des moteurs à bicarburation (dans le cas des moteurs configurés différemment, donner des renseignements équivalents)** | | | | | | |
| 3.14.1. | Carburant: GPL/GN-H/GN-L /GN-HL/ GNL/carburant spécifique GNL | | | | | | |
| 3.14.2. | Régulateur(s) de pression/vaporisateur(s) | | | | | | |
| 3.14.2.1. | Type(s) | | | | | | |
| 3.14.2.2. | Nombre de phases dans la réduction de la pression | | | | | | |
| 3.14.2.3. | Pression minimum et maximum en phase finale (kPa) | | | | | | |
| 3.14.2.4. | Nombre of de points de réglage principaux: | | | | | | |
| 3.14.2.5. | Nombre de points de réglage du ralenti: | | | | | | |
| 3.14.3. | Système d'alimentation: mélangeur, injection de gaz, injection de liquide, injection directe | | | | | | |
| 3.14.3.1. | Réglage de la richesse du mélange | | | | | | |
| 3.14.3.1.1. | Description du système accompagnée éventuellement de diagrammes et de dessins | | | | | | |
| 3.14.4. | Mélangeur | | | | | | |
| 3.14.4.1. | Nombre: | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.14.4.2. | Type(s): | | | | | | |
| 3.14.4.3. | Emplacement: | | | | | | |
| 3.14.4.4. | Possibilités de réglage | | | | | | |
| 3.14.5. | Injection dans le collecteur d'admission | | | | | | |
| 3.14.5.1. | Injection: monopoint ou multipoints | | | | | | |
| 3.14.5.2. | Injection: continue/simultanée/séquentielle | | | | | | |
| 3.14.5.3. | Équipement d'injection | | | | | | |
| 3.14.5.3.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.14.5.3.2. | Possibilités de réglage: | | | | | | |
| 3.14.5.4. | Pompe d'alimentation | | | | | | Le cas échéant |
| 3.14.5.4.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.14.5.5. | Injecteur(s) | | | | | | |
| 3.14.5.5.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.14.6. | Injection directe | | | | | | |
| 3.14.6.1. | Pompe d'injection/régulateur de pression | | | | | | |
| 3.14.6.1.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.14.6.1.2. | Calage de l'injection (préciser): | | | | | | |
| 3.14.6.2. | Injecteur(s) | | | | | | |
| 3.14.6.2.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.14.6.2.2. | Pression d'ouverture ou diagramme de caractéristiques | | | | | | |
| 3.14.7. | Module de commande électronique(ECU) | | | | | | |
| 3.14.7.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.14.7.2. | Possibilités de réglage: | | | | | | |
| 3.14.7.3. | Numéro(s) d'étalonnage du logiciel: | | | | | | |
| 3.14.8. | Homologation de moteurs pour plusieurs mélanges de carburants | | | | | | |
| 3.14.8.1. | Dispositif auto-adaptable: oui/non | | | | | | |
| 3.14.8.2. | Étalonnage pour un mélange de gaz spécifique: GN-H/GN-L/GN-HL/ GNL/carburant spécifique GNL | | | | | | |
| 3.14.8.3. | Transformation pour un mélange de gaz spécifique: GN-HT/GN-LT/GN-HLT | | | | | | |

| Nº de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteur faisant partie de la famille de moteurs (le cas échéant) | | | | Notes explicatives(ne figurent pas dans le document) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Type 2 | Type 3 | Type… | Type n | |
| 3.14.9. | Température du carburant/étage final du régulateur de pression | | | | | | |
| 3.14.9.1. | Minimum (°C): | | | | | | |
| 3.14.9.2. | Maximum (°C): | | | | | | |
| 3.15. | **Système d'allumage** | | | | | | |
| 3.15.1. | Bobine(s) d'allumage | | | | | | |
| 3.15.1.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.15.1.2. | Nombre: | | | | | | |
| 3.15.2. | Bougie(s) d'allumage | | | | | | |
| 3.15.2.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.15.2.2. | Écartement des électrodes: | | | | | | |
| 3.15.3. | Magnéto | | | | | | |
| 3.15.3.1. | Type(s): | | | | | | |
| 3.15.4. | Calage de l'allumage: oui/non | | | | | | |
| 3.15.4.1. | Avance statique par rapport au point mort haut (en degrés d'angle du vilebrequin): | | | | | | |
| 3.15.4.2. | Courbe ou cartographie d'avance | | | | | | Le cas échéant |
| 3.15.4.3. | Allumage électronique: oui/non | | | | | | |

Notes explicatives à l'appendice A.3:

(*Les appels de note, les notes de bas de page et les notes explicatives ne doivent pas figurer sur le document d'information*)

*(Lorsqu'il existe des options, biffer ou ne pas mentionner celles qui ne sont pas applicables)*

Dans le cas des catalyseurs combinés à un filtre à particules, remplir les deux sections pertinentes.

(*) Biffer les mentions inutiles.

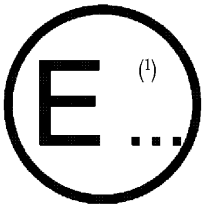
([1]) Selon la définition figurant au paragraphe 7 du présent règlement.

([2]) Voir paragraphe 2.4.13 de l' annexe 10 (définition d'une famille de moteurs).

*ANNEXE 2*

**COMMUNICATION**

[format maximal: A4 (210 × 297 mm)]




Émanant de: Nom de l'administration:

.....

.....

.....

concernant (2): Délivrance d'une homologation

Extension d'homologation

Refus d'homologation

Retrait d'homologation

Arrêt définitif de la production

Pour un type ou une famille de moteurs en ce qui concerne les émissions de polluants gazeux et de particules, en application du règlement ONU n° 96, série 05 d'amendements

N° d'homologation N° ..... d'extension .....

Raison de l'extension, du refus ou du retrait (2): .....

SECTION I

1.1. Marque (raison(s) sociale(s) du constructeur): .....

1.2. Nom commercial (le cas échéant): .....

1.3. Nom de la société et adresse du constructeur: .....

1.4. Nom et adresse du représentant agréé du constructeur (le cas échéant): .....

1.5. Nom(s) et adresse(s) de la ou des usines de montage: .....

1.6. Désignation du type de moteur/désignation de la famille de moteurs/FT (2): .....

1.7. Catégorie et sous-catégorie du type de moteur/de la famille de moteurs (2) (3): .....

1.8. Catégorie de la période de durabilité des caractéristiques d'émission: sans objet/catégorie 1/catégorie 2/catégorie 3 (2):

SECTION II

1. Service technique chargé d'effectuer l'essai ou les essais: .....

2. Date(s) du ou des procès-verbaux d'essai: .....

3. Numéro(s) du ou des procès-verbaux d'essai: .....

SECTION III

Le soussigné certifie par la présente que, dans le document d'information ci-joint, le constructeur décrit avec exactitude le type ou la famille de moteurs[2] visés ci-dessus, pour lesquels un ou plusieurs échantillons représentatifs, choisis par l'autorité d'homologation, ont été soumis en tant que prototypes et que les résultats d'essais joints s'appliquent au type ou à la famille de moteurs considérés (2).

1. Le type et la famille de moteurs (2) satisfont/ne satisfont pas[2] aux prescriptions du règlement ONU n° 96, série 05 d'amendements.

2. L'homologation est accordée/étendue/refusée/retirée (2)

Lieu:.....

Date:.....

Nom et signature:

.....

Pièces jointes:

Dossier d'information

Procès-verbal(verbaux) d'essai

Tous les autres documents ajoutés par le service technique ou par l'autorité d'homologation au dossier d'information, dans l'exercice de leurs fonctions.

*Additif*

Numéro d'homologation:.....

PARTIE A

**Caractéristiques du type ou de la famille de moteurs** (2)

2. Paramètres de conception communs au type ou à la famille de moteurs (2)

2.1. Cycle de combustion: quatre temps/deux temps/rotatif/autre (préciser) (2): .....

2.2. Type d'allumage: allumage par compression/allumage commandé (2)

2.3.1. Position des cylindres dans le bloc: en V/en ligne/en étoile/autres (préciser) (2)

2.6. Principal agent de refroidissement: air/eau/huile (2)

2.7. Mode d'aspiration de l'air: atmosphérique/suralimentation/suralimentation avec refroidisseurintermédiaire (2)

2.8.1. Type(s) de carburant: gazole (non routier)/éthanol pour moteurs APC spéciaux (ED95)/essence (E10)/éthanol (E85)/(gaz naturel/biométhane)/gaz de pétrole liquéfié (GPL) (2)

2.8.1.1. Sous-types de carburants: (gaz naturel/biométhane seulement) carburant universel — carburant à haut pouvoir calorifique (gaz H) et carburant à faible pouvoir calorifique (L)/carburant restreint — à haut pouvoir calorifique (gaz H)/carburant restreint — à faible pouvoir calorifique (gaz L)/carburant spécifique (GNL) (2);

2.8.2. Mélanges de carburants: carburants liquides uniquement/carburants gazeux uniquement/bicarburant de type 1A/bicarburant de type 1B/bicarburant de type 2A/bicarburant de type 2B/bicarburant de type 3B (2)

2.8.3. Liste des carburants supplémentaires, mélanges de carburants ou émulsions de carburants pouvant être utilisés par le moteur soumis à l'essai déclarés par le constructeur conformément au paragraphe A.6.3.15 de l'appendice 6 du présent règlement (renvoyer à une norme ou une préconisation reconnue): .....

2.8.4. Ajout de lubrifiant au carburant: oui/non (2).....

2.8.5. Type d'alimentation: pompe, tuyauterie (haute pression) et injecteur/pompe en ligne ou à distribution/injecteur unitaire/rampe haute pression/carburateur/ injection indirecte/injection directe/mélangeur/autre (préciser) (2)

2.9. Système de gestion du moteur: mécanique/électronique (2)

2.10. Dispositifs divers: oui/non (2)

2.10.1. Recirculation des gaz d'échappement (EGR): oui/non (2)

2.10.2. Injection d'eau: oui/non (2)

2.10.3. Injection d'air: oui/non (2)

2.10.4. Autres (préciser):

2.11. Système de traitement aval des gaz d'échappement: oui/non (2)

2.11.1. Catalyseur d'oxydation: oui/non (2)

2.11.2. Système de $NO_X$ avec réduction sélective des $NO_X$ (ajout d'un agent réducteur): oui/non (2)

2.11.3. Autres systèmes de $NO_X$: oui/non (2)

2.11.4. Catalyseur trois voies combinant oxydation et réduction des $NO_X$: oui/non (2)

2.11.5. Système de traitement aval des particules avec régénération passive: oui/non (2)

2.11.6. Système de traitement aval des particules avec régénération active: oui/non (2)

2.11.7. Autres systèmes de traitement aval des particules: oui/non (2)

2.11.8. Autres dispositifs de traitement aval (préciser): .....

2.11.9. Autres dispositifs ou caractéristiques ayant une forte incidence sur les émissions (préciser): .....

3. Caractéristiques essentielles du ou des types de moteurs

| N° de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteurs faisant partie de la famille (le cas échéant) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.1.1. | Désignation du type de moteur: | | | | |
| 3.1.2. | Désignation du type de moteur figurant sur la plaque constructeur: oui/non (2) | | | | |
| 3.1.3. | Emplacement du marquage obligatoire du constructeur: | | | | |
| 3.2.1. | Régime nominal déclaré (tr/min): | | | | |
| 3.2.1.2. | Puissance nette nominale déclarée (kW): | | | | |
| 3.2.2. | Régime de puissance maximale (tr/min): | | | | |
| 3.2.2.2. | Puissance nette maximale (kW): | | | | |
| 3.2.3. | Régime de couple maximum déclaré (tr/min) | | | | |
| 3.2.3.2. | Couple maximum déclaré (Nm): | | | | |
| 3.6.3. | Nombre de cylindres: | | | | |
| 3.6.4. | Cylindrée totale cm (3): | | | | |
| 3.8.5. | Recyclage des gaz de carter: oui/non (2) | | | | |
| 3.11.3.12. | Réactif consommable: oui/non (2) | | | | |

| N° de la rubrique | Description de la rubrique | Moteur de base/type de moteur | Types de moteurs faisant partie de la famille (le cas échéant) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.11.3.12.1. | Type et concentration du réactif nécessaire à la catalyse: | | | | |
| 3.11.3.13. | Sonde(s) de $NO_X$: oui/non (2) | | | | |
| 3.11.3.14. | Sonde d'oxygène: oui/non (2) | | | | |
| 3.11.4.7. | Catalyseur contenu dans le carburant (FBC): oui/non (2) | | | | |
| Conditions particulières à respecter lors du montage d'un moteur sur les engins mobiles non routiers ou les véhicules de la catégorie T: | | | | | |
| 3.8.1.1. | Dépression maximum autorisée dans l'admission à 100 % du régime et à 100 % de la charge avec filtre à air propre (kPa): | | | | |
| 3.8.3.2. | Température maximum de l'air en sortie du refroidisseur à 100 % du régime et à 100 % de la charge (°C): | | | | |
| 3.8.3.3. | Chute de pression maximale autorisée dans l'ensemble du refroidisseur à 100 % du régime et à 100 % de la charge (kPa) (le cas échéant): | | | | |
| 3.9.3. | Contre-pression maximum admissible à 100 % du régime et à 100 % de la charge (kPa): | | | | |
| 3.9.3.1. | Lieu de la mesure: | | | | |
| 3.11.1.2. | Chute maximum de la température entre la sortie de l'échappement ou de la turbine jusqu'au premier dispositif de traitement aval (°C), si elle est indiquée: | | | | |
| 3.11.1.2.1. | Conditions de mesure: | | | | |

PARTIE B

**Résultats d'essais**

3.8. Le constructeur a l'intention d'utiliser le signal de couple de l'ECU pour la surveillance en service: oui/non (2)

3.8.1. Le couple du dynamomètre est égal ou supérieur à 0,93 × couple de l'ECU: oui/non (2)

3.8.2. Facteur de correction du couple de l'ECU lorsque le couple du dynamomètre est inférieur à 0,93 × couple de l'ECU

11.1. Résultats des cycles d'essais

| Émissions | CO (g/kWh) | HC (g/kWh) | $NO_X$ (g/kWh) | HC+ $NO_X$ (g/kWh) | PM (g/kWh) | PN #/kWh | Cycle d'essais (4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Résultat de l'essai final du cycle NRSC avec FD | | | | | | | |
| Résultat de l'essai final du cycle NRTC avec FD | | | | | | | |

11.2. Émission de $CO_2$

11.3. Valeurs de référence à utiliser si la partie contractante exige des essais de surveillance en service

11.3.1. Travaux de référence NRTC (kWh):

11.3.2. $CO_2$ de référence NRTC (g):

*Notes explicatives à l'annexe 2*

*(Les appels de note, les notes de bas de page et les notes explicatives ne figurent pas sur le document d'information)*

(1) Distinguishing number of the contracting party which has granted/extended/refused/withdrawn an approval.

(2) Strike out the unused options, or only show the used option(s).

(3) Indicate the applicable option for the category and sub-category in accordance with entry 1.7 of the information document set out in Part A of Appendix A.3 to Annex 1.

(4) Indicate the used test cycle as prescribed in Appendix A.6 to Annex 4 to this Regulation.

*APPENDICE A.1*

**PROCÈS-VERBAL D'ESSAI**

A.1.1. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Un procès-verbal d'essai doit être rédigé pour chacun des essais prescrits pour l'homologation de type. Chaque essai additionnel (par exemple un second régime sur un moteur à régime constant) ou supplémentaire (par exemple pour l'essai d'un autre carburant) nécessite un nouveau procès-verbal d'essai.

A.1.2. NOTES EXPLICATIVES CONCERNANT L'ÉTABLISSEMENT D'UN PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

A.1.2.1. Le procès-verbal d'essai doit contenir au minimum les informations indiquées au paragraphe A.1.3.

A.1.2.2. Nonobstant le paragraphe A.1.2.1, seules les sections ou les sous-sections se rapportant à l'essai considéré et concernant une famille de moteurs, les types de moteurs faisant partie de cette famille ou le type de moteur soumis à l'essai doivent figurer dans le procès-verbal d'essai (par exemple s'il ne s'agit pas d'un cycle NRTC, cette section peut être omise).

A.1.2.3. Le procès-verbal d'essai peut contenir plus d'informations que celles requises au paragraphe A.1.2.1 mais doit dans tous les cas respecter le système de numérotation.

A.1.2.4. Si plusieurs options séparées par une barre oblique sont proposées pour une rubrique, les mentions inutiles doivent être biffées et seule la ou les mentions retenues doivent être présentées.

A.1.2.5. Lorsque le «type»d'un élément est requis, les renseignements fournis doivent uniquement indiquer l'élément; il peut s'agir d'une caractéristique, du nom du constructeur, du numéro d'une pièce détachée ou d'un dessin, d'un dessin ou d'une combinaison de ceux-ci ou d'autres méthodes permettant de parvenir au même résultat.

A.1.2.6. Le procès-verbal d'essai peut être rédigé sur papier ou sous une forme électronique convenue entre le constructeur, le service technique et l'autorité d'homologation.

A.1.3. MODÈLE DE PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

**Procès-verbal d'essai pour engins mobiles non routiers**

1. INFORMATIONS GÉNÉRALES

1.1. Marque (raison(s) sociale(s) du constructeur): .....

1.2. Nom commercial (le cas échéant):.....

1.3. Nom de la société et adresse du constructeur:.....

1.4. Nom du service technique: .....

1.5. Adresse du service technique: .....

1.6. Lieu de l'essai:.....

1.7. Date de l'essai:.....

1.8. Numéro du procès-verbal d'essai:.....

1.9. Numéro de référence du document d'information (le cas échéant): .....

1.10. Type du rapport d'essai (*):initial/additionnel/supplémentaire

1.10.1. Objet de l'essai: .....

2. RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX CONCERNANT LE MOTEUR (SOUMIS À L'ESSAI)

2.1. Désignation du type de moteur/désignation de la famille de moteurs/FT: .....

2.2. Numéro d'identification du moteur: .....

2.3. Catégories et sous-catégories de moteurs (*): NRE-v-1/NRE-v-2/NRE-v-3/NRE-v-4/NRE-v-5/NRE-v-6/NRE-v-7/NRE-c-1/NRE-c-2/NRE-c-3/NRE-c-4/ NRE-c-5/NRE-c-6/NRE-c-7/NRG-v-1/NRG-c-1/NRSh-v-1a/NRSh-v-1b/NRS-vr-1a/NRS-vr-1b/NRS-vi-1a/NRS-vi-1b/NRS-v-2a/NRS-v-2b/NRS-v-3/ SMB-v-1/ATS-v-1

3. LISTE DE CONTRÔLE DES DOCUMENTS ET DES INFORMATIONS (POUR L'ESSAI INITIAL SEULEMENT)

3.1. Référence de la documentation de la cartographie du moteur: .....

3.2. Référence de la documentation concernant la détermination du facteur de détérioration:.....

3.3. Référence de la documentation concernant la détermination des facteurs de régénération peu fréquente, le cas échéant:

3.4. Référence de la documentation de démonstration concernant le diagnostic du système de $NO_X$, le cas échéant: .....

3.5. Référence de la documentation de démonstration concernant le diagnostic du système de limitation des particules, le cas échéant.....

3.6. Dans le cas des types et des familles de moteurs équipés d'un ECU faisant partie de leur système de protection contre une utilisation non autorisée du système de limitation des émissions, référence de la documentation de démonstration concernant l'autodiagnostic du système de réduction des $NO_X$:.....

3.7. Dans le cas des types et des familles de moteurs équipés d'un système mécanique de protection contre toute manipulation non autorisée du système de limitation des émissions, déclaration de paramètres réglables et référence de la documentation de démonstration:.....

3.8. Le constructeur a l'intention d'utiliser le signal de couple de l'ECU pour la surveillance en service (*): oui/non

3.8.1. Le couple du dynamomètre est égal ou supérieur à 0,93 × couple de l'ECU (*): oui/non

3.8.2. Facteur de correction du couple de l'ECU si le couple du dynamomètre est inférieur à 0,93 × couple de l'ECU:

4. CARBURANT(S) DE RÉFÉRENCE UTILISÉ(S) POUR L'ESSAI (REMPLIR LES SOUS-PARAGRAPHES PERTINENTS)

4.1. Carburant liquide pour moteur à allumage commandé

4.1.1. Marque:.....

4.1.2. Type: .....

4.1.3. Indice d'octane RON:.....

4.1.4. Indice d'octane MON:.....

4.1.5. Teneur en éthanol (%):.....

4.1.6. Densité à 15 °C (kg/m³): .....

4.2. Carburant liquide pour moteurs à allumage par compression

4.2.1. Marque:.....

4.2.2. Type: .....

4.2.3. Indice de cétane: .....

4.2.4. Teneur en FAME (%): .....

4.2.5. Densité à 15 °C (kg/m³): .....

4.3. Carburant gazeux — GPL

4.3.1. Marque:.....

4.3.2. Type: .....

4.3.3. Type du carburant de référence: carburant A/carburant B

4.3.4. Indice d'octane MON:.....

4.4. Carburant gazeux — méthane/biométhane

4.4.1. Type du carburant de référence (*): GR/G23/G25/G20

4.4.2. Source du gaz de référence: carburant de référence spécifique/mélange gaz et gaz de gazoduc

4.4.3. Carburant de référence spécifique

4.4.3.1. Marque:.....

4.4.3.2. Type: .....

4.4.4. Mélange gaz et gaz de gazoduc

4.4.4.1. Gaz ajouté(s) (*): dioxyde de carbone/éthane/méthane/azote/propane

4.4.4.2. Valeur de $S_\lambda$ pour le mélange de carburants résultant:.....

4.4.4.3. Indice de méthane (MN) du mélange de carburant résultant: .....

4.5. Moteur à bicarburation (en plus des sections pertinentes ci-dessus)

4.5.1. Rapport gaz/énergie pendant le cycle d'essais: .....

5. LUBRIFIANT

5.1. Marque(s):.....

5.2. Type(s): .....

5.3. Viscosité SAE: .....

5.4. Ajout de lubrifiant dans le carburant (*): oui/non

5.4.1. Pourcentage d'huile dans le mélange: .....

6. RÉGIME DU MOTEUR

6.1. Régime (100 %) (tr/min): .....

6.1.1. Le régime à 100 % est égal (*) au régime nominal déclaré/au régime d'essai maximum déclaré (MTS)/au MTS mesuré

6.1.2. MTS rectifié, le cas échéant (tr/min): .....

6.2. Régime intermédiaire: .....

6.2.1. Le régime intermédiaire est égal (*) au régime intermédiaire déclaré/au régime intermédiaire mesuré/à 60 % du régime 100 % à 75 % du régime 100 %/à 85 % du régime 100 %

6.3. Régime de ralenti (tr/min):.....

7. PUISSANCE DU MOTEUR

7.1. Équipement entraîné par le moteur (le cas échéant)

7.1.1. La puissance absorbée aux régimes indiqués, par les auxiliaires nécessaires au fonctionnement du moteur qui ne peuvent pas être montés sur le moteur pour les essais, (selon les indications du constructeur) doit être indiquée dans le tableau 1.

*Tableau 1*

**Puissance absorbée par les auxiliaires entraînés par le moteur**

| Type d'auxiliaire et détails y relatifs | Puissance absorbée par l'auxiliaire (kW) au régime prescrit (remplir les colonnes pertinentes) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ralenti | 63 % | 80 % | 91 % | Intermédiaire | Puissance maximale | 100 % |
| | | | | | | | |

| Type d'auxiliaire et détails y relatifs | Puissance absorbée par l'auxiliaire (kW) au régime prescrit (remplir les colonnes pertinentes) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ralenti | 63 % | 80 % | 91 % | Intermédiaire | Puissance maximale | 100 % |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Total ($P_{f,i}$): | | | | | | | |

7.1.2. La puissance absorbée, aux régimes prescrits, par les auxiliaires dont sont équipés les véhicules de la catégorie T et les engins mobiles non routiers qui ne peuvent pas être démontés pour les essais (selon les indications du constructeur) doit être indiquée dans le tableau 2.

*Tableau 2*

**Puissance absorbée par les auxiliaires montés sur les engins mobiles non routiers**

| Type d'auxiliaire et détails y relatifs | Puissance absorbée par l'auxiliaire (kW) au régime prescrit (remplir les colonnes pertinentes) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ralenti | 63 % | 80 % | 91 % | Intermédiaire | Puissance maximale | 100 % |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Total ($P_{f,i}$): | | | | | | | |

7.2. Puissance nette du moteur, telle qu'indiquée dans le tableau 3 ci-dessous:

*Tableau 3*

**Puissance nette du moteur**

| Condition | Puissance nette du moteur (kW) au régime prescrit (remplir les colonnes pertinentes) | | |
|---|---|---|---|
| | Intermédiaire | Puissance maximale | 100 % |
| Puissance de référence mesurée au régime d'essai prescrit ($P_{m,i}$) | | | |
| Puissance totale absorbée par les auxiliaires dans le tableau 1 ($P_{f,i}$) | | | |
| Puissance totale absorbée par les auxiliaires dans le tableau 2 ($P_{r,i}$) | | | |
| Puissance nette du moteur $P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i}$ | | | |

8. CONDITIONS D'ESSAI

8.1. $f_a$ compris entre 0,93 et 1,07 (*): oui/non

8.1.1. Si $f_a$ n'est pas compris dans cet intervalle, préciser l'altitude de l'installation d'essai et la pression atmosphérique en conditions sèches: .....

8.2. Gamme de température de l'air d'admission (*): 20 à 30 °C/– 5 à – 15 °C (pour motoneiges seulement)/20 à 35 °C (uniquement pour les moteurs NRE d'une puissance supérieure à 560 kW)

9. INFORMATIONS CONCERNANT LA CONDUITE DU CYCLE NRSC

9.1. Le cycle (cocher la case correspondante) doit être indiqué dans le tableau 4.

*Tableau 4*

**Cycle NRSC**

| Cycle | C1 | C2 | D2 | G1 | G2 | G3 | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mode discret | | | | | | | |
| RMC | | | | | | s.o. | |

9.2. Le réglage du dynamomètre (kW) doit être indiqué dans le tableau 5:

*Tableau 5*

**Réglage du dynamomètre**

| Pourcentage de charge ou pourcentage de puissance nominale, selon le cas | Réglage du dynamomètre (kW) au régime prescrit après réglage de la puissance absorbée par les auxiliaires [1] (remplir les colonnes pertinentes) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ralenti | 63 % | 80 % | 91 % | Intermédiaire | 100 % |
| 5 % | | | | | | |
| 10 % | | | | | | |
| 25 % | | | | | | |
| 50 % | | | | | | |
| 75 % | | | | | | |
| 100 % | | | | | | |

[1] Le dynamomètre doit être réglé comme indiqué au paragraphe 7.7.1.3 de l'annexe 4 du présent règlement. La puissance absorbée par les auxiliaires à ce point-là doit être déterminée à partir des valeurs totales indiquées aux tableaux 1 et 2 du présent appendice.

9.3. Émissions produites pendant le cycle NRSC

9.3.1. Facteur de détérioration: calculé/attribué

9.3.2. Les valeurs du facteur de détérioration et les résultats pondérés des émissions doivent être indiqués dans le tableau 6:

*Note:* Si le cycle NRSC est effectué en mode discret et que les facteurs $K_{ru}$ or $K_{rd}$ ont été définis pour chacun des modes, le tableau ci-dessous doit être remplacé par un tableau montrant chaque mode et les facteurs $K_{ru}$ or $K_{rd}$ appliqués.

*Tableau 6*

**Valeurs des facteurs de détérioration du cycle NRSC et résultats pondérés des émissions**

| Facteur de détérioration mult/add | CO | HC | $NO_X$ | HC + $NO_X$ | PM | PN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| Émissions | CO (g/kWh) | HC (g/kWh) | $NO_X$ (g/kWh) | HC + $NO_X$ (g/kWh) | PM (g/kWh) | PN #/kWh |
| Résultat d'essais avec/ sans régénération | | | | | | |

| Facteur de détérioration mult/add | CO | HC | $NO_X$ | HC + $NO_X$ | PM | PN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| $k_{ru}/k_{rd}$ mult/add | | | | | | |
| Résultat d'essais avec facteurs d'ajustement de régénération peu fréquente (IRAF) | | | | | | |
| Résultat de l'essai final avec FD | | | | | | |

9.3.3. Quantité de $CO_2$ pondérée, émise pendant le cycle (g/kWh):

9.3.4. Quantité moyenne de $NH_3$ émise pendant le cycle (ppm):

9.4. Les points d'essai additionnels situés dans la zone de contrôle (le cas échéant) doivent être indiqués dans le tableau 7.

*Tableau 7*

**Points d'essai additionnels situés dans la zone de contrôle**

| Émissions aux points d'essai | Régime du moteur | Charge (%) | CO (g/kWh) | HC (g/kWh) | $NO_X$ (g/kWh) | HC + $NO_X$ (g/kWh) | PM (g/kWh) | PN #/kWh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Résultat d'essai 1 | | | | | | | | |
| Résultat d'essai 2 | | | | | | | | |
| Résultat d'essai 3 | | | | | | | | |

9.5. Systèmes d'échantillonnage utilisés pour le cycle NRSC:

9.5.1. Émissions de gaz:

9.5.2. Masse de particules (PM):

9.5.2.1. Méthode (*): filtre simple/filtres multiples

9.5.3. Nombre de particules (PN):

10. INFORMATIONS CONCERNANT LA CONDUITE DE L'ESSAI EN CONDITIONS TRANSITOIRES (LE CAS ÉCHÉANT):

10.1. Le cycle (cocher la case correspondante)doit être indiqué dans le tableau 8:

*Tableau 8*

**Cycle d'essais en conditions transitoires**

| | |
|---|---|
| NRTC | |
| LSI-NRTC | |

10.2. Facteurs de détérioration pendant l'essai en conditions transitoires:

10.2.1. Facteur de détérioration: calculé/attribué

10.2.2. Les valeurs des facteurs de détérioration et les résultats d'émission doivent être indiqués dans le tableau 9.

10.3. Résultats d'émission obtenus pendant le cycle NRTC

*Tableau 9*

**Valeurs des facteurs de détérioration et résultats d'émission des cycles NRTC**

| DF mult/add | CO | HC | $NO_X$ | HC + $NO_X$ | PM | PN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| Émissions | CO (g/kWh) | HC (g/kWh) | $NO_X$ (g/kWh) | HC + $NO_X$ (g/kWh) | PM (g/kWh) | PN #/kWh |
| Démarrage à froid | | | | | | |
| Résultats des essais avec démarrage à chaud avec/sans régénération | | | | | | |
| Résultats d'essais pondérés | | | | | | |
| $k_{ru}/k_{rd}$ mult/add | | | | | | |
| Résultats d'essais pondérés avec des IRAF | | | | | | |
| Résultat de l'essai final avec FD | | | | | | |

10.3.1. $CO_2$ cycle à chaud (g/kWh):

10.3.2. Émissions moyennes de $NH_3$ pendant le cycle d'essais (ppm):

10.3.3. Puissance obtenue pendant le cycle d'essais avec démarrage à chaud (kWh):

10.3.4. Émissions de $CO_2$ pendant le cycle d'essais avec démarrage à chaud (g):

10.4. Résultats d'émission pendant le cycle LSI-NRTC

*Tableau 10*

**Valeurs des facteurs de détérioration et résultats d'émission des cycles LSI-NRTC**

| Facteur de détérioration mult/add | CO | HC | $NO_X$ | HC + $NO_X$ | PM | PN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| Émissions | CO (g/kWh) | HC (g/kWh) | $NO_X$ (g/kWh) | HC + $NO_X$ (g/kWh) | PM (g/kWh) | PN #/kWh |
| Résultats des essais avec démarrage à chaud avec/sans régénération | | | | | | |
| $k_{ru}/k_{rd}$ mult/add | | | | | | |
| Résultats d'essais pondérés avec des IRAF | | | | | | |
| Résultat de l'essai final avec FD | | | | | | |

10.4.1. Émissions de $CO_2$ pendant le cycle d'essais (g/kWh):

10.4.2. Émissions moyenne de $NH_3$ pendant le cycle d'essais (ppm):

10.4.3. Puissance obtenue pendant le cycle d'essais (kWh):

10.4.4. Émissions de $CO_2$ pendant le cycle d'essais (g):

10.5. Système d'échantillonnage utilisé pour l'essai en conditions transitoires

10.5.1. Émissions de gaz:

10.5.2. Masse de particules (PM):

10.5.3. Nombre de particules (PN):

11. RÉSULTATS D'ÉMISSIONS FINALS

11.1. Les résultats d'émissions pendant le cycle d'essais doivent être indiqués dans le tableau 11.

*Tableau 11*

**Résultats d'émissions finals**

| Émissions | CO (g/kWh) | HC (g/kWh) | $NO_X$ (g/kWh) | HC + $NO_X$ (g/kWh) | PM (g/kWh) | PN #/kWh | Cycle d'essais (1) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Résultats d'essais finals du cycle NRSC avec FD (2) | | | | | | | |
| Résultats d'essais finals en conditions transitoires avec FD (3) | | | | | | | |

(1) Pour le cycle NRSC, préciser le cycle comme indiqué au paragraphe 9.1 et pour le cycle d'essais en mode transitoire, préciser le cycle comme indiqué au paragraphe 10.1.
(2) Reprendre les résultats dans le tableau 6.
(3) Reprendre les résultats dans le tableau 9 ou le tableau 10, selon le cas.

11.2 Émissions de $CO_2$ (1):

11.3 Valeurs de référence à utiliser si la partie contractante exige des essais de surveillance en service

11.3.1 Travaux de référence NRTC (kWh) (2):

11.3.2 $CO_2$ de référence NRTC (g) (3):

*Notes explicatives au modèle de procès-verbal d'essai*

(*Les appels de note, les notes de bas de page et les notes explicatives ne doivent pas figurer dans le procès-verbal d'essai*)

(*) Biffer les mentions qui ne sont pas applicables.

(1) Dans le cas d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs soumis à la fois à un cycle NRSC et à un cycle d'essais en conditions transitoires, indiquer les émissions de $CO_2$ avec démarrage à chaud obtenues pendant le cycle NRTC, décrites au paragraphe 10.2.3 ou les émissions de $CO_2$ obtenues pendant le cycle LSI-NRTC, décrites au paragraphe 10.3.3. Dans le cas des moteurs uniquement soumis à un cycle NRSC indiquer les émissions de $CO_2$ émissions obtenues pendant ce cycle, décrites au paragraphe 9.3.3.

(2) Si le moteur est soumis à des essais NRTC conformément au paragraphe 10.3.3, sinon laisser en blanc.

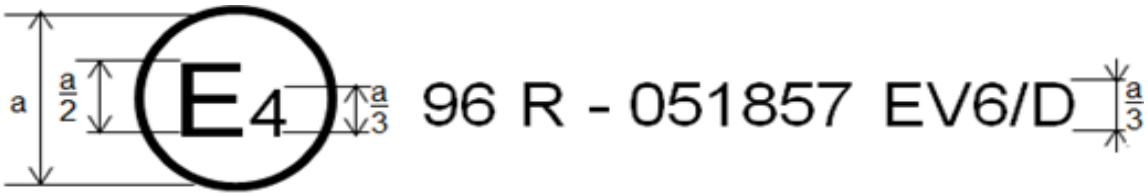
(3) Si le moteur est soumis à des essais NRTC conformément au paragraphe 10.3.4, sinon laisser en blanc.

*ANNEXE 3*

**EXEMPLES DE MARQUES D'HOMOLOGATION**

MODÈLE A

(voir le paragraphe 4.3.3 du présent règlement)

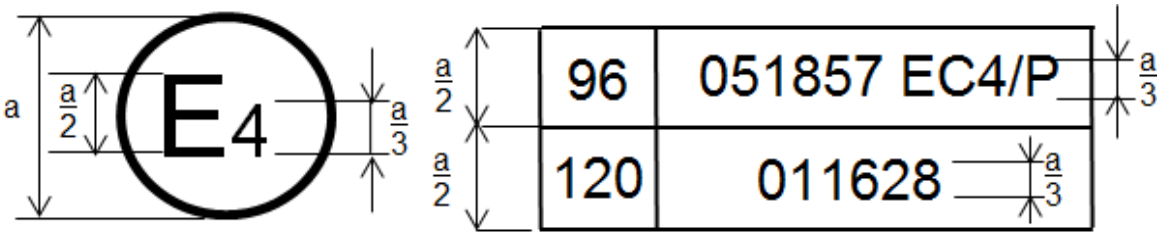



a = 8 mm min.

La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur, indique que le type de ce moteur a été homologué aux Pays-Bas (E4), en application du règlement ONU nº 96 (étape V pour la sous-catégorie de moteurs NRE-v6 à régime variable développant une puissance comprise entre 130 et 560 kW, fonctionnant avec du gazole) et sous le numéro d'homologation 051857. Les deux premiers chiffres du numéro d'homologation signifient que le règlement ONU nº 96 était sous sa forme amendée (série 05 d'amendements) lorsque l'homologation a été délivrée.

MODÈLE B

(voir le paragraphe 4.3.3.4 du présent règlement)




a = 8 mm min.

La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur, indique que le type de ce moteur a été homologué aux Pays-Bas (E4), en application des règlements ONU nº 96 (au niveau correspondant à la sous-catégorie de moteurs NRE à régime constant développant une puissance comprise entre 56 et 130 kW, comme indiqué par le code EC4 et fonctionnant avec de l'essence (E10) comme indiqué par le code P) et 120. Les deux premiers chiffres du numéro d'homologation signifient qu'aux dates où les homologations respectives ont été délivrées, le règlement ONU nº 96 était déjà sous sa forme amendée (série 05 d'amendements) ainsi que le règlement ONU nº 120 (série 01 d'amendements).

*APPENDICE A.1*

**CODE D'IDENTIFICATION DE LA CATÉGORIE DE MOTEURS DEVANT FIGURER DANS LA MARQUE D'HOMOLOGATION DE TYPE**

*Tableau 1*

**Code d'identification de la catégorie de moteurs devant figurer dans la marque d'homologation de type**

| Catégorie de moteurs (colonne 1) | Sous-catégorie de moteurs (colonne 2) | Catégorie EDP (le cas échéant) (colonne 3) | Code d'identification de la catégorie de moteurs (colonne 4) |
|---|---|---|---|
| NRE | NRE-v-1 | | EV1 |
| | NRE-v-2 | | EV2 |
| | NRE-v-3 | | EV3 |
| | NRE-v-4 | | EV4 |
| | NRE-v-5 | | EV5 |
| | NRE-v-6 | | EV6 |
| | NRE-v-7 | | EV7 |
| | NRE-c-1 | | EC1 |
| | NRE-c-2 | | EC2 |
| | NRE-c-3 | | EC3 |
| | NRE-c-4 | | EC4 |
| | NRE-c-5 | | EC5 |
| | NRE-c-6 | | EC6 |
| | NRE-c-7 | | EC7 |
| NRG | NRG-v-1 | | GV1 |
| | NRG-c-1 | | GC1 |
| NRSh | NRSh-v-1a | Catégorie 1 | SHA1 |
| | | Catégorie 2 | SHA2 |
| | | Catégorie 3 | SHA3 |
| | NRSh-v-1b | Catégorie 1 | SHB1 |
| | | Catégorie 2 | SHB2 |
| | | Catégorie 3 | SHB3 |
| SMB | SMB-v-1 | | SM1 |

| Catégorie de moteurs (colonne 1) | Sous-catégorie de moteurs (colonne 2) | Catégorie EDP (le cas échéant) (colonne 3) | Code d'identification de la catégorie de moteurs (colonne 4) |
|---|---|---|---|
| ATS | ATS-v-1 | | AT1 |
| NRS | NRS-vr-1a | Catégorie 1 | SRA1 |
| | | Catégorie 2 | SRA2 |
| | | Catégorie 3 | SRA3 |
| | NRS-vr-1b | Catégorie 1 | SRB1 |
| | | Catégorie 2 | SRB2 |
| | | Catégorie 3 | SRB3 |
| | NRS-vi-1a | Catégorie 1 | SYA1 |
| | | Catégorie 2 | SYA2 |
| | | Catégorie 3 | SYA3 |
| | NRS-vi-1b | Catégorie 1 | SYB1 |
| | | Catégorie 2 | SYB2 |
| | | Catégorie 3 | SYB3 |
| | NRS-v-2a | Catégorie 1 | SVA1 |
| | | Catégorie 2 | SVA2 |
| | | Catégorie 3 | SVA3 |
| | NRS-v-2b | Catégorie 1 | SVB1 |
| | | Catégorie 2 | SVB2 |
| | | Cat 3 | SVB3 |
| | NRS-v-3 | Catégorie 1 | SV31 |
| | | Catégorie 2 | SV32 |
| | | Catégorie 3 | SV33 |

*Tableau 2*

**Codes carburants devant figurer dans la marque d'homologation**

| Type de carburant moteur (colonne 1) | Sous-type, le cas échéant (colonne 2) | Code carburant (colonne 3) |
|---|---|---|
| Gazole (non routier) pour moteurs APC | | D |
| Éthanol spécial (ED95) pour moteurs APC | | ED |
| Éthanol spécial (E85) pour moteurs AC | | E85 |
| Essence (E10) pour moteurs AC | | P |

| Type de carburant moteur (colonne 1) | Sous-type, le cas échéant (colonne 2) | Code carburant (colonne 3) |
|---|---|---|
| GPL pour moteurs AC | | Q |
| Gaz naturel/biométhane pour moteurs AC | Moteur homologué et étalonné pour les gaz de la gamme H | H |
| | Moteur homologué et étalonné pour les gaz de la gamme L | L |
| | Moteur homologué et étalonné à la fois pour les gaz de la gamme H et pour les gaz de la gamme L | HL |
| | Moteur homologué et étalonné pour un gaz spécifique de la gamme H et pouvant fonctionner avec un autre gaz spécifique de la gamme H grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur | HT |
| | Moteur homologué et étalonné pour un gaz spécifique de la gamme L et pouvant fonctionner avec un autre gaz spécifique de la gamme L grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur | LT |
| | Moteur homologué et étalonné pour un gaz spécifique soit de la gamme H, soit de la gamme L et pouvant fonctionner avec un autre gaz spécifique soit de la gamme H soit de la gamme L, grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur | HLT |
| | Moteur homologué et étalonné pour un mélange spécifique gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié se traduisant par un facteur de recalage λ ne différant pas de plus de 3 % du facteur λ du gaz $G_{20}$ défini à l'appendice 4 du présent règlement et dont la teneur en éthane ne dépasse pas 1,5 % | LN2 |
| | Moteur homologué et étalonné pour tout autre mélange gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié que les mélanges ci-dessus | LNG |
| Bicarburants | Pour moteurs à bicarburation de type 1A | 1A# (*) |
| | Pour moteurs à bicarburation de type 1B | 1B# (*) |
| | Pour moteurs à bicarburation de type 2A | 2A# (*) |
| | Pour moteurs à bicarburation de type 2B | 2B# (*) |
| | Pour moteurs à bicarburation de type 3B | 3B# (*) |

(*) Remplacer «#»par le chiffre figurant dans la colonne 2 du tableau 3.

*Tableau 3*

**Chiffre final du code des bicarburants**

| Caractéristiques des gaz homologués | Chiffre final du code des bicarburants (colonne 2) |
|---|---|
| Moteur à bicarburation homologué et étalonné pour fonctionner avec des gaz de la gamme H, en tant que carburants gazeux | 1 |
| Moteur à bicarburation homologué et étalonné pour fonctionner avec des gaz de la gamme L, en tant que carburant gazeux | 2 |

| Caractéristiques des gaz homologués | Chiffre final du code des bicarburants (colonne 2) |
|---|---|
| Moteur à bicarburation homologué et étalonné pour fonctionner à la fois avec des gaz de la gamme H et de la gamme L, en tant que carburants gazeux | 3 |
| Moteur à bicarburation homologué et étalonné pour un gaz spécifique de la gamme H, et pouvant fonctionner avec un autre gaz spécifique de la gamme H grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur, en tant que carburants gazeux | 4 |
| Moteur à bicarburation homologué et étalonné pour un gaz spécifique de la gamme L et pouvant fonctionner avec un autre gaz spécifique de la gamme L grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur, en tant que carburants gazeux | 5 |
| Moteur à bicarburation homologué et étalonné pour un gaz spécifique soit de la gamme H, soit de la gamme L et pouvant fonctionner avec un autre gaz spécifique soit de la gamme H soit de la gamme L, grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur, en tant que carburant gazeux | 6 |
| Moteur à bicarburation homologué et étalonné pour un mélange spécifique gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié se traduisant par un facteur de recalage λ ne différant pas de plus de 3 % du facteur de recalage λ du gaz $G_{20}$ défini à l'appendice 4 du présent règlement et dont la teneur en éthane ne dépasse pas 1,5 %, en tant que carburant gazeux | 7 |
| Moteur à bicarburation homologué et étalonné pour tout autre mélange gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié que les mélanges ci-dessus, en tant que carburant gazeux | 8 |
| Moteur à bicarburation homologué pour fonctionner avec du GPL en tant que carburant gazeux | 9 |

*ANNEXE 4*

**PROCÉDURE D'ESSAI**

1. INTRODUCTION

La présente annexe décrit la méthode de mesure des émissions de gaz et de particules polluants du moteur soumis à l'essai et les spécifications relatives aux appareils de mesure.

2. APERÇU GÉNÉRAL

2.1. La présente annexe contient les dispositions techniques nécessaires à la réalisation d'un essai d'émissions.

3. DÉFINITIONS, SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS

3.1 Définitions

Voir le paragraphe 2.1 du présent règlement.

3.2 Symboles généraux[1]

| Symbole | Unité | Terme |
|---|---|---|
| $a_0$ | — | Ordonnée à l'origine de la droite de régression |
| $a_1$ | — | Pente de la droite de régression |
| $\alpha_{sp}$ | rad/s² | Dérivée du régime moteur au point de consigne |
| $A/F_{st}$ | — | Rapport air/carburant stœchiométrique |
| $c$ | ppm, % vol. | Concentration (également en µmol/mol = ppm) |
| $D$ | — | Facteur de dilution |
| $d$ | M | Diamètre |
| $E$ | % | Rendement de conversion |
| $e$ | g/kWh | Base spécifique du banc |
| $e_{gas}$ | g/kWh | Émissions spécifiques de constituants gazeux |
| $e_{PM}$ | g/kWh | Émissions spécifiques de particules |
| $e_w$ | g/kWh | Émissions spécifiques pondérées |
| $F$ | | Statistiques de test F |
| $F$ | — | Fréquence de la régénération compte tenu de la proportion des essais au cours desquels elle se produit |
| $f_a$ | — | Facteur atmosphérique du laboratoire |
| $k_r$ | — | Facteur de régénération multiplicatif |
| $k_{Dr}$ | — | Facteur d'ajustement vers le bas |
| $k_{Ur}$ | — | Facteur d'ajustement vers le haut |

[1] Les symboles spécifiques figurent dans les annexes.

| Symbole | Unité | Terme |
|---|---|---|
| $\lambda$ | — | Facteur d'excédent d'air |
| $L$ | — | Couple en pourcentage |
| $M_a$ | g/mol | Masse molaire de l'air d'admission |
| $M_e$ | g/mol | Masse molaire des gaz d'échappement |
| $M_{gas}$ | g/mol | Masse molaire des constituants gazeux |
| $m$ | kg | Masse |
| $m_{gas}$ | g | Masse des émissions gazeuses sur l'ensemble du cycle d'essai |
| $m_{PM}$ | g | Masse des émissions de particules sur l'ensemble du cycle d'essai |
| $n$ | $min^{-1}$ | Régime de rotation du moteur |
| $n_{hi}$ | $min^{-1}$ | Régime supérieur |
| $n_{lo}$ | $min^{-1}$ | Régime inférieur |
| $P$ | kW | Puissance |
| $P_{max}$ | kW | Puissance maximale observée ou déclarée au régime d'essai dans les conditions de l'essai (définies par le constructeur) |
| $P_{AUX}$ | kW | Puissance totale déclarée absorbée par les accessoires prévus pour l'essai |
| $p$ | kPa | Pression |
| $p_a$ | kPa | Pression atmosphérique en conditions sèches |
| $PF$ | % | Fraction de pénétration |
| $q_{maw}$ | kg/s | Débit-masse d'air d'admission en conditions humides |
| $q_{mdw}$ | kg/s | Débit-masse d'air de dilution en conditions humides |
| $q_{mdew}$ | kg/s | Débit-masse des gaz d'échappement dilués en conditions humides |
| $q_{mew}$ | kg/s | Débit-masse des gaz d'échappement en conditions humides |
| $q_{mf}$ | kg/s | Débit-masse du carburant |
| $q_{mp}$ | kg/s | Débit de prélèvement de gaz d'échappement dans le système de dilution partielle du flux |
| $q_V$ | $m^3/s$ | Débit volumique |
| $RF$ | — | Facteur de réponse |
| $r_d$ | — | Taux de dilution |
| $r^2$ | — | Coefficient de détermination |

| Symbole | Unité | Terme |
|---|---|---|
| $r$ | kg/m³ | Masse volumique |
| $s$ | — | Écart type |
| $S$ | kW | Réglage du dynamomètre |
| $SEE$ | — | Erreur type de l'estimation de y en fonction de x |
| $T$ | °C | Température |
| $T_a$ | K | Température absolue |
| $T$ | N·m | Couple moteur |
| $T_{sp}$ | N·m | Demande de couple au point de consigne «sp» |
| $u$ | — | Rapport entre les masses volumiques du constituant gazeux et des gaz d'échappement |
| $t$ | s | Temps |
| $Dt$ | s | Intervalle de temps |
| $t_{10}$ | s | Temps écoulé entre l'application du signal en échelon et l'affichage de 10 % de la valeur finale |
| $t_{50}$ | s | Temps écoulé entre l'application du signal en échelon et l'affichage de 50 % de la valeur finale |
| $t_{90}$ | s | Temps écoulé entre l'application du signal en échelon et l'affichage de 90 % de la valeur finale |
| $V$ | m³ | Volume |
| $W$ | kWh | Travail |
| $y$ | | Variable générique |
| $\overline{y}$ | | Moyenne arithmétique |

3.3. Indices

| | |
|---|---|
| abs | Quantité absolue |
| act | Quantité réelle |
| air | Quantité d'air |
| amb | Quantité ambiante |
| atm | Quantité atmosphérique |
| cor | Quantité corrigée |
| CFV | Venturi-tuyère en régime critique |
| denorm | Quantité dénormalisée |
| dry | Quantité en conditions sèches |
| exp | Quantité escomptée |
| filter | Filtre de collecte des PM |
| $i$ | Mesure instantanée (par exemple, 1 Hz) |
| $i$ | Élément d'une série |
| idle | État au ralenti |
| in | Quantité entrante |
| leak | Quantité de fuite |
| max | Valeur maximale (de crête) |

| | |
|---|---|
| meas | Quantité mesurée |
| min | Valeur minimale |
| mix | Masse molaire de l'air |
| out | Quantité sortante |
| PDP | Pompe volumétrique |
| ref | Quantité de référence |
| SSV | Venturi subsonique |
| total | Quantité totale |
| uncor | Quantité non corrigée |
| vac | Degré de vide |
| weight | Poids d'étalonnage |
| wet | Quantité en conditions humides |

3.4. Symboles et abréviations des composants chimiques (aussi utilisés comme indices)

Voir le paragraphe 2.2.2 du présent règlement.

3.5. Abréviations

Voir le paragraphe 2.2.3 du présent règlement.

4. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Les moteurs soumis à l'essai doivent satisfaire aux prescriptions en matière de performances indiquées au paragraphe 5 lorsqu'ils sont essayés conformément aux conditions d'essai définies au paragraphe 6 et à la procédure d'essai visée au paragraphe 7.

5. PRESCRIPTIONS FONCTIONNELLES

5.1. Prescriptions générales

5.1.1. Réservé([2])

5.1.2. Émissions de polluants gazeux et particulaires

Les polluants sont représentés par:

a) les oxydes d'azote ($NO_x$);

b) les hydrocarbures, exprimés en tant qu'hydrocarbures totaux (HC ou THC);

c) les particules (PM);

d) le nombre de particules (PN);

e) le monoxyde de carbone (CO).

Les valeurs mesurées des polluants gazeux et particulaires et du $CO_2$ émis par l'échappement du moteur se réfèrent aux émissions spécifiques au frein en grammes par kilowattheure (g/kWh), tandis que pour le nombre de particules, les valeurs mesurées se réfèrent aux émissions spécifiques au frein en nombre de particules par kilowattheure (#/kWh). On peut utiliser d'autres systèmes d'unités en appliquant le facteur de conversion approprié.

([2]) La numérotation de la présente annexe est conforme à la numérotation du RTM ONU n° 11 relatif aux engins mobiles non routiers. Toutefois, certaines sections du RTM n'ont pas été reprises dans l'annexe.

Les polluants gazeux et particulaires qui doivent être mesurés sont ceux pour lesquels des valeurs limites sont applicables à la sous-catégorie de moteurs soumise à l'essai, comme indiqué dans l'appendice 2 du présent règlement.

Les résultats obtenus comme indiqué au paragraphe 5.1 du présent règlement ne doivent pas dépasser les valeurs limites applicables.

Les émissions de $CO_2$ doivent être mesurées et consignées pour toutes les sous-catégories de moteurs comme requis par le paragraphe 6.1.4 du présent règlement.

Les émissions moyennes d'ammoniac ($NH_3$) doivent, en outre, être mesurées comme requis conformément au paragraphe 3.4 de l'annexe 9, lorsque les mesures de limitation des émissions d'oxydes d'azote qui font partie du système de limitation des émissions du moteur incluent l'utilisation d'un réactif, et ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans ledit paragraphe.

Les émissions doivent être déterminées en fonction des cycles d'utilisation (conditions stationnaires et/ou régime transitoire), comme indiqué au paragraphe 7 de la présente annexe. Les systèmes de mesures doivent satisfaire aux prescriptions relatives aux contrôles de l'étalonnage et des performances indiqués au paragraphe 8 de la présente annexe, l'équipement de mesure étant décrit au paragraphe 9 de ladite annexe.

D'autres systèmes ou analyseurs peuvent être approuvés par l'autorité d'homologation de type pour autant qu'ils produisent des résultats équivalents conformément au paragraphe 5.1.3 de la présente annexe.

5.1.3. Équivalence

La détermination de l'équivalence de systèmes doit être fondée sur une étude de corrélation portant sur sept paires d'échantillons (ou plus) entre le système envisagé et l'un des systèmes de la présente annexe.

Par «résultats», on entend la valeur spécifique des émissions pondérées par cycle. Les essais de corrélation doivent être effectués par le même laboratoire, dans la même chambre d'essai et sur le même moteur et de préférence conjointement. L'équivalence des moyennes de paires d'échantillons doit être déterminée sur la base de statistiques d'essai F et d'essai t comme décrit dans l'appendice A.3 de l'annexe 5, obtenues par le laboratoire, dans la chambre d'essai et avec les conditions moteur décrites ci-dessus. Les valeurs aberrantes seront déterminées conformément à la norme ISO 5725 et exclues de la base de données. Les systèmes utilisés pour les essais de corrélation doivent être soumis à l'agrément de l'autorité d'homologation de type.

5.2. Prescriptions générales concernant les cycles d'essai

5.2.1. L'essai d'homologation de type doit être effectué en utilisant le cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins non routiers (NRSC) approprié et, le cas échéant, le cycle en conditions transitoires pour engins non routiers (NRTC ou LSI-NRTC) approprié, conformément à l'appendice A.6 de la présente annexe.

5.2.2. Les spécifications techniques et caractéristiques des cycles NRSC sont indiquées dans l'appendice A.6. Au choix du constructeur, un essai NRSC peut être exécuté en tant que cycle à modes discrets ou, le cas échéant, en tant que cycle à modes raccordés (RMC), comme indiqué au paragraphe 7.4.1.

5.2.3. Les spécifications techniques et caractéristiques des cycles NRTC et LSI-NRTC sont indiquées dans l'appendice A.6 de la présente annexe.

5.2.4. Les cycles d'essai spécifiés au paragraphe 7.4 et dans l'appendice A.6 de la présente annexe sont conçus autour de pourcentages du couple ou de la puissance maximale et de régimes d'essai qui doivent être déterminés pour l'exécution correcte des cycles d'essai:

a) régime de 100 % [régime d'essai maximal (MTS) ou régime nominal];

b) régime(s) intermédiaire(s), comme spécifié au paragraphe 5.2.5.4;

c) régime de ralenti, comme spécifié au paragraphe 5.2.5.5.

La détermination des régimes d'essai est traitée au paragraphe 5.2.5, tandis que l'utilisation du couple et de la puissance est traitée au paragraphe 5.2.6.

5.2.5. Régimes d'essai

5.2.5.1. Régime d'essai maximal (MTS)

Le MTS doit être calculé conformément au paragraphe 5.2.5.1.1 ou au paragraphe 5.2.5.1.3.

5.2.5.1.1 Calcul du MTS

Afin de calculer le MTS, la procédure d'établissement de la courbe de conversion transitoire doit être appliquée conformément au paragraphe 7.4. Le MTS est alors déterminé à partir des valeurs établies du régime moteur en fonction de la puissance. Le MTS doit être calculé selon l'une des méthodes suivantes:

a) calcul fondé sur les régimes inférieur et supérieur

$$\mathrm{MTS} = n_{\mathrm{lo}} + 0{,}95 \cdot (n_{\mathrm{hi}} - n_{\mathrm{lo}}) \quad \text{(A.4-1)}$$

où:

$n_{hi}$ est le régime supérieur tel que défini au paragraphe 2.1.43

$n_{lo}$ est le régime inférieur tel que défini au paragraphe 2.1.50;

b) calcul fondé sur la méthode du vecteur le plus long

$$\mathrm{MTS} = \overline{n_i} \quad \text{(A.4-2)}$$

où:

$\overline{y}$ est la moyenne des régimes les plus bas et les plus élevés auxquels ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$) est égal à 98 % de la valeur maximale de ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$).

S'il n'y a qu'un régime auquel la valeur de ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$) est égale à 98 % de la valeur maximale de ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$):

$$\mathrm{MTS} = n_{\mathrm{i}} \quad \text{(A.4-3)}$$

où:

$n_i$ est le régime auquel la valeur maximale de ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$) est atteinte.

où:

$n$ n est le régime moteur

$i$ est une variable d'indexation qui représente une valeur enregistrée d'une courbe de conversion du moteur

$n_{normi}$ est un régime moteur normalisé en le divisant par $n_{Pmax}$

$P_{normi}$ est une puissance moteur normalisée en la divisant par $P_{max}$

$n_{Pmax}$ est la moyenne des régimes le plus bas et le plus haut auxquels la puissance est égale à 98 % de $P_{max}$.

L'interpolation linéaire doit être utilisée entre les valeurs établies afin de déterminer:

i) Les régimes auxquels la puissance est égale à 98 % de $P_{max}$. S'il n'existe qu'un régime auquel la puissance est égale à 98 % de $P_{max}$, $n_{Pmax}$ est le régime auquel $P_{max}$ est obtenu;

ii) Les régimes auxquels ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$) est égal à 98 % de la valeur maximale de ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$).

5.2.5.1.2. Utilisation d'un MTS déclaré

Si le MTS calculé conformément au paragraphe 5.2.5.1.1 ou 5.2.5.1.3 est dans la plage de ± 3 % du MTS déclaré par le constructeur, le MTS déclaré peut être utilisé pour l'essai d'émissions. Si la tolérance est dépassée, le MTS mesuré doit être utilisé pour l'essai d'émissions.

5.2.5.1.3. Utilisation d'un MTS ajusté

Si la partie descendante de la courbe de pleine charge présente un bord très raide, cela peut poser des problèmes pour atteindre correctement les régimes de 105 % du cycle d'essai NRTC. Dans ce cas, il est permis, moyennant l'accord préalable du service technique, d'utiliser une autre valeur du MTS déterminée au moyen de l'une des méthodes suivantes:

a) le MTS peut être légèrement réduit (maximum 3 %) afin de rendre possible l'exécution correcte du cycle NRTC;

b) un MTS peut être calculé au moyen de l'équation (A.4-4):

$$MTS = ((n_{max} - n_{idle})/1{,}05) + n_{idle} \quad \text{(A.4-4)}$$

où:

$n_{max}$ = est le régime moteur auquel le régulateur gère le régime moteur avec une demande de l'opérateur au maximum et une charge appliquée de zéro («régime maximal à vide»)

$n_{idle}$ = est le régime de ralenti.

5.2.5.2. Régime nominal

Le régime nominal est défini au paragraphe 2.1.72. Le régime nominal des moteurs à régime variable soumis à des essais d'émission autres que les moteurs soumis à des essais NRSC à régime constant, définis au paragraphe 2.1.12 est déterminé à partir de la procédure d'établissement de la courbe de conversion du moteur définie au paragraphe 7.6. Le régime nominal des moteurs à régime variable soumis à des essais NRSC à régime constant doit être déclaré par le constructeur en fonction des caractéristiques du moteur. Le régime nominal des moteurs à régime constant doit être déclaré par le constructeur en fonction des caractéristiques du régulateur. Si un type de moteur à régime variable, comme prévu au paragraphe 2.1.11 du présent règlement, est soumis à un essai d'émission, chaque régime doit être déclaré et soumis à des essais.

Si le régime nominal obtenu au moyen de la procédure d'établissement de la courbe de conversion du moteur définie au paragraphe 7.6 ne diffère pas de plus de 150 tr/min de la valeur déclarée par le constructeur pour les moteurs NRS équipés d'un régulateur, ou de 350 tr/min ou de 4 % pour les moteurs NRS dépourvus de régulateur, si cette seconde valeur est la moins élevée, ou de plus de 100 tr/min pour toutes les autres catégories de moteurs, la valeur déclarée peut être utilisée. Si la valeur obtenue dépasse cette tolérance, le régime nominal obtenu par la procédure d'établissement de la courbe de conversion du moteur doit être utilisé.

Pour les moteurs de la catégorie NRSh, le régime d'essai ne doit pas différer de plus de 350 tr/min du régime nominal déclaré par le constructeur.

On peut aussi utiliser le régime de couple maximum au lieu du régime nominal pour tout cycle d'essai en conditions stabilisées.

5.2.5.3. Régime de couple maximal pour les moteurs à régime variable

Si cela est exigé, le couple maximal déterminé à partir de la courbe obtenue avec la procédure d'établissement de la courbe de conversion du moteur prévue aux paragraphes 7.6.1 ou 7.6.2 doit être le suivant:

a) le régime auquel le couple maximum a été enregistré; ou

b) la moyenne entre le régime minimum et le régime maximum à laquelle le couple est égal à 98 % de sa valeur maximum. Si nécessaire, on utilise une interpolation linéaire pour déterminer les régimes auxquels le couple est égal à 98 % de sa valeur maximum.

Si le régime de couple maximum obtenu d'après la courbe de couple maximum ne diffère pas de ± 4 % du régime de couple maximum déclaré par le constructeur pour les moteurs de la catégorie NRS, ni de ± 2,5 % du régime de couple maximum déclaré par le constructeur pour toutes les autres catégories de moteur, la valeur déclarée peut être utilisée aux fins du présent règlement. Si cette tolérance est dépassée, on utilise le régime de couple maximum obtenu d'après la courbe de couple maximum.

5.2.5.4. Régime intermédiaire

Le régime intermédiaire doit satisfaire à l'une des prescriptions suivantes:

a) dans le cas des moteurs conçus pour fonctionner dans une plage de régimes sur une courbe de couple à pleine charge, le régime intermédiaire doit être le régime de couple maximum si celui-ci intervient entre 60 % et 75 % du régime nominal;

b) si le régime de couple maximal est inférieur à 60 % du régime nominal, alors le régime intermédiaire est de 60 % du régime nominal;

c) si le régime de couple maximal est supérieur à 75 % du régime nominal, alors le régime intermédiaire est de 75 % du régime nominal. Si le moteur n'est capable de fonctionner qu'à des régimes supérieurs à 75 % du régime nominal, le régime intermédiaire doit être le régime le plus faible auquel le moteur peut fonctionner;

d) dans le cas des moteurs qui ne sont pas conçus pour fonctionner dans une plage de régimes sur une courbe de couple à pleine charge dans des conditions stationnaires, le régime intermédiaire doit être entre 60 % et 70 % du régime nominal;

e) dans le cas des moteurs qui doivent être essayés sur le cycle G1, à l'exception des moteurs de la catégorie ATS, le régime intermédiaire doit être de 85 % du régime nominal;

f) dans le cas des moteurs de la catégorie ATS qui sont essayés sur le cycle G1, le régime intermédiaire doit être de 60 % ou 85 % du régime nominal selon celui qui est le plus proche du régime de couple maximal réel.

Lorsque le MTS est utilisé au lieu du régime nominal pour le régime d'essai à 100 %, le MTS doit également remplacer le régime nominal pour la détermination du régime intermédiaire.

5.2.5.5. Régime de ralenti

Le régime de ralenti est le régime moteur le plus faible avec une charge minimale (plus grande ou égale à zéro), lorsqu'un régulateur gère le régime moteur. Dans le cas des moteurs sans régulateur pour gérer le régime moteur, le régime de ralenti est la valeur déclarée par le constructeur comme étant le régime le plus faible possible avec une charge minimale. Par ralenti à chaud, on entend le régime de ralenti du moteur chaud.

5.2.5.6. Régime d'essai dans le cas des moteurs à régime constant

Les régulateurs des moteurs à régime constant ne peuvent pas toujours maintenir le régime exactement constant. Habituellement, le régime peut diminuer (de 0,1 % à 10 %) en dessous du régime à charge nulle, de telle manière que le régime minimal soit situé près du point de puissance maximale du moteur. Dans le cas des moteurs à régime constant, le régime d'essai peut être commandé au moyen du régulateur installé sur le moteur ou en exigeant du banc d'essai un régime qui représente le régulateur du moteur.

Lorsque le régulateur installé sur le moteur est utilisé, le régime à 100 % doit être le régime régulé par le moteur tel que défini au paragraphe 2.1.28 du présent règlement.

Lorsqu'un signal de demande de régime du banc d'essai est utilisé pour simuler le régulateur, le régime à 100 % à charge nulle doit être le régime à charge nulle spécifié par le constructeur pour ce réglage du régulateur et le régime à 100 % à pleine charge doit être le régime nominal pour ce réglage du régulateur. On détermine par interpolation le régime pour les autres modes d'essai.

Lorsque le régulateur a un réglage isochrone, ou lorsque le régime nominal et le régime à charge nulle déclarés par le constructeur ne diffèrent pas de plus de 3 %, une valeur unique déclarée par le constructeur peut être utilisée pour le régime à 100 % à tous les points de charge.

5.2.6. Couple

5.2.6.1. Les chiffres de couple indiqués dans les cycles d'essai sont des valeurs en pourcentage qui représentent, pour un mode d'essai donné:

a) soit le ratio du couple requis au couple maximal possible au régime d'essai spécifié (tous les cycles exceptés D2);

b) soit le ratio du couple requis au couple correspondant à la puissance nette nominale déclarée par le constructeur (cycle D2).

6. CONDITIONS D'ESSAI

6.1. Conditions d'essai en laboratoire

La température absolue ($T_a$) de l'air d'admission du moteur exprimée en Kelvin et la pression atmosphérique en conditions sèches ($p_s$) exprimée en kPa doivent être mesurées et le paramètre $f_a$ doit être déterminé conformément aux dispositions qui suivent et au moyen de l'équation (A.4-5) ou (A.4-6). Si la pression atmosphérique est mesurée dans un conduit, on devra veiller à ce que les pertes soient négligeables entre l'atmosphère et le point de mesure, et tenir compte des changements de la pression statique dans le conduit résultant du débit. Dans le cas des moteurs multicylindres ayant plusieurs collecteurs d'admission distincts, comme les moteurs à configuration en V, la température moyenne des différents collecteurs doit être mesurée. Le paramètre $f_a$ doit être consigné dans les résultats d'essais. Moteurs à aspiration naturelle et moteurs à suralimentation mécanique:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0.7} \quad \text{(A.4-5)}$$

Moteurs à turbocompresseur avec ou sans refroidisseur intermédiaire:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0.7} \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1.5} \quad \text{(A.4-6)}$$

6.1.1. Pour qu'un essai soit considéré comme valable, les deux conditions suivantes doivent être remplies:

a) $f_a$ doit se situer dans la plage $0{,}93 \leq f_a \leq 1{,}07$ sauf comme permis par les paragraphes 6.1.2 et 6.1.4;

b) La température de l'air d'admission, mesurée en amont de tout composant moteur, doit être maintenue à 298 ± 5 K (25 ± 5 °C), sauf comme permis par les paragraphes 6.1.3 et 6.1.4 et comme requis par les paragraphes 6.1.5 et 6.1.6.

6.1.2. Si l'altitude du laboratoire dans lequel le moteur est soumis à l'essai dépasse 600 m, avec l'accord du constructeur, $f_a$ peut dépasser 1,07 à condition que $p_s$ ne soit pas inférieur à 80 kPa.

6.1.3. Si la puissance du moteur soumis à l'essai est supérieure à 560 kW, avec l'accord du constructeur, la valeur maximale de la température de l'air d'admission peut dépasser 303 K (30 °C) à condition qu'elle ne dépasse pas 308 K (35 °C).

6.1.4. Si l'altitude du laboratoire dans lequel le moteur est soumis à l'essai est supérieure à 300 m et que la puissance du moteur soumis à l'essai est supérieure à 560 kW, avec l'accord du constructeur, $f_a$ peut dépasser 1,07, à condition que $p_s$ ne soit pas inférieur à 80 kPa et la valeur maximale de la température de l'air d'admission peut dépasser 303 K (30 °C) à condition qu'elle ne dépasse pas 308 K (35 °C).

6.1.5. Dans le cas d'une famille de moteurs de la catégorie NRS d'une puissance inférieure à 19 kW consistant exclusivement en types de moteurs destinés aux fraises à neige, la température de l'air d'admission doit être maintenue entre 273 K et 268 K (0 °C et – 5 °C).

6.1.6. Pour les moteurs de la catégorie SMB, la température de l'air d'admission doit être maintenue à 263 ± 5 K (– 10 ± 5 °C), sauf comme permis par le paragraphe 6.1.6.1.

6.1.6.1. Pour les moteurs de la catégorie SMB équipés d'un système d'injection de carburant à commande électronique qui ajuste le débit de carburant à la température de l'air d'admission, au choix du constructeur, la température de l'air d'admission peut, à titre d'alternative, être maintenue à 298 ± 5 K (25 ± 5 °C).

6.1.7. Il est permis d'utiliser:

a) un manomètre atmosphérique dont la valeur mesurée est utilisée comme la pression atmosphérique pour l'ensemble d'une installation d'essai qui comporte plusieurs cellules d'essai dynamométriques, pour autant que l'appareillage dans lequel passe l'air d'admission maintienne la pression ambiante à l'endroit où est effectué l'essai à ± 1 kPa de la pression atmosphérique commune;

b) un dispositif de mesure de l'humidité servant à mesurer l'humidité de l'air d'admission de l'ensemble d'une installation d'essai qui comporte plusieurs cellules d'essai dynamométriques, pour autant que l'appareillage dans lequel passe l'air d'admission maintienne le point de rosée à l'endroit où est effectué l'essai à ± 0,5 K de la valeur de l'humidité commune mesurée.

6.2 Moteurs avec refroidisseur d'air intermédiaire

a) Un système de refroidissement intermédiaire d'une capacité totale représentative de l'installation sur les moteurs de série en service doit être utilisé. Tout système de refroidissement intermédiaire de laboratoire doit être conçu pour réduire au minimum l'accumulation de condensat. Tout condensat éventuellement accumulé doit être évacué et les orifices de purge doivent être complètement fermés avant les essais d'émissions. Les purgeurs doivent être maintenus fermés pendant l'essai d'émissions. Les paramètres du réfrigérant doivent être maintenus aux valeurs suivantes:

   i) une température du réfrigérant d'au moins 293 K (20 °C) doit être maintenue à l'entrée du refroidisseur intermédiaire pendant tout l'essai;

   ii) au régime nominal et à pleine charge, le débit de réfrigérant doit être réglé de manière à obtenir une température d'air se situant à ± 5 K de la valeur prévue par le constructeur à la sortie du refroidisseur intermédiaire. La température doit être mesurée à l'emplacement précisé par le constructeur. Cette valeur de consigne de débit du réfrigérant doit être appliquée pendant tout l'essai. Si le constructeur du moteur ne spécifie pas de conditions moteur ou de température correspondante de l'air à la sortie du refroidisseur intermédiaire, le débit de réfrigérant doit être réglé à la puissance maximale du moteur en vue d'obtenir une température à la sortie de l'air du refroidisseur intermédiaire représentative du fonctionnement en service;

   iii) si le constructeur du moteur précise les limites de la perte de charge dans le système de refroidisseur intermédiaire, il faut vérifier que cette perte de charge, aux conditions moteur spécifiées par le constructeur, reste dans les limites spécifiées par ce dernier. La perte de charge doit être mesurée aux emplacements définis par le constructeur;

b) Lorsque le MTS défini au paragraphe 5.2.5.1 est utilisé à la place du régime nominal pour accomplir le cycle d'essai, ce régime peut être utilisé à la place du régime nominal pour régler la température de l'air d'admission.

c) L'objectif de cette procédure est d'obtenir des résultats d'émissions représentatifs du fonctionnement en service. Si une analyse fondée sur les pratiques techniques reconnues montre que l'application des prescriptions du présent paragraphe aboutirait à des conditions d'essai non représentatives (refroidissement excessif de l'air d'admission par exemple), il peut être appliqué des points de consigne et des systèmes plus poussés de régulation de la perte de charge de l'air d'admission, de la température du réfrigérant et du débit afin d'obtenir des résultats plus représentatifs.

6.3. Puissance du moteur

6.3.1. Base de la mesure des émissions

La base de la mesure des émissions spécifiques est la valeur de puissance non corrigée, telle que définie au paragraphe 2.1.56 du présent règlement.

6.3.2. Accessoires à monter pour l'essai

Les accessoires nécessaires au fonctionnement du moteur doivent être montés pour l'essai au banc conformément aux prescriptions de l'appendice A.2.

Si les accessoires nécessaires ne peuvent pas être montés pour l'essai, la puissance qu'ils absorbent doit être déterminée et soustraite de la puissance du moteur mesurée.

6.3.3. Accessoires à démonter pour l'essai

Certains accessoires dont la fonction est liée au fonctionnement de l'engin et qui peuvent être montés sur le moteur doivent être démontés pour l'essai.

Lorsque les accessoires ne peuvent pas être démontés, la puissance qu'ils absorbent en fonctionnement à vide peut être déterminée et ajoutée à la puissance mesurée du moteur (voir note g du tableau de l'appendice A.2). Si cette valeur est supérieure à 3 % de la puissance maximale au régime d'essai, le service technique peut la vérifier. La valeur de puissance absorbée par les accessoires doit être prise en compte pour régler les valeurs de consigne et pour calculer le travail produit par le moteur au cours du cycle d'essai conformément au paragraphe 7.7.1.3 ou au paragraphe 7.7.2.3 b) de la présente annexe.

6.3.4. Détermination de la puissance absorbée par les accessoires

Le cas échéant, les valeurs de la puissance absorbée par les accessoires et la méthode de calcul ou de mesure utilisées pour déterminer cette puissance doivent être soumises par le constructeur du moteur pour toute la plage de fonctionnement des cycles d'essai applicables et approuvées par l'autorité d'homologation de type.

6.3.5. Travail au cours du cycle du moteur

Le calcul du travail de référence et du travail effectif au cours du cycle (voir paragraphe 7.8.3.4) doit être effectué sur la base de la puissance du moteur conformément au paragraphe 6.3.1. Dans ce cas, $P_f$ et $P_r$ dans l'équation (A.4-7) sont nuls, et P est égal à $P_m$.

Si des accessoires ou des équipements sont installés conformément aux paragraphes 6.3.2 et 6.3.3, la puissance qu'ils absorbent doit être utilisée pour corriger chaque puissance instantanée $P_{m,i}$ au cours du cycle au moyen de l'équation (A.4-8):

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,I} - P_{r,i} \quad \text{(A.4-7)}$$

$$P_{AUX} = P_{r,i} - P_{f,i} \quad \text{(A.4-8)}$$

où:

$P_{m,i}$ est la puissance mesurée du moteur, en kW

$P_{f,i}$ est la puissance absorbée par les accessoires/équipements à monter pour l'essai mais qui n'étaient pas installés, en kW

$P_{r,i}$ est la puissance absorbée par les accessoires/équipements à démonter pour l'essai mais qui étaient installés, en kW.

6.4. Admission d'air du moteur

6.4.1. Introduction

Le système d'admission d'air monté sur le moteur ou un système représentatif d'une configuration typique en service doit être utilisé. Les systèmes de refroidisseur intermédiaire et les systèmes de recyclage des gaz d'échappement doivent être inclus.

6.4.2. Restriction de la pression de l'air d'admission

Il doit être utilisé un système d'admission d'air du moteur ou un système de laboratoire produisant une restriction de pression de l'air d'admission se situant à ± 300 Pa de la valeur maximale fixée par le constructeur pour un filtre à air propre au régime nominal et à pleine charge. Lorsque cela n'est pas possible en raison de la conception du système d'alimentation en air du laboratoire d'essai, une restriction de pression ne dépassant pas la valeur spécifiée par le constructeur pour un filtre sale est permise sous réserve de l'accord du service technique. La pression différentielle statique correspondant à la restriction de pression doit être mesurée à l'emplacement et aux points de consigne de régime et de couple précisés par le constructeur. Si le constructeur ne définit pas d'emplacement, la pression doit être mesurée en amont de tout turbocompresseur ou raccordement d'un système de recyclage des gaz d'échappement au système d'admission d'air. Lorsque le MTS défini au paragraphe 5.2.5.1 est utilisé à la place du régime nominal pour accomplir le cycle d'essai, ce régime peut être utilisé à la place du régime nominal pour régler la restriction de pression de l'air d'admission.

6.5. Système d'échappement du moteur

Le système d'échappement monté sur le moteur ou un système représentatif d'une configuration typique en service doit être utilisé. Le système d'échappement doit être conforme aux prescriptions en ce qui concerne le prélèvement des émissions d'échappement énoncées au paragraphe 9.3. Il doit être utilisé un système d'échappement du moteur ou un système de laboratoire produisant une contre-pression statique des gaz d'échappement de 80 % à 100 % de la contre-pression maximale des gaz d'échappement au régime nominal et à pleine charge. La restriction de pression des gaz d'échappement peut être réglée au moyen d'une soupape. Si la restriction maximale de la pression des gaz d'échappement est de 5 kPa ou moins, le point de consigne ne doit pas être à moins de 1,0 kPa du maximum. Lorsque le MTS est utilisé à la place du régime nominal pour accomplir le cycle d'essai, ce régime peut être utilisé à la place du régime nominal pour régler la restriction de la pression des gaz d'échappement.

6.6. Moteur avec système de traitement aval des gaz d'échappement

Si le moteur est équipé d'un système de traitement aval des gaz d'échappement qui n'est pas monté directement sur le moteur, le tuyau d'échappement doit avoir un diamètre identique à celui du tuyau de série sur une longueur égale à au moins quatre diamètres de tuyau en amont de l'entrée de la section divergente contenant le dispositif de traitement aval. La distance entre la bride du collecteur d'échappement ou la sortie du turbocompresseur et le dispositif de traitement aval des gaz d'échappement doit être la même que sur l'engin mobile non routier ou être conforme aux spécifications du constructeur concernant cette distance. Lorsque spécifié par le constructeur, le tuyau doit être isolé pour atteindre une température à l'entrée du système de traitement aval des gaz d'échappement correspondant à la valeur spécifiée par le constructeur. Lorsque le constructeur spécifie d'autres prescriptions d'installation, celles-ci doivent être respectées pour la configuration d'essai. La contre-pression ou restriction de pression du système d'échappement doit être réglée conformément au paragraphe 6.5. Pour les dispositifs de traitement aval des gaz d'échappement avec restriction variable de la pression des gaz d'échappement, la restriction maximale de la pression des gaz d'échappement utilisée au paragraphe 6.5 doit être déterminée dans les conditions du système de traitement aval (niveau de rodage/vieillissement et de régénération/encrassement) spécifiées par le constructeur. Le boîtier de traitement aval peut être enlevé lors des essais à blanc et pendant l'établissement de la courbe de conversion du moteur et peut être remplacé par un boîtier équivalent contenant un élément catalyseur inactif.

Les émissions mesurées au cours du cycle d'essai doivent être représentatives des émissions en service. Dans le cas d'un moteur équipé d'un système de traitement aval nécessitant l'utilisation d'un réactif, le réactif utilisé pour tous les essais doit être indiqué par le constructeur.

Pour les moteurs équipés d'un système de traitement aval avec régénération périodique, comme décrit au paragraphe 6.6.2, les résultats d'émissions doivent être ajustés pour tenir compte des cycles de régénération. Dans ce cas, les émissions moyennes dépendent de la fréquence des cycles de régénération, et donc de la fraction de la durée des essais pendant laquelle il y a régénération. Les systèmes de traitement aval des gaz d'échappement dont le processus de régénération continue intervient de manière permanente ou au moins une fois sur le cycle d'essai en conditions transitoires applicable ou sur le cycle RMC («régénération continue») conformément au paragraphe 6.6.1 n'ont besoin d'aucune procédure d'essai particulière.

6.6.1. Régénération continue

Pour un système de traitement aval des gaz d'échappement fonctionnant avec régénération continue, les émissions doivent être mesurées sur un système dont les caractéristiques ont été stabilisées de manière à garantir la répétabilité des valeurs d'émissions mesurées. L'opération de régénération doit se produire au moins une fois au cours de l'essai à chaud NRTC, LSI-NRTC ou NRSC, et le constructeur doit déclarer les conditions dans lesquelles la régénération a normalement lieu (charge en particules, température, contre-pression du système d'échappement, etc.). Afin de démontrer que l'opération de régénération est continue, il doit être exécuté au moins trois cycles d'essai à chaud NRTC, LSI-NRTC ou NRSC. Dans le cas d'un essai NRTC à chaud, le moteur est soumis à la procédure de réchauffement selon le paragraphe 7.8.2.1, puis à la procédure de stabilisation à chaud selon le point b) du paragraphe 7.4.2.1; le premier essai NRTC à chaud est ensuite exécuté.

Les essais NRTC à chaud suivants doivent être effectués après stabilisation à chaud selon le point b) du paragraphe 7.4.2.1. Au cours des essais, les valeurs de température et de pression des gaz d'échappement doivent être enregistrées (température en amont et en aval du système de traitement aval, contre-pression du système d'échappement, etc.). Le système de traitement aval des gaz d'échappement est considéré comme satisfaisant si les conditions déclarées par le constructeur sont respectées au cours de l'essai pendant une durée suffisante et si les résultats en matière d'émissions n'offrent pas une dispersion excédant ± 25 % ou 0,005 g/kWh, selon la valeur qui est la plus élevée.

6.6.2. Régénération peu fréquente

Ces prescriptions s'appliquent seulement aux moteurs équipés d'un système de traitement aval des gaz d'échappement qui est régénéré de façon périodique, habituellement après moins de 100 h de fonctionnement normal du moteur. Pour ces moteurs, on détermine des facteurs additifs ou multiplicatifs d'ajustement vers le haut ou vers le bas, comme indiqué au paragraphe 6.6.2.4 («facteur d'ajustement»).

L'essai et l'élaboration de facteurs d'ajustement ne sont nécessaires que pour un cycle d'essai en conditions transitoires applicable (NRTC ou LSI-NRTC) ou un cycle d'essai RMC NRSC. Les facteurs qui ont été élaborés peuvent être appliqués aux résultats des autres cycles d'essai applicables, y compris le cycle NRSC à modes discrets.

Dans le cas où aucun facteur d'ajustement approprié ne peut être déterminé à partir du cycle d'essai en conditions transitoires ou du cycle d'essai RMC NRSC, les facteurs d'ajustement sont établis en utilisant un essai NRSC à modes discrets applicable. Les facteurs élaborés en utilisant un cycle d'essai à modes discrets ne doivent être appliqués qu'à des cycles d'essai à modes discrets.

Il n'est pas nécessaire de procéder à l'essai et à l'élaboration de facteurs d'ajustement à la fois sur les cycles RMC et NRSC à modes discrets.

6.6.2.1. Prescriptions pour l'établissement des facteurs d'ajustement en utilisant le cycle d'essai à chaud NRTC, LSI- NRTC ou RMC NRSC

Les émissions doivent être mesurées sur au moins trois cycles d'essai NRTC à chaud, essais LSI-NRTC ou RMC NRSC, l'un avec et les deux autres sans épisode de régénération sur un système de traitement aval des gaz d'échappement stabilisé. Le processus de régénération doit intervenir au moins une fois pendant l'essai NRTC, LSI-NRTC ou RMC NRSC avec épisode de régénération. Si la régénération prend plus qu'un essai NRTC, LSI-NRTC ou RMC NRSC, des essais NRTC, LSI-NRTC ou RMC NRSC consécutifs doivent être exécutés et les émissions doivent continuer d'être mesurées sans couper le moteur jusqu'à ce que la régénération soit terminée et la moyenne des essais doit alors être calculée. Si la régénération se termine pendant un essai, celui-ci doit être poursuivi jusqu'à la fin.

Un facteur d'ajustement approprié doit être déterminé pour l'ensemble du cycle applicable au moyen des équations (A.4-10) à (A.4-13).

6.6.2.2. Prescriptions pour l'établissement de facteurs d'ajustement en utilisant l'essai NRSC à modes discrets

En partant d'un système de traitement aval des gaz d'échappement stabilisé, les émissions sont mesurées sur au moins trois exécutions de chaque mode d'essai du cycle NRSC à modes discrets applicable sur lequel les conditions de la régénération peuvent être remplies, l'une avec et les deux autres sans épisode de régénération. La mesure des PM doit s'effectuer en utilisant la méthode des filtres multiples décrite au point c) du paragraphe 7.8.1.2. Si la régénération a commencé mais n'est pas achevée à la fin de la période de prélèvement pour un mode d'essai spécifique, la période de prélèvement doit être prolongée jusqu'à ce que la régénération soit achevée. Lorsque le même mode est exécuté plusieurs fois, un résultat moyen doit être calculé. Le processus doit être répété pour chaque mode d'essai.

Un facteur d'ajustement approprié doit être déterminé au moyen des équations (A.4-10) à (A.4-13) pour les modes du cycle applicable au cours desquels une régénération se produit.

6.6.2.3. Procédure générale pour l'élaboration de facteurs d'ajustement dans le cas de régénérations peu fréquentes (IRAF)

Le constructeur doit déclarer les conditions de paramètres normales dans lesquelles se produit le processus de régénération (charge en suie, température, contre-pression du système d'échappement, etc.). Le constructeur doit également communiquer la fréquence de l'épisode de régénération en termes de nombre d'essais au cours desquels la régénération intervient. La procédure exacte permettant de déterminer cette fréquence doit être convenue avec l'autorité d'homologation de type et s'appuyer sur des pratiques techniques reconnues.

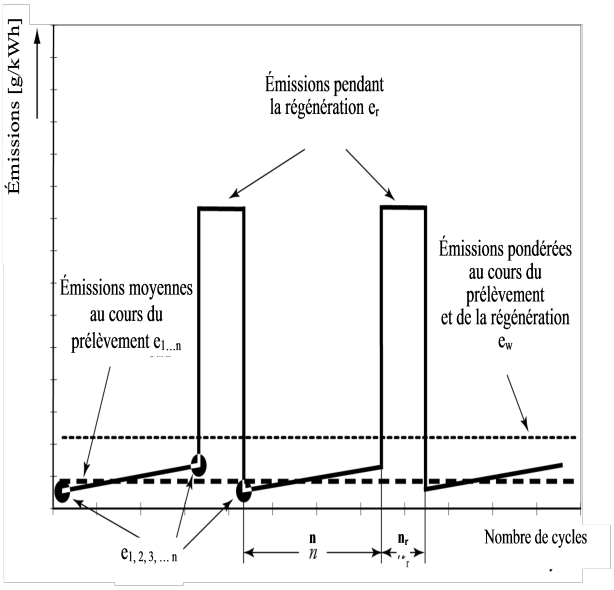
Dans le cas d'un essai avec régénération, le constructeur doit fournir un système de traitement aval des gaz d'échappement qui a subi un traitement préliminaire d'encrassage. La régénération ne doit pas intervenir pendant la phase de conditionnement du moteur. À titre facultatif, le constructeur peut exécuter des essais consécutifs du cycle applicable jusqu'à ce que le système de traitement aval des gaz d'échappement soit dans l'état d'encrassage voulu. La mesure des émissions n'est pas requise sur l'ensemble des essais.

Les émissions moyennes entre les phases de régénération doivent être déterminées à partir de la moyenne arithmétique de plusieurs essais approximativement équidistants du cycle applicable. Au minimum, on effectuera au moins un cycle applicable aussi proche que possible avant un essai avec régénération et un cycle applicable immédiatement après un essai avec régénération.

Durant l'essai avec régénération, toutes les données nécessaires pour détecter la régénération doivent être enregistrées (émissions de CO ou de $NO_X$, température en amont et en aval du système de traitement aval des gaz d'échappement, contre-pression du système d'échappement, etc.). Pendant le processus de régénération, les limites d'émissions applicables peuvent être dépassées. La procédure d'essai est représentée schématiquement à la figure A.4-1.

*figure A.4-1*

**Représentation schématique d'une régénération peu fréquente avec n mesures et $n_r$ mesures pendant la régénération**




Le taux d'émissions spécifique moyen relatif aux essais exécutés conformément au paragraphe 6.6.2.1 ou 6.6.2.2 [g/kWh ou #/kWh] doit être pondéré au moyen de l'équation (A.4-9) (voir figure 1):

$$\bar{e}_w = \frac{n \cdot \bar{e} + n_r \cdot \bar{e}_r}{n + n_r} \quad \text{(A.4-9)}$$

où:

$n$ = est le nombre d'essais au cours desquels une régénération ne se produit pas

$n_r$ = est le nombre d'essais aux cours desquels une régénération se produit (au moins un essai)

$\bar{e}$ = désigne les émissions spécifiques moyennes d'un essai au cours duquel la régénération ne se produit pas [g/kWh ou #/kWh]

$\bar{e}_r$ = désigne les émissions spécifiques moyennes d'un essai au cours duquel la régénération se produit [g/kWh ou #/kWh].

Au choix du constructeur et sur la base des pratiques techniques reconnues, le facteur $k_r$ d'ajustement de la régénération, qui exprime le taux d'émissions moyen, peut être calculé de manière multiplicative ou additive pour tous les polluants gazeux et, lorsqu'il y a une limite applicable, pour la masse de particules et le nombre de particules, au moyen des équations (A.4-10) à (A.4-13):

Procédé multiplicatif

$$k_{ru,m} = \frac{\overline{e}_w}{\overline{e}} \quad \text{(facteur d'ajustement vers le haut) (A.4-10)} \qquad \text{(A.4-10)}$$

$$k_{rd,m} = \frac{\overline{e}_w}{\overline{e}_r} \quad \text{(facteur d'ajustement vers le bas) (A.4-11)} \qquad \text{(A.4-11)}$$

Procédé additif

$$k_{ru,a} = \overline{e}_w - \overline{e} \quad \text{(facteur d'ajustement vers le haut)} \qquad \text{(A.4-12)}$$

$$k_{rd,a} = \overline{e}_w - \overline{e}_r \quad \text{(facteur d'ajustement vers le bas)} \qquad \text{(A.4-13)}$$

6.6.2.4. Application des facteurs d'ajustement

Les facteurs d'ajustement vers le haut sont multipliés par les, ou ajoutés aux, taux d'émissions mesurés pour tous les essais au cours desquels la régénération ne se produit pas. Les facteurs d'ajustement vers le bas sont multipliés par les, ou ajoutés aux, taux d'émissions mesurés pour tous les essais au cours desquels la régénération se produit. La survenue de la régénération doit être signalée de manière bien visible au cours de tout l'essai. Si aucune régénération n'est observée, il convient d'appliquer le facteur d'ajustement vers le haut.

En référence aux appendices A.1 et A.2 de l'annexe 5 sur les émissions spécifiques au frein, le facteur d'ajustement pour la régénération:

a) lorsqu'il est établi pour l'ensemble d'un cycle pondéré, doit être appliqué aux résultats des essais NRTC, LSI-NRTC et NRSC pondérés applicables;

b) lorsqu'il est établi spécifiquement pour les modes individuels du cycle à modes discrets applicable, doit être appliqué aux résultats de ceux des modes du cycle NRSC à modes discrets applicable pour lesquels la régénération se produit avant de calculer le résultat des émissions pondérées du cycle. Dans ce cas, la méthode des filtres multiples doit être utilisée pour la mesure des PM;

c) peut être appliqué à d'autres membres de la même famille de moteurs;

d) peut être étendu à d'autres familles de moteurs utilisant la même famille de systèmes de traitement aval des gaz d'échappement, comme défini dans l'annexe 1, avec l'autorisation préalable de l'autorité d'homologation de type, sur la base de données techniques fournies par le constructeur, démontrant que les émissions sont similaires.

Il convient de prendre en considération les options suivantes:

a) un constructeur peut choisir de négliger les facteurs d'ajustement pour une ou plusieurs de ses familles (ou configurations) de moteurs parce que l'effet de régénération est faible ou parce qu'il n'est pas pratique de déterminer à quel moment survient la régénération. Dans ces cas, on n'utilise pas de facteur d'ajustement et le constructeur est responsable de la conformité aux limites d'émissions pour tous les essais, qu'une régénération survienne ou non;

b) à la demande du constructeur, l'autorité d'homologation de type peut prendre en compte les épisodes de régénération autrement que comme prévu au point a). Toutefois, cette option ne s'applique qu'aux épisodes qui surviennent extrêmement rarement et qui ne peuvent être traités de manière pratique au moyen des facteurs d'ajustement décrits au paragraphe 6.6.2.3 de la présente annexe.

6.7. Système de refroidissement

Il convient d'utiliser un système de refroidissement du moteur ayant la capacité suffisante pour maintenir aux températures normales de fonctionnement prescrites par le constructeur les températures de l'huile, du réfrigérant, du bloc et de la culasse. Il est permis d'utiliser des refroidisseurs et des ventilateurs auxiliaires de laboratoire.

6.8. Huile lubrifiante

L'huile lubrifiante doit être spécifiée par le constructeur et être représentative des huiles lubrifiantes disponibles sur le marché; les spécifications de l'huile lubrifiante utilisée pour l'essai doivent être enregistrées et communiquées avec les résultats de l'essai.

6.9. Spécifications des carburants de référence

Les spécifications des carburants de référence figurent à l'annexe 6.

La température du carburant doit être conforme aux recommandations du constructeur. La température du carburant doit être mesurée à l'entrée à la pompe d'injection du carburant ou conformément aux spécifications du constructeur, et l'endroit où la mesure a été faite doit être enregistré.

6.10. Émissions de gaz de carter

Les émissions de gaz de carter qui sont libérées directement dans l'atmosphère ambiante sont ajoutées aux émissions de gaz d'échappement (physiquement ou mathématiquement) lors de tous les essais d'émissions.

Les constructeurs qui tireront profit de cette exception devront installer les moteurs de telle manière que toutes les émissions provenant du carter puissent être acheminées dans le système de prélèvement des émissions. Aux fins du présent paragraphe, les émissions provenant du carter qui sont introduites dans le conduit de gaz d'échappement en amont du système de traitement aval des gaz d'échappement pendant toutes les opérations ne sont pas considérées comme ayant été libérées directement dans l'atmosphère ambiante.

Les émissions provenant d'un système à carter ouvert doivent être acheminées dans le système d'échappement pour les besoins de la mesure des émissions, et ce dans les conditions suivantes:

a) les matériaux des tubes utilisés doivent avoir des parois lisses, être électriquement conducteurs et ne pas réagir aux gaz de carter. La longueur des tubes doit être aussi faible que possible;

b) il convient de réduire le plus possible le nombre de cintrages des tubes et le rayon de tout cintrage inévitable doit être aussi grand que possible;

c) les conduites d'échappement utilisées dans le laboratoire doivent être conformes aux spécifications du constructeur de moteurs en ce qui concerne la contre-pression du carter;

d) le conduit d'échappement des gaz de carter doit être branché dans le flux de gaz d'échappement brut en aval de tout système de traitement aval, en aval de toute restriction introduite des émissions de gaz d'échappement et suffisamment en amont de toute sonde de prélèvement pour garantir un mélange complet avec les gaz d'échappement du moteur avant le prélèvement. Le conduit d'échappement du carter doit aboutir dans le flux libre du système d'échappement pour éviter les effets de couche limite et pour favoriser le mélange. La sortie du tube d'échappement du carter doit être orientable dans toute direction par rapport au flux de gaz d'échappement bruts.

7. PROCÉDURES D'ESSAI

7.1 Introduction

Le présent paragraphe traite de la détermination des émissions spécifiques au frein de polluants gazeux et particulaires des moteurs soumis aux essais. La configuration du moteur soumis aux essais doit être la configuration typique pour la famille de moteurs, comme spécifié dans l'annexe 10.

Un essai d'émissions en laboratoire consiste à mesurer des émissions et d'autres paramètres pour les cycles d'essai spécifiés dans la présente annexe. Les aspects suivants sont pris en considération dans la présente annexe:

a) les configurations de laboratoire pour la mesure des émissions spécifiques au frein (paragraphe 7.2);

b) les procédures de vérification avant et après essais (paragraphe 7.3);

c) les cycles d'essai (paragraphe 7.4);

d) la séquence générale de l'essai (paragraphe 7.5);

e) la courbe de conversion du moteur (paragraphe 7.6);

f) l'établissement du cycle d'essai (paragraphe 7.7);

g) la procédure d'application du cycle d'essai spécifique (paragraphe 7.8).

7.2. Principe de la mesure des émissions

Pour mesurer les émissions spécifiques au frein, il faut faire fonctionner le moteur conformément aux cycles d'essai définis au paragraphe 7.4, selon qu'ils s'appliquent. La mesure des émissions spécifiques au frein consiste à déterminer la masse des polluants dans les émissions d'échappement (c'est-à-dire, HC, CO, $NO_X$ et PM), le nombre de particules dans les émissions d'échappement (c'est-à-dire PN), la masse de $CO_2$ dans les émissions gaz d'échappement et le travail correspondant du moteur.

7.2.1. Masse de constituants

Il convient de déterminer la masse totale de chaque constituant sur tout le cycle d'essai applicable au moyen des méthodes suivantes:

7.2.1.1. Prélèvement en continu

Dans le prélèvement en continu, on mesure la concentration du constituant de manière continue à partir des gaz d'échappement bruts ou dilués. Cette concentration est multipliée par le débit continu des gaz d'échappement (bruts ou dilués) à l'emplacement de prélèvement des émissions afin de déterminer le débit du constituant. Les émissions de constituant sont continuellement additionnées sur tout l'intervalle de l'essai. Cette somme correspond à la masse totale du constituant émis.

7.2.1.2. Prélèvement par lots

Dans le prélèvement par lots, on extrait en continu les gaz d'échappement bruts ou dilués qui sont ensuite stockés pour être mesurés ultérieurement. L'échantillon extrait doit être proportionnel au débit de gaz d'échappement bruts ou dilués. Des exemples de prélèvement par lots sont la collecte d'émissions gazeuses diluées dans un sac et la collecte de matières particulaires sur un filtre. En principe, la méthode de calcul des émissions se fait de la manière suivante: les concentrations des prélèvements par lots sont multipliées par la masse totale ou le débit massique des gaz d'échappement (bruts ou dilués) d'où elles ont été extraites au cours du cycle d'essai. Ce produit est la masse totale ou le débit massique du constituant émis. Pour calculer la concentration de particules, on divise la quantité de particules déposées sur un filtre à partir des gaz d'échappement extraits proportionnellement par la quantité de gaz d'échappement filtrés.

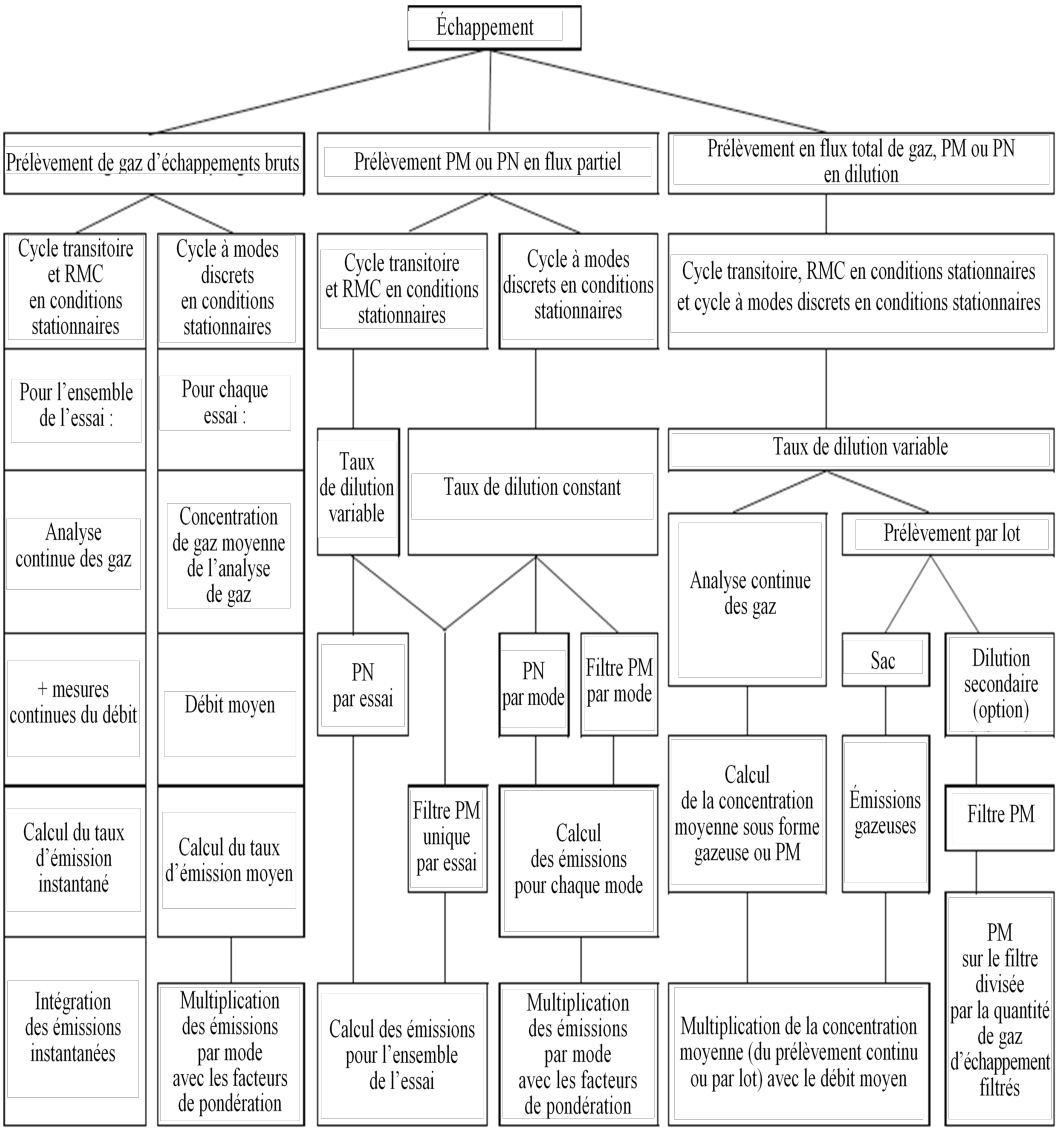
7.2.1.3. Prélèvement combiné

Toute combinaison de prélèvement en continu et de prélèvement par lots est permise (par exemple, les particules avec un prélèvement par lots et les émissions de gaz avec un prélèvement en continu).

La figure A.4-2 ci-après illustre les deux aspects des procédures d'essai utilisées pour mesurer les émissions: les équipements avec les lignes de prélèvement dans les gaz d'échappement bruts et dilués et les opérations nécessaires pour calculer les émissions de polluants dans les cycles d'essai en conditions stationnaires et transitoires.

*Figure A.4-2*

**Procédure d'essai pour la mesure des émissions**




*Note concernant la figure A.4-2*: L'expression «Prélèvement PM en flux partiel»comprend la dilution du flux partiel pour extraire uniquement une fraction de gaz d'échappement bruts avec des rapports de dilution constants ou variables.

7.2.2. Détermination du travail

On détermine le travail sur le cycle d'essai en multipliant de manière synchronisée le régime et le couple de freinage pour calculer les valeurs instantanées de puissance au frein du moteur. Cette puissance est intégrée dans l'ensemble du cycle d'essai pour déterminer le travail total (voir aussi paragraphe 6.3.5).

7.3. Vérification et étalonnage

7.3.1. Procédures préalables à l'essai

7.3.1.1. Prescriptions générales concernant le préconditionnement du système de prélèvement et du moteur

Pour obtenir des conditions stables, le système de prélèvement et le moteur doivent être préconditionnés avant le début d'une séquence d'essai, comme cela est spécifié dans le présent paragraphe.

Le préconditionnement du moteur a pour objet d'atteindre la représentativité des émissions et des contrôles des émissions sur le cycle de fonctionnement et de réduire les biais afin de s'assurer d'obtenir des conditions stables pour l'essai d'émissions consécutif.

Les moteurs équipés d'un système de traitement aval peuvent fonctionner avant le préconditionnement propre au cycle considéré, décrit aux paragraphes 7.3.1.1.1 à 7.3.1.1.4 de la présente annexe, de sorte que le système de traitement aval soit régénéré et, le cas échéant, que la charge en particules du système de traitement aval soit rétablie.

Les émissions peuvent être mesurées pendant les cycles de préconditionnement, pour autant que le nombre prédéfini de cycles de préconditionnement soit exécuté et que le système de mesure ait été mis en marche conformément aux prescriptions du paragraphe 7.3.1.4 de la présente annexe. La teneur du préconditionnement doit être identifiée au préalable par le constructeur du moteur. Le préconditionnement doit être exécuté comme suit, en tenant compte du fait que les cycles spécifiques pour le préconditionnement sont les mêmes que ceux qui s'appliquent à l'essai d'émissions.

7.3.1.1.1. Préconditionnement pour le cycle en conditions transitoire à froid (NRTC)

Le moteur doit être préconditionné en exécutant au moins un cycle en conditions transitoires à chaud. Immédiatement après l'achèvement de chaque cycle de préconditionnement, le moteur doit être coupé pour la durée de la période de stabilisation à chaud. Immédiatement après l'achèvement du dernier cycle de préconditionnement, on coupe le moteur et on le laisse refroidir comme décrit au paragraphe 7.3.1.2 de la présente annexe doit commencer.

7.3.1.1.2. Préconditionnement pour le cycle en conditions transitoires à chaud (NRTC à chaud ou LSI-NRTC)

Le présent paragraphe décrit le préconditionnement à appliquer lorsque l'on veut prélever les émissions du cycle NRTC à chaud sans exécuter le cycle NRTC à froid, ou pour le cycle LSI-NRTC. Le moteur doit être préconditionné en exécutant au moins un cycle NRTC à chaud ou un cycle LSI-NRTC, selon le cas. Immédiatement après l'achèvement de chaque cycle de préconditionnement, le moteur doit être coupé et le cycle suivant doit commencer dès que possible. Il est recommandé que le prochain cycle de préconditionnement commence dans les 60 s suivant l'achèvement du précédent. Le cas échéant, le dernier cycle de préconditionnement est suivi de la période de stabilisation à chaud (cycle NRTC à chaud) ou de refroidissement (LSI-NRTC) appropriée avant que le moteur soit allumé pour l'essai d'émissions. Lorsqu'il n'y a pas lieu d'appliquer une période de stabilisation à chaud ou de refroidissement, il est recommandé que l'essai d'émissions commence dans les 60 s suivant l'achèvement du dernier cycle de préconditionnement.

7.3.1.1.3. Préconditionnement pour le cycle NRSC à modes discrets

Pour les catégories de moteurs autres que NRS et NRSh, le moteur doit être mis à température et continuer à tourner jusqu'à ce que les températures du moteur (eau de refroidissement et huile lubrifiante) se soient stabilisées, à un régime de 50 % et un couple de 50 % pour tout cycle d'essai NRSC à modes discrets autre que ceux des types D2 ou G, ou au régime moteur nominal et à un couple de 50 % pour tout cycle d'essai NRSC à modes discrets des types D2 ou G. Le régime à 50 % doit être calculé conformément au paragraphe 5.2.5.1 dans le cas d'un moteur dont le MTS est utilisé pour produire les régimes d'essai, et calculé conformément au paragraphe 7.7.1.3 dans tous les autres cas. Le couple à 50 % est défini comme 50 % du couple disponible maximal à ce régime. On commence l'essai d'émissions sans arrêter le moteur.

Pour les catégories de moteurs NRS et NRSh, le moteur doit être mis à température conformément aux recommandations du constructeur et sur la base de pratiques techniques reconnues. Avant que le prélèvement des émissions puisse commencer, le moteur doit tourner sur le mode 1 du cycle d'essai approprié jusqu'à ce que les températures du moteur se soient stabilisées. On commence l'essai d'émissions sans arrêter le moteur.

7.3.1.1.4. Préconditionnement pour le cycle RMC NRSC

Le constructeur du moteur doit sélectionner l'une des séquences de préconditionnement a) ou b) ci-après. Le moteur doit être préconditionné conformément à la séquence choisie.

a) Le moteur doit être préconditionné en exécutant au moins la deuxième moitié du cycle RMC, sur la base du nombre de modes d'essai. Le moteur ne doit pas être coupé entre les cycles. Immédiatement après l'achèvement de chaque cycle de préconditionnement, le cycle suivant (y compris l'essai d'émissions) doit commencer dès que possible. Si possible, il est recommandé que le cycle suivant commence dans les 60 s suivant l'achèvement du précédent.

b) Le moteur doit être mis à température et continuer à tourner jusqu'à ce que les températures du moteur (eau de refroidissement et huile lubrifiante) se soient stabilisées à un régime de 50 % et un couple de 50 % pour tout cycle d'essai RMC autre que ceux des types D2 ou G, ou au régime moteur nominal et à un couple de 50 % pour tout cycle d'essai RMC des types D2 ou G. Le régime à 50 % doit être calculé conformément au paragraphe 5.2.5.1 de la présente annexe dans le cas d'un moteur dont le MTS est utilisé pour produire les régimes d'essai, et calculé conformément au paragraphe 7.7.1.3 de la présente annexe dans tous les autres cas. Le couple à 50 % est défini comme 50 % du couple disponible maximal à ce régime.

7.3.1.2. Refroidissement du moteur (NRTC)

Il est possible de procéder à un refroidissement naturel ou forcé. Pour un refroidissement forcé, on utilise une méthode conforme aux règles techniques reconnues, telle que le soufflage d'air froid sur le moteur, la circulation d'huile froide dans le circuit de graissage du moteur, le refroidissement du liquide de refroidissement dans le circuit du moteur et l'extraction de la chaleur d'un système de traitement aval des gaz d'échappement. Dans le cas du refroidissement forcé du système de traitement aval, l'air de refroidissement ne doit pas être appliqué avant que la température du système de traitement aval des gaz d'échappement ne soit descendue en dessous de sa température d'activation catalytique. Aucune méthode de refroidissement donnant des résultats d'émissions non représentatifs n'est admise.

7.3.1.3. Vérification de la contamination par les hydrocarbures

S'il y a la moindre présomption d'une contamination essentielle par hydrocarbures des systèmes de mesure des gaz d'échappement, on peut vérifier la contamination par les HC au moyen d'un gaz de réglage du zéro et apporter la correction nécessaire. S'il y a lieu de contrôler l'importance de la contamination du système de mesure et du système de prélèvement des concentrations HC ambiantes, il convient de le faire dans les 8 h précédant le lancement de chaque cycle d'essai. Les valeurs doivent être enregistrées pour correction ultérieure. Avant cette vérification, il est nécessaire de faire un contrôle des fuites et d'étalonner l'analyseur FID (détecteur à ionisation de flamme).

7.3.1.4. Préparation des instruments de mesure en vue du prélèvement

Il convient de prendre les dispositions ci-après avant le commencement du prélèvement des émissions:

a) le contrôle des fuites doit être effectué dans les 8 h précédant le prélèvement des émissions conformément aux indications du paragraphe 8.1.8.7 ci-après;

b) en cas de prélèvement par lots, on utilise du matériel de stockage propre tel que des sacs vides ou des filtres pesés à vide;

c) tous les instruments de mesure doivent être mis en marche conformément aux instructions du fabricant et conformément aux pratiques techniques reconnues;

d) les systèmes de dilution, les pompes de prélèvement, les ventilateurs de refroidissement et le système de collecte de données doivent être mis en marche;

e) les débits de prélèvement doivent être ajustés aux niveaux souhaités, éventuellement au moyen d'une dérivation;

f) les échangeurs de chaleur du système de prélèvement doivent être préchauffés ou prérefroidis pour être amenés dans leurs plages de température de fonctionnement pour les essais;

g) les éléments chauffés ou refroidis, comme les conduites de prélèvement, les filtres, les refroidisseurs et les pompes doivent se stabiliser à leurs températures de fonctionnement;

h) le système de dilution des gaz d'échappement doit être mis en marche au moins 10 min avant la séquence d'essai;

i) l'étalonnage des analyseurs de gaz et le réglage du zéro des analyseurs en continu doivent être réalisés conformément à la procédure du paragraphe 7.3.1.5 ci-après;

j) tous les dispositifs électroniques doivent être initialisés ou réinitialisés avant le début de tout intervalle d'essai.

7.3.1.5. Étalonnage des analyseurs de gaz

Les gammes de mesure appropriées des analyseurs de gaz doivent être sélectionnées. Les analyseurs de mesure des émissions à commutation manuelle ou automatique de la plage de mesure sont autorisés. Au cours d'un essai RMC ou NRTC et pendant une période de prélèvement des émissions gazeuses à la fin de chaque mode pour les essais à modes discrets, la plage des analyseurs de mesure des émissions ne doit pas être modifiée. Par ailleurs, le gain du ou des amplificateurs opérationnels analogiques de l'analyseur ne doit pas être modifié pendant le cycle d'essai.

Tous les analyseurs en continu doivent faire l'objet d'un réglage du zéro et de l'étendue au moyen de gaz internationalement traçables conformes aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe. Les analyseurs FID doivent être étalonnés sur une base carbone 1 ($C_1$).

7.3.1.6. Préconditionnement du filtre à particules et mesure du poids à vide

Ces procédures doivent se dérouler conformément au paragraphe 8.2.3 de la présente annexe.

7.3.2. Procédures faisant suite aux essais

Les mesures suivantes doivent être prises lorsque le prélèvement des émissions est terminé.

7.3.2.1. Vérification du prélèvement proportionnel

Pour tout échantillon proportionnel comme un échantillon en sac ou un échantillon de PM, il faut s'assurer que le prélèvement proportionnel s'est effectué conformément au paragraphe 8.2.1. Pour la méthode à filtre unique et le cycle d'essai en conditions stationnaires à modes discrets, il convient de calculer le facteur de pondération PM effectif. Tout échantillon qui ne satisfait pas aux prescriptions du paragraphe 8.2.1 de la présente annexe doit être écarté.

7.3.2.2. Conditionnement et pesage des particules après l'essai

Les filtres à échantillon de PM utilisés doivent être placés dans des récipients fermés ou scellés afin de protéger les filtres à échantillon contre la contamination ambiante. Ainsi protégés, les filtres en question doivent être renvoyés à la chambre de conditionnement du filtre PM. Ensuite, les filtres contenant les échantillons de PM doivent être conditionnés et pesés conformément aux indications du paragraphe 8.2.4 de la présente annexe (postconditionnement des filtres PM et procédures de pesage complètes).

7.3.2.3. Analyse du prélèvement de gaz par lots

Dès que cela est possible, il convient de faire ce qui suit:

a) tous les analyseurs de gaz prélevé par lots doivent être mis à zéro et réglés moins de 30 min après la fin du cycle d'essai ou durant la période de stabilisation à chaud si possible afin de vérifier si les analyseurs de gaz sont toujours stables;

b) tout échantillon de gaz doit être analysé au plus tard 30 min après le cycle d'essai à chaud ou pendant la période de stabilisation thermique;

c) les échantillons de concentrations ambiantes doivent être analysés au plus tard 60 min après l'achèvement de l'essai à chaud.

7.3.2.4. Vérification de la dérive

Après la quantification des gaz d'échappement, il convient de vérifier la dérive de la manière suivante:

a) pour les analyseurs de gaz par lot ou en continu, la valeur moyenne de l'analyseur doit être enregistrée après l'envoi d'un gaz de réglage du zéro et la stabilisation de ce gaz sur l'analyseur. Le temps nécessaire à la stabilisation peut englober celui nécessaire pour purger l'analyseur de tout gaz prélevé et pour prendre en compte sa réponse;

b) la valeur moyenne de l'analyseur doit être enregistrée après l'envoi à l'analyseur d'un gaz de réglage de l'étendue et la stabilisation de celui-ci. Le temps nécessaire à la stabilisation peut englober celui nécessaire pour purger l'analyseur de tout gaz prélevé et pour prendre en compte sa réponse;

c) on utilise ces données pour valider les résultats et les corriger pour tenir compte de la dérive, comme indiqué au paragraphe 8.2.2 de la présente annexe.

7.4. Cycles d'essai

L'essai d'homologation de type doit être effectué en utilisant le cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins non routiers (NRSC) approprié et, le cas échéant, le cycle en conditions transitoires pour engins non routiers (NRTC ou LSI-NRTC) approprié, conformément à l'appendice A.6 de la présente annexe. La méthode de détermination du couple et du régime pour ces cycles est énoncée au paragraphe 7.7 de la présente annexe.

7.4.1. Cycles d'essai en conditions stationnaires

Les cycles d'essai en conditions stationnaires sont spécifiés dans l'appendice A.6 de la présente annexe sous la forme d'une liste de modes discrets (points de fonctionnement), qui indique, pour chaque point de fonctionnement, une valeur de régime et une valeur de couple. Un cycle d'essai en conditions stationnaires doit être mesuré avec le moteur en marche et à chaud, conformément aux spécifications du constructeur. Au choix du constructeur, un cycle d'essai en conditions stationnaires peut être exécuté en tant que cycle à modes discrets ou cycle à modes raccordés, comme expliqué aux paragraphes 7.4.1.1 et 7.4.1.2 de la présente annexe. Il n'est pas nécessaire d'effectuer un essai d'émissions à la fois selon les paragraphes 7.4.1.1 et 7.4.1.2.

7.4.1.1. Cycles d'essai en conditions stationnaires à modes discrets

Les cycles d'essai en conditions stationnaires à modes discrets sont des cycles d'essai de fonctionnement à chaud pour lesquels les émissions ne commencent à être mesurées qu'après que le moteur a été mis en marche, amené à température et qu'il a tourné comme spécifié au paragraphe 7.8.1.2 de la présente annexe. Chaque cycle consiste en un certain nombre de modes de régime et de charge (avec le facteur de pondération respectif pour chaque mode) qui couvre la plage de fonctionnement habituelle de la catégorie de moteurs spécifiée.

7.4.1.2. Cycles d'essai en conditions stationnaires à modes raccordés

Les cycles d'essai à modes raccordés (RMC) sont des cycles d'essai de fonctionnement à chaud pour lesquels les émissions ne commencent à être mesurées qu'après que le moteur a été mis en marche, amené à température et qu'il a tourné comme spécifié au paragraphe 7.8.2.1 de la présente annexe. Le moteur doit être sous contrôle permanent de l'unité de contrôle du banc d'essai pendant le cycle d'essai RMC. Les émissions de gaz et de particules doivent être mesurées et faire l'objet d'un prélèvement en continu pendant le cycle d'essai RMC tout comme dans un cycle d'essai en conditions transitoires.

Un cycle RMC est un cycle qui vise à fournir une méthode pour réaliser un essai en conditions stationnaires d'une manière pseudo-transitoire. Chaque cycle RMC consiste en une série de modes en conditions stationnaires avec une transition linéaire entre eux. Le temps total relatif à chaque mode et sa transition précédente correspondent à la pondération des cycles en conditions stationnaires à modes discrets. Les variations du régime et de la charge du moteur d'un mode au suivant doivent être contrôlées régulièrement sur une période de 20 ± 1 s. La durée nécessaire au changement de mode fait partie du nouveau mode (y compris pour le premier mode). Dans certains cas, les modes ne sont pas accomplis dans le même ordre que dans les cycles en conditions stationnaires à modes discrets ou sont divisés pour éviter les changements extrêmes de température.

7.4.2. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC)

Le cycle non routier en conditions transitoires (NRTC) et le cycle NRTC pour gros moteurs à allumage commandé (LSI-NRTC) sont spécifiés dans l'appendice A.6 de l'annexe 4 sous la forme d'une séquence seconde par seconde de valeurs normalisées de régime et de couple. Pour effectuer l'essai dans une cellule d'essai pour moteurs, les valeurs normalisées doivent être converties en leurs valeurs de référence équivalentes pour le moteur particulier à essayer sur la base des valeurs spécifiques de régime et de couple identifiées dans la courbe de conversion du moteur. La conversion est appelée dénormalisation et le cycle d'essai qui en résulte est le cycle d'essai NRTC ou LSI-NRTC de référence du moteur mis à l'essai (voir paragraphe 7.7.2 de la présente annexe).

7.4.2.1. Séquence d'essai pour le cycle NRTC

On trouvera à l'annexe 5 une représentation graphique du programme du dynamomètre NRTC normalisé.

Le cycle d'essai en conditions transitoires doit être accompli deux fois après l'achèvement du préconditionnement (voir paragraphe 7.3.1.1.1 de la présente annexe), conformément à la procédure suivante:

a) le démarrage à froid doit commencer après que le moteur et les systèmes de traitement aval ont refroidi à la température du local après refroidissement naturel du moteur ou le démarrage à froid après le refroidissement forcé et après que les températures du moteur, du réfrigérant et de l'huile, des systèmes de traitement aval et de tous les dispositifs de commande du moteur sont stabilisées entre 293 K et 303 K (20 °C et 30 °C). La mesure des émissions à froid commence avec la mise en marche du moteur froid;

b) la période de stabilisation à chaud doit commencer immédiatement après l'achèvement de la phase de démarrage à froid. Le moteur doit être coupé et conditionné pour le démarrage à chaud par une période de stabilisation à chaud de 20 ± 1 min;

c) le démarrage à chaud est effectué immédiatement après la période de stabilisation à chaud avec la mise en marche du moteur. Les analyseurs de gaz sont enclenchés au plus tard 10 s avant la fin de la période de stabilisation pour éviter les crêtes du signal de commutation. La mesure des émissions doit commencer parallèlement au début de la phase à chaud, y compris la mise en marche du moteur.

Les émissions spécifiques au frein exprimées en g/kWh et, pour le nombre de particules en #/kWh, doivent être déterminées au moyen des procédures définies dans le présent paragraphe, tant pour les cycles d'essai à chaud que pour les cycles d'essai à froid. Les émissions pondérées composites sont calculées en pondérant les résultats des démarrages à froid de 10 % et les résultats de démarrage à chaud de 90 %, comme indiqué en détail dans les appendices A.1 et A.2 de l'annexe 5.

7.4.2.2. Séquence d'essai pour le cycle LSI-NRTC

Le cycle d'essai en conditions transitoires doit être accompli une fois en tant qu'essai à chaud après l'achèvement du préconditionnement (voir paragraphe 7.3.1.1.2 de la présente annexe), conformément à la procédure suivante:

a) on met le moteur en marche et on le laisse tourner pendant les 180 premières secondes du cycle de fonctionnement puis le laisse tourner au ralenti sans charge pendant 30 s. Les émissions ne doivent pas être mesurées pendant cette séquence de mise à température;

b) à la fin de la période de ralenti de 30 s, la mesure des émissions doit commencer et le moteur doit tourner pendant toute la durée du cycle de fonctionnement depuis le début (temps 0 s).

Les émissions spécifiques au frein exprimées en g/kWh doivent être déterminées en utilisant les procédures définies dans les appendices A.1 et A.2 de l'annexe 5.

Si le moteur tournait déjà avant l'essai, on suivra des pratiques techniques reconnues pour le refroidir suffisamment de telle sorte que les émissions mesurées représenteront précisément celles d'un moteur démarrant à température ambiante. Par exemple, si un moteur démarrant à température ambiante atteint en 3 min la température nécessaire pour commencer à fonctionner en circuit fermé et atteindre une activité catalytique complète, alors un refroidissement minimal du moteur est nécessaire avant de démarrer l'essai suivant.

Avec l'accord préalable du service technique, la procédure de mise à température du moteur peut inclure jusqu'à 15 min de fonctionnement sur le cycle d'utilisation.

7.5. Séquence d'essai générale

Pour mesurer les émissions du moteur il convient de procéder en respectant les étapes suivantes:

a) les régimes et couples du moteur pour l'essai doivent être définis pour le moteur soumis aux essais par une mesure du couple maximal (pour les moteurs à régime constant) ou par le maximum de la courbe de couple (pour les moteurs à régime variable) en fonction du régime du moteur;

b) les cycles d'essai normalisés doivent être dénormalisés au moyen du couple (pour les moteurs à régime constant) ou des régimes et couples (pour les moteurs à régime variable) déterminés au point a) ci-dessus;

c) le moteur, les équipements et les instruments de mesure doivent être préparés à l'avance pour l'essai ou la série d'essais d'émissions qui suit (cycles à froid et à chaud);

d) il convient d'effectuer les procédures préalables aux essais pour vérifier le fonctionnement correct de certains équipements et appareils d'analyse. Tous les analyseurs doivent être étalonnés. Toutes les données antérieures à l'essai doivent être consignées;

e) le moteur doit être mis en marche (NRTC) ou maintenu en marche (cycles en conditions stationnaires et LSI-NRTC) au commencement du cycle d'essai et les systèmes de prélèvement doivent être enclenchés simultanément;

f) les émissions et les autres paramètres requis doivent être mesurés ou enregistrés durant le temps de prélèvement (pour les cycles NRTC, LSI-NRTC et en conditions stationnaires à modes raccordés, pendant tout le cycle d'essai);

g) les procédures consécutives aux essais doivent être accomplies pour vérifier le fonctionnement correct de certains équipements et analyseurs;

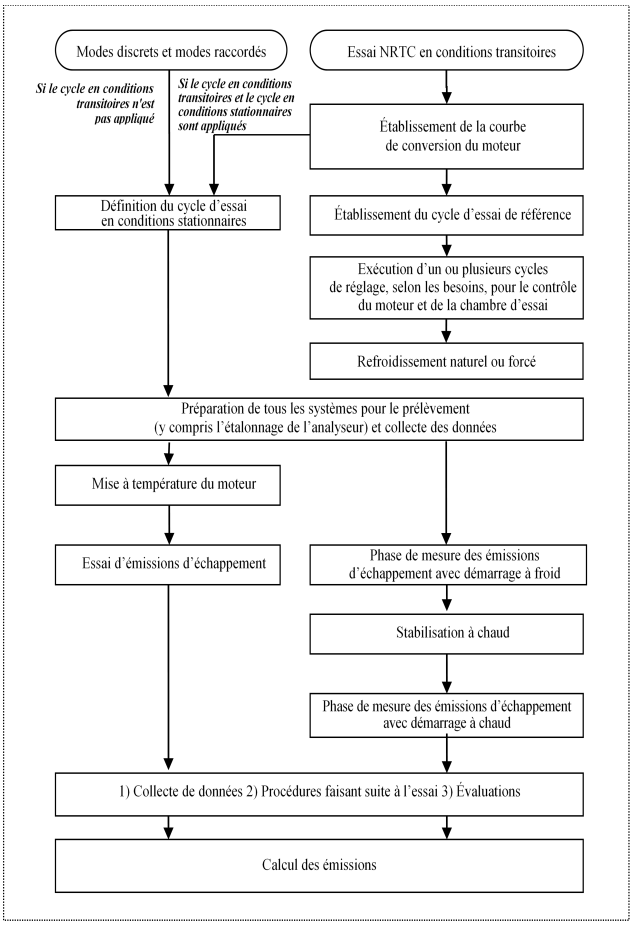
h) le ou les filtres PM doivent être conditionnés, pesés (poids à vide), chargés, reconditionnés, pesés à nouveau (poids en charge), puis les échantillons doivent être évalués suivant les procédures pré-essai (paragraphe 7.3.1.6 de la présente annexe) et post-essai (paragraphe 7.3.2.2 de la présente annexe);

i) les résultats des essais d'émissions doivent être évalués.

La figure A.4-3 ci-après donne un aperçu des procédures nécessaires pour effectuer les cycles d'essai pour engins mobiles non routiers avec mesure des émissions de gaz d'échappement du moteur.

*Figure A.4-3*

**Séquence d'essai**



7.5.1. Démarrage du moteur et redémarrage

7.5.1.1. Démarrage du moteur

Le moteur doit être démarré:

a) comme recommandé par le constructeur dans le manuel d'utilisation, c'est-à-dire au moyen du démarreur de série, d'un système de démarrage à air comprimé et d'une batterie chargée, d'un système d'alimentation extérieur ou d'une source d'air comprimé appropriée; ou

b) au moyen d'un dynamomètre qui entraîne le moteur jusqu'à ce qu'il démarre. Généralement, le moteur est entraîné à son régime normal de démarrage en service ± 25 %. On peut aussi mettre le moteur en marche en augmentant linéairement le régime du dynamomètre de zéro à 100 $min^{-1}$ au-dessous du régime de ralenti inférieur mais uniquement jusqu'au moment où le moteur démarre.

L'entraînement doit être coupé dans un délai de 1 s après le démarrage du moteur. Si le moteur ne démarre pas après 15 s de lancement, l'entraînement doit être arrêté et la raison de l'incapacité de démarrer déterminée, à moins que le manuel d'utilisation ou le manuel de service/réparation ne décrivent un temps d'entraînement plus long que la normale.

7.5.1.2. Calage du moteur

a) Si le moteur cale à un stade quelconque au cours du cycle d'essai NRTC à froid, la totalité de l'essai doit être annulée.

b) Si le moteur cale à un stade quelconque au cours du cycle d'essai NRTC à chaud, seul cet essai doit être annulé. Après une période de stabilisation à chaud conformément au paragraphe 7.8.3 de la présente annexe, l'essai à chaud doit être répété. Dans ce cas, l'essai à froid n'a pas à être répété.

c) Si le moteur cale à un moment quelconque au cours du cycle LSI-NRTC, l'essai doit être annulé.

d) Si le moteur cale à un moment quelconque au cours du cycle à conditions stationnaires (à modes discrets ou à modes raccordés), l'essai doit être annulé et reprendre en commençant par la procédure de mise à température du moteur. En cas de mesure des PM au moyen de la méthode utilisant plusieurs filtres (un filtre de prélèvement pour chaque mode de fonctionnement), il faut poursuivre l'essai en stabilisant le moteur au mode précédent pour le conditionnement thermique du moteur puis en commençant à mesurer avec le mode dans lequel le moteur a calé.

7.5.1.3. Fonctionnement du moteur

L'«opérateur»peut être une personne (intervention manuelle) ou un régulateur (intervention automatique) qui envoie au moteur, mécaniquement ou électroniquement, un signal lui commandant de fournir une certaine puissance. Ce signal peut être une action sur une pédale d'accélérateur, un levier de commande des gaz, un levier de commande de l'alimentation en carburant, un levier de commande de la vitesse ou un point de consigne du régulateur.

7.6. Relevé des courbes du moteur

Avant de commencer à établir la courbe de conversion du moteur, il convient d'amener celui-ci à température. Vers la fin du temps de mise à température, il doit être utilisé pendant 10 min au moins à sa puissance maximale ou conformément à la recommandation du constructeur et aux pratiques techniques reconnues afin de stabiliser les températures du liquide de refroidissement et du lubrifiant moteur. La courbe de conversion du moteur est établie lorsque le moteur est stabilisé.

Si le constructeur a l'intention de valider le signal de couple émis par l'unité de commande électronique des moteurs qui en sont équipés, la vérification visée à l'appendice A.3 de la présente annexe doit également être effectuée pendant l'établissement de la courbe de conversion du moteur.

Sauf dans le cas des moteurs à régime constant, il faut établir la courbe de conversion avec le levier de débit de carburant ou régulateur à la position grand ouvert en utilisant des régimes discrets dans l'ordre ascendant. Les régimes minimal et maximal de la courbe de conversion sont définis comme suit:

Régime minimal de la courbe de conversion = régime de ralenti à chaud

Régime maximal de la courbe de conversion = $n_{hi}$ × 1,02 ou régime auquel le couple à pleine charge tombe à zéro, la valeur la plus basse étant retenue

où:

$n_{hi}$ est le régime haut, c'est-à-dire le régime le plus élevé auquel le moteur produit 70 % de sa puissance maximale.

Si le régime le plus élevé est dangereux ou non représentatif (par exemple dans le cas de moteurs sans régulateur), il convient de suivre les pratiques techniques reconnues pour atteindre le régime sans danger ou le régime maximal représentatif.

7.6.1. Établissement de la courbe de conversion pour le cycle NRSC à régime variable

Dans le cas de l'établissement de la courbe de conversion du moteur pour un cycle d'essai NRSC à régime variable (uniquement pour les moteurs qui ne doivent pas tourner sur le cycle NRTC ou LSI-NRTC), il convient de suivre les pratiques techniques reconnues pour sélectionner un nombre suffisant de points de consigne uniformément espacés. À chaque point de réglage, on stabilise le régime et on permet au couple de se stabiliser pendant au moins 15 s. Le régime et le couple moyens sont enregistrés pour chaque point de réglage. Il est recommandé de mesurer le régime et le couple moyens en utilisant les données enregistrées des 4 à 6 dernières secondes. On utilisera l'interpolation linéaire pour déterminer les régimes et couples de l'essai NRSC, si nécessaire. Si les moteurs doivent en outre tourner sur un cycle NRTC ou LSI-NRTC, la courbe de conversion du moteur du cycle NRTC doit être utilisée pour déterminer les régimes et couples d'essai en conditions stationnaires.

Au choix du constructeur, l'établissement de la courbe de conversion du moteur peut également se faire selon la procédure décrite au paragraphe 7.6.2 de la présente annexe.

7.6.2. Établissement de la courbe de conversion du moteur pour les cycles NRTC et LSI-NRTC

La courbe de conversion doit être établie conformément à la procédure suivante:

a) le moteur doit tourner à vide au régime de ralenti:

   i) dans le cas des moteurs ayant un régulateur de régime bas, la demande de l'opérateur est réglée au minimum; le dynamomètre ou tout autre dispositif de mise en charge est utilisé pour viser une valeur de couple zéro sur l'arbre de sortie principal du moteur et on laisse celui-ci réguler le régime. Il faut ensuite mesurer le régime de ralenti à chaud;

   ii) dans le cas des moteurs dépourvus de régulateur de régime bas, le dynamomètre doit être réglé pour obtenir un couple zéro sur l'arbre de sortie principal du moteur; la demande de l'opérateur doit être réglée de manière à ce que le régime soit le régime le plus bas possible annoncé par le constructeur avec une charge minimale (également appelé régime de ralenti à chaud annoncé par le constructeur);

   iii) le couple à vide annoncé par le constructeur peut être utilisé pour tous les moteurs à régime variable (avec ou sans régulateur de régime bas), si un couple à vide différent de zéro est représentatif du fonctionnement en service;

b) la demande de l'opérateur doit être réglée au maximum et le régime du moteur doit être contrôlé entre son ralenti à chaud et 95 % de son régime de ralenti à chaud. Dans le cas des moteurs ayant des cycles d'utilisation de référence, dont le régime le plus bas est supérieur au régime de ralenti à chaud, la conversion doit commencer entre le régime de référence le plus bas et 95 % du régime de référence le plus bas;

c) le régime du moteur doit être augmenté à un taux moyen de 8 ± 1 $min^{-1}/s$ ou bien la conversion doit faire appel à un balayage constant du régime à un rythme constant de telle sorte qu'il faille de 4 à 6 min pour passer du régime minimum au régime maximum. La plage des régimes de conversion doit commencer entre le ralenti à chaud et 95 % du ralenti à chaud et se terminer au régime le plus élevé au-dessus de la puissance maximale à laquelle moins de 70 % de la puissance nominale est délivrée. Si le régime le plus élevé est dangereux ou non représentatif (par exemple dans le cas de moteurs sans régulateur), il convient de suivre les pratiques techniques reconnues pour atteindre le régime sans danger ou le régime maximal représentatif. Les points de régime et de couple du moteur sont enregistrés à une fréquence d'au moins 1 Hz;

d) si un constructeur estime que les techniques de conversion exposées ci-dessus ne sont pas fiables ou représentatives d'un moteur donné, d'autres techniques de conversion peuvent être appliquées. Comme les procédures de conversion spécifiées, elles doivent viser à déterminer le couple maximal disponible à tous les régimes du moteur atteints au cours des cycles d'essai. Les techniques qui, pour des raisons de fiabilité ou de représentativité, s'écartent des techniques spécifiées dans le présent paragraphe doivent être approuvées par l'autorité d'homologation de type en même temps que la justification de leur emploi. En aucun cas cependant, la courbe de couple ne peut être obtenue à partir de régimes moteurs décroissants pour des moteurs à régulateur ou à turbocompresseur;

e) une courbe de conversion du moteur ne doit pas nécessairement être établie avant chaque cycle d'essai. Cette opération doit toutefois être exécutée avant un cycle d'essai si:

i) sur la base des pratiques techniques reconnues, un laps de temps excessif s'est écoulé depuis l'établissement de la dernière courbe; ou

ii) le moteur a subi des modifications physiques ou des modifications des réglages susceptibles d'influer sur ses performances; ou

iii) la pression atmosphérique à l'entrée d'air du moteur n'est pas dans les limites de ± 5 kPa autour de la valeur enregistrée lors de l'établissement de la dernière courbe.

7.6.3. Établissement de la courbe de conversion du moteur pour le cycle NRSC

Le moteur peut être utilisé avec un régulateur à régime constant de série ou on peut simuler un régulateur à régime constant en réglant le régime du moteur au moyen d'un système de commande géré par l'opérateur. On utilise un régulateur isochrone ou à écart permanent de tours, selon le cas.

7.6.3.1. Contrôle de la puissance nominale des moteurs soumis au cycle d'essai D2

Le contrôle suivant doit être effectué:

a) le régime étant commandé par le régulateur ou le régulateur simulé et selon la demande de l'opérateur, le moteur fonctionne au régime nominal et à la puissance nominale pendant le temps nécessaire à l'obtention d'un fonctionnement stable;

b) on augmente le couple jusqu'à ce que le moteur soit incapable de maintenir le régime régulé. On enregistre la puissance à ce point. Avant que ce contrôle ne soit effectué, la méthode permettant de déterminer de façon sûre quand ce point a été atteint doit être convenue entre le constructeur et le service technique en charge du contrôle, en fonction des caractéristiques du régulateur. La puissance enregistrée ne doit pas dépasser de plus de 12,5 % la puissance nominale définie au paragraphe 2.1.71 du présent règlement. Si cette valeur est dépassée, le constructeur doit revoir la puissance nominale déclarée.

Si le moteur spécifique soumis à l'essai est incapable de réaliser ce contrôle sans risquer d'endommager le moteur ou le dynamomètre, le constructeur doit présenter à l'autorité d'homologation de type des éléments probants démontrant que la puissance maximale ne dépasse pas la puissance nominale de plus de 12,5 %.

7.6.3.2. Procédure d'établissement de la courbe de conversion pour un cycle NRSC à régime constant:

a) le régime étant commandé par le régulateur ou le régulateur simulé et selon la demande de l'opérateur, le moteur fonctionne à un régime régulé sans charge (régime haut, pas de ralenti) pendant au moins 15 s, à moins que le moteur spécifique soit incapable d'accomplir cette tâche;

b) on utilise le dynamomètre pour augmenter le couple à un rythme constant. La conversion est réglée de telle manière qu'il faille moins de 2 min pour passer du régime régulé sans charge au couple correspondant à la puissance nominale pour les moteurs soumis à l'essai sur le cycle D2 ou au couple maximal dans le cas des autres cycles d'essai à régime constant. Pendant l'opération, le régime et le couple réels doivent être enregistrés à une fréquence d'au moins 1 Hz;

c) dans le cas d'un moteur à régime constant dont le régulateur peut être réglé sur d'autres régimes, le moteur doit être essayé à chaque régime constant applicable.

Pour les moteurs à régime constant, il faut suivre les pratiques techniques reconnues, en accord avec l'autorité d'homologation de type, pour appliquer d'autres méthodes visant à enregistrer les valeurs maximales de couple et de puissance aux régimes de fonctionnement définis.

Pour les moteurs soumis à l'essai sur des cycles autres que D2, lorsque les valeurs mesurées comme les valeurs déclarées sont disponibles pour le couple maximum, la valeur déclarée peut être utilisée au lieu de la valeur mesurée si elle se situe entre 95 % et 100 % de la valeur mesurée.

7.7. Établissement du cycle d'essai

7.7.1. Établissement des cycles d'essai en conditions stationnaires (NRSC)

Le présent paragraphe décrit comment établir les régimes et couples du moteur auxquels le moteur doit tourner pendant les essais en conditions stationnaires avec le cycle d'essai NRSC à modes discrets ou le cycle d'essai RMC.

7.7.1.1. Génération de régimes d'essai NRSC pour les moteurs soumis à l'essai à la fois avec le cycle NRSC et soit le cycle NRTC, soit le cycle LSI-NRTC.

Pour les moteurs qui sont soumis à l'essai avec un cycle d'essai NRTC ou LSI-NRTC, en plus d'un cycle NRSC, le MTS spécifié au paragraphe 5.2.5.1 de la présente annexe doit être utilisé en tant que régime à 100 % pour les essais en conditions transitoires comme pour les essais en conditions stationnaires.

Le MTS doit être utilisé à la place du régime nominal pour déterminer le régime intermédiaire conformément au paragraphe 5.2.5.4 de la présente annexe.

Le régime de ralenti doit être déterminé conformément au paragraphe 5.2.5.5 de la présente annexe.

7.7.1.2. Établissement de régimes d'essai NRSC pour les moteurs uniquement soumis au cycle d'essai NRSC

Pour les moteurs qui ne sont pas soumis à un cycle d'essai en conditions transitoires (NRTC ou LSI-NRTC), le régime nominal spécifié au paragraphe 5.2.5.3 doit être utilisé comme le régime à 100 %. Le régime nominal doit être utilisé pour déterminer le régime intermédiaire conformément au paragraphe 5.2.5.4 de la présente annexe. Si le cycle NRSC spécifie des régimes additionnels en pourcentage, ceux-ci doivent être calculés en pourcentage du régime nominal. Le régime de ralenti doit être déterminé conformément au paragraphe 5.2.5.5 de la présente annexe. Avec l'accord préalable du service technique, le MTS peut être utilisé à la place du régime nominal pour l'établissement des régimes d'essai conformément au présent paragraphe.

7.7.1.3. Établissement du couple du cycle NRSC pour chaque mode d'essai

Le pourcentage de couple pour chaque mode d'essai du cycle d'essai choisi doit être celui indiqué dans le tableau NRSC approprié de l'appendice A.6 de la présente annexe. La valeur 100 % à un régime d'essai donné doit être la valeur mesurée ou déclarée prise de la courbe de conversion du moteur établie conformément au paragraphe 7.6.1, au paragraphe 7.6.2 ou au paragraphe 7.6.3 de la présente annexe, respectivement, exprimée en tant que puissance (kW). Le réglage du moteur pour chaque mode d'essai doit être calculé au moyen de l'équation (A.4-14):

$$S = \left( \left( P_{\max} + P_{AUX} \right) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{AUX} \qquad \text{(A.4-14)}$$

où:

$S$ = S réglage du dynamomètre en kW

$P_{\max}$ = puissance maximale observée ou annoncée au régime d'essai dans les conditions d'essai (spécifiées par le fabricant) en kW

$P_{AUX}$ = puissance totale déclarée absorbée par les éléments accessoires mis en place pour l'essai (voir paragraphe 6.3) au régime d'essai en kW

$L$ = couple en pourcentage.

Un couple minimal à chaud qui est représentatif du fonctionnement en utilisation peut être déclaré et utilisé pour tout point de couple qui, sinon, serait en dessous de cette valeur, dans la mesure où le type de moteurs ne fonctionnera normalement pas en dessous de ce couple minimal, par exemple parce qu'il sera connecté à un engin mobile non routier qui ne fonctionne pas au-dessous d'un couple minimal donné.

Dans le cas du cycle D2, le constructeur doit déclarer la puissance nominale et celle-ci doit être utilisée en tant que puissance à 100 % pour l'établissement du cycle d'essai.

7.7.2. Établissement du régime et du couple des cycles NRTC et LSI-NRTC pour chaque point d'essai (dénormalisation)

Le présent paragraphe décrit comment établir les régimes et couples du moteur correspondants auxquels le moteur doit fonctionner pendant les essais NRTC ou LSI-NRTC. L'appendice A.6 de la présente annexe contient la définition des cycles d'essai applicables dans un format normalisé. Un cycle d'essai normalisé consiste en une séquence de valeurs appariées pour le régime et le couple en pourcentage.

Les valeurs normalisées de régime et de couple doivent être transformées selon les conventions suivantes:

a) le régime normalisé doit être transformé en une séquence de régimes de référence $n_{ref}$, conformément au paragraphe 7.7.2.2 de la présente annexe;

b) le couple normalisé est exprimé en pourcentage du couple issu de la courbe de conversion du moteur, établie conformément au paragraphe 7.6.2 de la présente annexe, au régime de référence correspondant. Ces valeurs normalisées doivent être transformées en une suite de couples de référence ($T_{ref}$) conformément aux dispositions du paragraphe 7.7.2.3 de la présente annexe;

c) la puissance de référence est le résultat du produit du régime de référence par le couple de référence exprimé en unités cohérentes.

7.7.2.1. Réservé

7.7.2.2. Dénormalisation du régime moteur

Il convient de dénormaliser le régime moteur au moyen de l'équation (A.4-15):

$$\boldsymbol{n_{ref}} = \frac{\%\boldsymbol{speed}.\left(\boldsymbol{MTS} - \boldsymbol{n_{idle}}\right)}{100} + \boldsymbol{n_{idle}} \qquad \text{(A.4-15)}$$

où:

$n_{ref}$ désigne le régime de référence

*MTS* MTS désigne le régime maximal de l'essai

$n_{idle}$ signe le régime de ralenti

*%speed* désigne la valeur du régime normalisé NRTC ou LSI-NRTC obtenu d'après l'appendice A.6 de la présente annexe.

7.7.2.3. Dénormalisation du couple moteur

Les valeurs de couple dans la fiche de programmation du dynamomètre (appendice A.6 de l'annexe 4) sont normalisées jusqu'au couple maximal au régime respectif. Les valeurs de couple du cycle de référence sont dénormalisées comme suit à l'aide de la courbe de conversion déterminée conformément au paragraphe 7.6.2, au moyen de l'équation (A.4-16):

$$\boldsymbol{T_{ref}} = \frac{\%\boldsymbol{torque}.\max \boldsymbol{torque}}{100} \qquad \text{(A.4-16)}$$

pour le régime de référence respectif déterminé conformément au paragraphe 7.7.2.2,

où:

$T_{ref}$ désigne le couple de référence pour le régime de référence respectif;

*max.torque* désigne le couple maximal pour le régime d'essai respectif obtenu d'après la courbe de conversion du moteur du paragraphe 7.6.2, ajustée si nécessaire conformément au point b) du présent paragraphe;

*%torque* désigne la valeur du couple normalisé NRTC ou LSI-NRTC obtenu d'après l'appendice A.6 de l'annexe 4.

a) Couple minimal annoncé

Un couple minimal qui est représentatif du fonctionnement en utilisation peut être annoncé. Par exemple, si le moteur est généralement connecté à un engin mobile non routier qui ne fonctionne pas au-dessous d'un couple minimal donné, ce couple peut être annoncé et utilisé pour tout point de charge qui serait sinon inférieur à cette valeur.

b) Ajustement du couple moteur en raison d'accessoires montés pour l'essai d'émissions

Lorsque des accessoires sont montés conformément à l'appendice A.2 de la présente annexe, il n'y a pas d'ajustement à apporter au couple maximal pour le régime d'essai respectif obtenu d'après la courbe de conversion du moteur selon le paragraphe 7.6.2 de la présente annexe.

Lorsque, conformément au paragraphe 6.3.2 ou 6.3.3 de la présente annexe, des accessoires nécessaires qui auraient dû être en place pour l'essai ne le sont pas ou que des accessoires qui auraient dû être retirés pour l'essai ne l'ont pas été, la valeur de $T_{max}$ doit être ajustée au moyen de l'équation (A.4-17).

$$T_{max} = T_{map} - T_{AUX} \quad \text{(A.4-17)}$$

où:

$$T_{AUX} = T_r - T_f \quad \text{(A.4-18)}$$

où:

$T_{map}$ désigne le couple maximal non ajusté pour le régime d'essai respectif obtenu d'après la courbe de conversion du moteur du paragraphe 7.6.2 de la présente annexe

$T_f$ désigne le couple requis pour faire fonctionner les accessoires qui auraient dû être en place pour l'essai mais ne l'étaient pas

$T_r$ désigne le couple requis pour faire fonctionner les accessoires qui auraient dû être retirés pour l'essai mais ne l'ont pas été.

7.7.2.4. Exemple de procédure de dénormalisation

Il s'agit, par exemple, de dénormaliser les points suivants:

*%speed* = 43 %

*%torque* = 82 %

Sur la base des valeurs suivantes:

*MTS* = 2 200 $min^{-1}$

$n_{idle}$ = 600 $min^{-1}$

ce qui donne

$$n_{\text{ref}} = \frac{43 \cdot (2200 - 600)}{100} + 600 = 1288\,\text{min}^{-1}$$

Compte tenu du couple maximal de 700 Nm déterminé d'après la courbe de conversion à 1288 min-[1]

$$\boldsymbol{T_{ref}} = \frac{82 \cdot 700}{100} = 574\,\boldsymbol{Nm}$$

7.8. Procédure spécifique d'exécution du cycle d'essai

7.8.1. Séquence d'essai d'émissions pour un cycle NRSC à modes discrets

7.8.1.1. Mise à température du moteur pour un cycle en conditions stationnaires à modes discrets

La procédure pré-essai conformément au paragraphe 7.3.1 de la présente annexe doit être appliquée, y compris l'étalonnage de l'analyseur. Le moteur doit être mis à température en utilisant la séquence de préconditionnement du paragraphe 7.3.1.1.3 de la présente annexe. Le cycle de mesure démarre immédiatement à partir de ce point de mise en condition du moteur.

7.8.1.2. Cycle d'essai NRSC à modes discrets

a) L'essai est effectué dans l'ordre ascendant des numéros de mode tels qu'ils sont établis pour le cycle d'essai concerné (voir appendice A.6 de l'annexe 4).

b) Chaque mode a une durée de 10 min au moins. Dans chacun de ces modes, le moteur doit être stabilisé pendant au moins 5 min. Les émissions gazeuses et, le cas échéant, le nombre de particules (PN), font l'objet d'un prélèvement pendant 1 à 3 min à la fin de chaque mode, et les émissions de particules (PM) sont prélevées conformément au point c).

Nonobstant le premier alinéa, pour l'essai de moteurs à allumage commandé utilisant les cycles G1, G2 ou G3, ou lors des mesures effectuées conformément au paragraphe 5.6 du présent règlement, chaque mode a une durée de 3 min au moins. Dans ce cas, les émissions gazeuses et, le cas échéant, le nombre de particules (PN), font l'objet d'un prélèvement pendant au moins les 2 dernières minutes de chaque mode, et les émissions de particules (PM) sont prélevées conformément au point c).

La durée du mode et la durée de prélèvement peuvent être allongées pour améliorer l'exactitude.

La durée du mode doit être enregistrée et consignée.

c) Le prélèvement de particules peut se faire soit avec la méthode du filtre unique, soit avec la méthode des filtres multiples. Étant donné que les résultats des méthodes peuvent différer légèrement, il convient d'annoncer en même temps le mode utilisé et les résultats.

Pour la méthode du filtre unique, il doit être tenu compte, pendant le prélèvement, des facteurs de pondération par modes indiqués dans la procédure du cycle d'essai et du débit réel des gaz d'échappement en réglant le débit ou le temps de prélèvement en conséquence. Le facteur de pondération réel du prélèvement de particules ne doit pas s'écarter de plus de ± 0,005 du facteur de pondération du mode en question;

Le prélèvement doit être fait le plus tard possible dans chaque mode. Pour la méthode du filtre unique, la fin du prélèvement des particules doit coïncider à 5 s près avec la fin de la mesure des émissions gazeuses. La durée de prélèvement par mode doit être de 20 s au moins pour la méthode du filtre unique et de 60 s au moins pour la méthode des filtres multiples. Dans le cas des systèmes sans capacité de dérivation, la durée de prélèvement par mode doit être de 60 s au moins pour les méthodes à filtre unique et à filtres multiples.

d) Le régime et la charge du moteur, la température de l'air d'admission, le débit de carburant ainsi que, le cas échéant, le débit d'air ou de gaz d'échappement doivent être mesurés pour chaque mode au même intervalle que celui utilisé pour les mesures des concentrations gazeuses.

Il faut prendre note de toute donnée additionnelle nécessaire pour le calcul.

e) Si le moteur cale ou que le prélèvement des émissions est interrompu à un moment quelconque après le délai du prélèvement pour un cycle d'essai à modes discrets et la méthode à filtre unique, l'essai est considéré comme nul et il convient de le répéter en commençant par la procédure de mise à température du moteur. En cas de mesure des PM au moyen de la méthode utilisant plusieurs filtres (un filtre de prélèvement pour chaque mode de fonctionnement), il faut poursuivre l'essai en stabilisant le moteur au mode précédent pour le conditionnement thermique du moteur puis en commençant à mesurer avec le mode dans lequel le moteur a calé.

f) Ensuite, on effectue les procédures postessai conformément aux indications du paragraphe 7.3.2 de la présente annexe.

7.8.1.3. Critères de validation

Durant chaque mode du cycle d'essai en conditions stationnaires faisant suite à la période de transition initiale, le régime mesuré ne doit pas s'écarter de plus de ± 1 % du régime nominal ou de ± 3 $min^{-1}$, si cette seconde valeur est plus élevée, la seule exception étant que le régime mesuré du ralenti doit respecter les tolérances annoncées par le constructeur. Le couple mesuré ne doit pas s'écarter du couple de référence de plus de ± 2 % pour le couple maximal au régime d'essai.

7.8.2. Séquence d'essai d'émissions pour un cycle RMC

7.8.2.1. Mise à température du moteur

La procédure pré-essai conformément au paragraphe 7.3.1 de la présente annexe doit être appliquée, y compris l'étalonnage de l'analyseur. Le moteur doit être mis à température en utilisant la séquence de préconditionnement du paragraphe 7.3.1.1.4 de la présente annexe. Immédiatement après cette procédure de mise en condition, si le régime et le couple ne sont pas déjà réglés pour le premier mode de l'essai, ils doivent être changés suivant une progression linéaire de 20 ± 1 s jusqu'au premier mode d'essai. Entre 5 et 10 s après la fin de la progression, le cycle de mesure doit commencer.

7.8.2.2. Réalisation d'un cycle d'essai à modes raccordés

L'essai est effectué dans l'ordre ascendant des numéros de mode tels qu'ils sont établis pour le cycle d'essai (voir appendice A.6 de la présente annexe). Lorsqu'il n'y a pas de RMC disponible pour le cycle NRSC spécifié, la procédure NRSC à modes discrets du paragraphe 7.8.1 de la présente annexe doit être suivie.

Le moteur doit fonctionner pendant le temps prescrit pour chaque mode. Le passage d'un mode au suivant doit se faire linéairement en 20 ± 1 s en respectant les tolérances prescrites au paragraphe 7.8.2.4 de la présente annexe.

Dans le cas des cycles d'essai à modes raccordés, les valeurs de référence de régime et de couple doivent être établies à la fréquence minimale de 1 Hz, et cette séquence de points doit être utilisée pour effectuer le cycle. Au cours de la transition entre les modes, les valeurs de référence de régime et de couple dénormalisés doivent être linéairement inclinées entre les modes pour générer des points de référence. Les valeurs de couple de référence normalisées ne doivent pas être linéairement inclinées entre les modes et ensuite dénormalisées. Si des rampes de transition de régime et de couple traversent un point au-dessus de la courbe de couple du moteur, il faut les prolonger pour atteindre les couples de référence et la demande de l'opérateur doit pouvoir aller jusqu'au maximum.

Pendant tout le cycle d'essai RMC (dans chaque mode et y compris les progressions entre les modes), il faut mesurer la concentration de chaque polluant gazeux et, s'il y a une limite applicable, effectuer le prélèvement en masse et en nombre de particules. Les polluants gazeux peuvent être mesurés sans dilution ou dilués et être enregistrés en permanence; s'ils sont dilués, ils peuvent également faire l'objet d'un prélèvement dans un sac. L'échantillon de particules doit être dilué avec de l'air propre et conditionné. On prendra un échantillon sur l'ensemble de la procédure d'essai et, dans le cas de particules, celui-ci sera prélevé au moyen d'un filtre unique de prélèvement de particules.

Pour calculer les émissions spécifiques au frein, il faut calculer le cycle de travail réel en intégrant la puissance moteur réelle sur l'ensemble du cycle.

7.8.2.3. Séquence d'essai d'émissions

a) L'exécution du cycle RMC, le prélèvement des gaz d'échappement, l'enregistrement des données et l'intégration des valeurs mesurées doivent commencer simultanément.

b) Le régime et le couple doivent être contrôlés selon le premier mode du cycle d'essai.

c) Si le moteur cale à un moment donné pendant l'exécution du cycle RMC, celui-ci est invalidé. Le moteur est à nouveau préconditionné et l'essai est répété.

d) À la fin du cycle RMC, on poursuit le prélèvement, exception faite du prélèvement de PM, en faisant fonctionner tous les systèmes pour que les délais de réponse soient écoulés. Ensuite, tous les prélèvements et enregistrements sont arrêtés, y compris l'enregistrement des échantillons ambiants. Enfin, tout dispositif d'intégration est mis à l'arrêt et la fin du cycle d'essai est inscrite dans les données enregistrées.

e) Ensuite, on effectue les procédures postessai conformément aux indications du paragraphe 7.3.2 de la présente annexe.

7.8.2.4. Critères de validation

Les essais RMC doivent être validés au moyen de l'analyse de régression comme indiqué aux paragraphes 7.8.3.3 et 7.8.3.5 de la présente annexe. Les tolérances RMC permises sont indiquées dans le tableau A.4-1 ci-dessous. À noter que celles-ci sont différentes des tolérances NRTC indiquées dans le tableau A.4-2. Lorsque les essais portent sur des moteurs dont la puissance de référence est supérieure à 560 kW, les tolérances de régression du tableau A.4-2 et la suppression de points du tableau A.4-3 peuvent être utilisées.

*Tableau A.4-1*

**Tolérances s'appliquant à la droite de régression rmc**

| | Régime | Couple | Puissance |
|---|---|---|---|
| Erreur type d'estimation (SEE) de y sur x | 1 % du régime nominal au maximum | 2 % du couple maximal au maximum | 2 % de la puissance maximale au maximum |
| Pente de la droitede régression, $a_1$ | 0,99 à 1,01 | 0,98 à 1,02 | 0,98 à 1,02 |
| Coefficient de détermination, $r^2$ | minimum 0,990 | minimum 0,950 | minimum 0,950 |
| Ordonnée à l'origine de la droite de régression, $a_0$ | ± 1 % du régime nominal | ± 20 Nm ou ± 2 % du couple maximal, la valeur supérieure étant retenue | ± 4 kW ou 2 % de la puissance maximale, la valeur supérieureétant retenue |

Si le cycle RMC ne s'effectue pas sur un banc pour essai en conditions transitoires, et donc que les valeurs de régime et de couple ne sont pas connues seconde par seconde, on utilise les critères de validation ci-après.

Pour chaque mode, les prescriptions de tolérance de régime et de couple sont indiquées au paragraphe 7.8.1.3 de la présente annexe. Pour les transitions de régime linéaire et de couple linéaire de 20 s entre les modes d'essai RMC en conditions stationnaires (paragraphe 7.4.1.2 de la présente annexe) on applique les tolérances de régime et de couple suivantes à la rampe, le régime devant être maintenu linéairement à 2 % près du régime nominal. Le couple doit être maintenu linéairement à 5 % près du couple maximal au régime nominal.

7.8.3. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC)

Les ordres de régime et de couple de référence doivent être exécutés en séquences pour effectuer les cycles d'essai NRTC et LSI-NRTC. Les ordres de régime et de couple doivent être émis à une fréquence d'au moins 5 Hz. Comme le cycle d'essai de référence est prévu pour 1 Hz, les ordres de régime et de couple intermédiaires sont interpolés linéairement à partir des valeurs de couple de référence générées par la création du cycle.

Les faibles régimes dénormalisés proches du régime de ralenti à chaud peuvent avoir pour conséquence que les régulateurs de ralenti à chaud s'activent et que le couple moteur dépasse le couple de référence, même si la demande de l'opérateur est au minimum. Dans de tels cas, il est recommandé de régler la commande du dynamomètre de manière à accorder la priorité au suivi du couple de référence plutôt que du régime de référence et de laisser le moteur régler le régime.

En conditions de démarrage à froid, les moteurs peuvent utiliser un dispositif de ralenti rapide pour réchauffer rapidement le moteur et les dispositifs de traitement aval. Dans de telles conditions, des régimes normalisés très faibles produisent des régimes de référence inférieurs à ce régime de ralenti accéléré. Dans ce cas, il est recommandé d'agir sur le dynamomètre pour qu'il accorde la priorité au suivi du couple de référence et de laisser le moteur régler le régime lorsque la demande de l'opérateur est au minimum.

Au cours d'un essai d'émissions, les régimes et couples de référence ainsi que les régimes et couples réels doivent être enregistrés avec une fréquence minimale de 1 Hz, mais de préférence de 5, voire de 10 Hz. Cette fréquence d'enregistrement plus élevée peut être importante étant donné qu'elle contribue à réduire au minimum l'effet de biais du décalage entre les valeurs de régime et de couple de référence et les valeurs mesurées.

Les régimes et les couples de référence et réels peuvent être enregistrés à des fréquences plus basses (jusqu'à 1 Hz) si l'on enregistre les valeurs moyennes pendant l'intervalle entre les valeurs enregistrées. Les valeurs moyennes doivent être calculées sur la base des valeurs réelles actualisées à une fréquence d'au moins 5 Hz. Ces valeurs enregistrées doivent être utilisées pour calculer les statistiques de validation du cycle et le travail total.

7.8.3.1. Réalisation d'un essai NRTC

Les procédures pré-essai conformément au paragraphe 7.3.1 de la présente annexe doit être appliquée, y compris l'étalonnage de l'analyseur.

L'essai commence de la manière décrite ci-après:

La séquence d'essai doit commencer immédiatement après la mise en route du moteur à froid, comme spécifié au paragraphe 7.3.1.2 de la présente annexe, dans le cas d'un essai NRTC à froid ou à partir de l'état stabilisé à chaud dans le cas de l'essai NRTC à chaud. La séquence du paragraphe 7.4.2.1 de la présente annexe doit être suivie.

L'enregistrement chronologique des données, le prélèvement des gaz d'échappement et l'intégration des valeurs mesurées doivent commencer simultanément au démarrage du moteur. Le cycle d'essai doit être lancé lorsque le moteur démarre et doit être exécuté conformément au programme de l'appendice A.6 de la présente annexe.

À la fin du cycle, le prélèvement doit se poursuivre, tous les systèmes étant en fonctionnement afin de tenir compte du temps de réponse du système. Ensuite, tous les prélèvements et enregistrements sont arrêtés, y compris l'enregistrement des échantillons ambiants. Enfin, tout dispositif d'intégration est mis à l'arrêt et la fin du cycle d'essai est inscrite dans les données enregistrées.

Ensuite, on effectue les procédures postessai conformément aux indications du paragraphe 7.3.2 de la présente annexe.

7.8.3.2. Réalisation d'un essai LSI-NRTC

La procédure pré-essai conformément au paragraphe 7.3.1 de la présente annexe doit être appliquée, y compris le préconditionnement et l'étalonnage de l'analyseur.

L'essai commence de la manière décrite ci-après:

L'essai commence selon la séquence indiquée au paragraphe 7.4.2.2 de la présente annexe.

L'enregistrement chronologique des données, le prélèvement des gaz d'échappement et l'intégration des valeurs mesurées doivent commencer simultanément au départ du cycle d'essai LSI-NRTC à la fin de la période de ralenti de 30 s spécifiée au point b) du paragraphe 7.4.2.2 de la présente annexe. Le cycle d'essai doit être exécuté conformément au programme de l'appendice A.6 de la présente annexe.

À la fin du cycle, le prélèvement doit se poursuivre, tous les systèmes étant en fonctionnement afin de tenir compte du temps de réponse du système. Ensuite, tous les prélèvements et enregistrements sont arrêtés, y compris l'enregistrement des échantillons ambiants. Enfin, tout dispositif d'intégration est mis à l'arrêt et la fin du cycle d'essai est inscrite dans les données enregistrées.

Ensuite, on effectue les procédures post-essai conformément aux indications du paragraphe 7.3.2 de la présente annexe.

7.8.3.3. Critères de validation du cycle pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC)

Pour vérifier la validité d'un essai, on applique les critères de validation des cycles du présent paragraphe aux valeurs de référence et aux valeurs obtenues de régime, de couple, de puissance et de travail global.

7.8.3.4. Calcul du travail au cours du cycle

Avant le calcul du travail sur le cycle, les points enregistrés au cours du démarrage du moteur doivent être omis. Les points pour lesquels les valeurs de couple sont négatives sont comptés comme travail nul. Le travail au cours du cycle réel $W_{act}$ (kWh) doit être calculé sur la base des valeurs réelles de régime et de couple. Le travail au cours du cycle de référence $W_{ref}$ (kWh) est calculé sur la base des valeurs de référence du régime et du couple. Le travail au cours du cycle effectif $W_{act}$ est utilisé pour la comparaison du travail au cours du cycle de référence $W_{ref}$ et pour le calcul des émissions spécifiques au banc (voir paragraphe 7.2 de la présente annexe).

$W_{act}$ doit se situer entre 85 % et 105 % de $W_{ref}$.

7.8.3.5. Opérations statistiques de validation (voir appendice A.3 de l'annexe 5)

Pour le régime, le couple et la puissance, les régressions linéaires des valeurs réelles par rapport aux valeurs de référence doivent être calculées.

Afin de minimiser l'effet de biais du décalage dans le temps entre les valeurs réelles et celles du cycle de référence, toute la séquence des signaux des valeurs réelles du régime et du couple du moteur peut être avancée ou retardée dans le temps en fonction de la séquence de régime et de couple de référence. Si les signaux des valeurs réelles sont décalés, le régime et le couple doivent être décalés de la même valeur et dans le même sens.

On applique la méthode des moindres carrés, l'équation de meilleur ajustement étant la suivante:

$$y = a_1 x + a_0 \qquad \text{(A.4-19)}$$

où:

$y$ = la valeur réelle du régime (min-¹), du couple (Nm), ou de la puissance (kW)

$a_1$ = la pente de la droite de régression

$x$ = la valeur de référence du régime (min-¹), du couple (Nm) ou de la puissance (kW)

$a_0$ = l'ordonnée à l'origine de la droite de régression.

L'erreur type d'estimation (SEE) de y sur x et le coefficient de détermination ($r^2$) doivent être calculés pour chaque droite de régression (appendice A.2 de l'annexe 4).

Il est recommandé d'effectuer cette analyse à 1 Hz. Pour qu'un essai soit jugé valide, il doit satisfaire aux critères du tableau 2 ci-après.

*Tableau A.4-2*

**Tolérances de la droite de régression**

| | Régime | Couple | Puissance |
|---|---|---|---|
| Erreur type d'estimation (SEE) de y sur x | ≤ 5,0 % du régime d'essai maximal | ≤ 10,0 % du couple maximal reconnu | ≤ 10,0 % de la puissance maximale reconnue |
| Pente de la droite de régression, $a_1$ | 0,95 à 1,03 | 0,83 à 1,03 | 0,89 à 1,03 |
| Coefficient de détermination, $r^2$ | minimum 0,970 | minimum 0,850 | minimum 0,910 |
| Ordonnée à l'origine de la droite de régression, $a_0$ | ≤ 10 % du régime de ralenti | ± 20 Nm ou ± 2 % du couple maximal, la valeur supérieure étant retenue | ± 4 kW ou ± 2 % de la puissance maximale, la valeur supérieure étant retenue |

Pour les besoins des analyses de régression uniquement, des points peuvent être supprimés avant le calcul de régression lorsqu'ils sont indiqués dans le tableau A.4-3 ci-après. Toutefois, ces points ne peuvent pas être supprimés pour le calcul du travail du cycle et des émissions. Un point de ralenti est défini comme un point ayant un couple de référence normalisé de 0 % et un régime de référence normalisé de 0 %. La suppression du point peut être appliquée à l'ensemble du cycle ou à une de ses parties; il convient cependant de spécifier les suppressions de point.

*Tableau A.4-3*

**Points pouvant être supprimés dans une analyse de régression**

| Événement | Conditions (n = régime moteur, T = couple) | Suppressions de point autorisées |
|---|---|---|
| Demande minimale de l'opérateur (ralenti) | $n_{ref} = n_{idle}$<br>et<br>$T_{ref} = 0$<br>et<br>$T_{act} > (T_{ref} - 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$<br>et<br>$T_{act} < (T_{ref} + 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$ | Régimeet puissance |
| Demande minimale de l'opérateur | $n_{act} \leq 1{,}02\ n_{ref}$ et $T_{act} > T_{ref}$<br>ou<br>$n_{act} > n_{ref}$ et $T_{act} \leq T_{ref}$<br>ou<br>$n_{act} > 1{,}02\ n_{ref}$ ef et $T_{ref} < T_{act} \leq (T_{ref} + 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$ | Puissance et couple ou régime |
| Demande maximale de l'opérateur | $n_{act} < n_{ref}$ et $T_{act} \geq T_{ref}$<br>ou<br>$n_{act} \geq 0{,}98\ n_{ref}$ et $T_{act} < T_{ref}$<br>ou<br>$n_{act} < 0{,}98\ n_{ref}$ et $T_{ref} > T_{act} \geq (T_{ref} - 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$ | Puissanceet couple ou régime |

où:

$n_{ref}$ désigne le régime de référence (voir paragraphe 7.7.2 de la présente annexe)

$n_{idle}$ désigne le régime de ralenti

$n_{act}$ désigne le régime effectif (mesuré)

$T_{ref}$ désigne le couple de référence (voir paragraphe 7.7.2 de la présente annexe)

$T_{act}$ désigne le couple effectif (mesuré)

$T_{maxmappedtorque}$ désigne la valeur la plus élevée de couple sur la courbe de couple à pleine charge établie conformément au paragraphe 7.6 de la présente annexe.

8. MÉTHODES DE MESURE

8.1. Contrôles d'étalonnage et de performance

8.1.1. Introduction

Le présent paragraphe traite des étalonnages et des vérifications des systèmes de mesure. Voir le paragraphe 9.4 de la présente annexe en ce qui concerne les spécifications qui s'appliquent à chaque instrument.

Les étalonnages ou vérifications portent généralement sur la chaîne de mesure complète.

Si un étalonnage ou une vérification portant sur une partie du système de mesure n'a pas été spécifié, cette portion du système doit être étalonnée et il y a lieu de vérifier ses performances à une fréquence conforme à toutes les recommandations du fabricant du système de mesure et en suivant les pratiques techniques reconnues.

Il faut appliquer les normes internationalement reconnues et vérifiables par souci de conformité aux tolérances fixées pour les étalonnages et les vérifications.

8.1.2. Résumé de l'étalonnage et de la vérification

Le tableau A.4.4 est un résumé des opérations d'étalonnage et de vérification décrites au présent paragraphe. Il précise à quel moment ces opérations doivent avoir lieu.

*Tableau A.4-4*

**Résumé des étalonnages et vérifications**

| Type d'étalonnage ou de vérification | Fréquence minimale[a] |
|---|---|
| 8.1.3: Justesse, répétabilité et bruit | Justesse: opération non requise mais recommandée à l'installation initiale.<br>Répétabilité: opération non requise mais recommandée à l'installation initiale.<br>Bruit: opération non requise mais recommandée à l'installation initiale. |
| 8.1.4: Vérification de la linéarité | Régime: à l'installation initiale, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien.<br>Couple: à l'installation initiale, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien.<br>Débit de gaz propre et de gaz d'échappement dilué: à l'installation initiale, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien, à moins que le débit ne soit vérifié par un contrôle au propane ou par un bilan du carbone ou de l'oxygène.<br>Débit d'échappement brut: à l'installation initiale, dans les 185 jours avant les essais et après un grand entretien, à moins que le débit ne soit vérifié par un contrôle au propane ou par un bilan du carbone ou de l'oxygène.<br>Analyseurs de gaz: à l'installation initiale, dans les 35 jours avant les essais et après un grand entretien.<br>Bilan des PM: à l'installation initiale, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien.<br>Pression et température autonomes: à l'installation initiale, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien. |
| 8.1.5: Réponse du système d'analyse des gaz fonctionnant en continu et mise à jour, enregistrement et vérification — pour analyseurs de gaz qui ne sont pas corrigés en permanence pour d'autres sortes de gaz | À l'installation initiale ou après une modification qui influerait sur la réponse. |
| 8.1.6: Réponse du système d'analyse des gaz fonctionnant en continu et mise à jour, enregistrement et vérification — pour analyseurs de gaz qui sont corrigés en permanence pour d'autres sortes de gaz | À l'installation initiale ou après une modification qui influerait sur la réponse. |
| 8.1.7.1 : Couple | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.7.2 : Pression, température, point de rosée | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.8.1 : Débit de carburant | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.8.2 : Débit d'admission | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.8.3 : Débit d'échappement | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.8.4 : Débit de gaz d'échappement dilué (CVS et PFD) | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.8.5 : CVS/PFD et vérification du système de prélèvement par lots[b] | À l'installation initiale, dans les 35 jours avant les essais et après un grand entretien (contrôle au propane). |
| 8.1.8.5.8: Vérification du sécheur d'échantillon | Pour les sécheurs thermiques: à l'installation et après un grand entretien. Pour les membranes osmotiques: à l'installation, dans les 35 jours de l'essai et après un grand entretien. |
| 8.1.8.8: Fuite de vide | Avant chaque essai en laboratoire et conformément au paragraphe 7.1. |

| Type d'étalonnage ou de vérification | Fréquence minimale[a] |
|---|---|
| 8.1.9.1 : Interférence de $H_2O$ pour les analyseurs NDIR de $CO_2$ | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.9.2 : Interférence $CO_2$ et $H_2O$ pour les analyseurs NDIR de CO | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.10.1 : Étalonnage FID, optimisation FID/THC et vérification | Étalonnage, optimisation et détermination de la réponse au $CH_4$: à l'installation initiale et après un grand entretien.<br>Vérification de la réponse au $CH_4$: à l'installation initiale, dans les 185 jours avant les essais et après un grand entretien. |
| 8.1.10.2 : Interférence de $O_2$ avec le FID/gaz d'échappement bruts | Pour tous les analyseurs FID: à l'installation initiale et après un grand entretien.<br>Pour les analyseurs FID THC: à l'installation initiale, après un grand entretien et après optimisation de l'analyseur FID conformément au paragraphe 8.1.10.1. |
| 8.1.11.1: Extinction par $CO_2$ et $H_2O$ du CLD | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.11.3: Interférence de $H_2O$ avec le NDUV/HC | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.11.4: Pénétration de $NO_2$ dans le sécheur d'échantillon (refroidisseur) | À l'installation initiale et après un grand entretien. |
| 8.1.11.5: Conversion par le convertisseur $NO_2$ à NO | À l'installation initiale, dans les 35 jours avant les essais et après un grand entretien. |
| 8.1.12.1: Bilan des PM et pesage | Vérification indépendante: à l'installation initiale, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien.<br>Vérifications du zéro, de l'étendue et de l'échantillon de référence: dans les 12 h précédant la pesée et après un grand entretien. |

([a]) Effectuer les étalonnages et les vérifications plus fréquemment en fonction des instructions du fabricant du système de mesure et des pratiques techniques reconnues.
([b]) La vérification CVS n'est pas nécessaire pour les systèmes qui sont conformes à 2 % près d'après le bilan chimique du carbone ou de l'oxygène dans l'air d'admission, le carburant et les gaz d'échappement dilués..

8.1.3. Vérification de la justesse, de la répétabilité et du bruit

Les niveaux de performances des divers instruments spécifiés dans le tableau 8 servent de base à la détermination de la justesse, de la répétabilité et du bruit pour un appareil.

Il n'est pas nécessaire de vérifier la justesse, la répétabilité ou le bruit pour un appareil. Il peut toutefois être utile d'utiliser ces vérifications pour définir les spécifications d'un nouvel instrument, pour contrôler les performances d'un nouvel appareil à sa réception ou pour remédier à la défaillance d'un instrument existant.

8.1.4. Vérification de la linéarité

8.1.4.1. Étendue et fréquence

Un contrôle de linéarité doit être effectué sur chaque système de mesure énuméré dans le tableau A.4-5, avec au moins la fréquence minimale indiquée dans le tableau, conformément aux recommandations du fabricant du système de mesure et en suivant les pratiques techniques reconnues. L'objet d'un contrôle de linéarité est de déterminer si un système de mesure répond proportionnellement sur la plage de mesures présentant de l'intérêt. Un contrôle de linéarité consiste à introduire une série d'au moins 10 valeurs de référence dans un système de mesure, sauf indication contraire. Le système de mesure quantifie chacune de ces valeurs. Les valeurs mesurées sont collectivement comparées aux valeurs de référence au moyen d'une régression linéaire des moindres carrés et des critères de linéarité spécifiés dans le tableau A.4-5.

8.1.4.2. Prescriptions fonctionnelles

Si un système de mesure ne satisfait pas aux critères de linéarité applicables du tableau A.4-5, il convient de corriger cette lacune par un réétalonnage, un entretien ou le remplacement des pièces suivant les besoins. Il faut vérifier à nouveau la linéarité après avoir remédié au problème pour s'assurer que le système de mesure répond alors aux critères de linéarité.

8.1.4.3. Procédure

Il faut utiliser le protocole de vérification de la linéarité suivant:

a) un système de mesure doit être utilisé aux températures, aux pressions et aux débits spécifiés;

b) l'instrument doit être mis à zéro comme il le serait avant un essai d'émissions au moyen d'un signal zéro. Dans le cas des analyseurs de gaz, on utilise un gaz zéro répondant aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe, qui est introduit directement à l'entrée de l'analyseur;

c) l'instrument doit être étalonné comme il le serait avant un essai d'émissions au moyen d'un signal de réglage de l'étendue. Dans le cas des analyseurs de gaz, on utilise un gaz de réglage de l'étendue répondant aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe, qui est introduit directement à l'entrée de l'analyseur;

d) après le réglage de l'étendue de l'instrument, le réglage du zéro est vérifié avec le même signal que celui utilisé au point b) ci-dessus. Sur la base de l'indication zéro et des pratiques techniques reconnues, on détermine s'il convient de remettre l'instrument à zéro ou de le réétalonner avant de procéder à l'étape suivante;

e) pour toutes les quantités mesurées, il convient de se référer aux recommandations du constructeur et aux pratiques techniques reconnues pour sélectionner les valeurs de référence ($y_{refi}$), qui contrôlent la plage complète de valeurs escomptées pendant l'essai d'émissions, et éviter ainsi la nécessité d'extrapoler au-delà de ces valeurs. Un signal de référence zéro doit être sélectionné comme une des valeurs de référence du contrôle de linéarité. En ce qui concerne les vérifications de linéarité pour la pression et la température autonomes, on retient au moins trois valeurs de référence. Pour toutes les autres vérifications de linéarité, on en retient au moins 10;

f) pour déterminer l'ordre dans lequel une série de valeurs de référence sera introduite, on suit les recommandations du fabricant de l'instrument et les pratiques techniques reconnues;

g) des quantités de référence sont produites et introduites comme indiqué au paragraphe 8.1.4.4 de la présente annexe. Dans le cas des analyseurs de gaz, on utilise des concentrations de gaz dont on sait qu'elles répondent aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe et ces gaz sont introduits directement dans l'entrée de l'analyseur;

h) on laisse à l'instrument le temps nécessaire pour se stabiliser pendant qu'il mesure la valeur de référence;

i) à une fréquence d'enregistrement au moins égale à la fréquence minimale, comme spécifié dans le tableau 7, la valeur de référence doit être mesurée pendant 30 s et la moyenne arithmétique des valeurs $\overline{y}_i$ est enregistrée;

j) les étapes g) à i) ci-dessus doivent être répétées jusqu'à ce que toutes les quantités de référence aient été mesurées;

k) on utilise les moyennes arithmétiques $\overline{y}_i$ et les valeurs de référence $y_{refi}$ pour calculer les paramètres de la régression linéaire des moindres carrés et les valeurs statistiques afin de comparer les critères de performances minimaux spécifiés dans le tableau 5. On utilise à cet effet les calculs présentés dans l'appendice A.3 de l'annexe 5.

8.1.4.4. Signaux de référence

Le présent paragraphe traite des méthodes recommandées pour produire des valeurs de référence nécessaires au protocole de vérification de la linéarité défini au paragraphe 8.1.4.3 de la présente annexe. On utilise les valeurs de référence qui simulent des valeurs réelles ou bien on introduit une valeur réelle et on la mesure au moyen d'un système de mesure de référence. Dans ce dernier cas, la valeur de référence est la valeur annoncée par le système de mesure de référence. Les valeurs de référence et les systèmes de mesure de référence doivent être internationalement vérifiables.

Dans le cas des systèmes de mesure de la température comportant des capteurs tels que des thermocouples, des RTD et des thermistors, on peut vérifier la linéarité en retirant le capteur du système et en utilisant à sa place un simulateur. On utilise dans ce cas un simulateur qui est étalonné de manière indépendante et compensé par jonction froide. L'incertitude du simulateur internationalement vérifiable proportionnée à la température doit être inférieure à 0,5 % de la température de fonctionnement maximale $T_{max}$. Si l'on utilise cette option, il faut recourir à des capteurs dont les fournisseurs garantissent une justesse meilleure que 0,5 % de $T_{max}$ comparée à leur courbe d'étalonnage standard.

8.1.4.5. Systèmes de mesure qui requièrent une vérification de la linéarité

Le tableau A.4-5 indique les systèmes de mesure qui requièrent des vérifications de linéarité. Les dispositions suivantes s'appliquent à ce tableau:

a) la vérification de la linéarité doit être effectuée plus souvent si le fabricant de l'instrument le recommande ou s'il ressort des pratiques techniques reconnues qu'il est opportun de le faire;

b) «min»désigne la valeur de référence minimale utilisée au cours de la vérification de la linéarité; il convient de noter que cette valeur peut être égale à zéro ou négative selon le signal;

c) «max»désigne généralement la valeur de référence maximale utilisée pendant la vérification de la linéarité. Dans le cas des diviseurs de gaz, par exemple, $x_{max}$ est la concentration du gaz de réglage de l'étendue non dilué, non divisé. Dans les cas spéciaux ci-après, «max»désigne une valeur différente:

i) pour le contrôle de la linéarité du bilan des PM, $m_{max}$ désigne la masse typique d'un filtre PM;

ii) pour la vérification de la linéarité du couple, $T_{max}$ désigne la valeur de crête du couple du moteur telle que fixée par le constructeur pour le couple le plus élevé qu'il y a lieu d'essayer;

d) les plages prescrites englobent les valeurs extrêmes. Une plage de 0,98 à 1,02 pour la pente $a_1$ signifie une plage prescrite de $0{,}98 \leq a_1 \leq 1{,}02$;

e) ces vérifications de la linéarité ne sont pas nécessaires pour les systèmes qui n'appliquent pas la vérification du débit pour les gaz d'échappement dilués comme décrit au paragraphe 8.1.8.5 pour le contrôle au propane ou pour les systèmes qui sont conformes à ± 2 % près sur la base d'un bilan chimique du carbone ou de l'oxygène dans l'air d'admission, le carburant et les gaz d'échappement;

f) pour ces quantités, le critère $a_1$ ne doit être satisfait que si la valeur absolue de la quantité est requise, contrairement au signal qui est linéairement proportionnel à la valeur réelle seulement;

g) les températures autonomes englobent les températures du moteur et les conditions ambiantes utilisées pour régler et vérifier les conditions de fonctionnement, les températures utilisées pour régler ou vérifier les conditions critiques du système d'essai ainsi que les températures utilisées pour les calculs des émissions:

i) les contrôles de linéarité de la température suivants sont nécessaires. Air d'admission, banc(s) pour le traitement aval (pour les moteurs soumis aux essais avec des dispositifs de traitement aval sur des cycles ayant des critères de départ à froid), l'air de dilution pour le prélèvement des PM (CVS, double dilution et systèmes à flux partiel); échantillons de PM, un échantillon du refroidisseur (pour les systèmes de prélèvement de gaz qui recourent à des refroidisseurs pour sécher les échantillons);

ii) les contrôles de linéarité de la température suivants sont uniquement requis si cela est prescrit par le constructeur du moteur. L'admission de carburant, la sortie d'air du refroidisseur de la cellule d'essai (pour les moteurs soumis aux essais dans lesquels un échangeur de chaleur simule un refroidisseur d'admission de véhicule ou de machine), l'entrée de liquide de refroidissement du refroidisseur d'admission (pour les moteurs soumis aux essais avec un échangeur de chaleur de la cellule d'essai simulant un refroidisseur d'air d'admission du véhicule ou de la machine), l'huile du carter et le liquide de refroidissement avant le thermostat (pour les moteurs refroidis par un liquide);

h) les pressions autonomes sont les pressions du moteur et les conditions ambiantes utilisées pour régler ou vérifier les conditions de fonctionnement du moteur, les pressions utilisées pour régler ou vérifier des situations critiques dans le système d'essai ainsi que les pressions utilisées dans les calculs des émissions:

i) les contrôles de linéarité de la pression suivants sont nécessaires: restriction de pression de l'air d'admission; contre pression à l'échappement; baromètre; pression d'entrée du CVS (si des mesures font appel au CVS); échantillon de réfrigérant (pour les systèmes de prélèvement de gaz utilisant des refroidisseurs pour sécher les échantillons);

ii) les contrôles de linéarité de la pression suivants sont nécessaires seulement s'ils sont prescrits par le constructeur du moteur: refroidisseur intermédiaire à refroidissement d'admission de la cellule d'essai et baisse de la pression dans le conduit d'interconnexion (pour les moteurs suralimentés essayés avec un échangeur de chaleur de la cellule d'essai simulant un refroidisseur intermédiaire d'air d'admission du véhicule ou de la machine); admission de carburant et sortie de carburant.

*Tableau A.4-5*

**Systèmes de mesure qui requièrent une vérification de la linéarité**

| Système de mesure | Quantité | Fréquence de vérification minimale | Critères de linéarité | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $\lvert x_{min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 \rvert$ | a | SEE | $r^2$ |
| Régime moteur | $n$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 0,05 % $n_{max}$ | 0,98 à 1,02 | ≤ 2 % $n_{max}$ | ≥ 0,990 |
| Couple moteur | $T$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 1 % $T_{max}$ | 0,98 à 1,02 | ≤ 2 % $T_{max}$ | ≥ 0,990 |
| Débit de carburant | $q_m$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 1 % $q_{m,\,max}$ | 0,98 à 1,02 | ≤ 2 % $q_{m,\,max}$ | ≥ 0,990 |
| Débit de l'air d'admission([1]) | $q_V$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 1 % $q_{V,\,max}$ | 0,98 à 1,02 | ≤ 2 % $q_{V,\,max}$ | ≥ 0,990 |
| Débit de l'air de dilution([1]) | $q_V$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 1 % $q_{V,\,max}$ | 0,98 à 1,02 | ≤ 2 % $q_{V,\,max}$ | ≥ 0,990 |
| Débit de gaz d'échappement dilués([1]) | $q_V$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 1 % $q_{V,\,max}$ | 0,98 à 1,02 | ≤ 2 % $q_{V,\,max}$ | ≥ 0,990 |
| Débit de gaz d'échappement bruts([1]) | $q_V$ | Dans les 185 jours avant l'essai | ≤ 1 % $q_{V,\,max}$ | 0,98 à 1,02 | ≤ 2 % $q_{V,\,max}$ | ≥ 0,990 |
| Débit du système de prélèvement par lots([1]) | $q_V$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 1 % $q_{V,\,max}$ | 0,98 à 1,02 | ≤ 2 % $q_{V,\,max}$ | ≥ 0,990 |
| Diviseurs de gaz | $x/x_{span}$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 0,5 % $x_{max}$ | 0,98 à 1,02 | ≤ 2 % $x_{max}$ | ≥ 0,990 |
| Analyseurs de gaz | $x$ | Dans les 35 jours avant l'essai | ≤ 0,5 % $x_{max}$ | 0,99 à 1,01 | ≤ 1 % $x_{max}$ | ≥ 0,998 |
| Bilan des PM | $m$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 1 % $m_{max}$ | 0,99 à 1,01 | ≤ 1 % $m_{max}$ | ≥ 0,998 |
| Pressions autonomes | $p$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 1 % $p_{max}$ | 0,99 à 1,01 | ≤ 1 % $p_{max}$ | ≥ 0,998 |
| Conversion analogique/numérique des signauxde température autonomes | $T$ | Dans les 370 jours avant l'essai | ≤ 1 % $T_{max}$ | 0,99 à 1,01 | ≤ 1 % $T_{max}$ | ≥ 0,998 |

([1]) Le débit molaire peut être utilisé à la place du débit volumétrique standard en tant que terme représentant la «quantité». Dans ce cas, le débit molaire maximal peut être utilisé à la place du débit volumétrique standard dans les critères de linéarité correspondants.

8.1.5. Vérification en continu de la réponse du système d'analyse des gaz, ainsi que de l'enregistrement et des mises à jour

Le présent paragraphe contient la description d'une procédure de vérification générale en continu de la réponse du système d'analyse des gaz, ainsi que de l'enregistrement et des mises à jour. Voir le paragraphe 8.1.6 ci-après qui traite des procédures de vérification des analyseurs de type à compensation.

8.1.5.1. Étendue et fréquence

Cette vérification doit être effectuée après l'installation ou le remplacement d'un analyseur de gaz qui est utilisé pour le prélèvement en continu. Cette vérification doit également être faite si le système a été reconfiguré d'une manière qui modifierait sa réponse. Cette vérification est requise pour les analyseurs de gaz en continu utilisés pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) ou le cycle d'essai à modes raccordés, mais elle n'est pas nécessaire pour les systèmes d'analyse de gaz par lots ou pour les analyseurs de gaz en continu utilisés uniquement pour les essais avec un cycle d'essai NRSC à modes discrets.

8.1.5.2. Principes de mesure

Cet essai sert à vérifier que les fréquences de mise à jour et d'enregistrement sont adaptées à la réponse globale du système à un changement rapide dans la valeur de concentration au niveau de la sonde de prélèvement. Les systèmes d'analyse de gaz doivent être optimalisés de telle manière que la réponse globale à un changement rapide de concentration donne lieu à une mise à jour et soit enregistrée à une fréquence appropriée pour éviter toute perte d'information. Cet essai sert aussi à vérifier que les analyseurs de gaz en continu respectent un temps de réponse minimal.

Les réglages du système pour l'évaluation des temps de réponse sont exactement les mêmes que ceux utilisés lors des mesures du cycle d'essai (c'est-à-dire pression, débits, réglage des filtres sur les analyseurs et tous les autres éléments influant sur le temps de réponse). La détermination du temps de réponse est faite avec commutation des gaz directement à l'entrée de la sonde de prélèvement. Les dispositifs destinés à la commutation des gaz doivent être conçus de manière à effectuer la commutation en moins de 0,1 s. Les gaz utilisés pour l'essai doivent produire un changement de concentration d'au moins 60 % de la pleine échelle (FS).

La concentration de chaque constituant gazeux est enregistrée.

8.1.5.3. Configuration nécessaire

a) Le temps de réponse du système doit être ≤ 10 s avec un temps de montée de ≤ 5 s, ou avec un temps de montée et de descente de ≤ 5 s chacun pour chaque composante mesurée (CO, $NO_X$, $CO_2$ et HC) et toutes les gammes utilisées.

Il faut classer toutes les données (concentration, carburant et débit d'air) d'après leur temps de réponse mesuré avant d'effectuer les calculs d'émissions figurant dans l'annexe 5.

b) Pour qu'une mise à jour et un enregistrement soient acceptables en ce qui concerne le temps de réponse global du système, il faut vérifier que le système satisfasse à l'un des critères suivants:

i) le produit du temps de montée moyen par la fréquence à laquelle le système enregistre une concentration mise à jour doit être d'au moins 5. En aucun cas le temps de montée moyen ne doit dépasser 10 s;

ii) la fréquence à laquelle le système enregistre la concentration doit être d'au moins 2 Hz (voir également le tableau 7).

8.1.5.4. Procédure

On utilise la procédure suivante pour vérifier la réponse de chaque système analyseur de gaz en continu:

a) il convient de respecter les instructions de fonctionnement des instruments données par le fabricant du système d'analyseur. Le système de mesure doit être ajusté selon les besoins pour atteindre les meilleures performances possibles. Cette vérification doit être faite lorsque l'analyseur fonctionne de la même manière que celle utilisée pour les essais d'émissions. Si l'analyseur utilise un système de prélèvement en partage avec d'autres analyseurs, et si le débit de gaz vers les autres analyseurs intervient sur le temps de réponse du système, il convient de faire démarrer les autres analyseurs et de les faire fonctionner pendant que s'effectue l'essai de vérification. Ce dernier peut être effectué sur plusieurs analyseurs utilisant simultanément le même système de prélèvement. En cas d'utilisation de filtres analogiques ou numériques en temps réel pendant les essais d'émissions, ces filtres doivent fonctionner de la même manière au cours de cette vérification;

b) en ce qui concerne les équipements utilisés pour valider le temps de réponse du système, il est recommandé d'utiliser des lignes de transfert de gaz les plus courtes possibles entre toutes les connexions qu'il y a lieu d'utiliser; on connecte une source d'air pur servant de gaz zéro à l'entrée d'un distributeur rapide à 3 voies (2 entrées et 1 sortie) afin de gérer le débit des gaz zéro et des gaz mélangés jusqu'à l'entrée de la sonde du système de prélèvement ou un T proche de la sortie de la sonde. Normalement, le débit de gaz est plus élevé que le débit de prélèvement de la sonde et l'excédent déborde à l'entrée de la sonde. Si le débit de gaz est plus faible que le débit de la sonde, il faut ajuster les concentrations de gaz pour tenir compte de la dilution de l'air ambiant dans la sonde. On peut utiliser des gaz de réglage de l'étendue binaires ou multiples. On peut utiliser un dispositif de mélange de gaz à cet effet. Un mélange de gaz ou un dispositif de mélange est recommandé lorsqu'on utilise des gaz de réglage de l'étendue dans du $N_2$ avec des gaz de réglage de l'étendue dilués dans l'air.

Au moyen d'un mélangeur-doseur de gaz, on mélange à parts égales un gaz de réglage de l'étendue NO-CO-$CO_2$-$C_3H_8$-$CH_4$ (complément $N_2$) avec un gaz de réglage de $NO_2$, avec complément d'air synthétique purifié. On peut aussi utiliser des gaz de réglage binaires standard, le cas échéant, à la place du mélange NO-CO-$CO_2$-$C_3H_8$-$CH_4$; dans ce cas il convient de faire des essais de performances individuels pour chaque analyseur. La sortie du mélangeur-doseur doit être connectée à l'autre entrée du distributeur à 3 voies. La sortie du distributeur doit être connectée à un raccord de débordement au niveau de la sonde du système d'analyse de gaz ou à un raccord de débordement entre la sonde et la ligne de transfert vers tous les analyseurs en cours de vérification. On utilise un montage qui évite les pulsations de pression résultant des arrêts du débit à travers le dispositif de mélange de gaz. On omet chacun des éléments constitutifs du gaz qui ne sont pas pertinents pour les analyseurs dans le cas de cette vérification. Une autre possibilité consiste à utiliser des bouteilles de gaz contenant des gaz uniques; une mesure séparée des temps de réponse est permise;

c) la collecte des données se fait de la manière suivante:

i) agir sur la vanne pour lancer le débit de gaz de réglage du zéro;

ii) attendre que la situation se stabilise compte tenu du temps de transport et de la réponse complète la plus lente de l'analyseur;

iii) l'enregistrement des données doit commencer à la fréquence utilisée pendant les essais d'émissions. Chaque valeur inscrite doit être une concentration unique à jour mesurée par l'analyseur; on ne peut pas modifier les valeurs enregistrées en recourant à l'interpolation ou au filtrage;

iv) commuter la vanne pour permettre aux gaz de réglage de l'étendue mélangés de passer dans les analyseurs. Cette commutation a lieu à l'instant $t_o$;

v) il faut tenir compte des temps de transport et de la réponse complète de l'analyseur le plus lent;

vi) commuter le flux pour permettre au gaz de réglage du zéro de passer dans l'analyseur. Cette commutation a lieu à l'instant $t_{100}$;

vii) il faut tenir compte des temps de transport et de la réponse complète de l'analyseur le plus lent;

viii) les étapes c) iv) à vii) du présent paragraphe doivent être répétées jusqu'à obtenir sept cycles complets qui se terminent par l'envoi de gaz de réglage du zéro dans les analyseurs;

ix) mettre fin aux enregistrements.

8.1.5.5. Évaluation des résultats obtenus

Il faut utiliser les données du point c) du paragraphe 8.1.5.4 de la présente annexe pour calculer le temps moyen de montée, $T_{10-90}$, pour chacun des analyseurs:

a) si l'on choisit de prouver la conformité avec le point b) i) du paragraphe 8.1.5.3 de la présente annexe, il convient d'appliquer la procédure suivante: multiplier les temps de montée (en s) par leurs fréquences d'enregistrement respectives en hertz (1/s). La valeur de chaque résultat doit être d'au moins 5. Si elle est inférieure, il faut augmenter la fréquence d'enregistrement ou ajuster le débit ou encore modifier la conception du système de prélèvement pour allonger le temps de montée selon les besoins. On peut aussi configurer des filtres numériques pour augmenter le temps de montée;

b) si l'on souhaite prouver la conformité avec le point b) ii) du paragraphe 8.1.5.3 de la présente annexe, le fait de démontrer la conformité aux prescriptions dudit point suffit.

8.1.6. Vérification du temps de réponse pour les analyseurs de type à compensation

8.1.6.1. Étendue et fréquence

Cette vérification doit être effectuée pour déterminer la réponse en continu de l'analyseur de gaz, dans le cas où une réponse de l'analyseur est compensée par une autre pour quantifier une émission gazeuse. Pour cet essai, la vapeur d'eau est considérée comme un élément constitutif gazeux. Cette vérification est nécessaire dans le cas des analyseurs de gaz fonctionnant en continu utilisés pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) ou le cycle d'essai RMC. Cette vérification n'est pas requise pour les analyseurs de gaz prélevés par lots ou pour les analyseurs de gaz en continu utilisés pour l'essai avec un cycle NRSC à modes discrets seulement. La vérification ne s'applique pas à la correction en fonction de l'eau enlevée de l'échantillon lors du traitement aval. Cette vérification doit être effectuée après l'installation initiale (c'est-à-dire la mise en service de la cellule d'essai). Après un grand entretien, on peut se référer au paragraphe 8.1.5 pour analyser la réponse uniforme fournie à condition que tout composant remplacé ait fait l'objet d'une vérification du temps de réponse uniforme en conditions humides à un stade quelconque.

8.1.6.2. Principes de mesure

Cette procédure sert à vérifier l'alignement dans le temps et l'uniformité de la réponse des mesures de gaz combinées en permanence. Pour cette procédure, il faut s'assurer que tous les algorithmes de compensation et toutes les corrections de l'humidité sont en fonction.

8.1.6.3. Configuration nécessaire

Les prescriptions données au point a) du paragraphe 8.1.5.3 en ce qui concerne le temps de réponse général et le temps de montée sont également valables pour les analyseurs de type à compensation. De plus, si la fréquence d'enregistrement est différente de la fréquence de mise à jour du signal combiné/compensé en permanence, il faut utiliser la plus basse de ces deux fréquences pour la vérification requise en vertu du point b) i) du paragraphe 8.1.5.3 de la présente annexe.

8.1.6.4. Procédure

Toutes les procédures décrites aux points a) à c) du paragraphe 8.1.5.4 de la présente annexe doivent être appliquées. De plus, il faut mesurer le temps de réponse et le temps de montée de la vapeur d'eau si on utilise un algorithme de compensation basé sur la vapeur d'eau mesurée. Dans ce cas, un seul des gaz d'étalonnage utilisés (mais pas le $NO_2$) doit être humidifié de la manière suivante:

Si le système ne comporte pas de sécheur pour extraire l'eau du gaz échantillon, il faut humidifier le gaz de réglage de l'étendue en faisant passer le mélange de gaz par un vase hermétique qui humidifie le gaz jusqu'à la valeur la plus élevée du point de rosée de l'échantillon estimée au cours du prélèvement d'émissions par barbotage dans l'eau distillée. Si le système comporte pendant l'essai un sécheur d'échantillon qui satisfait aux exigences, on peut introduire le mélange de gaz humidifié en aval du sécheur en le faisant traverser de l'eau distillée dans un récipient fermé à 298 ± 10 K (25 ± 10 °C), ou à une température supérieure au point de rosée. Dans tous les cas, en aval du récipient, le gaz humidifié doit être maintenu à une température d'au moins 5 K (5 °C) au-dessus du point de rosée local dans la ligne. Il convient de noter qu'il est possible d'omettre l'un de ces éléments constitutifs du gaz s'il n'est pas pertinent pour les analyseurs dans le cas de cette vérification. Si l'un quelconque des éléments du gaz n'est pas sensible à l'effet de compensation de l'eau, le contrôle de réponse pour ces analyseurs peut être effectué sans humidification.

8.1.7. Mesure des paramètres du moteur et des conditions ambiantes

Des procédures de qualité internes satisfaisant à des normes nationales ou internationales reconnues doivent être appliquées. À défaut, les procédures ci-dessous s'appliquent.

8.1.7.1. Étalonnage du couple

8.1.7.1.1. Étendue et fréquence

Il faut étalonner tous les systèmes de mesure du couple, y compris les capteurs et systèmes de mesure du couple au dynamomètre, lors de leur installation initiale et après un grand entretien en utilisant, notamment, une force de référence ou une longueur de bras de levier couplée à un point mort. Il convient de décider sur la base des pratiques techniques reconnues à quel moment il convient de répéter l'étalonnage. Il convient de suivre les instructions du fabricant du capteur de couple pour linéariser les résultats obtenus. D'autres méthodes d'étalonnage sont permises.

8.1.7.1.2. Étalonnage avec charge permanente

Par cette technique on applique une force connue en suspendant des poids à des distances connues le long d'un bras de levier. Il faut s'assurer que le bras de levier supportant le poids est perpendiculaire à la fois à la force de gravité (c'est-à-dire horizontal) et à l'axe de rotation du dynamomètre. On applique six combinaisons de poids d'étalonnage au moins pour chaque plage de mesures du couple applicable en espaçant les quantités de poids de manière à peu près égale sur l'ensemble de la plage. Le dynamomètre doit être soumis à des mouvements d'oscillation ou de rotation pendant l'étalonnage pour réduire l'hystérésis de frottement statique. Il faut déterminer la force correspondant à chaque poids en multipliant sa masse internationalement vérifiable par l'accélération locale de la gravité terrestre.

8.1.7.1.3. Étalonnage de l'extensomètre ou de l'anneau dynamométrique

Pour cette technique, on applique une force, soit en suspendant des poids à un bras de levier (ces poids et la longueur du bras de levier ne sont pas utilisés dans la partie détermination du couple de référence), soit en utilisant le dynamomètre à différents couples. On applique au moins six combinaisons de force à chaque plage de mesures applicable, en espaçant les quantités de force de manière à peu près égale sur toute la plage. Le dynamomètre doit être soumis à des mouvements d'oscillation ou de rotation pendant l'étalonnage pour réduire l'hystérésis de frottement statique. Dans ce cas, on détermine le couple de référence en multipliant le résultat obtenu avec l'instrument de référence (tel que l'extensomètre ou l'anneau dynamométrique) par la longueur de bras effective, qui est mesurée à partir du point où est faite la mesure de la force par rapport à l'axe de rotation du dynamomètre. On s'assure que cette longueur est mesurée perpendiculairement à l'axe de mesure de référence de l'instrument et perpendiculairement à l'axe de rotation du dynamomètre.

8.1.7.2. Étalonnage pour la pression, la température et le point de rosée

Il convient d'étalonner les instruments de mesure de la pression, de la température et du point de rosée lors de l'installation initiale. On suivra les instructions du constructeur et on s'appuiera sur les pratiques techniques reconnues pour décider à quel moment il convient de répéter l'étalonnage.

En ce qui concerne les systèmes de mesure de la température au moyen d'un thermocouple, d'un capteur à résistance ou d'un thermistor, l'étalonnage du système doit être effectué comme indiqué au paragraphe 8.1.4.4 de la présente annexe pour la vérification de la linéarité.

8.1.8. Mesures en rapport avec le débit

8.1.8.1. Étalonnage pour le débit de carburant

Les débitmètres de carburant doivent être étalonnés lors de l'installation initiale. On suivra les instructions du constructeur et on s'appuiera sur les pratiques techniques reconnues pour décider à quel moment il convient de répéter l'étalonnage.

8.1.8.2. Étalonnage pour le débit d'air d'admission

Les débitmètres d'air d'admission doivent être étalonnés lors de l'installation initiale. On suivra les instructions du constructeur et on s'appuiera sur les pratiques techniques reconnues pour décider à quel moment il convient de répéter l'étalonnage.

8.1.8.3. Étalonnage pour le débit de gaz d'échappement

Les débitmètres de flux d'échappement doivent être étalonnés lors de l'installation initiale. On suivra les instructions du constructeur et on s'appuiera sur les pratiques techniques reconnues pour décider à quel moment il convient de répéter l'étalonnage.

8.1.8.4. Étalonnage pour le débit de gaz d'échappement dilué (CVS)

8.1.8.4.1. Aperçu général

a) Le présent paragraphe décrit la manière d'étalonner les débitmètres pour systèmes de prélèvement de gaz d'échappement dilués à volume constant (CVS).

b) Cet étalonnage doit être effectué lorsque le débitmètre est à son emplacement permanent et qu'un élément quelconque du circuit en amont ou en aval a été modifié d'une manière pouvant influer sur l'étalonnage du débitmètre. Cet étalonnage doit être effectué à l'installation initiale du système CVS et chaque fois qu'une action corrective ne permet pas de remédier à un échec dans la vérification du débit de gaz d'échappement dilués (c'est-à-dire le contrôle au propane) visée au paragraphe 8.1.8.5 de la présente annexe.

c) Un débitmètre CVS peut être étalonné au moyen d'un débitmètre de référence tel qu'un débitmètre venturi subsonique, une tuyère à grand rayon, un orifice à admission lisse, un élément à flux laminaire, un ensemble de venturis-tuyères en régime critique ou un débitmètre à ultrasons. Il convient d'utiliser un débitmètre de référence qui indique les quantités internationalement vérifiables à ± 1 % près. L'indication du débitmètre de référence pour le débit est utilisée comme valeur de référence pour l'étalonnage du débitmètre CVS.

d) On n'utilise ni un écran en amont ni une autre restriction qui pourrait influer sur le débit en amont du débitmètre, à moins que celui-ci n'ait été étalonné avec une telle restriction.

e) La séquence d'étalonnage décrite au présent paragraphe 8.1.8.4 fait référence à la méthode fondée sur la molarité. Pour la séquence correspondante de la méthode fondée sur la masse, voir l'appendice A.1 de l'annexe 5.

f) Le CFV ou le SSV peut alternativement être retiré de sa position permanente pour l'étalonnage à condition que les prescriptions suivantes soient respectées lors de l'installation dans le CVS:

   i) lors de l'installation du CFV ou du SSV dans le CVS, il convient de suivre les pratiques techniques reconnues pour vérifier qu'il n'y a pas de fuites entre l'entrée du CVS et le venturi;

   ii) après l'étalonnage du venturi *ex situ*, toutes les combinaisons de débit du venturi doivent faire l'objet d'une vérification des CFV ou, au minimum, de 10 points de débit pour un SSV utilisant le contrôle au propane comme décrit au paragraphe 8.1.8.5 de la présente annexe. Le résultat du contrôle au propane pour chaque point de débit du venturi ne peut pas dépasser la tolérance du paragraphe 8.1.8.5.6;

iii) afin de vérifier l'étalonnage ex situ pour un CVS comportant plus d'un CFV, la vérification suivante est effectuée:

a) un dispositif à débit constant doit être utilisé pour amener un flux constant de propane au tunnel de dilution;

b) les concentrations d'hydrocarbures doivent être mesurées à un minimum de 10 débits distincts pour un débitmètre SSV, ou à toutes les combinaisons de débit possible pour un débitmètre CFV, tout en maintenant constant le débit de propane;

c) la concentration d'hydrocarbures du fond dans l'air de dilution doit être mesurée au début et à la fin de cet essai. La concentration de fond moyenne de chaque mesure à chaque point de débit doit être soustraite avant d'effectuer l'analyse de régression du point iv);

d) une régression de puissance doit être appliquée en utilisant toutes les valeurs appariées de débit et de concentration corrigées pour obtenir une relation sous la forme de $y = a \times x^b$, en utilisant la concentration comme variable indépendante et le débit comme variable dépendante. Pour chaque point de données, le calcul de la différence entre le débit mesuré et la valeur représentée par la courbe est nécessaire. La différence à chaque point doit être inférieure à ± 1 % de la valeur de régression appropriée. La valeur de b) doit se situer entre – 1,005 et – 0,995. Si les résultats ne respectent pas ces limites des mesures correctives conformes au point a) du paragraphe 8.1.8.5.1 de la présente annexe doivent être prises.

8.1.8.4.2. Étalonnage de la PDP

Il faut étalonner la pompe volumétrique (PDP) pour établir une équation débit/régime PDP qui tienne compte des fuites aux surfaces d'étanchéité de la PDP en fonction de la pression à l'entrée de celle-ci. Des coefficients d'équation uniques sont déterminés pour chaque régime auquel la pompe est utilisée. Le débitmètre de pompe PDP doit être étalonné de la manière suivante:

a) le système doit être connecté comme indiqué sur la figure A.4-4;

b) les fuites entre le débitmètre d'étalonnage et la pompe PDP doivent être inférieures à 0,3 % du débit total au point du débit étalonné le plus bas, par exemple à la plus grande restriction de la pression et au régime le plus bas de la pompe;

c) pendant que la pompe fonctionne, il faut maintenir une température constante à l'entrée de celle-ci à ± 2 % de la température d'arrivée absolue moyenne, $T_{in}$;

d) le régime de la pompe est réglé sur le premier niveau de régime auquel il est prévu d'effectuer l'étalonnage;

e) le restricteur variable est à sa position entièrement ouverte;

f) la pompe PDP est actionnée pendant 3 min au moins pour stabiliser le système. Ensuite, la pompe étant constamment en marche, on enregistre les valeurs moyennes de 30 s au moins des données d'échantillon de chacune des quantités suivantes:

i) le débit moyen du débitmètre de référence $\bar{q}_{Vref}$;

ii) la température moyenne à l'entrée de la pompe, $T_{in}$;

iii) la pression statique absolue moyenne à l'entrée de la pompe, $p_{in}$;

iv) la pression statique absolue moyenne à la sortie de la pompe, $p_{out}$;

v) le régime moyen de la pompe, $n_{PDP}$;

g) le restricteur variable doit être progressivement fermé pour diminuer la pression absolue à l'entrée de la pompe, $p_{in}$;

h) les étapes des points f) et g) du présent paragraphe doivent être répétées pour permettre d'enregistrer les données à un minimum de six positions du restricteur qui correspondent à la plage complète de pressions du travail possibles à l'entrée de la pompe;

i) l'étalonnage de la pompe doit se faire au moyen des données rassemblées et des équations figurant dans l'annexe 5;

j) les étapes des points f) à i) du présent paragraphe doivent être répétées pour chaque régime auquel la pompe PDP est utilisée;

k) les équations de l'appendice A.2 (méthode fondée sur la molarité) ou A.1 (méthode fondée sur la masse) de l'annexe 5 permettent de déterminer l'équation du débit de la PDP pour les essais d'émissions;

l) l'étalonnage fait l'objet d'une vérification CVS (c'est-à-dire un contrôle au propane) comme indiqué au paragraphe 8.1.8.5 ci-après;

m) la pompe ne peut pas être utilisée au-dessous de la pression d'entrée la plus basse essayée au cours de l'étalonnage.

8.1.8.4.3. Étalonnage du CFV

Il faut étalonner un venturi-tuyère en régime critique (CFV) pour vérifier son coefficient de décharge $C_d$ à la pression différentielle statique la plus basse prévue entre l'entrée et la sortie. Un débitmètre de CFV doit être étalonné de la manière suivante:

a) le système doit être connecté comme indiqué sur la figure A.4-4;

b) la soufflante est lancée en aval du CFV;

c) pendant que le CFV fonctionne, il faut maintenir une température constante à l'entrée de celui-ci à ± 2 % de la température d'arrivée absolue moyenne, $T_{in}$;

d) les fuites entre le débitmètre d'étalonnage et le CFV doivent être inférieures à 0,3 % du débit total à la restriction la plus élevée;

e) le restricteur variable doit être mis à sa position grande ouverte. La pression en aval du CFV peut aussi être rendue variable au moyen d'une vitesse de soufflante variable ou par l'introduction d'une fuite contrôlée. Il convient de noter que certaines soufflantes font l'objet de limitations lorsqu'elles ne sont pas en charge;

f) le CFV doit fonctionner pendant 3 min au moins pour stabiliser le système. Ensuite, pendant qu'il continue de fonctionner, on retient la moyenne des 30 s des données d'échantillon de chacune des quantités suivantes:

i) le débit moyen du débitmètre de référence $\overline{q}_{Vref}$

ii) facultativement, le point de rosée moyen de l'air d'étalonnage, $T_{dew}$ Voir l'annexe 5 en ce qui concerne les hypothèses acceptables au cours des mesures des émissions;

iii) la température moyenne à l'entrée du venturi, $T_{in}$;

iv) la pression absolue statique moyenne à l'entrée du venturi, $p_{in}$;

v) la pression différentielle statique moyenne entre l'entrée et la sortie du CFV, $\Delta p_{CFV}$;

g) le restricteur variable doit être progressivement fermé pour diminuer la pression absolue à l'entrée du CFV, $p_{in}$;

h) on répète les actions des points f) et g) du présent paragraphe pour enregistrer les données moyennes à un minimum de 10 positions du restricteur variable, de manière à essayer la plage pratique la plus complète possible de $\Delta p_{CFV}$. Il n'est pas nécessaire de retirer des éléments d'étalonnage ou des éléments CVS pour étalonner aux restrictions les plus faibles possibles;

i) on détermine le coefficient $C_d$ et le taux de pression le plus bas permis r comme indiqué dans l'annexe 5;

j) on utilise $C_d$ pour déterminer le débit du CFV au cours d'un essai d'émissions. Il ne faut pas utiliser le CFV en dessous de la valeur de r la plus faible permise, calculée selon l'annexe 5;

k) l'étalonnage fait l'objet d'une vérification CVS (c'est-à-dire un contrôle au propane) comme indiqué au paragraphe 8.1.8.5 de la présente annexe;

l) si le système CVS est configuré pour faire fonctionner plus d'un CFV en même temps et en parallèle, il faut l'étalonner par un des moyens suivants:

i) toute combinaison de CFV doit être étalonnée conformément au présent paragraphe et à l'annexe 5. Voir l'annexe 5 qui contient les instructions pour le calcul du débit dans de telles conditions;

ii) chaque CFV doit être étalonné conformément au présent paragraphe et à l'annexe 5. Voir l'annexe 5 qui contient les instructions pour le calcul du débit dans de telles conditions.

8.1.8.4.4. Étalonnage du SSV

Il faut étalonner le venturi subsonique (SSV) pour déterminer son coefficient d'étalonnage, $C_d$, compte tenu de la plage des pressions d'entrée escomptées. On procède de la manière suivante:

a) le système doit être connecté comme indiqué sur la figure A.4-4;

b) la soufflante doit être mise en marche en aval du SSV;

c) les fuites entre le débitmètre d'étalonnage et le SSV doivent être inférieures à 0,3 % du débit total à la restriction la plus élevée;

d) pendant que le SSV fonctionne, il faut maintenir une température constante à l'entrée de celui-ci à ± 2 % de la température d'arrivée absolue moyenne, $T_{in}$;

e) le restricteur variable ou la soufflante à vitesse variable doivent être mis à un débit supérieur au débit le plus important attendu au cours de l'essai. On ne peut pas extrapoler les débits au-delà des valeurs étalonnées et, dès lors, il est recommandé de s'assurer que le nombre de Reynolds, Re, au col du SSV au débit étalonné le plus grand, est supérieur au Re maximal attendu au cours de l'essai;

f) le SSV doit fonctionner pendant 3 min au moins pour stabiliser le système. Ensuite, pendant qu'il continue de fonctionner, on retient la moyenne des 30 s des données d'échantillon de chacune des quantités suivantes:

i) le débit moyen du débitmètre de référence $\overline{q}_{Vref}$

ii) facultativement, le point de rosée moyen de l'air d'étalonnage, $T_{dew}$. Voir l'annexe 5 en ce qui concerne les hypothèses acceptables;

iii) la température moyenne à l'entrée du venturi, $T_{in}$;

iv) la pression absolue statique moyenne à l'entrée du venturi, $p_{in}$;

v) la pression différentielle statique entre l'entrée du venturi et le col du venturi, $\Delta p_{SSV}$;

g) il faut fermer progressivement le restricteur variable ou réduire la vitesse de la soufflante pour diminuer le débit;

h) il faut répéter les étapes des points f) et g) du présent paragraphe pour enregistrer les données correspondant à un minimum de 10 débits différents;

i) il faut exprimer $C_d$ en fonction de Re au moyen des données rassemblées et des équations des appendices A.1 et A.2 de l'annexe 5;

j) il faut vérifier l'étalonnage en effectuant la vérification du système CVS (c'est-à-dire le contrôle au propane) tel que décrit au paragraphe 8.1.8.5 de la présente annexe avec le nouveau $C_d$ exprimé en fonction de Re;

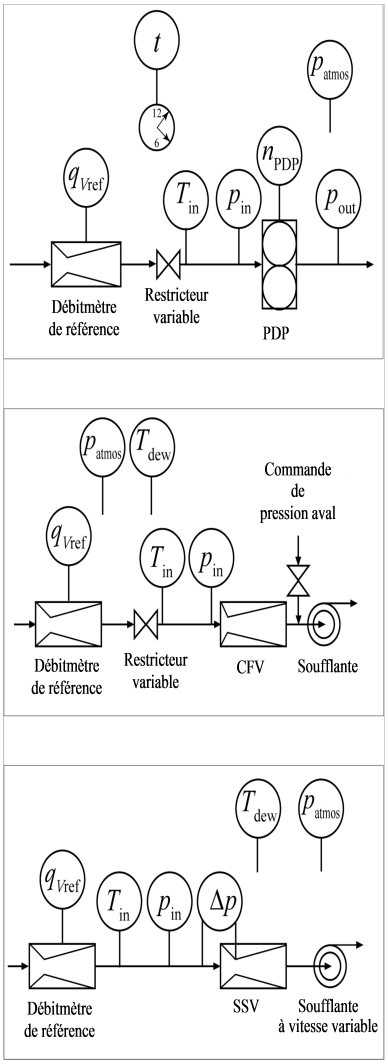
k) le SSV doit être uniquement utilisé entre les débits étalonnés minimal et maximal;

l) on utilise les équations de l'appendice A.1 (méthode fondée sur la masse) ou A.2 (méthode fondée sur la molarité) de l'annexe 5 pour déterminer le débit SSV pendant l'essai.

8.1.8.4.5. Étalonnage aux ultrasons (réservé)

*Figure A.4-4*

**Schéma du système pour l'étalonnage cvs du débit de gaz d'échappement dilués**



8.1.8.5. Vérification du système CVS et du prélèvement par lots (contrôle au propane)

8.1.8.5.1. Introduction

a) Un contrôle au propane sert de vérification du système CVS pour déterminer s'il y a des divergences entre les valeurs mesurées du débit d'échappement dilué. Un contrôle au propane sert également de vérification du prélèvement par lots pour déterminer s'il y a une divergence dans un système de prélèvement par lots qui extrait un échantillon d'un CVS, comme indiqué au point f) du présent paragraphe. En appliquant les pratiques reconnues et des méthodes fiables, on peut faire cette vérification avec un gaz autre que le propane, le $CO_2$ ou le CO, par exemple. L'échec d'un contrôle au propane peut révéler un ou plusieurs problèmes nécessitant une intervention, à savoir:

i) un étalonnage incorrect de l'analyseur. L'analyseur FID doit être réétalonné, réparé ou remplacé;

ii) des recherches de fuites doivent être effectuées sur le tunnel CVS, les connexions, les raccords et le système de prélèvement HC conformément au paragraphe 8.1.8.7 de la présente annexe;

iii) la recherche d'un mauvais mélange doit être effectuée conformément au paragraphe 9.2.2 de la présente annexe;

iv) la vérification de la contamination par les hydrocarbures dans un système de prélèvement doit être effectuée comme indiqué au paragraphe 7.3.1.3 de la présente annexe;

v) un changement de l'étalonnage CVS. On effectue un étalonnage in situ du débitmètre CVS comme indiqué au paragraphe 8.1.8.4 de la présente annexe;

vi) d'autres problèmes avec le CVS, le matériel de vérification des échantillons ou le logiciel. Il faut examiner le CVS, le matériel de vérification des échantillons ou le logiciel pour en rechercher les défauts éventuels;

b) un contrôle au propane fait appel soit à une masse de référence, soit à un débit de référence de $C_3H_8$ en tant que gaz traceur dans un CVS. Si l'on utilise le débit de référence, il faut prendre en compte tout comportement non idéal du gaz $C_3H_8$ dans le débitmètre de référence. Voir l'appendice A.1 (méthode fondée sur la masse) ou A.2 (méthode fondée sur la molarité) de l'annexe 5, où on trouve la description de l'étalonnage et de l'utilisation de certains débitmètres. On ne doit pas faire d'hypothèse sur le gaz idéal au paragraphe 8.1.8.5 et dans l'annexe 5. Le contrôle au propane permet de comparer, au moyen de mesures des HC et du débit CVS, la masse de $C_3H_8$ injecté calculée avec la valeur de référence.

8.1.8.5.2. Méthode à utiliser pour introduire une quantité connue de propane dans le système CVS

Il faut déterminer la justesse totale du système de prélèvement CVS et du système analytique en introduisant une masse connue de gaz polluant dans le système pendant qu'il fonctionne de manière normale. Le polluant est analysé et la masse calculée conformément à l'annexe 5. On utilise au choix l'une des deux techniques suivantes:

a) la mesure au moyen d'une technique gravimétrique doit se faire de la manière suivante: la masse d'une petite bouteille à gaz remplie de monoxyde de carbone ou de propane doit être déterminée avec une précision de ± 0,01 g. pendant 5 à 10 min, on utilise le système CVS comme dans un essai d'émissions d'échappement normal pendant que du monoxyde de carbone ou du propane est injecté dans le système. La quantité de gaz pur libérée est déterminée par pesée différentielle. Un échantillon de gaz est analysé avec les équipements habituels (sacs de prélèvement ou méthode d'intégration) et la masse de gaz est calculée;

b) la mesure au moyen d'un orifice à écoulement critique doit se faire de la manière suivante: une quantité connue de gaz pur (monoxyde de carbone ou propane) est introduite dans le système CVS via un orifice critique étalonné. Si la pression à l'admission est suffisamment grande, le débit, qui est ajusté au moyen d'un orifice à écoulement critique, est indépendant de la pression de sortie à l'orifice (écoulement critique). Le système CVS doit être utilisé comme dans un essai d'émissions d'échappement normal pendant 5 à 10 min. Un échantillon de gaz est analysé avec les équipements habituels (sacs de prélèvement ou méthode d'intégration) et la masse de gaz est calculée.

8.1.8.5.3. Préparation du contrôle au propane

Le contrôle au propane doit être préparé de la manière suivante:

a) si l'on utilise une masse de référence de $C_3H_8$ à la place du débit de référence, on doit disposer d'une bouteille à gaz remplie de $C_3H_8$. La masse de $C_3H_8$ dans la bouteille de référence doit être déterminée à ± 0,5 % près de la quantité de $C_3H_8$ que l'on s'attend à utiliser;

b) il faut sélectionner les débits appropriés pour le CVS et le $C_3H_8$;

c) un orifice d'injection de $C_3H_8$ doit être choisi dans le CVS. On choisit l'orifice le plus près possible de l'emplacement où les gaz d'échappement du moteur sont introduits dans le CVS. La bouteille de $C_3H_8$ doit être raccordée au système d'injection;

d) il faut faire fonctionner le CVS jusqu'à ce qu'il se stabilise;

e) tout échangeur de chaleur du système de prélèvement doit être préchauffé ou prérefroidi;

f) les éléments chauffés ou refroidis tels que les tubes de prélèvement, les filtres, les refroidisseurs et les pompes doivent être stabilisés à la température de fonctionnement;

g) si nécessaire, on effectue une vérification des fuites du côté dépression du système de prélèvement HC comme indiqué au paragraphe 8.1.8.7.

8.1.8.5.4. Préparation du système de prélèvement des HC pour le contrôle au propane

La vérification décrite du côté dépression du système de prélèvement HC peut être effectuée conformément au point g) du présent paragraphe. En pareil cas, on peut appliquer la procédure relative à la contamination par les HC décrite au paragraphe 7.3.1.3. Si le contrôle de la fuite du côté dépression n'est pas effectué conformément au point g), on règle le zéro et l'étendue du système de prélèvement HC et on vérifie s'il n'y a pas de contamination, de la manière suivante:

a) on utilise la plage de l'analyseur HC la plus basse permettant de mesurer la concentration attendue de $C_3H_8$ pour les débits CVS et $C_3H_8$;

b) l'analyseur HC doit faire l'objet d'un réglage du zéro au moyen d'un gaz de réglage du zéro introduit dans l'entrée de l'analyseur;

c) l'analyseur HC doit fait l'objet d'un réglage de l'étendue au moyen du gaz de réglage de l'étendue $C_3H_8$ introduit dans l'orifice de l'analyseur;

d) de l'air pur servant de gaz de réglage du zéro doit être introduit dans la sonde HC ou dans un raccord entre la sonde HC et la ligne de transfert;

e) la concentration de HC stable du système de prélèvement HC doit être mesurée pendant un sur-débit d'air pur servant de gaz de réglage du zéro. Pour une mesure de HC par lots, il faut remplir le conteneur de lot (par exemple une cartouche) et mesurer la concentration du surdébit de HC;

f) si la concentration de HC de surdébit dépasse 2 µmol/mol, il ne faut pas poursuivre la procédure tant que la contamination n'a pas été éliminée. On détermine la source de la contamination et on prend les mesures nécessaires, par exemple le nettoyage du système ou le remplacement des parties contaminées;

g) lorsque la concentration de HC de surdébit ne dépasse pas 2 µmol/mol, il faut inscrire cette valeur en tant que $x_{HCinit}$ et l'utiliser pour corriger la contamination par les HC, comme indiqué dans l'appendice A.1 (méthode fondée sur la masse) ou A.2 (méthode fondée sur la molarité) de l'annexe 5.

8.1.8.5.5. Exécution du contrôle au propane

a) Le contrôle au propane doit être effectué de la manière suivante:

i) pour le prélèvement des HC par lots, on raccorde le moteur au support de stockage propre, des sacs sous vide par exemple;

ii) les instruments de mesure des HC doivent être utilisés conformément aux instructions du fabricant;

iii) si l'on prévoit des corrections des concentrations ambiantes de l'air de dilution du HC, il convient de mesurer le niveau des HC ambiants dans l'air de dilution et d'en prendre note;

iv) tout dispositif d'intégration doit être mis à zéro;

v) le prélèvement peut commencer et il faut mettre en marche tout intégrateur de débit;

vi) le $C_3H_8$ doit être libéré à la vitesse sélectionnée. Si l'on utilise un débit de référence de $C_3H_8$, il convient de lancer l'intégration de ce débit;

vii) on continue de libérer le $C_3H_8$ jusqu'à ce qu'il y en ait suffisamment pour assurer une quantification précise du $C_3H_8$ de référence et du $C_3H_8$ mesuré;

viii) on ferme la bouteille de $C_3H_8$ et on poursuit le prélèvement de manière à tenir compte des retards dus au transport de l'échantillon et de la réponse de l'analyseur;

ix) on arrête le prélèvement et tous les intégrateurs.

b) Si l'on utilise pour la mesure un orifice à écoulement critique, on peut recourir à la méthode suivante pour le contrôle du propane à la place de la méthode du point précédent:

i) pour le prélèvement des HC par lots, on raccorde le moteur au support de stockage propre, des sacs sous vide par exemple;

ii) les instruments de mesure des HC doivent être utilisés conformément aux instructions du fabricant;

iii) si l'on prévoit des corrections des concentrations ambiantes de l'air de dilution du HC, il convient de mesurer le niveau des HC ambiants dans l'air de dilution et d'en prendre note;

iv) tout dispositif d'intégration doit être mis à zéro;

v) le contenu de la bouteille de référence de $C_3H_8$ doit être libéré au débit sélectionné;

vi) il faut commencer le prélèvement et lancer tout intégrateur de débit après la confirmation que la concentration de HC est stable;

vii) il faut continuer à libérer le contenu de la bouteille jusqu'à ce qu'il y ait suffisamment de $C_3H_8$ pour garantir une quantification précise du $C_3H_8$ de référence et du $C_3H_8$ mesuré;

viii) on met tous les intégrateurs à l'arrêt;

ix) on ferme la bouteille de référence de $C_3H_8$.

8.1.8.5.6. Évaluation du contrôle au propane

La procédure faisant suite à l'essai doit être exécutée de la manière suivante:

a) si l'on a utilisé le prélèvement par lots, les échantillons doivent être analysés dès que possible;

b) après les analyses des HC, il faut apporter des corrections pour tenir compte de la contamination et des concentrations ambiantes;

c) on calcule la masse totale de $C_3H_8$ sur la base du CVS. Les données HC doivent être calculées comme indiqué dans l'annexe 5 au moyen de la masse molaire de $C_3H_8$, $M_{C3H8}$, à la place de la masse molaire effective de HC, $M_{HC}$;

d) si l'on utilise une masse de référence (technique gravimétrique), il faut déterminer la masse de propane du cylindre à ± 0,5 % près et déterminer la masse de référence de $C_3H_8$ en soustrayant la masse de la bouteille vide de la masse de la bouteille pleine. Si l'on utilise un orifice à écoulement critique, il faut déterminer la masse de propane en multipliant le débit par la durée de l'essai;

e) il faut soustraire la masse de $C_3H_8$ de référence de la masse calculée. Si la différence avec la masse de référence ne dépasse pas ± 3 % le CVS satisfait à cette vérification.

8.1.8.5.7. Vérification du système de dilution secondaire des particules

S'il faut recommencer le contrôle au propane pour vérifier le système de dilution secondaire des PM, on utilise la procédure suivante, décrite aux points a) à d), pour faire cette vérification:

a) le système de prélèvement de HC doit être configuré pour extraire un échantillon près de l'emplacement du support de stockage de l'échantillonneur par lots (tel qu'un filtre à particules). Si la pression absolue à cet emplacement est trop basse pour extraire un échantillon de HC, celui-ci peut être prélevé à la sortie de la pompe de prélèvement par lots. Il faut prendre garde dans ce cas parce qu'une fuite à la pompe en aval du circuit du débitmètre du système de prélèvement, qui serait normalement acceptable, entraînerait une fausse défaillance dans le contrôle au propane;

b) le contrôle au propane doit être fait à plusieurs reprises comme indiqué dans le présent paragraphe mais les HC doivent être prélevés avec le système de prélèvement par lots;

c) il faut calculer la masse de $C_3H_8$ en tenant compte de toute dilution secondaire de l'échantillonneur par lots;

d) il faut soustraire la masse de $C_3H_8$ de référence de la masse calculée. Si la différence avec la masse de référence ne dépasse pas ± 5 %, le système de prélèvement par lots satisfait à cette vérification. Dans le cas contraire, des mesures correctives doivent être prises.

8.1.8.5.8. Vérification du sécheur d'échantillon

Si l'on utilise un capteur d'humidité pour la surveillance continue du point de rosée à la sortie du sécheur d'échantillon, ce contrôle n'est pas nécessaire tant que l'on veille à ce que l'humidité à la sortie du sécheur reste en dessous des valeurs minimales utilisées pour les contrôles d'extinction, d'interférence et de compensation.

a) si l'on utilise un sécheur d'échantillon, comme cela est permis au titre du paragraphe 9.3.2.3.1 de la présente annexe, pour extraire l'eau de l'échantillon de gaz, les performances doivent être vérifiées à l'installation et après un grand entretien au niveau du refroidisseur. Pour les sécheurs à membrane osmotique, les performances doivent être vérifiées à l'installation, après un grand entretien et dans les 35 jours précédant les essais;

b) l'eau peut compromettre la capacité d'un analyseur à mesurer correctement la partie du gaz d'échappement présentant de l'intérêt et, pour cette raison, elle est extraite avant que l'échantillon n'atteigne l'analyseur. À titre d'exemple, l'eau peut interférer négativement avec la réponse aux $NO_X$ d'un CLD par extinction collisionnelle et peut interférer positivement avec un analyseur NDIR en produisant une réponse similaire à du CO;

c) le sécheur d'échantillon doit répondre aux spécifications déterminées au paragraphe 9.3.2.3.1 de la présente annexe pour le point de rosée, $T_{dew}$, et la pression absolue, $p_{total}$, en aval du sécheur à membrane osmotique ou du refroidisseur;

d) on recourt à la procédure de vérification du sécheur d'échantillon pour déterminer les performances de celui-ci, ou on applique les pratiques techniques reconnues pour mettre au point un protocole différent:

i) on utilise des tubes en polytétrafluoroéthylène (PTFE) ou en acier inoxydable pour faire les connexions nécessaires;

ii) le $N_2$ ou l'air purifié doit être humidifié par barbotage à travers de l'eau distillée dans un récipient étanche qui humidifie les gaz jusqu'à la valeur la plus élevée du point de rosée de l'échantillon estimée pendant le prélèvement;

iii) le gaz humidifié doit être introduit en amont du sécheur d'échantillon;

iv) la température du gaz humidifié en aval du récipient doit être maintenue à 5 K (5 °C) au moins au-dessus du point de rosée;

v) il faut mesurer le point de rosée du gaz humidifié, $T_{dew}$, et la pression, $p_{total}$, le plus près possible de l'entrée du sécheur d'échantillon pour s'assurer que le point de rosée est le plus élevé de ceux qui ont été estimés pendant le prélèvement d'émissions;

vi) le point de rosée du gaz humidifié, $T_{dew}$, et la pression, $p_{total}$, doivent être mesurés le plus près possible de la sortie du sécheur;

vii) le sécheur satisfait à la vérification si le résultat de l'opération décrite au point d) vi) du présent paragraphe est inférieur au point de rosée correspondant aux spécifications du sécheur telles qu'elles ont été déterminées au paragraphe 9.3.2.3.1 de la présente annexe majoré de 2 K (2 °C) ou, si la fraction molaire dans les conditions définies au point d) vi) du présent paragraphe est inférieure aux spécifications du sécheur d'échantillon correspondant majoré de 0,002 mol/mol ou 0,2 % vol. Il faut noter que, pour cette vérification, le point de rosée d'un échantillon est exprimé en température absolue (Kelvin).

8.1.8.6. Étalonnage périodique du débit partiel de PM et systèmes de mesure des gaz d'échappement bruts associés

8.1.8.6.1. Spécifications pour la mesure du débit différentiel

Pour que les systèmes de dilution du flux partiel puissent extraire un échantillon de gaz d'échappement bruts proportionnel, la précision du débit d'échantillon $q_{mp}$ est particulièrement importante si elle n'est pas mesurée directement mais déterminée par des mesures de débit différentiel, comme indiqué dans l'équation (A.4-20):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad \text{(A.4-20)}$$

où:

$q_{mp}$ = débit-masse de prélèvement de gaz d'échappement dans le système de dilution partiel

$q_{mdw}$ = débit-masse d'air de dilution en conditions humides

$q_{mdew}$ = débit-masse des gaz d'échappement dilués en conditions humides

Dans ce cas, l'erreur maximale de la différence doit être telle que la précision de $q_{mp}$ soit de ± 5 % lorsque le taux de dilution est inférieur à 15. Elle peut être calculée au moyen de la valeur quadratique moyenne des erreurs de chaque instrument.

On peut obtenir une précision acceptable pour $q_{mp}$ par l'une des méthodes suivantes:

a) les précisions absolues pour $q_{mdew}$ et $q_{mdw}$ sont de ± 0,2 %, ce qui garantit une précision de $q_{mp}$ inférieure ou égale à 5 % à un taux de dilution de 15. Toutefois, des erreurs plus grandes surviendront à des taux de dilution plus élevés;

b) l'étalonnage de $q_{mdew}$ relatif à $q_{mdew}$ est effectué de manière telle qu'on obtient les mêmes précisions pour $q_{mp}$ qu'au point a). Pour plus de détails, voir le paragraphe 8.1.8.6.2 de la présente annexe;

c) la précision pour $q_{mp}$ est déterminée indirectement à partir de la précision pour le taux de dilution tel que déterminé par un gaz traceur tel que le $CO_2$. Des précisions du même ordre que celles utilisées dans la méthode a) pour $q_{mp}$ sont nécessaires;

d) la précision absolue pour $q_{mdew}$ et $q_{mdw}$ est de ± 2 % de l'échelle totale, l'erreur maximale de la différence entre $q_{mdew}$ et $q_{mdw}$ est inférieure ou égale à 0,2 % et les erreurs de linéarité de ± 0,2 % de la valeur $q_{mdew}$ la plus élevée observée pendant l'essai.

8.1.8.6.2. Étalonnage pour la mesure du débit différentiel

Le système de dilution du flux partiel pour extraire un échantillon d'échappement proportionnel doit être périodiquement étalonné au moyen d'un débitmètre étalonné selon les normes internationales et/ou nationales. Le débitmètre ou les instruments de mesure du débit doivent être étalonnés suivant une des procédures ci-après de telle manière que le débit de la sonde $q_{mp}$ dans le tunnel satisfasse entièrement aux prescriptions de précision du paragraphe 8.1.8.6.1 de la présente annexe:

a) le débitmètre pour $q_{mdw}$ doit être connecté en série au débitmètre pour $q_{mdew}$, la différence entre les deux débitmètres doit être étalonnée pour au moins 5 points de consigne avec des valeurs de débit également espacées entre la valeur $q_{mdw}$ la plus faible utilisée durant l'essai et la valeur de $q_{mdew}$ utilisée durant l'essai. Le tunnel de dilution peut être contourné;

b) un dispositif de débit étalonné doit être connecté en série au débitmètre pour $q_{mdew}$ et la précision doit être vérifiée pour la valeur utilisée pendant l'essai. Le dispositif de débit étalonné doit être connecté en série au débitmètre pour $q_{mdw}$, et la précision doit être vérifiée pour au moins 5 réglages correspondant aux taux de dilution entre 3 et 15 relativement à $q_{mdew}$ au cours de l'essai;

c) la ligne de transfert TL (voir figure A.4-5) doit être déconnectée du système d'échappement et un dispositif de mesure du débit étalonné disposant d'une plage de fonctionnement utilisée pour mesurer $q_{mp}$ doit être connecté à la ligne de transfert. $q_{mdew}$ doit être mis à la valeur utilisée durant l'essai et $q_{mdw}$ doit être séquentiellement mis à au moins 5 valeurs correspondant à des taux de dilution compris entre 3 et 15. On peut aussi utiliser un débit d'étalonnage spécial dans lequel le tunnel est contourné, mais le total de l'air et de l'air de dilution traverse les compteurs correspondants comme dans l'essai de base;

d) un gaz traceur est introduit dans le tuyau de conduite TL de transfert des gaz d'échappement. Ce gaz traceur peut être une composante du gaz d'échappement telle que le $CO_2$ ou les $NO_X$. Après dilution dans le tunnel, il faut mesurer le gaz traceur. Cela doit se faire pour 5 taux de dilution compris entre 3 et 15. La précision du débit de l'échantillon doit être déterminée à partir du taux de dilution rd au moyen de l'équation (A.4-21):

$$q_{mp} = q_{mdew}/r_d \quad \text{(A.4-21)}$$

La justesse des analyseurs de gaz doit être prise en compte pour garantir la précision de $q_{mp}$.

8.1.8.6.3. Conditions particulières pour la mesure du débit différentiel

Un contrôle du flux de carbone sur les gaz d'échappement réels est fortement recommandé pour détecter les problèmes de mesure et de commande et vérifier le fonctionnement correct du système à flux partiel. Le contrôle du flux de carbone devrait être effectué au moins à chaque nouvelle installation de moteur, ou lorsqu'un changement notable a été apporté à la configuration de la cellule d'essai.

Le moteur doit fonctionner à la charge et au régime de couple maximal ou selon tout autre mode permanent produisant 5 % ou davantage de $CO_2$. Le système de prélèvement du flux partiel doit fonctionner avec un facteur de dilution d'environ 15 à 1.

Si l'on effectue un contrôle du flux de carbone, il convient d'appliquer la procédure de l'appendice A.4 de l'annexe 4. Les taux du flux de carbone sont calculés avec les équations de l'appendice A.4 de l'annexe 4. Tous les débits de carbone doivent correspondre à 5 % près.

8.1.8.6.3.1. Contrôle préliminaire

Un contrôle préliminaire doit être effectué 2 h au maximum avant l'essai dans les conditions suivantes.

On mesure la justesse des débitmètres par les mêmes méthodes que celles utilisées pour l'étalonnage (voir paragraphe 8.1.8.6.2 de la présente annexe) pour au moins deux points, y compris les valeurs de débit de $q_{mdw}$ qui correspondent aux taux de dilution compris entre 5 et 15 pour la valeur $q_{mdew}$ utilisée pendant l'essai.

Si l'on peut démontrer par des enregistrements de la procédure d'étalonnage au titre du paragraphe 8.1.8.6.2 de la présente annexe que l'étalonnage du débitmètre est stable sur une période de temps plus longue, on peut omettre ce contrôle préliminaire.

8.1.8.6.3.2. Détermination du temps de transformation

Les réglages du système pour l'évaluation du temps de transformation doivent être les mêmes que ceux utilisés pour les mesures pendant l'essai proprement dit. Le temps de transformation, défini à la figure A.5-1, doit être déterminé par la méthode suivante:

Un débitmètre de référence indépendant ayant une plage de mesure adaptée au débit dans la sonde est monté en série avec la sonde et connecté à celle-ci. Le temps de transformation de ce débitmètre doit être inférieur à 100 ms pour l'échelon de débit utilisé lors de la mesure du temps de réponse, avec une restriction du débit suffisamment faible pour ne pas altérer la performance dynamique du système de dilution en circuit partiel, conformément aux pratiques techniques reconnues. Une variation en échelon du débit de gaz d'échappement dans le système de dilution en circuit partiel (ou du débit d'air si le débit de gaz d'échappement est déterminé par calcul) est introduite, à partir d'un débit faible jusqu'à au moins 90 % de la pleine échelle. Le signal déclencheur de la variation par paliers doit être le même que celui utilisé pour démarrer le contrôle prédictif lors de l'essai proprement dit. L'impulsion de variation en échelon du débit de gaz d'échappement et la réponse du débitmètre sont enregistrées à une fréquence d'au moins 10 Hz.

Sur la base de ces données, on détermine le temps de transformation du système de dilution en circuit partiel, qui est le temps écoulé entre le déclenchement de l'impulsion de variation et le moment où la réponse du débitmètre a atteint 50 %. De la même manière, on détermine le temps de transformation du signal $q_{mp}$ (c'est-à-dire le débit de l'échantillon de gaz d'échappement dans le système de dilution partielle du flux) et du signal $q_{mew,i}$ (c'est-à-dire le débit massique de gaz d'échappement en conditions humides fourni par le débitmètre d'échappement). Ces signaux sont utilisés lors des contrôles de régression effectués après chaque essai (voir par. 8.2.1.2 de la présente annexe).

Le calcul est répété pour au moins 5 impulsions d'accroissement et de décroissement, et la moyenne des résultats est établie. Le temps de transformation interne (< 100 ms) du débitmètre de référence est soustrait de cette valeur. Lorsqu'un contrôle prédictif est requis, la valeur prédictive du système de dilution à flux partiel doit être appliquée conformément au paragraphe 8.2.1.2 de la présente annexe.

8.1.8.7. Vérification des fuites du côté dépression

8.1.8.7.1. Étendue et fréquence

Après installation initiale du système de prélèvement, après un grand entretien tel que le changement de préfiltre, et dans les 8 h précédant chaque séquence de cycle de travail, on vérifie qu'il n'y a pas de fuites notables côté dépression lorsque l'on réalise un des essais de fuite décrits dans le présent paragraphe. Cette vérification ne s'applique à aucune partie à flux total d'un système de dilution CVS.

8.1.8.7.2. Principes de mesure

On peut détecter une fuite en observant un faible débit alors que le débit doit être nul, en détectant la dilution d'une concentration connue de gaz de réglage de l'étendue lorsqu'il traverse le côté dépression du système de prélèvement ou en mesurant l'augmentation des pressions d'un système évacué.

8.1.8.7.3. Essai d'étanchéité à faible débit

Un système de prélèvement doit être vérifié de la manière suivante en ce qui concerne les fuites à faible débit:

a) l'extrémité de la sonde du système doit être obturée de l'une des manières suivantes:

   i) au moyen d'un couvercle ou d'un bouchon à l'extrémité de la sonde de prélèvement;

   ii) en déconnectant la ligne de transfert au niveau de la sonde; le conduit de transfert doit également être obturé par un couvercle ou un bouchon;

   iii) en fermant la vanne hermétique en ligne entre la sonde et le conduit de transfert;

b) toutes les pompes à vide doivent être mises en marche. Après la stabilisation, il convient de s'assurer que le débit qui traverse le côté dépression du système de prélèvement est inférieur à 0,5 % du débit du système en utilisation normale. On peut estimer les débits de l'analyseur et de la dérivation par une approximation du débit normal du système en utilisation.

8.1.8.7.4 Essai d'étanchéité lors de la dilution du gaz de réglage de l'étendue

On peut utiliser pour cet essai n'importe quel analyseur de gaz. Si l'on utilise un FID, toute contamination aux hydrocarbures dans le système de prélèvement doit être corrigée conformément aux appendices A.1 et A.2 de l'annexe 5 concernant la détermination des HC. On doit éviter des résultats induisant en erreur en utilisant uniquement des analyseurs qui ont une répétabilité de 0,5 % ou davantage à la concentration du gaz de réglage de l'étendue utilisé pour cet essai. Le contrôle d'étanchéité du côté dépression doit être effectué de la manière suivante:

a) on prépare un analyseur de gaz comme on le ferait pour un essai d'émissions;

b) du gaz de réglage de l'étendue doit être envoyé dans l'ouverture de l'analyseur et on vérifie que la concentration de ce gaz répond aux attentes en matière de précision de mesure et de répétabilité;

c) le gaz de réglage en excès doit être acheminé vers l'un des emplacements suivants du système de prélèvement:

   i) l'extrémité de la sonde de prélèvement;

   ii) la ligne de transfert doit être déconnectée à la connexion de la sonde et le gaz de réglage doit déboucher à l'extrémité ouverte de la ligne de transfert;

iii) une vanne à trois voies doit être installée en ligne entre la sonde et la ligne de transfert;

d) on s'assure que la concentration de gaz de réglage en excès mesurée concorde à ± 0,5 % près avec la concentration de gaz de réglage. Une valeur mesurée inférieure aux attentes signifie qu'il y a fuite, mais une valeur plus élevée peut être une indication d'un problème avec le gaz de réglage ou l'analyseur proprement dit. Une valeur mesurée supérieure à celle escomptée n'est pas l'indication d'une fuite.

8.1.8.7.5. Perte de dépression

Pour effectuer cet essai on applique du vide au volume du côté dépression du système de prélèvement pour ensuite observer le taux de fuite du système comme une décroissance de la dépression appliquée. Pour cet essai, il faut connaître le volume du côté dépression du système de prélèvement à ± 10 % de son volume réel. On utilise pour cet essai des instruments de mesure qui satisfont aux spécifications des paragraphes 8.1 et 9.4.

Un essai de perte de dépression doit être effectué de la manière suivante:

a) l'extrémité sonde du système doit être obturée le plus près possible de l'ouverture de la sonde de l'une des manières suivantes:

i) au moyen d'un couvercle ou d'un bouchon à l'extrémité de la sonde de prélèvement;

ii) en déconnectant la ligne de transfert au niveau de la sonde; le conduit de transfert doit également être obturé par un couvercle ou un bouchon;

iii) en fermant la vanne hermétique en ligne entre la sonde et le conduit de transfert;

b) toutes les pompes à vide doivent être mises en marche. On obtient une dépression qui est représentative des conditions de fonctionnement normales. Dans le cas de sacs d'échantillon, il est recommandé de répéter à deux reprises la procédure normale de prélèvement pour réduire autant que possible les volumes emprisonnés;

c) les pompes de prélèvement doivent être mises à l'arrêt et le système doit être obturé. Il faut d'abord mesurer et noter la pression absolue du gaz emprisonné et, facultativement, la température absolue du système. On laisse suffisamment de temps pour permettre aux régimes transitoires de se dérouler et pour qu'une fuite de 0,5 % puisse entraîner une modification de pression d'au moins 10 fois la résolution du transducteur de pression. La pression et, facultativement, la température sont notées une fois de plus;

d) il faut calculer le débit de fuite fondé sur une valeur hypothétique de zéro pour les volumes en sac pompés et basés sur des valeurs connues pour le volume du système de prélèvement, les pressions initiales et finales, les températures facultatives, ainsi que le temps écoulé. Il faut vérifier que le débit de perte de dépression est inférieur à 0,5 % du débit normal lors de l'utilisation du système, au moyen de l'équation (A.4-22):

$$q_{Vleak} = \frac{V_{vac}}{R} * \frac{\left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1}\right)}{\left(t_2 - t_1\right)} \qquad \text{(A.4-22)}$$

où:

$q_{Vleak}$ = débit de perte de dépression [mol/s]

$V_{vac}$ = volume géométrique du côté dépression du système de prélèvement [$m^3$]

$R$ = R constante molaire du gaz [J/(mol K)]

$p_2$ = pression absolue côté dépression à l'instant $t_2$ [Pa]

$T2$ = température absolue côté dépression à l'instant $t_2$ [K]

$p_1$ = pression absolue côté dépression à l'instant $t_1$ [Pa]

$T_1$ = température absolue côté dépression à l'instant $t_1$ [K];

$t_2$ = instant auquel se termine l'essai de vérification des pertes de dépression [s]

$t_1$ = instant auquel débute l'essai de vérification des pertes de dépression [s].

8.1.9. Mesure du CO et du $CO_2$

8.1.9.1. Vérification de l'interférence par $H_2O$ pour les analyseurs NDIR de $CO_2$

8.1.9.1.1. Étendue et fréquence

Si on mesure le $CO_2$ au moyen d'un analyseur NDIR, il convient de vérifier l'importance de l'interférence par $H_2O$ qui doit être mesurée après l'installation initiale de l'analyseur et après un grand entretien.

8.1.9.1.2. Principes de mesure

Le $H_2O$ peut perturber la réponse d'un analyseur NDIR au $CO_2$. Si l'analyseur NDIR fonctionne avec des algorithmes de compensation qui utilisent des mesures d'autres gaz pour effectuer cette vérification de l'interférence, il faut faire ces autres mesures simultanément pour soumettre aux essais les algorithmes de compensation pendant la vérification de l'interférence avec l'analyseur.

8.1.9.1.3. Configuration nécessaire

Un analyseur NDIR de $CO_2$ doit avoir une interférence par $H_2O$ située dans les limites de (0,0 ± 0,4) mmol/mol (autour de la concentration de $CO_2$ moyenne attendue).

8.1.9.1.4. Procédure

La vérification de l'interférence doit être effectuée de la manière suivante:

a) l'analyseur NDIR de $CO_2$ doit être mis en marche, utilisé et remis à zéro et doit faire l'objet d'un réglage de l'étendue comme avant un essai d'émissions;

b) un gaz d'essai humidifié doit être créé par barbotage d'air pur conformément aux indications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe à travers de l'eau distillée dans un récipient étanche. Si l'échantillon n'est pas passé par un sécheur, il faut contrôler la température du récipient afin de produire un niveau de $H_2O$ dans le gaz d'essai au moins aussi élevé que le maximum attendu pendant l'essai. Si l'échantillon passe par un sécheur pendant les essais, il faut contrôler la température du récipient pour produire un niveau de $H_2O$ dans le gaz d'essai qui soit au moins aussi élevé que le maximum attendu en sortie de sécheur, conformément aux prescriptions du paragraphe 9.3.2.3.1.1 de la présente annexe;

c) la température du gaz d'essai humidifié doit être maintenue à 5 K (5 °C) au moins au-dessus du point de rosée en aval de ce récipient;

d) le gaz d'essai humidifié doit être introduit dans le système de prélèvement; il peut être introduit en aval de tout sécheur d'échantillon si un tel appareil est utilisé;

e) il faut mesurer la fraction molaire de l'eau, $x_{H2O}$, du gaz d'essai humidifié aussi près que possible de l'entrée de l'analyseur. À titre d'exemple, on mesure le point de rosée, $T_{dew}$, et la pression absolue $p_{total}$, pour calculer $x_{H2O}$;

f) on suit les pratiques techniques reconnues pour prévenir la condensation dans les lignes de transfert, les raccords ou les distributeurs entre le point où $x_{H2O}$ est mesuré et l'analyseur;

g) il faut attendre que la réponse de l'analyseur se stabilise. La durée de stabilisation englobe le temps nécessaire pour purger la ligne de transfert et pour tenir compte de la réponse de l'analyseur;

h) pendant que l'analyseur mesure la concentration de l'échantillon, on enregistre 30 s de données échantillonnées. On calcule ensuite la moyenne arithmétique de ces données. L'analyseur satisfait à la vérification de l'interférence si cette valeur se situe dans les limites de (0,0 ± 0,4) mmol/mol.

8.1.9.2. Vérification de l'interférence $H_2O$ et $CO_2$ pour les analyseurs NDIR de CO

8.1.9.2.1. Étendue et fréquence

Si le CO est analysé au moyen d'un analyseur NDIR, l'importance de l'interférence de $H_2O$ et $CO_2$ doit être vérifiée après l'installation initiale de l'analyseur et après tout grand entretien.

8.1.9.2.2. Principes de mesure

Le $H_2O$ et le $CO_2$ peuvent interférer positivement avec un analyseur NDIR en produisant une réponse similaire à celle du CO. Si l'analyseur NDIR fonctionne avec des algorithmes de compensation qui utilisent des mesures d'autres gaz pour effectuer cette vérification de l'interférence, il faut faire ces autres mesures simultanément pour soumettre aux essais les algorithmes de compensation pendant la vérification de l'interférence avec l'analyseur.

8.1.9.2.3. Configuration nécessaire

Un analyseur NDIR de CO doit avoir une interférence combinée par $H_2O$ et $CO_2$ qui reste dans les limites de ± 2 % autour de la concentration moyenne escomptée de CO.

8.1.9.2.4. Procédure

La vérification de l'interférence doit être effectuée de la manière suivante:

a) l'analyseur NDIR de CO doit être mis en marche, utilisé et mis à zéro et faire l'objet d'un réglage de l'étendue comme avant un essai d'émissions;

b) un gaz d'essai ($CO_2$) humidifié doit être créé par barbotage d'un gaz de réglage ($CO_2$) dans de l'eau distillée à l'intérieur d'un récipient fermé. Si l'échantillon n'est pas passé par un sécheur, il faut régler la température du récipient pour produire un niveau de $H_2O$ atteignant au moins le maximum attendu pendant l'essai. Si l'échantillon passe par un sécheur pendant l'essai, la température du récipient doit être maintenue sous contrôle pour produire un niveau de $H_2O$ au moins aussi élevé que le niveau requis au paragraphe 9.3.2.3.1.1 de la présente annexe. Une concentration de gaz de réglage ($CO_2$) doit être utilisée à un niveau au moins aussi élevé que le maximum attendu pendant l'essai;

c) le gaz d'essai $CO_2$ humidifié doit être introduit dans le système de prélèvement; il peut être introduit en aval de tout sécheur d'échantillon si un tel appareil est utilisé pendant l'essai;

d) il faut mesurer la fraction molaire de l'eau, $x_{H2O}$, du gaz d'essai humidifié aussi près que possible de l'entrée de l'analyseur. À titre d'exemple, on mesure le point de rosée, $T_{dew}$, et la pression absolue $p_{total}$, pour calculer $x_{H2O}$;

e) on suit les pratiques techniques reconnues pour prévenir la condensation dans les lignes de transfert, les raccords ou les distributeurs entre le point où $x_{H2O}$ est mesuré et l'analyseur;

f) il faut attendre que la réponse de l'analyseur se stabilise;

g) pendant que l'analyseur mesure la concentration de l'échantillon, ses valeurs mesurées sont enregistrées pendant 30 s. On calcule ensuite la moyenne arithmétique de ces données;

h) l'analyseur satisfait à la vérification de l'interférence si le résultat du point g) du présent paragraphe respecte la tolérance indiquée au paragraphe 8.1.9.2.3 de la présente annexe;

i) on peut également appliquer les procédures d'interférence par $CO_2$ et par $H_2O$ séparément. Si les niveaux de $CO_2$ et de $H_2O$ utilisés sont plus élevés que les niveaux maximaux attendus pendant l'essai, il faut ramener chaque valeur d'interférence observée à une échelle plus petite en multipliant l'interférence observée par le taux de la valeur maximale attendue de concentration à la valeur réelle utilisée pendant cette procédure. On peut utiliser des procédures d'interférence avec des concentrations de $H_2O$ (jusqu'à 0,025 mol/mol de contenu de $H_2O$) qui sont plus basses que les niveaux maximaux attendus au cours de l'essai, mais il faut ramener l'interférence observée avec le $H_2O$ à une échelle plus grande en multipliant l'interférence constatée par le taux de la valeur de concentration de $H_2O$ maximale attendu à la valeur réelle utilisée au cours de cette procédure. La somme des deux valeurs d'interférence à l'échelle doit correspondre à la tolérance indiquée au paragraphe 8.1.9.2.3 de la présente annexe.

8.1.10. Mesure des hydrocarbures

8.1.10.1. Optimisation et vérification du FID

8.1.10.1.1. Étendue et fréquence

Pour tous les analyseurs FID, il convient d'étalonner le FID lors de l'installation initiale. L'étalonnage doit être répété selon les besoins et en fonction des pratiques techniques reconnues. On suit les étapes suivantes pour un FID qui mesure les HC:

a) la réponse du FID aux divers hydrocarbures doit être optimisée après l'installation initiale de l'analyseur et après un grand entretien. La réponse du FID au propylène et au toluène doit être comprise entre 0,9 et 1,1 relativement au propane;

b) un facteur de réponse au méthane ($CH_4$) du FID doit être déterminé après l'installation initiale de l'analyseur et après un grand entretien, comme indiqué au paragraphe 8.1.10.1.4 de la présente annexe;

c) la réponse au méthane ($CH_4$) doit être vérifiée dans les 185 jours précédant l'essai.

8.1.10.1.2. Étalonnage

On élabore une procédure d'étalonnage en suivant les pratiques techniques reconnues, par exemple une procédure fondée sur les instructions du fabricant de l'analyseur FID et la fréquence recommandée pour l'étalonnage du FID. Dans le cas d'un FID qui mesure les HC, il convient de faire l'étalonnage au moyen de gaz d'étalonnage $C_3H_8$ répondant aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe. Indépendamment de la composition du gaz d'étalonnage, il doit être étalonné sur la base d'un nombre de carbone de un ($C_1$).

8.1.10.1.3. Optimisation de la réponse de l'analyseur FID aux mesures de HC

Cette procédure s'applique uniquement aux analyseurs FID qui mesurent les HC.

a) on suit les prescriptions du fabricant de l'instrument et les pratiques techniques reconnues pour le démarrage initial de l'instrument et les réglages de fonctionnement de base par contrôle des débits de carburant FID et d'air pur servant de gaz de réglage du zéro. Les analyseurs FID chauffés doivent être à leur température de fonctionnement normale requise. La réponse du FID doit être optimisée pour satisfaire aux prescriptions des facteurs de réponse aux hydrocarbures et du contrôle d'interférence par l'oxygène conformément au point a) du paragraphe 8.1.10.1.1 et au paragraphe 8.1.10.2 de la présente annexe à la plage de l'analyseur la plus courante prévue pendant les essais d'émissions. On peut utiliser une plage de l'analyseur plus élevée en suivant les recommandations du fabricant de l'instrument et les pratiques techniques reconnues pour optimiser le FID de manière précise si la plage courante de fonctionnement de l'analyseur est plus basse que la plage minimale pour l'optimisation spécifiée par le fabricant de l'instrument;

b) les analyseurs FID chauffés doivent être à leur température de fonctionnement normale requise. La réponse doit être optimisée pour la plage d'analyse la plus courante attendue au cours des essais portant sur les émissions. Les débits de carburant et d'air du FID étant réglés selon les recommandations du fabricant, on introduit dans l'analyseur un gaz de réglage de l'étendue;

c) pour l'optimisation, on suit les étapes i) à iv) ci-après ou la procédure préconisée par le fabricant de l'instrument. On peut, facultativement, utiliser à cet effet les procédures du document SAE n° 770141:

i) la réponse à un débit de carburant du FID donné doit être déterminée par la différence entre la réponse du gaz de réglage de l'étendue et la réponse du gaz de réglage du zéro;

ii) le débit de carburant du FID doit être ajusté progressivement au-dessus et au-dessous des spécifications du constructeur. La réponse au gaz de réglage de l'étendue et au gaz de réglage du zéro à ces débits de carburant doit être notée;

iii) on trace ensuite la différence entre la réponse aux deux gaz et le débit de carburant est adapté au côté riche de la courbe. Il s'agit du réglage du débit initial qui peut nécessiter davantage d'optimisation selon les résultats des facteurs de réponse aux hydrocarbures et du contrôle d'interférence par l'oxygène, conformément au point a) du paragraphe 8.1.10.1.1 et au paragraphe 8.1.10.2 de la présente annexe;

iv) si les facteurs d'interférence par l'oxygène ou les hydrocarbures ne répondent pas aux spécifications ci-après, le débit d'air sera ajusté progressivement au-dessus et au-dessous des spécifications du constructeur en répétant le point a) du paragraphe 8.1.10.1.1 et le paragraphe 8.1.10.2 de la présente annexe pour chaque débit;

d) les débits et/ou pressions optimaux pour le carburant du FID et l'air du brûleur doivent être déterminés et ensuite échantillonnés et notés comme référence pour l'avenir.

8.1.10.1.4. Établissement du facteur de réponse au $CH_4$ du FID de mesure des HC

Comme, en général, les analyseurs FID répondent différemment au $CH_4$ et au $C_3H_8$, il faut déterminer le facteur de réponse au $CH_4$, $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ de chaque analyseur FID de HC après l'optimisation du FID. Le facteur $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ le plus récent mesuré conformément au présent paragraphe doit être utilisé pour les calculs des HC décrits dans l'appendice A.2 (méthode fondée sur la molarité) ou A.1 (méthode fondée sur la masse) de l'annexe 5 afin de compenser la réponse au $CH_4$. On détermine $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ de la manière suivante:

a) on choisit une concentration de gaz de réglage de l'étendue $C_3H_8$ afin de régler l'analyseur avant l'essai d'émissions. Seuls les gaz de réglage de l'étendue répondant aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe doivent être retenus et on prend note de la concentration de $C_3H_8$;

b) on choisit un gaz de réglage de l'étendue $CH_4$ répondant aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe et on prend note de la concentration du $CH_4$;

c) l'analyseur FID doit être utilisé conformément aux instructions du fabricant;

d) il faut confirmer que l'analyseur FID a été étalonné au moyen de $C_3H_8$. L'étalonnage s'effectue sur la base d'un nombre de carbone de un ($C_1$);

e) le FID doit être mis à zéro au moyen d'un gaz de réglage du zéro utilisé pour les essais d'émissions;

f) le FID doit être réglé en étendue au moyen du gaz $C_3H_8$ sélectionné;

g) le gaz de réglage de l'étendue $CH_4$ sélectionné conformément au point b) du présent paragraphe doit être introduit dans l'orifice pour échantillon de l'analyseur FID;

h) il faut attendre la stabilisation de la réponse de l'analyseur. Le temps nécessaire à la stabilisation peut englober celui nécessaire pour purger l'analyseur et pour prendre en compte sa réponse;

i) pendant que l'analyseur mesure la concentration de $CH_4$, il faut enregistrer des données d'échantillon pendant 30 s pour ensuite calculer la moyenne arithmétique de ces valeurs;

j) la concentration mesurée moyenne doit être divisée par la concentration de gaz notée pour le gaz d'étalonnage $CH_4$. Le résultat est le facteur de réponse pour $CH_4$, $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$.

8.1.10.1.5. Vérification de la réponse au méthane ($CH_4$) du FID de mesure des HC

Si la valeur de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ obtenue conformément au paragraphe 8.1.10.1.4 de la présente annexe est dans les limites de ± 5,0 % autour de sa valeur précédente la plus récemment déterminée, le FID HC satisfait à la vérification de la réponse au méthane.

a) tout d'abord on vérifie que les pressions et/ou débits du carburant du FID, de l'air du brûleur et de l'échantillon sont dans les limites de ±0,5 % autour des valeurs les plus récemment observées, comme indiqué au paragraphe 8.1.10.1.3 de la présente annexe. S'il y a lieu d'ajuster ces débits, on détermine un nouveau $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ comme indiqué au paragraphe 8.1.10.1.4 de la présente annexe. Il faut s'assurer que la valeur de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ déterminée respecte la tolérance spécifiée au paragraphe 8.1.10.1.5 de la présente annexe;

b) si $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ ne respecte pas cette tolérance, la réponse du FID doit à nouveau être optimisée comme indiqué au paragraphe 8.1.10.1.3 de la présente annexe;

c) on détermine un nouveau $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ conformément aux dispositions du paragraphe 8.1.10.1.4 de la présente annexe. Cette nouvelle valeur de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ est utilisée dans les calculs de détermination des HC comme décrit dans l'appendice A.2 (méthode fondée sur la molarité) ou A.1 (méthode fondée sur la masse) de l'annexe 5.

8.1.10.2. Vérification non stœchiométrique de l'interférence de $O_2$ dans la mesure des gaz d'échappement bruts avec le FID

8.1.10.2.1. Étendue et fréquence

Si on utilise les analyseurs FID pour faire des mesures sur les gaz d'échappement bruts, l'importance de l'interférence de $O_2$ sur la réponse du FID doit être vérifiée à l'installation initiale et après un grand entretien.

8.1.10.2.2. Principes de mesure

Des changements de la concentration de $O_2$ dans les gaz d'échappement bruts peuvent influer sur la réponse du FID par modification de la température de la flamme du FID. Le débit de carburant du FID, l'air de combustion et le débit de prélèvement doivent être optimisés en vue de cette vérification. Les performances du détecteur FID doivent être contrôlées au moyen des algorithmes de compensation des interférences de $O_2$ qui se produisent pendant un essai d'émissions.

8.1.10.2.3. Configuration nécessaire

Tout analyseur FID utilisé pendant les essais doit satisfaire à la vérification de l'interférence de $O_2$ avec le FID selon la procédure du présent paragraphe.

8.1.10.2.4. Procédure

L'interférence de $O_2$ avec le FID doit être déterminée selon la méthode décrite ci-après; il est à noter que l'on peut utiliser un ou plusieurs mélangeurs-doseurs de gaz pour produire les concentrations de référence qui sont nécessaires à l'exécution de cette vérification:

a) il faut sélectionner trois gaz de référence de réglage de l'étendue qui répondent aux spécifications du paragraphe 9.5.1 et qui contiennent une concentration de $C_3H_8$ utilisée pour régler l'étendue des analyseurs avant l'essai d'émissions. Les trois concentrations de gaz équilibrées doivent être choisies de telle manière que les concentrations de $O_2$ et $N_2$ représentent les concentrations minimale, maximale et intermédiaire de $O_2$ attendues au cours de l'essai. L'exigence d'utiliser la concentration de $O_2$ moyenne peut être supprimée si le FID est étalonné au moyen d'un gaz de réglage de l'étendue équilibré avec la concentration d'oxygène moyenne attendue;

b) il faut confirmer que l'analyseur FID est conforme aux spécifications du paragraphe 8.1.10.1 de la présente annexe;

c) l'analyseur FID doit être mis en marche et fonctionner comme il le ferait avant un essai d'émissions. Quelle que soit la source d'air du brûleur FID pendant les essais, on utilise pour cette vérification l'air pur servant de gaz de réglage du zéro comme source d'air du brûleur FID;

d) l'analyseur doit être mis à zéro;

e) la sensibilité de l'analyseur est réglée au moyen d'un gaz de réglage de l'étendue qui est utilisé au cours des essais d'émissions;

f) la réponse zéro est vérifiée au moyen du gaz de réglage de zéro utilisé pendant les essais d'émissions. On passe à l'étape suivante si la réponse zéro moyenne pour 30 s de données d'échantillon reste dans les limites de ± 0,5 % autour de la valeur de référence de sensibilité du point e) du présent paragraphe. À défaut, il convient de relancer la procédure au point d) du présent paragraphe;

g) la réponse de l'analyseur doit être contrôlée au moyen du gaz de réglage de l'étendue ayant la concentration minimale de $O_2$ attendue au cours de l'essai. La réponse moyenne pour 30 s de données d'échantillon stabilisées est notée en tant que $x_{O2avgHC}$;

h) la réponse zéro de l'analyseur FID doit être vérifiée au moyen du gaz de réglage du zéro qui a été utilisé pendant les essais d'émissions. On passe à l'étape suivante si la réponse zéro moyenne pour 30 s de données d'échantillon stabilisées reste dans les limites de ± 0,5 % autour de la valeur de référence de sensibilité du point e) du présent paragraphe. À défaut, il convient de relancer la procédure au point d) du présent paragraphe;

i) la réponse de l'analyseur doit être vérifiée au moyen du gaz de réglage de l'étendue ayant la concentration moyenne de $O_2$ attendue au cours de l'essai. La réponse moyenne pour 30 s de données d'échantillon stabilisées doit être notée en tant que $x_{O2avgHC}$;

j) la réponse zéro de l'analyseur FID doit être vérifiée au moyen du gaz de réglage du zéro qui a été utilisé pendant les essais d'émissions. On passe à l'étape suivante si la réponse zéro moyenne pour 30 s de données d'échantillon stabilisées reste dans les limites de ± 0,5 % autour de la valeur de référence de sensibilité du point e) du présent paragraphe. À défaut, il convient de relancer la procédure au point d) du présent paragraphe;

k) la réponse de l'analyseur doit être vérifiée au moyen du gaz de réglage ayant la concentration de $O_2$ maximale attendue au cours de l'essai. La réponse moyenne pour 30 s de données d'échantillon stabilisées doit être notée en tant que $x_{O2avgHC}$;

l) la réponse zéro de l'analyseur FID doit être vérifiée au moyen du gaz de réglage du zéro qui a été utilisé pendant les essais d'émissions. On passe à l'étape suivante si la réponse zéro moyenne pour 30 s de données d'échantillon stabilisées reste dans les limites de ± 0,5 % autour de la valeur de référence de sensibilité du point e) du présent paragraphe. À défaut, il convient de relancer la procédure au point d) du présent paragraphe;

m) on calcule la différence en pourcentage entre $x_{O2maxHC}$ et sa concentration de gaz de référence. On calcule la différence en pourcentage entre $x_{O2avgHC}$ et sa concentration de gaz de référence. On calcule la différence en pourcentage entre $x_{O2minHC}$ et sa concentration de gaz de référence. On détermine la différence en pourcentage maximale des trois paramètres. Ceux-ci correspondent à l'interférence par $O_2$;

n) si l'interférence par $O_2$ est dans les limites de ± 3 %, l'analyseur FID satisfait à la vérification de l'interférence par $O_2$; si tel n'est pas le cas, il faut prendre une ou plusieurs des mesures suivantes pour remédier à ce problème:

i) il faut recommencer la vérification pour déterminer si une erreur a été faite pendant la procédure;

ii) on choisit pour l'essai d'émissions des gaz de réglage du zéro et de l'étendue contenant des concentrations de $O_2$ plus fortes ou plus faibles et la vérification est répétée;

iii) l'air, le carburant et les débits d'échantillon du brûleur FID doivent être ajustés. Il est à noter que si ces débits sont ajustés sur un FID HC pour satisfaire à la vérification de l'interférence par $O_2$, le $RF_{CH4}$ doit être remis à zéro pour la vérification $RF_{CH4}$ suivante. La vérification de l'interférence par $O_2$ doit être répétée après l'ajustement et on détermine ensuite le $RF_{CH4}$;

iv) le FID doit être réparé ou remplacé et la vérification de l'interférence par $O_2$ doit être répétée.

8.1.11. Mesure des oxydes d'azote ($NO_X$)

8.1.11.1. Vérification des facteurs d'extinction par le $CO_2$ et le $H_2O$

8.1.11.1.1. Étendue et fréquence

Si l'on utilise un analyseur CLD pour mesurer les $NO_X$, il convient de vérifier l'importance des facteurs d'extinction par $H_2O$ et $CO_2$ après l'installation de l'analyseur CLD et après un grand entretien.

8.1.11.1.2. Principes de mesure

Le $H_2O$ et le $CO_2$ peuvent fausser la réponse aux $NO_X$ d'un CLD par extinction collisionnelle, ce qui inhibe la réaction chimiluminescente qu'utilise un détecteur CLD pour détecter les $NO_X$. La présente procédure et les calculs du paragraphe 8.1.11.2.3 de la présente annexe permettent de déterminer l'effet d'extinction et d'adapter les résultats à la fraction molaire maximale du $H_2O$ et la concentration maximale de $CO_2$ attendue au cours de l'essai d'émissions. Si l'analyseur CLD utilise des algorithmes de compensation de l'extinction faisant appel à des instruments de mesure de $H_2O$ et/ou de $CO_2$, on évalue l'extinction avec ces instruments actifs et les algorithmes de compensation qui ont été appliqués.

8.1.11.1.3. Configuration nécessaire

Pour une mesure diluée, un analyseur CLD ne doit pas dépasser une extinction combinée par $H_2O$ et $CO_2$ de ± 2 %. Pour une mesure brute, un analyseur CLD ne doit pas dépasser une extinction combinée par $H_2O$ et $CO_2$ de ± 2,5 %. L'effet d'extinction combiné est la somme de l'extinction par $CO_2$ déterminée comme indiqué au paragraphe 8.1.11.1.4 de la présente annexe et de l'extinction par $H_2O$ telle qu'elle est déterminée au paragraphe 8.1.11.1.5 de la présente annexe. Si ces conditions ne sont pas respectées, il faut prendre les mesures nécessaires pour la réparation ou le remplacement de l'analyseur. Avant d'effectuer des essais d'émissions, il convient de s'assurer que l'action corrective a remis l'analyseur en parfait état de fonctionnement.

8.1.11.1.4. Procédure de vérification du facteur d'extinction par $CO_2$

On peut utiliser la méthode ci-après ou une méthode prescrite par le fabricant de l'instrument pour déterminer le facteur d'extinction par $CO_2$ en utilisant un mélangeur-doseur de gaz qui mélange les gaz de réglage de l'étendue binaires avec le gaz de réglage du zéro en tant que gaz diluant et qui répond aux spécifications du paragraphe 9.4.5.6 de la présente annexe; on peut aussi suivre des pratiques techniques reconnues pour mettre au point un protocole différent:

a) on utilise des tubes en PTFE ou en acier inoxydable pour faire les connexions nécessaires;

b) le mélangeur-doseur de gaz doit être configuré de telle manière que des quantités à peu près égales de gaz de réglage et de gaz diluant soient mélangées entre elles;

c) si l'analyseur CLD a un mode de fonctionnement dans lequel il détecte les NO seulement, par opposition aux $NO_X$ totaux, il doit fonctionner sur ce mode;

d) on utilise un gaz de réglage de l'étendue $CO_2$ satisfaisant aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe et une concentration approximativement double de la concentration de $CO_2$ maximale attendue pendant l'essai d'émissions;

e) on utilise un gaz de réglage de l'étendue NO satisfaisant aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe et une concentration approximativement double de la concentration de NO maximale attendue pendant l'essai d'émissions. On peut utiliser des concentrations plus élevées conformément aux recommandations du fabricant de l'instrument et suivre des pratiques techniques reconnues afin d'obtenir une vérification précise au cas où la concentration de NO attendue serait plus basse que la plage minimale de vérification indiquée par le fabricant;

f) l'analyseur CLD doit faire l'objet d'un réglage du zéro et de l'étendue. Le réglage de l'étendue doit être effectué avec le gaz de réglage de l'étendue NO visé au point e) du présent paragraphe via le mélangeur-doseur de gaz. Le gaz de réglage de l'étendue NO doit être branché sur l'orifice de réglage du mélangeur-doseur de gaz. Un gaz de réglage du zéro doit être raccordé à l'orifice du gaz diluant du mélangeur-doseur de gaz; on utilise le même taux de mélange nominal que celui sélectionné au point b) du présent paragraphe; et on utilise la concentration de sortie de NO du mélangeur-doseur de gaz pour régler l'analyseur CLD. Des corrections des propriétés du gaz sont appliquées selon les besoins pour garantir un mélange/dosage précis du gaz;

g) le gaz de réglage de l'étendue $CO_2$ doit être raccordé à l'orifice de réglage du mélangeur-doseur de gaz;

h) un gaz de réglage de l'étendue NO doit être connecté à l'orifice des gaz diluants du mélangeur-doseur de gaz;

i) pendant l'écoulement de NO et de $CO_2$ à travers le mélangeur-doseur de gaz, il faut stabiliser le débit de ce dernier. On détermine la concentration de $CO_2$ à la sortie du mélangeur-doseur de gaz et on applique une correction des propriétés du gaz selon les besoins pour aboutir à un mélange/dosage précis. Cette concentration, $x_{CO2act}$, doit être notée et utilisée dans les calculs de vérification d'extinction du paragraphe 8.1.11.2.3 de la présente annexe. À la place du mélangeur-doseur de gaz, on peut utiliser un autre dispositif simple de mélange. Dans ce cas, on fait appel à un analyseur pour déterminer la concentration de $CO_2$. Si on utilise un analyseur NDIR avec un dispositif de mélange de gaz simple, il doit satisfaire aux prescriptions du présent paragraphe. Il est réglé en sensibilité avec le gaz de réglage $CO_2$ visé au point d) du présent paragraphe. Il convient de vérifier la linéarité de l'analyseur NDIR sur l'ensemble de la plage jusqu'à deux fois la concentration maximale de $CO_2$ attendue au cours de l'essai;

j) la concentration de NO doit être mesurée en aval du mélangeur-doseur de gaz au moyen de l'analyseur CLD. Il faut attendre que la réponse de l'analyseur se stabilise; Le temps de stabilisation peut englober le temps nécessaire pour purger la ligne de transfert et pour tenir compte de la réponse de l'analyseur. Pendant que l'analyseur mesure la concentration de l'échantillon, ses valeurs mesurées sont enregistrées pendant 30 s. À partir de ces données, on calcule la moyenne arithmétique, $x_{NOmeas}$. Cette valeur doit être notée pour être utilisée dans les calculs de vérification de l'extinction dont il est question au paragraphe 8.1.11.2.3 de la présente annexe;

k) la concentration réelle de NO, $x_{NOact}$, doit être calculée à la sortie du mélangeur-doseur de gaz sur la base des concentrations de gaz de réglage et de $x_{CO2act}$ selon l'équation (A.4-24). La valeur calculée doit être utilisée dans les calculs de vérification d'extinction au moyen de l'équation (A.4-23);

l) les valeurs enregistrées suivant les indications des paragraphes 8.1.11.1.4 et 8.1.11.1.5 de la présente annexe servent à calculer l'extinction, comme indiqué au paragraphe 8.1.11.2.3 de la présente annexe.

8.1.11.1.5. Procédure de vérification de l'effet d'extinction par l'eau

On peut utiliser la méthode ci-après ou celle prescrite par le fabricant de l'instrument pour déterminer l'effet d'extinction par l'eau. On peut aussi mettre au point un protocole différent en suivant des pratiques techniques reconnues:

a) on utilise des tubes en PTFE ou en acier inoxydable pour faire les connexions nécessaires;

b) si l'analyseur CLD a un mode de fonctionnement dans lequel il détecte les NO seulement, par opposition aux $NO_X$ totaux, il doit fonctionner sur ce mode;

c) il faut un gaz de réglage de l'étendue NO répondant aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe et une concentration qui soit proche de la concentration maximale attendue au cours de l'essai. On peut utiliser des concentrations plus élevées conformément aux recommandations du fabricant de l'instrument et suivre des pratiques techniques reconnues afin d'obtenir une vérification précise au cas où la concentration de NO attendue serait plus basse que la plage minimale de vérification indiquée par le fabricant;

d) l'analyseur CLD doit faire l'objet d'un réglage du zéro et de l'étendue. Cela se fait avec le gaz de réglage de l'étendue NO mentionné au point c) du présent paragraphe; la concentration de ce gaz est notée en tant que $x_{NOdry}$, et elle est utilisée dans les calculs de vérification du facteur d'extinction (paragraphe 8.1.11.2.3 de la présente annexe);

e) le gaz de réglage (NO) doit être humidifié par barbotage à travers de l'eau distillée dans un récipient fermé. Si l'échantillon de gaz de réglage (NO) humidifié ne passe pas par un sécheur pour cet essai, la température du récipient doit être réglée de manière à produire un niveau de $H_2O$ dans le gaz de réglage approximativement égal à la fraction molaire maximale de $H_2O$ prévue au cours de l'essai d'émissions. Si le gaz de réglage (NO) humidifié ne traverse pas le sécheur d'échantillons, les calculs de vérification au paragraphe 8.1.11.2.3 de la présente annexe situent l'effet d'extinction par $H_2O$ à la fraction molaire la plus élevée de $H_2O$ attendue au cours de l'essai d'émissions. Si le gaz de réglage (NO) humidifié traverse un sécheur, la température du récipient doit être maintenue sous contrôle pour produire un niveau de $H_2O$ dans le gaz de réglage au moins aussi élevé que le maximum attendu en sortie de sécheur, conformément aux prescriptions du paragraphe 9.3.2.3.1.1 de la présente annexe. Dans ce cas, les calculs de vérification de l'effet d'extinction visés au paragraphe 8.1.11.2.3 de la présente annexe ne permettent pas d'obtenir l'ordre de grandeur de l'extinction par le $H_2O$ mesurée;

f) le gaz d'essai NO humidifié doit être introduit dans le système de prélèvement. Il peut être introduit en amont ou en aval du sécheur qui est utilisé au cours de l'essai d'émissions. Selon le point d'introduction, on choisit la méthode de calcul appropriée du point e). Il est à noter que le sécheur doit satisfaire au contrôle de vérification du paragraphe 8.1.8.5.8 de la présente annexe;

g) on mesure la fraction molaire de $H_2O$ dans le gaz de réglage de l'étendue NO humidifié. Si l'on utilise un sécheur d'échantillon, la fraction molaire de $H_2O$ dans le gaz NO humidifié doit être mesurée en aval du sécheur en question ($x_{H2Omeas}$). Il est recommandé de mesurer la valeur de $x_{H2Omeas}$ aussi près que possible de l'entrée de l'analyseur CLD. On peut calculer $x_{H2Omeas}$ à partir des mesures du point de rosée, $T_{dew}$, et de la pression absolue, $p_{total}$;

h) on suit des pratiques techniques reconnues pour prévenir la condensation dans les lignes de transfert, les raccords ou les distributeurs entre le point où $x_{H2Omeas}$ est mesuré et l'analyseur. Il est recommandé de concevoir le système de telle manière que les températures des parois dans les lignes de transfert, les raccords et les vannes entre le point où $x_{H2Omeas}$ est mesuré et l'analyseur soient d'au moins 5 K (5 °C) au-dessus du point de rosée du gaz d'échantillon local;

i) la concentration du gaz de réglage NO humidifié doit être mesurée au moyen de l'analyseur CLD. Il faut attendre que la réponse de l'analyseur se stabilise. Le temps de stabilisation peut englober le temps nécessaire pour purger la ligne de transfert et pour tenir compte de la réponse de l'analyseur. Pendant que l'analyseur mesure la concentration de l'échantillon, ses valeurs mesurées sont enregistrées pendant 30 s. Ensuite, on calcule la moyenne arithmétique de ces données, $x_{NOwet}$. Cette valeur doit être notée pour être utilisée dans les calculs de vérification de l'extinction dont il est question au paragraphe 8.1.11.2.3 de la présente annexe.

8.1.11.2. Calculs de vérification de l'effet d'extinction sur le CLD

Ces calculs sont effectués conformément aux indications du présent paragraphe.

8.1.11.2.1. Quantité d'eau attendue au cours de l'essai

La fraction molaire maximale attendue de l'eau pendant l'essai d'émissions, $x_{H2Oexp}$, doit faire l'objet d'une estimation. Celle-ci doit se faire au moment de l'introduction du gaz de réglage de l'étendue NO humidifié [point f) du paragraphe 8.1.11.1.5 de la présente annexe]. Pour évaluer la fraction molaire maximale attendue de l'eau, il faut prendre en compte la teneur maximale en eau attendue dans l'air de combustion, les produits de la combustion du carburant et l'air de dilution (le cas échéant). Si le gaz de réglage humidifié NO est introduit dans le système de prélèvement en amont d'un sécheur d'échantillon pendant l'essai de vérification, il n'est pas nécessaire d'évaluer la fraction molaire maximale attendue de l'eau et $x_{H2Oexp}$ doit être mis à $x_{H2Omeas}$.

8.1.11.2.2. Quantité de $CO_2$ attendue au cours de l'essai

Il faut faire une évaluation de la concentration maximale attendue de $CO_2$, $x_{H2Oexp}$. Cette évaluation doit être faite à l'emplacement du système de prélèvement où les gaz de réglage NO et $CO_2$ mélangés sont introduits conformément au point j) du paragraphe 8.1.11.1.4 de la présente annexe. Pour l'évaluation de la concentration de $CO_2$ maximale attendue, on prend en considération la teneur en $CO_2$ maximale attendue des produits de combustion de carburant et de l'air de dilution.

8.1.11.2.3. Calculs des effets d'extinction combinés par $H_2O$ et $CO_2$

Les effets d'extinction combinés par $H_2O$ et $CO_2$ doivent être calculés au moyen de l'équation (A.4-23):

$$quench = \left[ \left( \frac{x_{NOwet}}{\frac{1 - x_{H2Omeas}}{x_{NOdry}} - 1} \right) \cdot \frac{x_{H20exp}}{x_{H2Omeas}} + \left( \frac{x_{NOmeas}}{x_{NOact}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{CO2exp}}{x_{CO2act}} \right] \cdot 100\% \qquad \text{(A.4-23)}$$

où:

*quench* = importance de l'effet d'extinction sur le CLD

$x_{NOdry}$ = concentration mesurée de NO en amont du barboteur, conformément au point d) du paragraphe 8.1.11.1.5 de la présente annexe

$x_{NOwet}$ = concentration mesurée de NO en aval du barboteur, conformément au point i) du paragraphe 8.1.11.1.5 de la présente annexe

$x_{H2Oexp}$ = fraction molaire maximale attendue de l'eau pendant l'essai d'émissions, conformément au paragraphe 8.1.11.2.1 de la présente annexe

$x_{H2Omeas}$ = fraction molaire mesurée de l'eau pendant la vérification de l'extinction, conformément au point g) du paragraphe 8.1.11.1.5 de la présente annexe

$x_{NOmeas}$ = concentration mesurée de NO quand le gaz de réglage de l'étendue NO est mélangé avec le gaz $CO_2$, conformément au point j) du paragraphe 8.1.11.1.4 de la présente annexe

$x_{NOact}$ = concentration réelle de NO quand le gaz de réglage de l'étendue NO n'est mélangé avec le gaz $CO_2$, conformément au point k) du paragraphe 8.1.11.1.4 de la présente annexe, et calculée au moyen de l'équation (A.4-24)

$x_{CO2exp}$ = concentration maximale attendue de $CO_2$ pendant l'essai d'émissions, conformément au paragraphe 8.1.11.2.2 de la présente annexe

$x_{CO2act}$ = concentration réelle de $CO_2$ quand le gaz de réglage de l'étendue NO est mélangé avec le gaz $CO_2$, conformément au point i) du paragraphe 8.1.11.1.4 de la présente annexe:

$$x_{NOact} = \left(1 - \frac{x_{CO2act}}{x_{CO2span}}\right) \cdot x_{NOspan} \quad \text{(A.4-24)}$$

où:

$x_{NOspan}$ = concentration du gaz de réglage de l'étendue NO à l'entrée du mélangeur-doseur de gaz, conformément au point e) du paragraphe 8.1.11.1.4 de la présente annexe

$x_{CO2span}$ = concentration du gaz de réglage de l'étendue $CO_2$ à l'entrée du mélangeur-doseur de gaz, conformément au point d) du paragraphe 8.1.11.1.4 de la présente annexe.

8.1.11.3. Vérification de l'interférence par les HC et $H_2O$ sur l'analyseur NDUV

8.1.11.3.1. Étendue et fréquence

Si l'on utilise un analyseur NDUV pour mesurer les $NO_X$, il faut mesurer l'importance de l'interférence par $H_2O$ et les hydrocarbures après l'installation initiale de l'analyseur et après un grand entretien.

8.1.11.3.2. Principes de mesure

Les hydrocarbures et le $H_2O$ peuvent effectivement fausser la réponse d'un analyseur NDUV en produisant une réponse analogue aux $NO_X$. Si l'analyseur NDUV emploie des algorithmes de compensation qui utilisent des mesures d'autres gaz pour effectuer cette vérification de l'interférence, il faut simultanément faire de telles mesures pour essayer les algorithmes pendant la vérification de l'interférence avec l'analyseur.

8.1.11.3.3. Configuration nécessaire

Pour un analyseur NDUV de $NO_X$, l'interférence par $H_2O$ et HC combinés ne doit pas excéder ± 2 % de la concentration moyenne de $NO_X$.

8.1.11.3.4. Procédure

La vérification de l'interférence doit être effectuée de la manière suivante:

a) l'analyseur NDUV de $NO_X$ doit être lancé, fonctionner, être mis à zéro et réglé en sensibilité selon les instructions du fabricant de l'instrument;

b) il est recommandé de prélever des gaz d'échappement du moteur pour effectuer cette vérification. On utilise un analyseur CLD qui répond aux spécifications du paragraphe 9.4 pour quantifier les $NO_X$ dans les gaz d'échappement. On utilise la réponse du CLD comme valeur de référence. Il faut également mesurer les HC dans les gaz d'échappement au moyen d'un analyseur FID conforme aux spécifications du paragraphe 9.4. Cette réponse de l'analyseur FID est utilisée comme valeur de référence pour les hydrocarbures;

c) les gaz d'échappement du moteur doivent être introduits dans l'analyseur NDUV en amont de tout sécheur d'échantillon, si un tel appareil est utilisé;

d) il faut attendre que la réponse de l'analyseur se stabilise. Le temps de stabilisation peut englober le temps nécessaire pour purger la ligne de transfert et pour tenir compte de la réponse de l'analyseur;

e) alors que les analyseurs mesurent la concentration de l'échantillon, on enregistre 30 s de données d'échantillon et on calcule la moyenne arithmétique pour les trois analyseurs;

f) la moyenne CLD doit être soustraite de la moyenne NDUV;

g) la différence doit être multipliée par le rapport de la concentration moyenne de HC attendue à la concentration de HC mesurée pendant la vérification. L'analyseur satisfait à la vérification de l'interférence du présent paragraphe si le résultat reste dans les limites de ± 2 % de la concentration de $NO_X$ attendue à la valeur limite d'émissions, comme indiqué dans l'équation (A.4-25):

$$\left|\bar{x}_{NOx,CLD,meas} - \bar{x}_{NOx,NDUV,meas}\right| \cdot \left(\frac{\bar{x}_{HC,exp}}{\bar{x}_{HC,meas}}\right) \leq 2\% \cdot \left(\bar{x}_{NOx,exp}\right) \quad \text{(A.4-25)}$$

où:

$\bar{x}_{NOx,CLD,meas}$ = concentration moyenne de $NO_X$ mesurée par le CLD [µmol/mol] ou [ppm]

$\bar{x}_{NOx,NDUV,meas}$ = concentration moyenne de $NO_X$ mesurée par le NDUV [µmol/mol] ou [ppm]

$\bar{x}_{HC,meas}$ = concentration moyenne de HC mesurée [µmol/mol] ou [ppm]

$\bar{x}_{HC,exp}$ = concentration moyenne de HC prévue à la norme [µmol/mol] ou [ppm]

$\bar{x}_{NOx,exp}$ = concentration moyenne de $NO_X$ prévue à la norme [µmol/mol] ou [ppm].

8.1.11.4. Pénétration de $NO_2$ dans le séchoir d'échantillon

8.1.11.4.1. Étendue et fréquence

Si l'on utilise un sécheur d'échantillon pour sécher un échantillon en amont d'un instrument de mesure de $NO_X$, mais qu'aucun convertisseur de $NO_2$ à NO n'est utilisé en amont du bain, cette vérification est effectuée pour la pénétration du bain par $NO_2$, après l'installation initiale et après un grand entretien.

8.1.11.4.2. Principes de mesure

Un sécheur d'échantillon doit être utilisé pour neutraliser l'eau qui peut interférer avec une mesure de $NO_X$. Toutefois, l'eau liquide restant dans un sécheur d'échantillon mal conçu peut interférer avec les $NO_2$ de l'échantillon. Si l'on utilise un sécheur d'échantillon sans convertisseur $NO_2$ à NO en amont, il pourrait en résulter une disparition du $NO_2$ de l'échantillon avant la mesure des $NO_X$.

8.1.11.4.3. Configuration nécessaire

Le sécheur d'échantillon doit permettre de mesurer au moins 95 % du $NO_2$ total à la concentration maximale escomptée de $NO_2$.

8.1.11.4.4. Procédure

On utilise la procédure suivante pour vérifier le comportement du sécheur d'échantillon:

a) mise en place des instruments. Il convient de suivre les instructions du fabricant pour la mise en marche et le fonctionnement de l'analyseur et du sécheur d'échantillon. L'analyseur et le sécheur d'échantillon doivent être réglés selon les besoins pour que leurs performances soient optimales;

b) mise en place des équipements et collecte des données:

i) le ou les analyseurs de gaz $NO_X$ doivent être mis à zéro et calibrés comme cela se fait avant un essai d'émissions;

ii) on utilise un gaz d'étalonnage $NO_2$ (gaz de complément air sec) qui a une concentration de $NO_2$ proche du maximum attendu au cours de l'essai. On peut utiliser une concentration plus élevée, conformément aux recommandations du fabricant de l'instrument, en suivant les règles du bon sens technique pour obtenir une vérification précise si la concentration de $NO_2$ attendue est plus faible que la plage minimale pour la vérification indiquée par le fabricant de l'instrument;

iii) ce gaz d'étalonnage doit déborder au niveau de la sonde du système de prélèvement de gaz ou au raccord de débordement. On laisse le temps aux $NO_X$ totaux de se stabiliser en tenant seulement compte des temps de transport et de réponse des instruments;

iv) on calcule ensuite la moyenne de 30 s de données $NO_X$ enregistrées et cette valeur doit être notée en tant que $x_{NOxref}$;

v) l'écoulement du gaz d'étalonnage $NO_2$ est arrêté;

vi) ensuite, le système de prélèvement doit être saturé par débordement à la sortie d'un générateur de point de rosée mis à un point de rosée de 323 K (50 °C), jusqu'à la sonde du système de prélèvement du gaz ou du raccord de débordement. Le produit du générateur de point de rosée doit être échantillonné par le système de prélèvement et le refroidisseur pendant 10 min au moins, jusqu'à ce que le refroidisseur soit censé enlever un débit d'eau constant;

vii) il est commuté directement sur le gaz d'étalonnage $NO_2$ utilisé pour déterminer $x_{NOxref}$. Ensuite on attend la stabilisation de la réponse aux $NO_X$ totaux en tenant compte uniquement du temps de transport et de la réponse des instruments. On calcule la moyenne de 30 s de données enregistrées de $NO_X$ totaux et cette valeur est notée en tant que $x_{NOxmeas}$;

viii) $x_{NOxmeas}$ doit être corrigé en $x_{NOxdry}$ en fonction de la vapeur d'eau résiduelle qui a traversé le sécheur d'échantillon à la température et à la pression de ce sécheur;

c) évaluation des performances:

si $x_{NOxdry}$ est inférieur à 95 % de $x_{NOxref}$, le sécheur d'échantillon doit être réparé ou remplacé.

8.1.11.5. Vérification de la conversion par le convertisseur $NO_2$ à NO

8.1.11.5.1. Étendue et fréquence

Si, pour déterminer les $NO_X$, on utilise un analyseur qui mesure uniquement les NO, on emploie en amont un convertisseur $NO_2$ à NO. Cette vérification doit être effectuée après l'installation du convertisseur, après un grand entretien et dans les 35 jours avant un essai d'émissions. Il faut répéter cette vérification à cette fréquence pour s'assurer que l'activité catalytique du convertisseur $NO_2$ à NO ne s'est pas détériorée.

8.1.11.5.2. Principes de mesure

Un convertisseur $NO_2$ à NO permet à un analyseur qui mesure uniquement le NO de déterminer les $NO_X$ totaux en convertissant le $NO_2$ des gaz d'échappement en NO.

8.1.11.5.3. Configuration nécessaire

Un convertisseur $NO_2$ à NO doit permettre de mesurer au moins 95 % du $NO_2$ total à la concentration maximale attendue de $NO_2$.

8.1.11.5.4. Procédure

On utilise la procédure suivante pour vérifier les performances d'un convertisseur $NO_2$ à NO:

a) pour le montage des instruments, on suit les instructions de mise en marche et de fonctionnement du fabricant du convertisseur $NO_2$ à NO. L'analyseur et le convertisseur sont réglés selon les besoins pour optimiser les performances;

b) l'entrée d'un ozoniseur doit être connectée à une source d'air pur servant de gaz de réglage du zéro ou à une source d'oxygène et sa sortie doit être raccordée à une branche d'un raccord en T. Un gaz de réglage de l'étendue NO doit être connecté à une autre branche et l'entrée du convertisseur $NO_2$ à NO sur la troisième;

c) on effectue la vérification en suivant les étapes ci-après:

i) l'air de l'ozoniseur doit être coupé de même que l'alimentation électrique de l'ozoniseur; le convertisseur $NO_2$ à NO doit être réglé sur le mode contournement (c'est-à-dire mode NO). On laisse le temps nécessaire à la stabilisation en ne tenant compte que du temps de transport et du temps de réponse des instruments;

ii) on ajuste les débits de NO et de gaz de réglage du zéro de telle manière que la concentration de NO au niveau de l'analyseur soit proche de la concentration de $NO_X$ totaux de crête attendue au cours de l'essai. La teneur en $NO_2$ du mélange gazeux doit être inférieure à 5 % de la concentration de NO. Pour obtenir celle-ci, on calcule la moyenne de 30 s de données d'échantillon provenant de l'analyseur et cette valeur est notée en tant que $x_{NOxref}$. On peut utiliser des concentrations plus élevées conformément aux recommandations du fabricant de l'instrument et suivre des pratiques techniques reconnues afin d'obtenir une vérification précise au cas où la concentration de NO attendue serait plus basse que la plage minimale de vérification indiquée par le fabricant;

iii) l'alimentation en $O_2$ de l'ozoniseur doit être mise en route et il faut ajuster le débit de $O_2$ de telle manière que le NO indiqué par l'analyseur soit d'environ 10 % inférieur à $x_{NOref}$. On enregistre la concentration de NO en calculant la moyenne de 30 s de données d'échantillon provenant de l'analyseur et cette valeur doit être inscrite en tant que $x_{NO+O2mix}$;

iv) on met l'ozoniseur en marche et on règle le taux d'ozone de telle manière que le NO mesuré par l'analyseur s'élève à environ 20 % de $x_{NOref}$, tout en maintenant au moins 10 % de NO inaltéré. On obtient la concentration de NO en calculant la moyenne de 30 s de données d'échantillon provenant de l'analyseur et on note cette valeur comme étant $x_{NOmeas}$;

v) on commute l'analyseur sur le mode $NO_X$ et on mesure les $NO_X$ totaux. On obtient la concentration de $NO_X$ en calculant la moyenne de 30 s de données d'échantillon provenant de l'analyseur et on note cette valeur comme étant $x_{NOxmeas}$;

vi) l'ozoniseur doit être mis à l'arrêt, mais le débit de gaz traversant le système doit être maintenu. L'analyseur $NO_X$ indique la quantité de $NO_X$ dans le mélange NO + $O_2$. On obtient la concentration de $NO_X$ en calculant la moyenne de 30 s de données d'échantillon provenant de l'analyseur et on prend note de cette valeur en tant que $x_{NOx+O2mix}$;

vii) on arrête l'alimentation en $O_2$. L'analyseur $NO_X$ indique les $NO_X$ présents dans le mélange initial NO dans N2. On obtient la concentration de $NO_X$ en calculant la moyenne de 30 s de données d'échantillon provenant de l'analyseur et on note cette valeur en tant que $x_{NOxref}$. Il ne faut pas que cette valeur soit plus de 5 % au-dessus de la valeur $x_{NOref}$;

d) évaluation des performances. On détermine l'efficacité du convertisseur de $NO_X$ en remplaçant les concentrations par les valeurs obtenues dans l'équation (A.4-26):

$$Efficiency[\%] = \left(1 + \frac{x_{NOxmeas} - x_{NOx+O2mix}}{x_{NO+O2mix} - x_{NOmeas}}\right) \cdot 100 \qquad \text{(A.4-26)}$$

e) si le résultat est inférieur à 95 %, il convient de réparer le convertisseur $NO_2$ à NO ou de le remplacer.

8.1.12. Mesures des PM

8.1.12.1. Vérifications de la balance des PM et vérification du pesage

8.1.12.1.1. Étendue et fréquence

Le présent paragraphe contient la description de trois vérifications:

a) la vérification indépendante de la balance des PM dans les 370 jours précédant le pesage d'un filtre;

b) le réglage du zéro et de l'étendue de la balance 12 h avant le pesage d'un filtre quelconque;

c) la vérification que la détermination de la masse des filtres de référence avant et après une séance de pesage de filtres satisfait à une tolérance spécifiée.

8.1.12.1.2. Vérification indépendante

Le fabricant de la balance (ou un représentant approuvé par ce fabricant) doit vérifier les performances de la balance dans les 370 jours précédant l'essai, conformément aux procédures d'audit interne.

8.1.12.1.3. Réglage du zéro et de l'étendue

Une fois vérifiées les performances de la balance par le réglage du zéro et de l'étendue, avec au moins un poids d'étalonnage, tout poids qui est utilisé doit satisfaire aux caractéristiques énoncées au paragraphe 9.5.2 de la présente annexe. On utilise une procédure manuelle ou automatique:

a) une procédure manuelle nécessite que l'on utilise une balance dont le zéro et l'étendue ont été réglés avec un poids d'étalonnage au moins. Si l'on obtient normalement des valeurs moyennes en répétant le processus de pesage pour améliorer la précision des mesures des PM, on utilise le même processus pour vérifier les performances de la balance;

b) on effectue une procédure automatique avec des poids d'étalonnage internes qui sont utilisés automatiquement pour vérifier les performances de la balance. Pour cette vérification, ces poids d'étalonnage internes doivent avoir les caractéristiques indiquées au paragraphe 9.5.2 de la présente annexe.

8.1.12.1.4. Pesage de l'échantillon de référence

Toutes les valeurs de masse obtenues au cours d'une séance de pesage doivent être vérifiées par pesage du support d'échantillon PM de référence (par exemple les filtres) avant et après une séance de pesage. Une telle séance peut être aussi courte qu'on le désire, mais ne doit pas dépasser 80 h; elle peut englober des pesages de masses à la fois avant et après l'essai. Les déterminations successives de la masse de chaque échantillon de PM de référence doivent donner le même résultat avec une tolérance maximale de ± 10 µg ou ± 10 % de la masse totale de particules attendue, la valeur la plus élevée étant retenue. Si plusieurs pesages de filtre de collecte de PM successifs ne sont pas conformes à ce critère, toutes les lectures de poids de filtre d'essai obtenues lors des pesages successifs doivent être invalidées. Ces filtres peuvent être à nouveau pesés lors d'une autre séance. Si un filtre est invalidé après l'essai, l'intervalle d'essai est nul. La vérification doit être effectuée de la manière suivante:

a) on maintient dans l'environnement de stabilisation des PM au moins deux supports d'échantillons de PM inutilisés. Ceux-ci sont utilisés comme éléments de référence. Les filtres inutilisés faits du même matériau et ayant la même taille sont retenus pour être utilisés comme éléments de référence;

b) les éléments de référence doivent être stabilisés dans l'environnement de stabilisation des PM. On considère que les éléments de référence sont stabilisés s'ils ont été dans cet environnement pendant un minimum de 30 min, et que l'environnement de stabilisation des PM a été conforme aux prescriptions du paragraphe 9.3.4.4 de la présente annexe pendant au moins les 60 min précédentes;

c) le pesage est effectué à plusieurs reprises avec un échantillon de référence mais sans enregistrement des valeurs;

d) on effectue sur la balance un réglage du zéro et de l'étendue. À cet effet on met sur la balance un poids d'essai (tel qu'un poids d'étalonnage) et on l'enlève ensuite de telle manière que la balance revienne à une lecture zéro acceptable dans un temps de stabilisation normal;

e) tous les supports de référence (par exemple les filtres) doivent être pesés et leurs masses notées. Si l'on obtient des valeurs normalement moyennes en répétant le processus de pesage pour améliorer la précision des supports de référence (par exemple les filtres), on utilise le même processus pour mesurer les valeurs moyennes des masses des supports d'échantillon (par exemple les filtres);

f) il convient de noter les valeurs du point de rosée de l'environnement de la balance, de la température ambiante et de la pression atmosphérique;

g) on utilise les conditions ambiantes qui auront été notées pour corriger les résultats en fonction de la flottabilité, comme indiqué au paragraphe 8.1.12.2 de la présente annexe. On prend note de la masse corrigée en fonction de la flottabilité pour chacune des références;

h) la masse de référence corrigée en fonction de la flottabilité de chacun des supports de référence (par exemple les filtres) est soustraite de la masse corrigée en fonction de la flottabilité précédemment mesurée;

i) si l'une des masses observées pour les filtres de référence change plus que ne l'autorise le présent paragraphe, toutes les déterminations de masse des PM faites depuis la dernière validation ayant abouti doivent être invalidées. Les filtres PM de référence peuvent être écartés si une seule de ces masses de filtres a changé plus que cela n'est autorisé et qu'on peut identifier positivement la cause particulière de ce changement de la masse du filtre qui n'aurait pas affecté d'autres filtres relevant du processus. La validation peut donc être considérée comme ayant abouti. Dans ce cas, le support de référence contaminé ne doit pas être inclus lors de la détermination de la conformité avec le point j) du présent paragraphe, mais le filtre de référence concerné doit être écarté et remplacé;

j) Si l'une des masses de référence varie plus que ne l'autorise le paragraphe 8.1.12.1.4 de la présente annexe, tous les résultats en matière de PM qui ont été obtenus entre les deux instants où les masses de référence ont été déterminées doivent être invalidés. Si le support de l'échantillon PM de référence est rejeté en vertu du point i) du présent paragraphe, il faut disposer d'au moins une différence de masse de référence qui réponde aux critères du paragraphe 8.1.12.1.4 de la présente annexe. À défaut, tous les résultats PM qui ont été obtenus entre les deux instants où les masses des supports de référence (les filtres) ont été déterminées sont invalidés.

8.1.12.2. Correction en fonction de la flottabilité du filtre de collecte des PM

8.1.12.2.1. Généralités

Le filtre de collecte des PM est corrigé en fonction de sa flottabilité dans l'air. Cette correction dépend de la densité du support de l'échantillon, de la densité de l'air ainsi que de la densité du poids d'étalonnage utilisé pour étalonner la balance. La correction n'est pas fonction de la flottabilité des PM proprement dite étant donné que la masse des PM ne représente généralement que 0,01 % à 0,10 % du poids total. Une correction en fonction de cette faible masse serait au maximum de 0,010 %. Les valeurs corrigées en fonction de la flottabilité sont les masses à vide des échantillons PM. Les valeurs corrigées en fonction de la flottabilité en vue du pesage du filtre avant l'essai sont ensuite soustraites des valeurs de poids corrigées en fonction de la flottabilité après l'essai du filtre correspondant afin de déterminer la masse de PM émise pendant l'essai.

8.1.12.2.2. Densité du filtre de collecte des PM

Des filtres de collecte des PM différents ont des densités différentes. On utilise la densité connue des supports d'échantillons ou l'une des densités connues pour certains supports d'échantillons:

a) pour le verre borosilicate enduit de PTFE, on utilise une densité de 2300 kg/m$^3$;

b) pour un support en membrane PTFE (film) avec un anneau support intégral en polyméthylpentène qui représente 95 % de la masse du support, on utilise une densité de 920 kg/m$^3$;

c) pour un film en PTFE ayant un anneau support intégré de PTFE, on utilise une densité de 2144 kg/m$^3$.

8.1.12.2.3. Densité de l'air

Étant donné que l'environnement de la flottabilité des PM doit être maintenu avec précision à une température de 295 ± 1 K (22 ± 1 °C) et un point de rosée de 282,5 ± 1 K (9,5 ± 1 °C), la densité de l'air est principalement fonction de la pression atmosphérique. Pour cette raison, une correction spécifique en fonction de la flottabilité dépend uniquement de la pression atmosphérique.

8.1.12.2.4. Densité du poids d'étalonnage

On utilise la densité annoncée du matériau du poids métallique d'étalonnage.

8.1.12.2.5. Calcul de la correction

La masse du filtre de prélèvement des particules doit être corrigée pour la flottabilité au moyen de l'équation (A.4-27):

$$m_{cor} = m_{uncor} \cdot \left( \frac{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{weight}}}{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{media}}} \right) \quad \text{(A.4-27)}$$

où:

$m_{cor}$ = masse du filtre de prélèvement des particules corrigée pour la flottabilité

$m_{uncor}$ = masse du filtre de prélèvement des particules non corrigée pour la flottabilité

$\rho_{air}$ = densité de l'air dans l'environnement de la balance

$\rho_{weight}$ = densité du poids d'étalonnage utilisé pour régler la balance

$\rho_{media}$ = densité du filtre de prélèvement des particules

avec:

$$\rho_{air} = \frac{p_{abs} \cdot M_{mix}}{R \cdot T_{amb}} \quad \text{(A.4-28)}$$

où:

$p_{abs}$ = pression absolue dans l'environnement de la balance

$M_{mix}$ = masse molaire de l'air dans l'environnement de la balance

$R$ = constante molaire du gaz

$T_{amb}$ = température ambiante absolue de l'environnement de la balance.

8.2. Validation de l'instrument pour l'essai

8.2.1. Validation du contrôle de débit proportionnel pour le prélèvement par lots et taux de dilution minimal pour le prélèvement par lots de PM

8.2.1.1. Critères de proportionnalité pour le prélèvement CVS

8.2.1.1.1. Débits proportionnels

Pour chaque paire de débitmètres, on utilise les débits de prélèvement enregistrés et les débits totaux ou leur moyenne pour 1 Hz avec les calculs statistiques de l'appendice A.3 de l'annexe 5. Il faut déterminer l'erreur type de l'estimation du débit de prélèvement par rapport au débit total. Pour chaque intervalle d'essai, il faut démontrer que l'erreur type était inférieure ou égale à 3,5 % du débit de de prélèvement moyen.

8.2.1.1.2. Débits constants

Pour chaque paire de débitmètres, on utilise les débits de prélèvement enregistrés et les débits totaux ou leurs moyennes pour 1 Hz afin de montrer que chaque débit était constant à ± 2,5 % autour de son débit moyen réel ou visé. On peut recourir aux options suivantes au lieu d'enregistrer le débit de chaque type d'instrument:

a) recours au venturi-tuyère en régime critique. Pour ce type de venturi, on utilise les conditions enregistrées pour l'entrée du venturi ou leurs moyennes pour 1 Hz. Il faut démontrer que la densité du flux à l'entrée du venturi était constante à ± 2,5 % de la densité moyenne ou visée pendant chaque intervalle d'essai. Pour un venturi CVS en régime critique, on peut démontrer que la température absolue à l'entrée du venturi était constante à ± 4 % de la température moyenne ou visée pendant chaque intervalle d'essai;

b) recours à la pompe volumétrique. On utilise les conditions enregistrées à l'entrée de la pompe ou leurs moyennes pour 1 Hz. On démontre que la densité du flux à l'entrée de la pompe était constante à ± 2,5 % de la densité moyenne ou visée pendant chaque intervalle d'essai. Dans le cas d'une pompe CVS, on peut démontrer que la température absolue à l'entrée de la pompe était constante à ± 2 % de la température absolue moyenne ou visée pendant chaque intervalle d'essai.

8.2.1.1.3. Démonstration du prélèvement proportionnel

Pour chaque échantillon ayant fait l'objet d'un prélèvement proportionnel par lots tel qu'un sac ou un filtre à PM, il convient de démontrer que le prélèvement proportionnel a été conservé par l'emploi de l'un des moyens suivants, en notant qu'un maximum de 5 % du nombre total de points de données peuvent être omis en tant que points aberrants.

En suivant les pratiques techniques reconnues, on démontre par une analyse technique que le système de commande à débit proportionnel assure de manière inhérente le prélèvement proportionnel dans toutes les circonstances attendues au cours de l'essai. À titre d'exemple, on peut utiliser des venturis CFV, tant pour le débit de prélèvement que pour le débit total, s'il est prouvé qu'ils ont toujours les mêmes pressions et températures à leurs entrées et qu'ils fonctionnent toujours dans des conditions de régime critique.

On utilise les débits et/ou les concentrations de gaz traceur (par exemple le $CO_2$) mesurés ou calculés pour déterminer le taux de dilution minimal pour chaque prélèvement par lots de PM sur l'intervalle d'essai.

8.2.1.2. Validation du système de dilution du flux partiel

Pour régler le système de dilution du flux partiel aux fins du prélèvement d'un échantillon proportionnel de gaz d'échappement bruts, il faut un système à réponse rapide; on identifie un tel système par la rapidité du système de dilution du flux partiel. Le temps de transformation du système est déterminé conformément à la procédure du paragraphe 8.1.8.6.3.2. La commande proprement dite du système de dilution de flux partiel est fondée sur les conditions courantes mesurées. Si le temps de transformation combiné de la mesure du débit des gaz d'échappement et du flux partiel du système est ≤ 0,3 s, on utilise la commande en ligne. Si ce temps de transformation dépasse 0,3 s, on utilise une commande prédictive fondée sur un essai préalablement enregistré. Dans ce cas, le temps de montée combiné doit être ≤ 1 s et le temps de retard combiné ≤ 10 s. La réponse de l'ensemble du système doit être telle que l'échantillon de PM $q_{mp,i}$ (débit de l'échantillon de gaz d'échappement dans le système de dilution du flux partiel) soit représentatif des PM et proportionnel au débit massique de gaz d'échappement. Pour établir la proportionnalité, on fait une analyse de régression de $q_{mp,i}$ sur $q_{mew,i}$ (débit massique de gaz d'échappement en conditions humides) à une fréquence d'acquisition des données minimale de 5 Hz et les critères suivants doivent être remplis:

a) le coefficient de corrélation $r^2$ de la régression linéaire de $q_{mp,i}$ sur $q_{mew,i}$ n'est pas inférieur à 0,95;

b) l'erreur type de l'estimation de $q_{mp,i}$ sur $q_{mew,i}$ ne dépasse pas 5 % du $q_{mp}$ maximal;

c) l'ordonnée à l'origine $q_{mp}$ de la droite de régression ne dépasse pas ±2 % du $q_{mp}$ maximal.

Une commande prédictive est nécessaire si les temps de transformation combinés du système de matières particulaires $t_{50,P}$ et le signal de débit massique de gaz d'échappement $t_{50,F}$ sont > 0,3 s. Dans ce cas, on procède à un essai préliminaire et on utilise le signal du débit massique de gaz d'échappement de cet essai préliminaire pour gérer le débit d'échantillons dans le système de matières particulaires PM. On obtient une gestion correcte du système de dilution partielle si la trace temporelle de $q_{mew,pre}$ de l'essai préliminaire, qui contrôle $q_{mp}$, est décalée d'un délai «prédictif»de $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Pour établir la corrélation entre $q_{mp,i}$ et $q_{mew,i}$, on utilise les données prélevées au cours de l'essai réel, avec le temps pour $q_{mew,i}$ ajusté de $t_{50,F}$ par rapport à $q_{mp,i}$ (pas de contribution de $t_{50,P}$ à l'alignement temporel). Le décalage dans le temps entre $q_{mew}$ et $q_{mp}$ est la différence entre leurs temps de transformation qui ont été déterminés selon le paragraphe 8.1.8.6.3.2 de la présente annexe.

8.2.2. Validation de la plage de l'analyseur de gaz, validation de la dérive et correction en fonction de la dérive

8.2.2.1. Validation de la plage de fonctionnement

Si un analyseur est utilisé à plus de 100 % de sa plage à un moment donné au cours de l'essai, il convient de procéder de la manière suivante:

8.2.2.1.1. Prélèvement par lots

En cas de prélèvement par lots, il faut analyser à nouveau l'échantillon en utilisant la plage de l'analyseur la plus faible qui donne la réponse maximale de l'instrument en dessous de 100 %. Le résultat doit être considéré comme la plage la plus faible à laquelle l'analyseur fonctionne en dessous de 100 % de sa plage pour l'ensemble de l'essai.

8.2.2.1.2. Prélèvement en continu

Pour le prélèvement en continu, on répète l'ensemble de l'essai en utilisant la plage immédiatement supérieure de l'analyseur. Si l'analyseur fonctionne à nouveau au-dessus de 100 % de sa plage, il faut répéter l'essai avec la plage plus élevée suivante. L'essai doit se poursuivre et être répété jusqu'à ce que l'analyseur fonctionne toujours à moins de 100 % de sa plage pour l'ensemble de l'essai.

8.2.2.2. Validation de la dérive et correction en fonction de la dérive

Si la dérive reste dans les limites de ± 1%, les données peuvent être acceptées sans correction ou après correction. Si la dérive est supérieure à ± 1 %, il faut calculer les deux ensembles des résultats d'émissions spécifiques au frein pour chaque polluant, ou bien l'essai est considéré comme nul. Un ensemble est calculé au moyen des données précédant la correction en fonction de la dérive et un autre ensemble de données est calculé après la correction de toutes les données en fonction de la dérive conformément au paragraphe A.1.6 de l'appendice A.1 et au paragraphe A.2.10 de l'appendice A.2 de l'annexe 5. La comparaison est faite en pourcentage des résultats non corrigés. La différence entre les valeurs d'émissions spécifiques au frein non corrigées et corrigées doit être inférieure à ±4 % des valeurs d'émissions spécifiques au frein non corrigées. Si tel n'est pas le cas, l'ensemble de l'essai est nul.

8.2.3. Préconditionnement et pesage du poids à vide du support de prélèvement des PM (par exemple les filtres)

Avant un essai d'émissions, on prend les mesures suivantes pour préparer le filtre à échantillon PM et l'équipement pour les mesures des PM:

8.2.3.1. Vérifications périodiques

On s'assure que la balance et les environnements de stabilisation des PM satisfont aux vérifications périodiques du paragraphe 8.1.12 de la présente annexe. Le filtre de référence est pesé juste avant que ne soient pesés les filtres soumis aux essais pour fixer un point de référence approprié (voir les détails de la procédure au paragraphe 8.1.12.1 de la présente annexe). La vérification de la stabilité des filtres de référence a lieu après la période de stabilisation faisant suite aux essais, immédiatement avant le pesage post-essai.

8.2.3.2. Inspection visuelle

Le filtre à échantillon inutilisé doit être inspecté visuellement pour repérer les défauts. Les filtres défectueux doivent être rejetés.

8.2.3.3. Mise à la masse

On utilise des pinces mises électriquement à la masse ou une bride de mise à la masse pour manipuler les filtres PM comme indiqué au paragraphe 9.3.4 de la présente annexe.

8.2.3.4. Supports d'échantillon inutilisés

Les supports d'échantillon non utilisés doivent être placés dans un ou plusieurs récipients qui sont ouverts à l'environnement de stabilisation des PM. Si l'on utilise des filtres, on peut les placer dans la moitié inférieure d'une cassette à filtre.

8.2.3.5. Stabilisation

Le support d'échantillon doit être stabilisé dans l'environnement de stabilisation des PM. Un support d'échantillon inutilisé peut être considéré comme stabilisé s'il a séjourné dans cet environnement pendant au moins 30 min, temps pendant lequel l'environnement de stabilisation des PM doit répondre aux spécifications du paragraphe 9.3.4. Toutefois, si une masse de PM de 400 μg ou plus est attendue, alors le support d'échantillon doit être stabilisé pendant au moins 60 min.

8.2.3.6. Pesage

Le support d'échantillon doit être pesé automatiquement ou manuellement de la manière suivante:

a) pour le pesage automatique, on suit les recommandations du fabricant du système pour préparer les échantillons en vue de leur pesage;

b) pour le pesage manuel, il convient de suivre des pratiques techniques reconnues;

c) facultativement, il est permis de faire un pesage de substitution (voir le paragraphe 8.2.3.10 de la présente annexe);

d) dès qu'un filtre a été pesé, il doit être remis dans la boîte de Petri et recouvert.

8.2.3.7. Correction en fonction de la flottabilité

Le poids mesuré doit être corrigé de la flottabilité comme indiqué au paragraphe 8.1.12.2 de la présente annexe.

8.2.3.8. Répétition

On peut répéter les mesures de la masse du filtre pour déterminer sa masse moyenne en suivant des pratiques techniques reconnues et pour exclure les aberrations dans les calculs de moyenne.

8.2.3.9. Mesure du poids à vide

Les filtres inutilisés qui ont été mesurés à vide doivent être mis dans une cassette à filtre propre et les cassettes ainsi chargées doivent être placées dans un conteneur recouvert ou fermé avant d'être amenées à la cellule d'essai pour prélèvement.

8.2.3.10. Pesage de substitution

Le pesage de substitution est une option qui, si elle est utilisée, fait intervenir la mesure d'un poids de référence avant et après chaque pesage d'un support d'échantillon PM (par exemple un filtre). Le pesage de substitution nécessite davantage de mesures, mais il permet de corriger une éventuelle dérive du zéro de la balance et il n'est fondé sur la linéarité de la balance que sur une plage étroite. Cela est particulièrement utile lorsqu'on quantifie des masses de PM totales qui sont inférieures à 0,1 % de la masse du support. Toutefois, un pesage de substitution n'est pas nécessairement approprié lorsque les masses de PM totales dépassent 1 % de la masse de l'échantillon. Si on utilise le pesage de substitution, il faut l'appliquer pour le pesage à la fois avant et après l'essai. On utilise le même poids de substitution pour le pré-essai et pour le post-essai. La masse du poids de substitution doit être corrigée de la flottabilité si la densité de ce poids est inférieure à 2,0 g/cm$^3$. Les étapes suivantes sont un exemple de pesage de substitution:

a) on utilise des pinces mises électriquement à la masse ou une bride de mise à la masse, comme indiqué au paragraphe 9.3.4.6 de la présente annexe;

b) on neutralisateur d'électricité statique doit être utilisé comme indiqué au paragraphe 9.3.4.6 de la présente annexe afin de réduire autant que possible la charge électrique statique de tout objet avant son placement sur le plateau de la balance;

c) il faut sélectionner un poids de substitution qui réponde aux spécifications des poids d'étalonnage du paragraphe 9.5.2 de la présente annexe. Le poids de substitution doit aussi avoir la même densité que le poids qui est utilisé pour régler la microbalance et doit avoir une masse similaire à celle d'un support échantillon inutilisé (par exemple un filtre). Si l'on utilise des filtres, la masse du poids doit être d'environ 80 à 100 mg pour des filtres d'un diamètre de 47 mm représentatifs;

d) la valeur stabilisée affichée par la balance doit être enregistrée puis le poids d'étalonnage doit être enlevé;

e) ensuite il faut peser un support d'échantillon non utilisé (un filtre neuf) et noter la valeur affichée stabilisée de même que le point de rosée de l'environnement de la balance, la température ambiante et la pression atmosphérique;

f) le poids d'étalonnage doit être pesé à nouveau et il faut prendre note de la valeur stabilisée affichée par la balance;

g) il faut calculer la moyenne arithmétique des deux valeurs lues pour le poids d'étalonnage qui ont été enregistrées immédiatement avant et après le pesage de l'échantillon inutilisé. La valeur moyenne doit ensuite être soustraite de la valeur affichée pour l'échantillon inutilisé et on ajoute alors la masse réelle du poids d'étalonnage telle qu'elle est indiquée sur le certificat du poids d'étalonnage. Ce résultat doit être noté. Il s'agit du poids à vide de l'échantillon sans correction pour la flottabilité;

h) ces étapes de pesage de substitution doivent être répétées pour les autres supports d'échantillon inutilisés;

i) les instructions données aux paragraphes 8.2.3.7 à 8.2.3.9 de la présente annexe doivent être suivies dès que le pesage est terminé.

8.2.4. Postconditionnement de l'échantillon de PM et pesage

Les filtres à échantillon de PM utilisés doivent être placés dans des récipients fermés ou scellés afin de protéger les filtres à échantillon contre la contamination ambiante. Ainsi protégés, les filtres en question doivent être renvoyés à la chambre de conditionnement du filtre PM. Ensuite, les filtres à échantillon de PM doivent être conditionnés et pesés.

8.2.4.1. Vérification périodique

Il faut s'assurer que les environnements de pesage et de stabilisation des PM ont satisfait aux vérifications périodiques visées au paragraphe 8.1.12.1 de la présente annexe. Lorsque les essais sont terminés, les filtres doivent être ramenés dans l'environnement de pesage et de stabilisation des PM. Celui-ci doit répondre aux exigences en matière de conditions ambiantes énoncées au paragraphe 9.3.4.4 de la présente annexe, faute de quoi les filtres soumis aux essais doivent rester couverts jusqu'à ce que les conditions appropriées soient établies.

8.2.4.2. Retrait des récipients scellés

Dans l'environnement de stabilisation des PM, les échantillons de PM doivent être retirés des récipients scellés. Les filtres peuvent être retirés de leurs cassettes avant ou après stabilisation. Lorsqu'un filtre est retiré d'une cassette, la moitié supérieure de la cassette doit être séparée de la moitié inférieure au moyen d'un séparateur de cassette spécialement conçu à cet effet.

8.2.4.3. Mise à la masse électrique

Pour manipuler les échantillons de PM, on utilise des pinces reliées électriquement à la masse ou une bride de mise à la masse, comme indiqué au paragraphe 9.3.4.5 ci-après.

8.2.4.4. Inspection visuelle

Les échantillons de PM collectés et la matière du filtre associé doivent être visuellement inspectés. Si l'état du filtre ou de l'échantillon de PM donne à penser qu'il y a eu des négligences ou si les matières particulaires ont pu entrer en contact avec toute autre surface que celle du filtre, on ne peut pas utiliser l'échantillon pour déterminer les émissions de particules. En cas de contact avec une autre surface, il faut nettoyer la surface touchée avant de poursuivre.

8.2.4.5. Stabilisation des échantillons de PM

Pour stabiliser des échantillons de PM, on doit les placer dans un ou plusieurs récipients qui sont exposés à l'environnement de stabilisation des PM défini au paragraphe 9.3.4.3 de la présente annexe. Un échantillon de PM est considéré comme stabilisé s'il a séjourné dans un tel environnement pour l'une des durées suivantes, au cours desquelles cet environnement de stabilisation est resté conforme aux conditions énoncées au paragraphe 9.3.4.3 ci-après:

a) si l'on prévoit que la concentration de PM sur la surface totale d'un filtre de PM sera supérieure à 0,353 µg/mm², en partant de l'hypothèse d'une charge de 400 µg sur une surface de filtration de 38 mm de diamètre, le filtre doit être exposé à l'environnement de stabilisation pendant 60 min au moins avant le pesage;

b) si l'on prévoit que la concentration de PM sur la surface totale du filtre sera inférieure à 0,353 µg/mm², le filtre doit être exposé à l'environnement de stabilisation pendant 30 min au moins avant le pesage;

c) si la concentration de PM sur la surface totale du filtre pendant l'essai est inconnue, le filtre doit être exposé à l'environnement de stabilisation pour une durée de 60 min au moins avant le pesage.

8.2.4.6. Détermination de la masse du filtre après l'essai

Il faut répéter les procédures du paragraphe 8.2.3 (paragraphe 8.2.3.6 à 8.2.3.9) de la présente annexe pour déterminer la masse du filtre après l'essai.

8.2.4.7. Masse totale

Chaque masse à vide de filtre corrigée de la flottabilité doit être soustraite de la masse après essai corrigée de la flottabilité. Le résultat est la masse totale, $m_{total}$, qui doit être utilisée dans les calculs d'émissions visés dans l'annexe 5.

9. ÉQUIPEMENT DE MESURE

9.1. Spécification du banc moteur

9.1.1. Travaux sur arbre

On utilise un banc moteur ayant les caractéristiques nécessaires pour effectuer le cycle de travail applicable, y compris la capacité de répondre aux critères appropriés de validation du cycle. On peut utiliser les dynamomètres suivants:

a) dynamomètres à courant de Foucault ou dynamomètres à frein hydraulique;

b) dynamomètres à courant alternatif ou à courant continu;

c) un ou plusieurs dynamomètres.

9.1.2. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC)

Pour les mesures de couple on peut utiliser un capteur de force ou un instrument de mesure du couple.

Lorsqu'on utilise un capteur de force, le signal de couple doit être transféré à l'axe du moteur et l'inertie du dynamomètre doit être prise en considération. Le couple moteur réel est le couple lu sur le capteur de force, majoré du moment d'inertie du frein multiplié par l'accélération angulaire. Le système de commande doit effectuer un tel calcul en temps réel.

9.1.3. Accessoires du moteur

Le travail des accessoires du moteur nécessaires pour alimenter le moteur en carburant, le lubrifier ou le chauffer, assurer la circulation du liquide de refroidissement vers le moteur ou actionner des dispositifs de traitement aval doit être pris en compte; les accessoires doivent être installés conformément aux indications du paragraphe 6.3.

9.1.4. Dispositif de fixation du moteur et système d'arbre de transmission (catégorie NRSh)

Si nécessaire pour mener correctement l'essai d'un moteur de catégorie NRSh, on utilisera le dispositif de fixation du moteur pour le banc d'essai et le système d'arbre de transmission pour la connexion au système rotatif du dynamomètre spécifiés par le constructeur.

9.2. Procédure de dilution (le cas échéant)

9.2.1. Conditions pour la dilution et concentrations ambiantes

Les constituants gazeux peuvent être mesurés directement ou en dilution, alors que la mesure des PM nécessite généralement une dilution. Celle-ci peut être réalisée par un système de dilution du flux total ou du flux partiel. Lorsqu'on utilise la dilution, les gaz d'échappement peuvent être dilués avec de l'air ambiant, de l'air synthétique ou de l'azote. Pour les mesures des émissions gazeuses, le gaz diluant doit être à une température de 288 K (15 °C) au moins. Pour le prélèvement des PM, la température du gaz diluant est spécifiée aux paragraphes 9.2.2 (pour le système CVS) et 9.2.3 (pour le système PFD) de la présente annexe, avec des taux de dilution variables. Le débit du système de dilution doit être suffisamment grand pour éliminer complètement l'eau de condensation dans la dilution et les systèmes de prélèvement. La déshumidification de l'air de dilution avant son entrée dans le système de dilution est permise si l'humidité de l'air est élevée. Les parois du tunnel de dilution peuvent être chauffées ou isolées, de même que l'ensemble du tubage en aval du tunnel pour éviter la précipitation de constituants contenant de l'eau lors du passage d'une phase gazeuse à une phase liquide («condensation aqueuse»).

Avant qu'un gaz diluant ne soit mélangé avec les gaz d'échappement, il faut le préconditionner par augmentation ou diminution de sa température ou de son humidité. On peut enlever des éléments constitutifs du gaz diluant pour réduire les concentrations ambiantes. Les dispositions suivantes s'appliquent à la suppression d'éléments constitutifs ou à la prise en compte des concentrations ambiantes:

a) on peut mesurer les concentrations des constituants dans le gaz diluant et compenser les effets des concentrations ambiantes sur les résultats d'essai. Voir l'annexe 5 pour les calculs à faire pour compenser ces effets;

b) les changements suivants aux prescriptions des paragraphes 7.2, 9.3 et 9.4 de la présente annexe sont permis pour mesurer les polluants gazeux ou particulaires du fond:

i) il n'est pas nécessaire d'utiliser un échantillon proportionnel;

ii) des systèmes de prélèvement non chauffés peuvent être utilisés;

iii) le prélèvement continu peut être utilisé indépendamment de l'utilisation du prélèvement par lots pour les émissions diluées;

iv) le prélèvement par lots peut être utilisé indépendamment de l'utilisation du prélèvement continu pour les émissions diluées;

c) pour prendre en compte les PM ambiantes, les options suivantes sont possibles:

i) pour enlever les PM ambiantes, il faut filtrer le gaz diluant avec des filtres HEPA (filtres à particules à haute efficacité) ayant une spécification d'efficacité de la collecte minimale initiale de 99,97 % (voir paragraphe 2.1.42 du présent règlement, qui traite des procédures relatives aux efficacités de la filtration HEPA);

ii) pour effectuer les corrections en fonction des PM ambiantes sans filtration HEPA, il faut que les PM ambiantes ne contribuent pas pour plus de 50 % à la quantité nette des PM collectées sur le filtre de prélèvement;

iii) la correction en fonction de la quantité nette des PM pour tenir compte des concentrations ambiantes est permise sans restriction de pression avec la filtration HEPA.

9.2.2 Système à flux total

Dilution du flux total, prélèvement à volume constant (CVS). Le flux total des gaz d'échappement bruts est dilué dans un tunnel de dilution. On peut rendre le débit constant en maintenant la température et la pression au niveau du débitmètre dans les limites prescrites. Si le débit n'est pas constant, il est mesuré directement pour permettre le prélèvement proportionnel. Le système doit être conçu de la manière suivante (voir figure A.4-5):

a) on utilise un tunnel dont les surfaces internes sont en acier inoxydable. L'ensemble du tunnel de dilution doit être relié électriquement à la masse. À défaut, des matériaux non conducteurs peuvent être utilisés pour des catégories de moteurs qui ne sont pas soumises à des limites de masse ni de nombre de particules;

b) la contre-pression du système d'échappement ne doit pas être artificiellement abaissée par le système d'entrée d'air de dilution. La pression statique à l'emplacement où les gaz d'échappement bruts sont introduits dans le tunnel doit être maintenue dans les limites de ± 1,2 kPa autour de la pression atmosphérique;

c) pour faciliter le mélange, il faut introduire les gaz d'échappement bruts dans le tunnel en les dirigeant vers l'aval le long de la ligne centrale du tunnel. On peut introduire une fraction de l'air de dilution radialement depuis la surface interne du tunnel pour réduire autant que possible l'interaction des gaz d'échappement avec les parois du tunnel;

d) pour le prélèvement des PM, il faut maintenir la température des gaz diluants (air ambiant, air synthétique ou azote comme indiqué au paragraphe 9.2.1 de la présente annexe) entre 293 et 325 K (20 et 52 °C) à proximité de l'entrée du tunnel de dilution;

e) le nombre de Reynolds, Re, doit être d'au moins 4000 pour le flux d'échappement dilué, où Re est fondé sur le diamètre intérieur du tunnel de dilution. Re est défini dans l'annexe 5. Le contrôle de la qualité du mélange doit être effectué lorsque celui-ci traverse une sonde de prélèvement en travers du diamètre du tunnel, verticalement et horizontalement. Si la réponse de l'analyseur fait apparaître un écart dépassant les limites de ± 2 % autour de la concentration moyenne mesurée, il faut utiliser le CVS à un débit supérieur, ou bien fixer une plaquette ou un orifice de mélange pour améliorer le mélange;

f) conditionnement avant la mesure du débit. Les gaz d'échappement dilués peuvent être conditionnés avant la mesure de leur débit, pour autant que ce conditionnement ait lieu en aval des sondes chauffées de prélèvement HC ou PM, de la manière suivante:

i) on peut utiliser des redresseurs de flux, des amortisseurs de pulsation ou les deux;

ii) on peut utiliser un filtre;

iii) on peut utiliser un échangeur de chaleur pour gérer la température en amont de tout débitmètre, mais des précautions doivent être prises pour empêcher la condensation aqueuse;

g) condensation aqueuse:

La condensation aqueuse est fonction de l'humidité, de la pression, de la température et de la concentration d'autres éléments constitutifs tels que l'acide sulfurique. Ces paramètres varient en fonction de l'humidité de l'air d'admission et de l'humidité de l'air de dilution, du rapport air-combustible et de la composition du carburant, y compris sa teneur en hydrogène et en soufre.

Pour s'assurer que l'on mesure un débit qui correspond à une concentration mesurée il faut soit empêcher la formation de condensation aqueuse entre l'emplacement de la sonde de prélèvement et l'entrée du débitmètre dans le tunnel de dilution, soit laisser la condensation se former pour ensuite mesurer le débit à l'entrée du débitmètre. Les parois du tunnel de dilution ou les tubes du flux brut en aval du tunnel peuvent être chauffés ou isolés pour empêcher la condensation aqueuse. Il faut empêcher celle-ci de se produire dans l'ensemble du tunnel de dilution. Certains constituants des gaz d'échappement peuvent être dilués ou supprimés en cas de présence d'humidité;

Pour le prélèvement des PM, le débit déjà proportionnel provenant du CVS subit une (ou plusieurs) dilution(s) secondaire(s) pour aboutir au taux de dilution global nécessaire comme indiqué sur la figure A.4-6 et au paragraphe 9.2.3.2 de la présente annexe;

h) le taux de dilution global minimal doit être compris dans la plage de 5:1 à 7:1 et d'au moins 2:1 pour l'étape de dilution primaire sur la base du débit maximal des gaz d'échappement du moteur pendant le cycle d'essai ou l'intervalle d'essai;

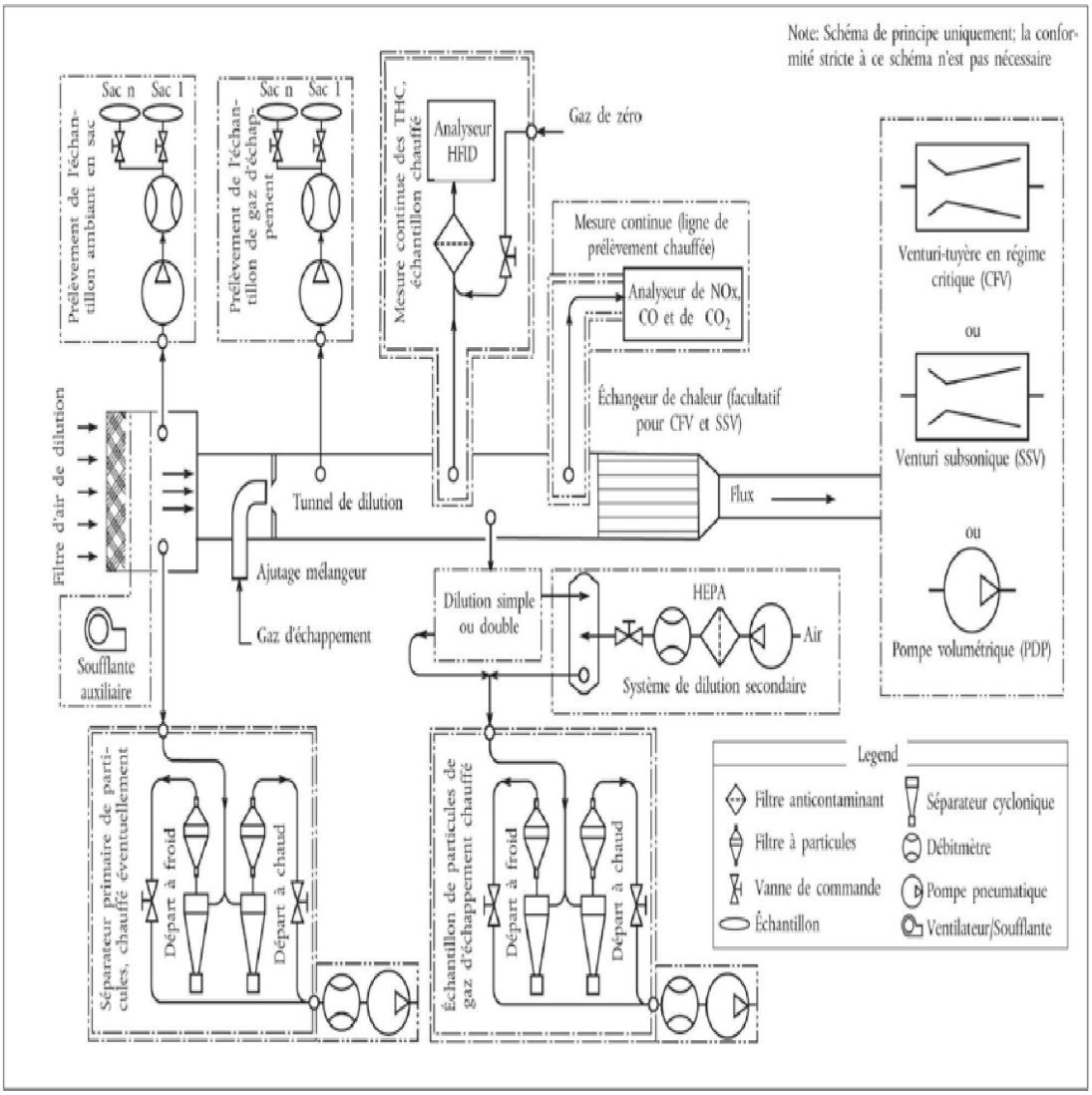
i) le temps global de présence dans le système doit être compris entre 0,5 et 5 s, tel que mesuré depuis le point de l'introduction du gaz diluant dans le ou les porte-filtres;

j) le temps de présence dans le système de dilution secondaire, s'il y en a un, doit être d'au moins 0,5 s, lorsqu'il est mesuré depuis le point de l'introduction du gaz diluant secondaire dans le ou les porte-filtres.

Pour déterminer la masse des matières particulaires, il faut un système de prélèvement des particules, un filtre de prélèvement des particules, une balance gravimétrique ainsi qu'une chambre de pesage à température et humidité contrôlées.

*Figure A.4-5*

**Exemples de configurations pour le prélèvement avec dilution du flux total**




9.2.3. Système de dilution du flux partiel (PFD)

9.2.3.1. Description du système à flux partiel

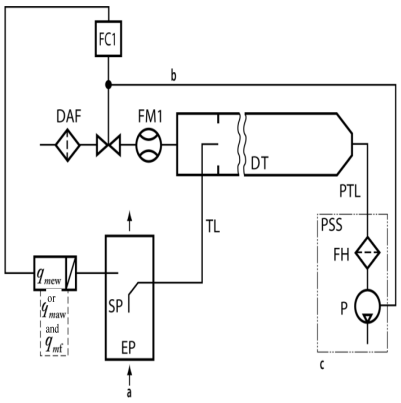
Un schéma de système PFD est montré sur la figure A.4-6. Il s'agit d'un schéma simple montrant les principes de l'extraction de l'échantillon, la dilution, et le prélèvement des PM. Il n'a pas pour but d'indiquer que tous les composants décrits sur la figure sont nécessaires pour d'autres systèmes de prélèvement qui répondent au but de prélèvement d'échantillons. D'autres configurations qui ne correspondent pas à ce schéma sont permises à condition qu'elles aient le même objet en matière de collecte d'échantillons, de dilution et de prélèvement des PM. Elles doivent satisfaire à d'autres critères visés dans la présente annexe tels que ceux des paragraphes 8.1.8.6 (étalonnage périodique) et 8.2.1.2 (validation) pour les systèmes PFD à dilution variable, et ceux du paragraphe 8.1.4.5, du tableau A.4-5 (vérification de la linéarité) et du paragraphe 8.1.8.5.7 (vérification) pour les systèmes PFD à dilution constante.

Comme il apparaît sur la figure A.4-6, les gaz d'échappement bruts ou le flux dilué primaire sont transférés du tuyau d'échappement ou depuis le CVS respectivement dans le tunnel de dilution DT via la sonde de prélèvement SE et la ligne de transfert TL. Le débit total qui traverse le tunnel est ajusté au moyen d'un régulateur de débit et de la pompe de prélèvement P du système de prélèvement des particules (PSS). Pour le prélèvement proportionnel des gaz d'échappement bruts, le débit d'air de dilution est contrôlé par le régulateur de débit FC1, qui peut utiliser comme signal de commande pour la division des gaz d'échappement souhaitée $q_{mew}$ (débit massique de gaz d'échappement à l'état humide) ou $q_{maw}$ (débit massique d'air d'admission à l'état humide) et $q_{mf}$ (débit massique de carburant). Le débit de prélèvement dans le tunnel de dilution DT est la différence entre le débit total et le débit d'air de dilution. Le débit d'air de dilution est mesuré avec le dispositif de mesure du débit FM1, le débit total avec le dispositif de mesure du débit du système de prélèvement des particules. Le taux de dilution est calculé à partir de ces deux débits. Pour le prélèvement avec un taux de dilution constant des gaz d'échappement bruts ou dilués par rapport au débit de gaz d'échappement (par exemple une dilution secondaire pour le prélèvement des PM), le débit d'air de dilution est généralement constant et réglé par le contrôleur de débit FC1 ou la pompe d'air de dilution.

L'air de dilution (air ambiant, air synthétique ou azote) doit être filtré au moyen d'un filtre PM à grande efficacité (HEPA).

*Figure A.4-6*

**Schéma du système de dilution du flux partiel (type à prélèvement total)**




*a* = Gaz d'échappement ou flux dilué primaire.

*b* = Facultatif.

*c* = Prélèvement de PM.

Composants de la figure A.4-6:

*DAF* = Filtre d'air de dilution — L'air de dilution (air ambiant, air synthétique ou azote) doit être filtré au moyen d'un filtre PM à grande efficacité (HEPA)

*DT* = Tunnel de dilution ou système de dilution secondaire

*EP* = Tuyau d'échappement ou système de dilution primaire

*FC1* = Régulateur de débit

*FH* = Porte-filtre

*FM1* = Dispositif de mesure du débit d'air de dilution

*P* = Pompe de prélèvement

*PSS* = Système de prélèvement des PM

*PTL* = Ligne de transfert des PM

*SP* = Sonde de prélèvement des gaz d'échappement bruts ou dilués

*TL* = Ligne de transfert

Débits massiques applicables uniquement au prélèvement PFD proportionnel des gaz d'échappement bruts:

$q_{mew}$ = Débit-masse des gaz d'échappement en conditions humides

$q_{maw}$ = Débit-masse d'air d'admission en conditions humides

$q_{mf}$ = Débit-masse du carburant.

9.2.3.2. Dilution

Il faut maintenir la température des gaz diluants (air ambiant, air synthétique ou azote comme indiqué au paragraphe 9.2.1) entre 293 et 325 K (20 et 52 °C) à proximité de l'entrée du tunnel de dilution.

Il est permis de déshumidifier l'air de dilution avant que celui-ci n'entre dans le système de dilution. Le système de dilution du flux partiel doit être conçu de manière à extraire un échantillon de gaz d'échappement bruts proportionnel du flux d'échappement du moteur, répondant ainsi aux excursions dans le débit d'échappement, et à introduire l'air de dilution dans cet échantillon pour aboutir au niveau du filtre d'essai à une température conforme au paragraphe 9.3.3.4.3 de la présente annexe. Il est donc indispensable que le taux de dilution soit déterminé de telle manière que les prescriptions de précision du paragraphe 8.1.8.6.1 de la présente annexe soient satisfaites.

Pour s'assurer que l'on mesure un débit qui correspond à une concentration mesurée il faut soit empêcher la formation de condensation aqueuse entre l'emplacement de la sonde de prélèvement et l'entrée du débitmètre dans le tunnel de dilution, soit laisser la condensation se former pour ensuite mesurer le débit à l'entrée du débitmètre. On peut chauffer ou isoler le système PFD pour empêcher la condensation aqueuse. Il faut empêcher celle-ci de se produire dans l'ensemble du tunnel de dilution.

Le taux de dilution minimal doit être compris dans la plage de 5:1 à 7:1 sur la base du débit de gaz d'échappement maximal du moteur au cours du cycle ou de l'intervalle d'essai.

Le temps de présence dans le système doit être compris entre 0,5 et 5 s, tel que mesuré depuis le point de l'introduction du gaz diluant dans le ou les porte-filtres.

Pour déterminer la masse des matières particulaires, il faut un système de prélèvement des particules, un filtre de prélèvement des particules, une balance gravimétrique ainsi qu'une chambre de pesage à température et humidité contrôlées.

9.2.3.3. Applicabilité

On peut utiliser le système PFD pour extraire un échantillon de gaz d'échappement bruts proportionnel pour tout prélèvement par lots ou en continu de PM et d'émissions gazeuses sur tout cycle de fonctionnement en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC), sur tout cycle NRSC à modes discrets ou tout cycle de fonctionnement RMC.

Le système peut être utilisé également pour des gaz d'échappement dilués au préalable dans lesquels est déjà dilué un flux proportionnel selon un taux de dilution constant (voir figure A.4-6). C'est ainsi qu'est effectuée la dilution secondaire à partir d'un tunnel CVS pour obtenir le taux de dilution global nécessaire pour le prélèvement des PM.

9.2.3.4. Étalonnage

L'étalonnage du système PFD pour extraire un échantillon de gaz d'échappement proportionnel est examiné au paragraphe 8.1.8.6 de la présente annexe.

9.3. Procédures de prélèvement

9.3.1. Prescriptions générales

9.3.1.1. Conception et construction de la sonde

La sonde est le premier élément d'un système de prélèvement. Elle fait saillie dans un flux de gaz d'échappement bruts ou dilués pour en extraire un échantillon, de telle manière que ses surfaces intérieure et extérieure soient en contact avec l'échappement. L'échantillon est amené depuis la sonde dans une ligne de transfert.

Les sondes de prélèvement doivent être faites avec des surfaces internes en acier inoxydable ou, pour le prélèvement de gaz bruts, en un matériau quelconque non réactif capable de supporter les températures des gaz d'échappement bruts. Les sondes de prélèvement doivent être situées là où les constituants sont mélangés pour atteindre leur concentration d'échantillon moyenne et là où l'interférence avec d'autres sondes est réduite au minimum. Il est recommandé de veiller à éviter toute perturbation des sondes par les effets de couche limite, de sillage et de contre-courants, en particulier près de la sortie d'une conduite de gaz d'échappement bruts où une dilution non intentionnelle peut se produire. Le nettoyage ou la purge d'une sonde ne doit pas perturber une autre sonde pendant les essais. Une même sonde peut être utilisée pour extraire un échantillon de plusieurs constituants, à condition que cette sonde réponde aux spécifications imposées pour chaque constituant.

9.3.1.1.1. Chambre de mélange (catégorie NRSh)

Si le constructeur le permet, une chambre de mélange peut être utilisée pour l'essai de moteurs de catégorie NRSh. La chambre de mélange est un composant facultatif d'un système de prélèvement de gaz bruts qui se situe dans le système d'échappement, entre le silencieux et la sonde de prélèvement. La forme et les dimensions de la chambre de mélange et des tuyauteries avant et après doivent être telles qu'elle fournisse un échantillon homogène, bien mélangé, à l'emplacement de la sonde de prélèvement et de telle sorte que les fortes pulsations ou résonances de la chambre influençant les résultats d'émissions soient évitées.

9.3.1.2. Lignes de transfert

Il faut faire en sorte que les lignes de transfert qui acheminent un échantillon d'une sonde jusqu'à un analyseur, un support de stockage ou un système de dilution soient aussi courtes que possible en plaçant les analyseurs, les supports de stockage et les systèmes de dilution aussi près que possible des sondes. Le nombre de courbes dans les lignes de transfert doit être maintenu au minimum et le rayon de courbure de toute courbe inévitable doit toujours être le plus grand possible.

9.3.1.3. Méthodes de prélèvement

Pour le prélèvement continu et le prélèvement par lots, présentés au paragraphe 7.2 de la présente annexe, les conditions suivantes s'appliquent:

a) lorsque l'on extrait un flux à débit constant, le prélèvement d'échantillon doit également être effectué à débit constant;

b) lorsque l'on extrait un flux à débit variable, le prélèvement d'échantillon doit également varier en proportion de celui-ci;

c) le prélèvement proportionnel doit être validé comme indiqué au paragraphe 8.2.1 de la présente annexe.

9.3.2. Prélèvement des émissions gazeuses

9.3.2.1. Sondes de prélèvement

On utilise des sondes à orifice unique ou à orifices multiples pour le prélèvement des émissions gazeuses. Les sondes peuvent être orientées dans n'importe quelle direction par rapport au flux d'échappement brut ou dilué. Pour certaines sondes, la température de l'échantillon doit être réglée de la manière suivante:

a) dans le cas des sondes qui prélèvent les $NO_X$ dans les gaz d'échappement dilués, la température de leur paroi doit être maintenue sous contrôle pour éviter la condensation aqueuse;

b) dans le cas des sondes d'extraction des hydrocarbures, il est recommandé que la température de leur paroi soit maintenue à environ 464 K (191 °C) pour réduire autant que possible la contamination.

9.3.2.1.1. Chambre de mélange (catégorie NRSh)

Lorsqu'une chambre de mélange est utilisée conformément au paragraphe 9.3.1.1.1 de la présente annexe, son volume interne ne doit pas être inférieur à 10 fois la cylindrée du moteur soumis à l'essai. La chambre de mélange doit être couplée aussi près que possible au silencieux du moteur et doit avoir une température de surface interne minimale de 452 K (179 °C). Le constructeur peut spécifier la conception de la chambre de mélange.

9.3.2.2. Lignes de transfert

On utilise des lignes de transfert dont les surfaces internes sont en acier inoxydable, en PTFE, en Viton™ ou tout autre matériau qui a des propriétés meilleures pour prélever des échantillons de gaz émis. On utilise un matériau non réactif capable de résister aux températures des gaz d'échappement. On peut utiliser des filtres en ligne si le filtre et son boîtier répondent aux mêmes conditions de température que les lignes de transfert, à savoir:

a) pour les lignes de transfert de $NO_X$ en amont soit d'un convertisseur $NO_2$ à NO répondant aux spécifications du paragraphe 8.1.11.5 de la présente annexe, soit d'un refroidisseur conforme aux spécifications du paragraphe 8.1.11.4 de ladite annexe, il faut maintenir une température d'échantillon qui empêche la condensation aqueuse;

b) pour les lignes de transfert des THC, il faut maintenir sur l'ensemble de la ligne une température de 464 ± 11 K (191 ± 11 °C). Si l'échantillon est prélevé sur les gaz d'échappement bruts, on peut connecter directement à la sonde une ligne de transfert isolée non chauffée. La longueur et l'isolation de la ligne de transfert doivent être conçues pour refroidir les gaz d'échappement bruts atteignant les températures les plus élevées attendues sans toutefois les amener en dessous de 464 K (191 °C), les températures étant mesurées à la sortie de la ligne de transfert. Pour le prélèvement sur les gaz d'échappement dilués, une zone de transition pouvant atteindre une longueur de 0,92 m est autorisée entre la sonde et la ligne de transfert afin de permettre la transition avec la température de la paroi à 464 ± 11 K (191 ± 11 °C).

9.3.2.3. Composants pour le conditionnement des échantillons

9.3.2.3.1. Sécheurs d'échantillons

9.3.2.3.1.1. Prescriptions

Des sécheurs d'échantillons peuvent être utilisés pour éliminer l'humidité de l'échantillon afin de diminuer l'effet de l'eau sur la mesure des émissions gazeuses. Les sécheurs d'échantillons doivent satisfaire aux prescriptions des paragraphes 9.3.2.3.1.1 et 9.3.2.3.1.2 de la présente annexe. Dans l'équation A.5-13, on utilise une teneur en humidité de 0,8 % de $H_2O$ en volume.

En ce qui concerne la concentration $H_m$ de vapeur d'eau la plus élevée attendue, la technique de suppression de l'eau doit permettre de maintenir l'humidité à 5 g eau/kg air sec ou moins (ou environ 0,8 % de $H_2O$ en volume), ce qui représente une humidité relative de 100 % à 277,1 K (3,9 °C) et 101,3 kPa. Cette spécification relative à l'humidité équivaut aussi à une humidité relative d'environ 25 % à 298 K (25 °C) et 101,3 kPa. Ceci peut être démontré:

a) en mesurant la température à la sortie du sécheur d'échantillon; ou

b) en mesurant l'humidité en un point juste en amont du CLD; ou

c) en appliquant la procédure de vérification du paragraphe 8.1.8.5.8 de la présente annexe.

9.3.2.3.1.2. Types de sécheur d'échantillons autorisés et procédures à suivre pour évaluer la teneur en eau après le séchage

On peut utiliser n'importe quel type de sécheur d'échantillons décrit dans le présent paragraphe pour diminuer l'effet de l'eau sur la mesure des émissions gazeuses.

a) si l'on utilise un sécheur à membrane osmotique en amont d'un analyseur de gaz ou d'un support de stockage, il faut respecter les spécifications de température du paragraphe 9.3.2.2 de la présente annexe. Il faut surveiller le point de rosée, $T_{dew}$, et la pression absolue, $p_{total}$, en aval d'un sécheur à membrane osmotique. On calcule la quantité d'eau comme indiqué dans l'annexe 5 en utilisant les valeurs enregistrées en permanence de $T_{dew}$ et $p_{total}$ ou leurs valeurs de crête observées lors d'un essai ou leurs valeurs de réglage d'alarme. En l'absence d'une mesure directe, la valeur nominale de $p_{total}$ est donnée par la pression absolue la plus basse du sécheur attendue pendant l'essai;

b) on ne peut pas utiliser un refroidisseur thermique en amont d'un système de mesure des THC dans le cas des moteurs à allumage par compression. Si l'on utilise un refroidisseur thermique en amont d'un convertisseur $NO_2$ à NO ou dans un système de prélèvement sans convertisseur $NO_2$ à NO, le refroidisseur doit être conforme au contrôle de calcul des performances en ce qui concerne la perte de $NO_2$ comme spécifié au paragraphe 8.1.11.4 de la présente annexe. Il faut garder sous surveillance le point de rosée, $T_{dew}$, et la pression absolue, $p_{total}$, en aval d'un refroidisseur thermique. On calcule la quantité d'eau comme indiqué dans l'annexe 5 en utilisant les valeurs enregistrées en permanence de $T_{dew}$ et $p_{total}$ ou leurs valeurs de crête observées lors d'un essai ou leurs valeurs de réglage d'alarme. En l'absence d'une mesure directe, la valeur nominale de $p_{total}$ est donnée par la pression absolue la plus basse du refroidisseur thermique attendue pendant l'essai. Si l'on peut valablement faire une hypothèse sur le degré de saturation dans le refroidisseur thermique, on peut calculer $T_{dew}$ sur la base de l'efficacité, connue, du refroidisseur, et de la surveillance continue de la température du refroidisseur, $T_{chiller}$. Si l'on n'enregistre pas en continu les valeurs de $T_{chiller}$ on peut utiliser sa valeur de crête observée au cours d'un essai ou sa valeur de réglage d'alarme comme une valeur constante pour déterminer une quantité constante d'eau conformément à l'annexe 5. Si l'on peut valablement prendre pour hypothèse que $T_{chiller}$ est égal à $T_{dew}$, on peut utiliser $T_{chiller}$ à la place de $T_{dew}$ conformément à l'annexe 5. Si l'on peut valablement prendre pour hypothèse qu'il y a un décalage de température constant entre $T_{chiller}$ et $T_{dew}$, dû à un niveau connu et fixe de réchauffement de l'échantillon entre la sortie du refroidisseur et l'emplacement de mesure de la température, ce décalage de température peut être utilisé comme facteur dans les calculs des émissions. La validité de toute hypothèse autorisée par le présent paragraphe doit être fondée sur une analyse technique ou sur les données disponibles.

9.3.2.3.2. Pompes de prélèvement

On utilise les pompes de prélèvement en amont de tout analyseur ou support de stockage de tout gaz. Ces pompes doivent avoir des surfaces internes en acier inoxydable, en PTFE, ou en tout autre matériau ayant de meilleures propriétés pour le prélèvement de gaz émis. Pour certaines pompes de prélèvement, on règle la température de la manière suivante:

a) si l'on utilise une pompe de prélèvement des $NO_X$ en amont d'un convertisseur $NO_2$ à NO conforme au paragraphe 8.1.11.5 ou un refroidisseur conforme au paragraphe 8.1.11.4 de la présente annexe, il convient de les chauffer pour éviter la condensation aqueuse;

b) si l'on utilise une pompe de prélèvement des THC en amont d'un analyseur de THC ou si un support de stockage est utilisé, ses surfaces internes doivent être chauffées à 464 ± 11 K (191 ± 11 °C).

9.3.2.3.3. Épurateurs d'ammoniac

Des épurateurs d'ammoniac peuvent être utilisés pour certains ou l'ensemble des systèmes de prélèvement de gaz pour éviter les interférences du $NH_3$, la contamination du convertisseur $NO_2$ à NO et les dépôts dans le système de prélèvement ou les analyseurs. L'épurateur d'ammoniac doit être installé conformément aux recommandations du constructeur.

9.3.2.4. Support de stockage d'échantillons

Dans le cas du prélèvement en sacs, les volumes de gaz doivent être mis dans des conteneurs suffisamment propres qui, de manière extrêmement faible seulement, laissent s'échapper les gaz ou permettent la pénétration des gaz. Il faut s'appuyer sur des pratiques techniques reconnues pour déterminer des seuils acceptables de propreté et de perméabilité du support de stockage. Pour nettoyer un conteneur, on peut le purger à plusieurs reprises et le vider pour ensuite le chauffer. On utilise un conteneur flexible (tel qu'un sac) dans un environnement où la température est maintenue sous contrôle, ou un conteneur rigide réglé en température qui est initialement vidé ou qui a un volume pouvant être déplacé, du fait par exemple de la présence d'un piston et d'un cylindre. On utilise des conteneurs conformes aux spécifications du tableau A.4-6 ci-dessous.

*Tableau A.4-6*

**Matériaux des récipients pour prélèvement gazeux par lots**

| | |
|---|---|
| CO, $CO_2$, $O_2$, $CH_4$, $C_2H_6$, $C_3H_8$, NO, $NO_{22}$[1] | Fluorure de polyvinyle (PVF)[2] (Tedlar® par exemple), fluorure de polyvinylidène[2] (Kynar® par exemple) polytétrafluoroéthylène[3] (Teflon® par exemple) ou acier inoxydable[3] |
| HC | Polytétrafluoroéthylène[4] (Teflon® par exemple) ou acier inoxydable[4] |

[1] À condition d'empêcher la condensation aqueuse dans le conteneur.
[2] Jusqu'à 313 K (40 °C).
[3] Jusqu'à 475 K (202 °C).
[4] À 464 ± 11 K (191 ± 11 °C).

9.3.3. Prélèvement des particules (PM)

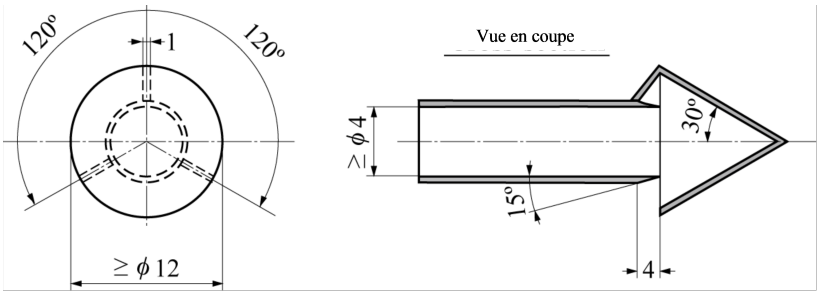
9.3.3.1. Sondes de prélèvement

On utilise des sondes PM avec un orifice unique à l'extrémité. Elles doivent être orientées de manière à faire directement face à l'amont.

La sonde de prélèvement de PM peut être protégée par une coiffe conforme aux exigences définies dans la figure A.4-7. Dans ce cas, on n'utilise pas le séparateur primaire décrit au paragraphe 9.3.3.3 de la présente annexe.

*Figure A.4-7*

**Représentation d'une sonde de prélèvement pourvue d'un séparateur primaire en forme de coiffe conique**




9.3.3.2. Lignes de transfert

Il est recommandé d'utiliser des lignes de transfert isolées ou chauffées, pour réduire autant que possible les différences de température entre les lignes de transfert et les constituants des gaz d'échappement. On utilise des lignes de transfert qui sont inertes par rapport aux PM et qui sont électriquement conductrices sur leurs faces intérieures. Il est recommandé d'utiliser pour les PM des lignes de transfert en acier inoxydable, mais on peut utiliser tout autre matériau ayant les mêmes qualités pour le prélèvement. La face interne des lignes de transfert de PM doit être reliée électriquement à la masse.

9.3.3.3. Séparateur primaire

Il est permis d'utiliser un séparateur primaire de PM pour enlever les particules de grand diamètre; le séparateur primaire doit être installé dans le système de dilution directement avant le porte-filtre. Un seul séparateur primaire est autorisé. Si l'on utilise une sonde à coiffe conique (voir figure A.4-7), il est interdit d'utiliser un séparateur primaire.

Le séparateur primaire de PM doit être soit un impacteur par inertie, soit un séparateur cyclonique, en acier inoxydable. Le séparateur primaire doit avoir la capacité de retenir au moins 50 % des PM d'un diamètre aérodynamique de 10 µm et pas plus de 1 % des PM d'un diamètre aérodynamique de 1 µm sur la plage des débits pour lesquels il est utilisé. La sortie du séparateur primaire doit être configurée avec un dispositif permettant de contourner tout filtre à échantillons de PM de telle manière que le débit du séparateur primaire puisse être stabilisé avant le commencement d'un essai. Le filtre à échantillons de PM doit être situé à 75 cm au plus en aval de la sortie du séparateur primaire.

9.3.3.4. Filtre à échantillons

Les gaz d'échappement dilués doivent être prélevés au moyen d'un filtre répondant aux prescriptions des paragraphe 9.3.3.4.1 à 9.3.3.4.4 de la présente annexe pendant la séquence d'essai.

9.3.3.4.1. Caractéristiques des filtres

Tous les types de filtre doivent avoir une efficacité de captage d'au moins 99,7 %. Les dimensions annoncées par le fabricant pour son filtre à échantillons peuvent être utilisées pour montrer qu'il est satisfait à cette prescription. La matière du filtre doit être:

a) de la fibre de verre revêtue de fluorocarbone (PTFE); ou

b) une membrane de fluorocarbone (PTFE).

Si la masse nette des PM attendue sur le filtre dépasse 400 µg, on peut utiliser un filtre ayant une efficacité de collecte initiale minimale de 98 %.

9.3.3.4.2. Taille du filtre

Le diamètre nominal du filtre doit être de 46,50 ± 0,6 mm (diamètre de la zone de dépôt d'au moins 37 mm). Des filtres de grand diamètre peuvent être utilisés avec l'accord préalable de l'autorité d'homologation de type. Il est recommandé que la surface de filtration soit proportionnelle au diamètre du filtre.

9.3.3.4.3. Dilution et régulation de la température des échantillons de PM

Les échantillons de PM doivent être dilués au moins une fois en amont des lignes de transfert dans le cas d'un système CVS et en aval dans le cas d'un système PFD (voir paragraphe 9.3.3.2 de la présente annexe relatif aux lignes de transfert). La température des échantillons doit être réglée à 320 ± 5 K (47 ± 5 °C) lorsqu'elle est mesurée en tout point situé dans les 200 mm en amont ou les 200 mm en aval du support de filtrage des PM. L'échantillon de PM doit être chauffé ou refroidi essentiellement du fait des conditions de dilution, comme indiqué au point a) du paragraphe 9.2.1 de la présente annexe.

9.3.3.4.4. Vitesse nominale dans le filtre

La vitesse nominale dans le filtre doit être comprise entre 0,90 et 1,00 m/s et moins de 5 % des valeurs enregistrées doivent se situer en dehors de cette plage. Si la masse totale de PM dépasse 400 µg, on peut diminuer cette vitesse. On calcule ladite vitesse en divisant le débit volumique de l'échantillon à la pression en amont du filtre et à la température à la surface du filtre par la superficie exposée du filtre. La pression dans la pipe du système d'échappement ou dans le tunnel CVS doit être utilisée pour la pression en amont si la chute de pression due au passage dans l'échantillonneur de PM jusqu'au filtre est inférieure à 2 kPa.

9.3.3.4.5. Porte-filtre

Pour réduire autant que possible le dépôt turbulent et pour déposer les PM de manière uniforme sur un filtre, il convient d'utiliser un angle conique divergent de 12,5° (à partir du centre) jusqu'à la transition entre le diamètre intérieur de la ligne de transfert et le diamètre de la partie exposée de la surface du filtre. Pour cette transition on utilise de l'acier inoxydable.

9.3.4. Conditions de stabilisation et de pesage des PM pour l'analyse gravimétrique

9.3.4.1. Environnement pour l'analyse gravimétrique

Le présent paragraphe contient la description des deux environnements nécessaires pour stabiliser et peser les PM en vue de l'analyse gravimétrique: l'environnement de stabilisation des PM, où les filtres sont stockés avant d'être pesés; et l'environnement de pesage où est située la balance. Ces deux environnements peuvent avoir une partie commune.

Les environnements de stabilisation et de pesage doivent être maintenus exempts d'éléments contaminants ambiants tels que la poussière, les aérosols ou les matériaux semi-volatils susceptibles de contaminer les échantillons de PM.

9.3.4.2. Propreté

Il faut vérifier la propreté de l'environnement de stabilisation des PM en utilisant des filtres de référence comme indiqué au paragraphe 8.1.12.1.4 de la présente annexe.

9.3.4.3. Température de la chambre

La température de la chambre ou de la pièce dans laquelle les filtres à particules sont conditionnés et pesés doit être maintenue à 295 ± 1 K (22 ± 1 °C) pendant toute la durée du conditionnement et du pesage des filtres. L'humidité doit être maintenue à un point de rosée de 282,5 ± 1 K (9,5 ± 1 °C) et l'humidité relative à 45 ± 8 %. Si les environnements de stabilisation et de pesage sont distincts, l'environnement de stabilisation doit être maintenu à une température de 295 ± 3 K (22 ± 3 °C).

9.3.4.4. Vérification des conditions ambiantes

Lorsque l'on utilise des instruments de mesure qui répondent aux spécifications du paragraphe 9.4 il faut respecter les conditions ambiantes suivantes:

a) il faut prendre note du point de rosée et de la température ambiante. On utilise ces valeurs pour déterminer si les conditions de stabilisation et de pesage sont restées dans les tolérances spécifiées au paragraphe 9.3.4.3 de la présente annexe pendant au moins 60 min avant le pesage du filtre;

b) il faut enregistrer en continu la pression atmosphérique ambiante dans l'environnement de pesage. Une autre solution acceptable consiste à utiliser un baromètre qui mesure la pression atmosphérique à l'extérieur de l'environnement de pesage, pour autant que l'on puisse s'assurer que la pression atmosphérique dans l'environnement de la balance reste toujours dans les limites de ± 100 Pa autour de la pression atmosphérique commune. On doit pouvoir prendre note de la pression atmosphérique la plus récente à chaque pesage d'un échantillon de PM. Il faut utiliser cette valeur pour calculer la correction de la mesure des PM en fonction de la flottabilité, traitée au paragraphe 8.1.12.2 de la présente annexe.

9.3.4.5. Installation de la balance

Il faut installer la balance de la manière suivante:

a) sur une plateforme isolée des vibrations afin de l'isoler du bruit et des vibrations extérieurs;

b) protégée contre les flux d'air convectifs au moyen d'un pare-vent antistatique mis électriquement à la masse.

9.3.4.6 Charge d'électricité statique

Il faut limiter autant que possible la charge d'électricité statique dans l'environnement de la balance, et ce de la manière suivante:

a) la balance doit être reliée électriquement à la masse;

b) il faut utiliser des pinces en acier inoxydable pour manipuler des échantillons de PM;

c) les pinces doivent être mises à la masse au moyen d'une bride ou bien l'opérateur doit porter un bracelet de mise à la masse de telle sorte que la masse soit commune avec la balance;

d) il faut utiliser un neutralisateur d'électricité statique électriquement relié à la même masse que la balance pour éliminer les charges d'électricité statique des échantillons de PM.

9.4. Instruments de mesure

9.4.1. Introduction

9.4.1.1. Champ d'application

Le présent paragraphe indique les instruments de mesure et les systèmes associés nécessaires pour les essais d'émissions. Il s'agit notamment d'instruments de laboratoire servant à mesurer les paramètres du moteur, les conditions ambiantes, les paramètres liés aux débits ainsi que les concentrations des émissions (avec ou sans dilution).

9.4.1.2. Types d'instruments

Tout instrument mentionné dans la présente annexe doit être utilisé comme indiqué dans cette même annexe (voir le tableau 5 au sujet des quantités de mesure fournies par ces instruments). Quand un instrument mentionné dans la présente annexe est utilisé d'une manière autre que celle spécifiée, ou quand un autre instrument est utilisé à sa place, les prescriptions relatives à l'équivalence s'appliquent, comme indiqué au paragraphe 5.1.3 de la présente annexe. Lorsque plusieurs instruments sont spécifiés pour une mesure particulière, l'un de ceux-ci doit, sur demande, être identifié par l'autorité d'homologation de type comme l'instrument de référence à utiliser pour montrer que la procédure de rechange est équivalente à la procédure spécifiée.

9.4.1.3. Systèmes redondants

Les données obtenues de multiples instruments pour calculer les résultats d'un même essai peuvent être utilisées pour tous les instruments de mesure décrits dans le présent paragraphe, moyennant l'accord préalable de l'autorité d'homologation de type. Les résultats de toutes les mesures sont enregistrés et les données brutes sont conservées. Cette prescription s'applique indépendamment de l'utilisation ou non des mesures dans les calculs.

9.4.2. Enregistrement et contrôle des données

Le système d'essai doit avoir la capacité de mettre les données à jour, d'enregistrer les données et de gérer les systèmes en rapport avec la demande de l'opérateur, le dynamomètre, les équipements de prélèvement et les instruments de mesure. On utilise des systèmes d'acquisition et de contrôle des données qui sont capables d'enregistrer les données aux fréquences minimales spécifiées, comme indiqué dans le tableau A.4-7 (ce tableau ne s'applique pas aux essais NRSC à modes discrets).

*Tableau A.4-7*

**Fréquences minimales d'enregistrement et de contrôle des données**

| Paragraphe applicable du protocole d'essai | Valeurs mesurées | Fréquence minimale de commande et de contrôle | Fréquence minimale d'enregistrement |
|---|---|---|---|
| 7.6. | Régime et couple pendant l'établissement de la courbe de conversion du moteur | 1 Hz | 1 valeur moyenne par étape |
| 7.6. | Régime et couple pendant l'établissement de la courbe de conversion du moteur par balayage | 5 Hz | 1 Hz en moyenne |
| 7.8.3. | Régimes et couples de référence et réels des cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) | 5 Hz | 1 Hz en moyenne |
| 7.8.2. | Régimes et couples de référence et réels des cycles d'essai en conditions stationnaires et à modes raccordés | 1 Hz | 1 Hz |
| 7.3. | Concentrations continues des analyseurs de gaz bruts | s.o. | 1 Hz |
| 7.3. | Concentrations continues des analyseurs de gaz dilués | s.o. | 1 Hz |
| 7.3. | Concentrations par lots des analyseurs de gaz bruts ou dilués | s.o. | 1 valeur moyenne par intervalle d'essai |
| 7.6.8.2.1. | Débit des gaz d'échappement dilués provenant d'un prélèvement à volume constant avec un échangeur de chaleur en amont de la mesure du débit | s.o. | 1 Hz |
| 7.6.8.2.1. | Débit des gaz d'échappement dilués provenant d'un prélèvement à volume constant sans échangeur de chaleur en amont de la mesure du débit | 5 Hz | 1 Hz en moyenne |
| 7.6.8.2.1. | Débit de l'air d'admission ou des gaz d'échappement (pour mesure transitoire sur gaz bruts) | s.o. | 1 Hz en moyenne |
| 7.6.8.2.1. | Air de dilution si activement contrôlé | 5 Hz | 1 Hz en moyenne |
| 7.6.8.2.1. | Débit de prélèvement d'un CVS avec un échangeur de chaleur | 1 Hz | 1 Hz |
| 7.6.8.2.1. | Débit de prélèvement d'un CVS sans échangeur de chaleur | 5 Hz | 1 Hz en moyenne |

9.4.3. Spécifications des performances pour les instruments de mesure

9.4.3.1. Aperçu général

L'ensemble du système doit satisfaire à tous les critères d'étalonnage, de vérification et de validation des essais spécifiés au paragraphe 8.1 de la présente annexe, y compris les prescriptions en matière de contrôle de linéarité des paragraphes 8.1.4 et 8.2 de la présente annexe. Les instruments doivent être conformes aux spécifications du tableau A.4-7 pour toutes les plages utilisées pour les essais. Par ailleurs, il faut conserver toute documentation reçue des fabricants des instruments prouvant que ceux-ci répondent aux spécifications du tableau A.4-7.

9.4.3.2. Conditions applicables à l'équipement

Le tableau A.4-8 indique les spécifications applicables aux capteurs de couple, de régime et de pression, aux capteurs de température et de point de rosée et à d'autres instruments. L'ensemble du système nécessaire pour mesurer certaines quantités physiques et/ou chimiques doit satisfaire à la vérification de linéarité du paragraphe 8.1.4 de la présente annexe. En ce qui concerne les mesures des émissions gazeuses, on peut utiliser des analyseurs qui font appel à des algorithmes de compensation qui sont fonction d'autres constituants gazeux mesurés et des propriétés du carburant pour l'essai spécifique du moteur. Tout algorithme de compensation ne doit assurer que la compensation du décalage sans influer sur le gain (c'est-à-dire sans distorsion).

*Tableau A.4-8*

**Spécifications des performances recommandées pour les instruments de mesure**

| Instrument de mesure | Symbole de la quantité mesurée | Temps de montée du système complet | Fréquence de mise à jour de l'enregistrement | Justesse[a] | Répétabilité[a] |
|---|---|---|---|---|---|
| Capteur du régime moteur | n | 1 s | 1 Hz en moyenne | 2,0 % de pt ou 0,5 % de max | 1,0 % de pt ou 0,25 % de max |
| Capteur du couple moteur | T | 1 s | 1 Hz en moyenne | 2,0 % de pt ou 1,0 % de max | 1,0 % de pt ou 0,5 % de max |
| Débitmètre de carburant (totalisateur) | | 5 s (s.o.) | 1 Hz (s.o.) | 2,0 % de pt ou 1,5 % de max | 1,0 % de pt ou 0,75 % de max |
| Instrument de mesure du total des gaz d'échappement dilués (CVS) (avec échangeur de chaleur avant l'instrument) | | 1 s (5 s) | 1 Hz en moyenne (1 Hz) | 2,0 % de pt ou 1,5 % de max | 1,0 % de pt ou 0,75 % de max |
| Débitmètre d'air de dilution, d'air d'admission, de gaz d'échappementet de prélèvement | | 1 s | 1 Hz en moyenne d'échantillonsde 5 Hz | 2,5 % de pt ou 1,5 % de max | 1,25 % de pt ou 0,75 % de max |
| Analyseur de gaz bruts en continu | x | 5 s | 2 Hz | 2,0 % de pt ou 2,0 % de meas | 1,0 % de pt ou 1,0 % de meas |
| Analyseur de gaz dilués en continu | x | 5 s | 1 Hz | 2,0 % de pt ou 2,0 % de meas | 1,0 % de pt ou 1,0 % de meas |
| Analyseur de gaz en continu | x | 5 s | 1 Hz | 2,0 % de pt ou 2,0 % de meas | 1,0 % de pt ou 1,0 % de meas |
| Analyseur de gaz par lots | x | s.o. | s.o. | 2,0 % de pt ou 2,0 % de meas | 1,0 % de pt ou 1,0 % de meas |

| Instrument de mesure | Symbole de la quantité mesurée | Temps de montée du système complet | Fréquence de mise à jour de l'enregistrement | Justesse[a] | Répétabilité[a] |
|---|---|---|---|---|---|
| Balance PM gravimétrique | $m_{PM}$ | s.o. | s.o. | Voir 9.4.11 | 0,5 µg |
| Balance PM inertielle | $m_{PM}$ | 5 s | 1 Hz | 2,0 % de pt ou 2,0 % de meas | 1,0 % de pt ou 1,0 % de meas |

[a] La justesse et la répétabilité sont déterminées à partir des mêmes données rassemblées, comme indiqué au paragraphe 9.4.3 de la présente annexe, et basées sur des valeurs absolues. Par «pt»on entend la valeur moyenne globale escomptée à la limite d'émissions; «max»désigne la valeur de crête attendue à la limite d'émissions sur le cycle d'essai, et non le maximum de la plage totale de l'instrument; «meas»désigne la moyenne réelle mesurée sur le cycle d'essai.

9.4.4. Mesure des paramètres du moteur et des conditions ambiantes

9.4.4.1. Capteurs de régime et de couple

9.4.4.1.1. Application

Les instruments de mesure pour les intrants et les extrants de travail pendant le fonctionnement du moteur doivent être conformes aux spécifications du présent paragraphe. Il est recommandé d'utiliser des capteurs, des transducteurs et des instruments de mesure répondant aux spécifications du tableau A.4-8. Les systèmes globaux de mesure des intrants et des extrants de travail doivent satisfaire aux prescriptions en matière de vérifications de linéarité du paragraphe 8.1.4 de la présente annexe.

9.4.4.1.2. Travaux sur arbre

Le travail et la puissance doivent être calculés à partir des valeurs de sortie des capteurs de régime et de couple conformément au paragraphe 9.4.4.1 de la présente annexe. Les systèmes intégrés de mesure du régime et du couple doivent satisfaire aux prescriptions en matière d'étalonnage et de vérifications des paragraphes 8.1.7 et 8.1.4 de la présente annexe.

Le couple produit par l'inertie des éléments en accélération et en décélération reliés au volant, par exemple l'arbre d'entraînement et le rotor de dynamomètre, doit être compensé comme nécessaire, sur la base de pratiques techniques reconnues.

9.4.4.2. Capteurs de pression, capteurs de température et capteurs de point de rosée

Les systèmes intégrés de mesure de la pression, de la température et du point de rosée doivent satisfaire aux prescriptions en matière d'étalonnage du paragraphe 8.1.7 de la présente annexe.

Les capteurs de pression doivent être situés dans un environnement dont la température est sous contrôle; à défaut, ils doivent compenser les changements de température sur leur plage de fonctionnement attendue. Les matériaux des capteurs doivent être compatibles avec le fluide qu'ils sont appelés à mesurer.

9.4.5. Mesures en rapport avec le débit

Pour tout type de débitmètre (pour carburant, air d'admission, gaz d'échappement bruts, gaz d'échappement dilués, échantillons), le débit doit être conditionné selon les besoins pour empêcher les effets de sillage, de turbulence, de contre-courants et de pulsations du débit pouvant affecter la justesse ou la répétabilité de la mesure. Pour certains instruments, on peut satisfaire à cette condition en utilisant une longueur suffisante de tube droit (par exemple une longueur correspondant à au moins 10 fois le diamètre du tube) ou en utilisant des coudes de tube spécialement étudiés, des ailettes de guidage, des plaques à orifice calibré (ou des amortisseurs de pulsations pneumatiques pour le débitmètre de carburant) afin d'établir un profil de vitesse prévisible et constant en amont de l'instrument.

9.4.5.1. Débitmètre de carburant

L'ensemble du système de mesure du débit de carburant doit satisfaire aux dispositions du paragraphe 8.1.8.1 de la présente annexe relatives à l'étalonnage. Dans toute mesure du débit du carburant, on tient compte du carburant qui contourne le moteur ou revient du moteur jusqu'au réservoir de carburant.

9.4.5.2. Débitmètre d'air d'admission

L'ensemble du système de mesure du débit d'air d'admission doit satisfaire aux dispositions du paragraphe 8.1.8.2 de la présente annexe relatives à l'étalonnage.

9.4.5.3. Débitmètre des gaz d'échappement bruts

9.4.5.3.1. Conditions applicables à l'équipement

L'ensemble du système de mesure du débit des gaz d'échappement bruts doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe 8.1.4 de la présente annexe relatives à la linéarité. Tout débitmètre de gaz d'échappement bruts doit être conçu pour compenser de manière appropriée les changements intervenant dans les états thermodynamiques, de fluidité et de composition des gaz d'échappement bruts.

9.4.5.3.2. Temps de réponse du débitmètre

Pour gérer un système de dilution du flux partiel en vue d'en extraire un échantillon de gaz d'échappement bruts proportionnel, il faut un temps de réponse du débitmètre plus court que celui indiqué dans le tableau A.4-8. Dans le cas des systèmes de dilution du flux partiel, avec des commandes en ligne, le temps de réponse du débitmètre doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe 8.2.1.2 de la présente annexe.

9.4.5.3.3. Refroidissement des gaz d'échappement

Le présent paragraphe ne s'applique pas au refroidissement des gaz d'échappement dû à la conception du moteur, notamment, mais sans s'y limiter, les collecteurs d'échappement ou les turbocompresseurs refroidis par eau.

Il est permis de refroidir les gaz d'échappement en amont du débitmètre avec les restrictions suivantes:

a) les PM ne doivent pas être prélevées en aval du refroidissement;

b) si le refroidissement est tel que les températures des gaz d'échappement passent de plus de 475 K (202 °C) à moins de 453 K (180 °C), les HC ne doivent pas être prélevés en aval du refroidissement;

c) si le refroidissement provoque une condensation aqueuse, il ne faut pas prélever les $NO_X$ en aval du refroidissement à moins que le refroidisseur ne satisfasse aux prescriptions du paragraphe 8.1.11.4 de la présente annexe relatives à la vérification des performances;

d) si le refroidissement produit une condensation aqueuse avant que le flux n'atteigne le débitmètre, le point de rosée $T_{dew}$ et la pression $p_{total}$ doivent être mesurés à l'entrée du débitmètre. Ces valeurs doivent être utilisées dans les calculs d'émissions conformément à l'annexe 5.

9.4.5.4. Débitmètres d'air de dilution et de gaz d'échappement dilués

9.4.5.4.1. Application

Il convient de déterminer les débits instantanés des gaz d'échappement dilués ou le débit total des gaz d'échappement dilués sur un intervalle donné en utilisant un débitmètre de gaz d'échappement dilués. On peut calculer le débit des gaz d'échappement bruts ou le débit des gaz d'échappement bruts totaux sur un intervalle d'essai à partir de la différence entre les résultats obtenus avec un débitmètre de gaz d'échappement dilués et ceux obtenus avec un débitmètre d'air de dilution.

9.4.5.4.2. Conditions applicables à l'équipement

L'ensemble du système de mesure du débit des gaz d'échappement dilués doit satisfaire aux prescriptions des paragraphes 8.1.8.4 et 8.1.8.5 de la présente annexe relatives aux étalonnages et vérifications. On peut utiliser les instruments suivants:

a) pour un prélèvement à volume constant (CVS) du débit total des gaz d'échappement dilués, on peut utiliser un venturi-tuyère en régime critique (CFV) ou plusieurs de ces venturis disposés en parallèle, une pompe volumétrique (PDP), un venturi subsonique (SSV) ou un débitmètre à ultrasons (UFM). Utilisé en combinaison avec un échangeur de chaleur disposé en amont, un CFV ou une PDP fonctionne également comme un régulateur de débit passif en maintenant la température des gaz d'échappement dilués constante dans un système CVS;

b) pour le système de dilution du flux partiel (PFD), on peut associer un débitmètre et un système actif de régulation du flux afin de conserver le prélèvement proportionnel des éléments constitutifs des gaz d'échappement. Le débit total des gaz d'échappement dilués, ou un ou plusieurs débits de prélèvement, voire une combinaison de ces débits, peuvent être réglés pour maintenir le prélèvement proportionnel.

Pour tout autre système de dilution, on peut utiliser un élément à flux laminaire, un débitmètre ultrasonique, un venturi subsonique, un ou plusieurs venturis en régime critique disposés en parallèle, un compteur volumétrique, un instrument de mesure de la masse thermique, un tube de Pitot calculant la moyenne ou un anémomètre thermique.

9.4.5.4.3. Refroidissement des gaz d'échappement

Le flux de gaz d'échappement dilués d'un débitmètre peut être refroidi à condition que soient respectées les conditions suivantes:

a) les PM ne doivent pas être prélevées en aval du refroidissement;

b) si le refroidissement est tel que les températures des gaz d'échappement passent de plus de 475 K (202 °C) à moins de 453 K (180 °C), les HC ne doivent pas être prélevés en aval du refroidissement;

c) si le refroidissement provoque une condensation aqueuse, il ne faut pas prélever les $NO_X$ en aval du refroidissement à moins que le refroidisseur ne satisfasse aux prescriptions du paragraphe 8.1.11.4 de la présente annexe relatives à la vérification des performances;

d) si le refroidissement produit une condensation aqueuse avant que le flux n'atteigne le débitmètre, le point de rosée $T_{dew}$ et la pression $p_{total}$ doivent être mesurés à l'entrée du débitmètre. Ces valeurs doivent être utilisées dans les calculs d'émissions conformément à l'annexe 5.

9.4.5.5 Débitmètre d'échantillon pour le prélèvement par lots

Il convient d'utiliser un débitmètre d'échantillon pour déterminer les débits des échantillons ou le débit total prélevé dans un système de prélèvement par lots sur un intervalle d'essai. La différence entre les résultats obtenus avec deux débitmètres peut être utilisée pour calculer le débit d'échantillon dans le tunnel de dilution, par exemple pour la mesure des PM dans la dilution du flux partiel et la mesure des PM dans le flux de dilution secondaire. Les spécifications applicables à une mesure du débit différentiel pour en tirer un échantillon de gaz d'échappement bruts proportionnel sont données au paragraphe 8.1.8.6.1 de la présente annexe et l'étalonnage de la mesure du débit différentiel est donné au paragraphe 8.1.8.6.2.

L'ensemble du système pour le débitmètre d'échantillon doit satisfaire aux dispositions du paragraphe 8.1.8 de la présente annexe relatives à l'étalonnage.

9.4.5.6 Mélangeur-doseur de gaz

On peut utiliser un mélangeur-doseur de gaz d'échappement pour mélanger différents gaz d'étalonnage.

Il convient d'utiliser un mélangeur-doseur de gaz qui mélange les gaz conformément aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe et aux concentrations attendues pendant les essais. On peut utiliser les mélangeurs-doseurs de gaz à flux critique, les mélangeurs-doseurs de gaz à tube capillaire ou les mélangeurs-doseurs de gaz mesurant la masse thermique. On applique les corrections de viscosité selon les besoins (si cela n'est pas fait par le logiciel interne du mélangeur-doseur de gaz) pour assurer un mélange/dosage approprié du gaz. Le mélangeur-doseur de gaz doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe 8.1.4.5 de la présente annexe relatives à la vérification de la linéarité. Facultativement, le dispositif mélangeur peut être vérifié au moyen d'un instrument qui, par nature, est linéaire, par exemple un instrument qui utilise un gaz NO avec un CLD. L'instrument doit être réglé en sensibilité au moyen du gaz de réglage de l'étendue branché directement sur l'instrument. Le mélangeur-doseur de gaz doit être contrôlé aux réglages utilisés et la valeur nominale doit être comparée à la concentration mesurée par l'instrument.

9.4.6. Mesure du CO et du $CO_2$

Un analyseur de gaz infrarouge non dispersif (NDIR) doit être utilisé pour mesurer les concentrations de CO et de $CO_2$ dans les gaz d'échappement bruts ou dilués tant dans le cas du prélèvement par lots que dans celui du prélèvement en continu.

Le système fondé sur l'analyseur NDIR doit satisfaire aux prescriptions des paragraphes 8.1.9.1 ou 8.1.9.2 de la présente annexe relatives à l'étalonnage et à la vérification, selon le cas.

9.4.7. Mesure des hydrocarbures

9.4.7.1. Détecteur à ionisation de flamme

9.4.7.1.1. Application

Un détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID) sert à mesurer les concentrations des hydrocarbures dans les gaz d'échappement bruts ou dilués tant pour le prélèvement par lots que pour le prélèvement en continu. Il convient de déterminer les concentrations d'hydrocarbures sur la base d'un nombre de carbone de un ($C_1$). Les analyseurs FID chauffés doivent maintenir toutes les surfaces qui sont exposées aux émissions à une température de 464 ± 11 K (191 ± 11 °C). À titre facultatif, pour les moteurs à allumage commandé alimentés au GN ou au GPL, l'analyseur d'hydrocarbures peut être un détecteur à ionisation de flamme de type non chauffé (FID).

9.4.7.1.2. Conditions applicables à l'équipement

Le système fondé sur le FID pour mesurer les THC doit satisfaire à toutes les prescriptions du paragraphe 8.1.10 de la présente annexe relatives aux vérifications pour les mesures des hydrocarbures.

9.4.7.1.3. Carburant et air de combustion du détecteur FID

Le carburant et l'air de combustion du FID doivent satisfaire aux spécifications du paragraphe 9.5.1 de la présente annexe. Le carburant et l'air ne doivent pas être mélangés avant d'entrer dans l'analyseur FID pour que celui-ci fonctionne avec une flamme de diffusion et non une flamme de prémélange.

9.4.7.1.4. Réservé

9.4.7.1.5. Réservé

9.4.7.2. Réservé

9.4.8. Mesure des oxydes d'azote ($NO_X$)

Deux instruments de mesure sont spécifiés pour la mesure des $NO_X$. On peut utiliser indifféremment l'un ou l'autre à condition qu'il réponde aux critères spécifiés au paragraphe 9.4.8.1 ou 9.4.8.2 de la présente annexe, respectivement. Il convient d'utiliser un détecteur à chimiluminescence comme procédure de référence en cas de comparaison avec une autre procédure de mesure proposée au paragraphe 5.1.3 de la présente annexe.

9.4.8.1. Détecteur par chimiluminescence

9.4.8.1.1. Application

Un détecteur à chimiluminescence (CLD) couplé à un convertisseur $NO_2$ à NO est utilisé pour mesurer la concentration de $NO_X$ dans les gaz d'échappement bruts ou dilués pour le prélèvement par lots ou en continu.

9.4.8.1.2. Conditions applicables à l'équipement

Le système fondé sur le CLD doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe 8.1.11.1 de la présente annexe relatives à la vérification des facteurs d'extinction. On peut utiliser un CLD chauffé ou non chauffé ainsi qu'un CLD qui fonctionne à la pression atmosphérique ou sous vide.

9.4.8.1.3. Convertisseur $NO_2$ à NO

Un convertisseur $NO_2$ à NO interne ou externe conforme aux prescriptions du paragraphe 8.1.11.5 de la présente annexe relatives à la vérification doit être placé en amont du CLD, alors que le convertisseur doit être configuré avec une dérivation pour faciliter cette vérification.

9.4.8.1.4. Effets de l'humidité

Toutes les températures au niveau du CLD doivent être maintenues pour éviter la condensation aqueuse. Pour enlever l'humidité d'un échantillon en amont du CLD, on utilise l'une des configurations suivantes:

a) un CLD connecté en aval de tout sécheur ou refroidisseur situé en aval d'un convertisseur $NO_2$ à NO et qui satisfait aux prescriptions du paragraphe 8.1.11.5 de la présente annexe relatives à la vérification;

b) un CLD connecté en aval de tout sécheur ou refroidisseur thermique qui satisfait aux prescriptions du paragraphe 8.1.11.4 de la présente annexe relatives à la vérification.

9.4.8.1.5. Temps de réponse

On peut utiliser un CLD chauffé pour améliorer le temps de réponse du CLD.

9.4.8.2. Analyseur non dispersif à absorption dans l'ultraviolet

9.4.8.2.1. Application

Un analyseur non dispersif à absorption dans l'ultraviolet (NDUV) est utilisé pour mesurer la concentration de $NO_X$ dans les gaz d'échappement bruts ou dilués pour le prélèvement par lots ou en continu.

9.4.8.2.2. Conditions applicables à l'équipement

Le système fondé sur l'analyseur NDUV doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe 8.1.11.3 de la présente annexe relatives aux vérifications.

9.4.8.2.3. Convertisseur $NO_2$ à NO

Si l'analyseur NDUV mesure uniquement le NO, il convient de placer un convertisseur $NO_2$ à NO interne ou externe satisfaisant aux prescriptions du paragraphe 8.1.11.5 de la présente annexe relatives à la vérification en amont de l'analyseur NDUV. Le convertisseur doit être équipé d'une dérivation pour faciliter cette vérification.

9.4.8.2.4. Effets de l'humidité

Il faut maintenir la température du NDUV pour éviter la condensation aqueuse, à moins de recourir à l'une des configurations suivantes:

a) un NDUV connecté en aval de tout sécheur ou refroidisseur situé en aval d'un convertisseur $NO_2$ à NO et qui satisfait aux prescriptions du paragraphe 8.1.11.5 de la présente annexe relatives à la vérification;

b) un NDUV connecté en aval de tout sécheur ou refroidisseur thermique qui satisfait aux prescriptions du paragraphe 8.1.11.4 de la présente annexe relatives à la vérification.

9.4.9. Mesures de $O_2$

On utilise un analyseur à détection paramagnétique (PMD) ou à détection magnéto-pneumatique (PMD) pour mesurer la concentration de $O_2$ dans les gaz d'échappement bruts ou dilués pour le prélèvement en continu ou par lots.

9.4.10. Mesures du rapport air-carburant

Un analyseur à sonde au zirconium ($ZrO_2$) peut être utilisé pour mesurer le rapport air-carburant dans les gaz d'échappement bruts pour un prélèvement en continu. Les mesures de $O_2$ avec des mesures de l'air d'admission ou de débit de carburant peuvent être utilisées pour calculer le débit des gaz d'échappement conformément à l'annexe 5.

9.4.11. Mesure des PM avec une balance gravimétrique

On utilise une balance pour déterminer le poids net des particules collectées sur les filtres de prélèvement.

La résolution minimale de la balance doit être égale ou inférieure à la valeur de répétabilité de 0,5 µg recommandée dans le tableau A.4-8. Si la balance comporte des poids d'étalonnage internes pour les réglages et les vérifications de linéarité de routine, ces poids doivent satisfaire aux prescriptions du paragraphe 9.5.2 de la présente annexe.

La balance doit être configurée de telle manière que son temps de stabilisation et sa stabilité soient optimaux à l'endroit où elle est placée.

9.4.12. Mesures de l'ammoniac ($NH_3$)

Un analyseur FTIR, un analyseur NDUV ou un analyseur à infrarouge laser peut être utilisé conformément à l'appendice A.4.

9.5. Normes applicables aux gaz d'analyse et aux masses

9.5.1. Gaz d'analyse

Les gaz d'analyse doivent satisfaire aux spécifications du présent paragraphe relatives à la précision et à la pureté.

9.5.1.1. Prescriptions concernant les gaz

Les prescriptions suivantes s'appliquent aux gaz:

a) les gaz mélangés aux gaz d'étalonnage et utilisés pour régler les instruments de mesure de manière à obtenir une réponse zéro à une norme d'étalonnage du zéro doivent être des gaz purifiés. On utilise des gaz dont la contamination n'est pas supérieure à la plus élevée des valeurs suivantes dans le cylindre à gaz ou à la sortie d'un générateur de gaz zéro:

   i) contamination de 2 %, mesurée par rapport à la concentration moyenne attendue pour la valeur limite d'émission. Par exemple, si l'on prévoit une concentration de CO de 100,0 µmol/mol, il est permis d'utiliser un gaz zéro dont la contamination par le CO est inférieure ou égale à 2000 µmol/mol;

   ii) la contamination telle que spécifiée dans le tableau A.4-9, applicable aux mesures des gaz bruts ou dilués;

   iii) la contamination telle que spécifiée dans le tableau A.4-10, applicable aux mesures des gaz bruts.

*Tableau A.4-9*

**Limites de contamination applicables aux mesures des gaz bruts ou dilués [µmol/mol = ppm (3.2)]**

| Constituant | Air synthétique purifié[a] | $N_2$ purifié[a] |
|---|---|---|
| THC (équivalent $C_1$) | ≤ 0,05 µmol/mol | ≤ 0,05 µmol/mol |
| CO | ≤ 1 µmol/mol | ≤ 1 µmol/mol |

| Constituant | Air synthétique purifié[a] | $N_2$ purifié[a] |
|---|---|---|
| $CO_2$ | ≤ 10 µmol/mol | ≤ 10 µmol/mol |
| $O_2$ | 0,205 à 0,215 mol/mol | ≤ 2 µmol/mol |
| $NO_X$ | ≤ 0,02 µmol/mol | ≤ 0,02 µmol/mol |

[a] Il n'est pas nécessaire que ces niveaux de pureté soient prescrits par des normes internationales ou nationales reconnues.

*Tableau A.4-10*

**Limites de contamination applicables aux mesures des gaz bruts [(µmol/mol = ppm (3.2)]**

| Constituant | Air synthétique purifié[a] | $N_2$ purifié[a] |
|---|---|---|
| THC (équivalent $C_1$) | ≤ 1 µmol/mol | ≤ 1 µmol/mol |
| CO | ≤ 1 µmol/mol | ≤ 1 µmol/mol |
| $CO_2$ | ≤ 400 µmol/mol | ≤ 400 µmol/mol |
| $O_2$ | 0,18 à 0,21 mol/mol | — |
| $NO_X$ | ≤ 0,1 µmol/mol | ≤ 0,1 µmol/mol |

[a] Il n'est pas nécessaire que ces niveaux de pureté soient prescrits par des normes internationales ou nationales reconnues.

b) on doit utiliser les gaz suivants avec un analyseur FID:

i) le carburant du FID doit être utilisé avec une concentration de $H_2$ de 0,39 à 0,41 mol/mol, le complément étant constitué par He ou $N_2$. Le mélange ne doit pas contenir plus de 0,05 µmol/mol d'hydrocarbures totaux;

ii) il convient d'utiliser, pour le brûleur du FID, de l'air qui réponde aux prescriptions relatives à l'air purifié énoncées au point a) ci-dessus;

iii) gaz zéro du FID. Les détecteurs à ionisation de flamme doivent être mis à zéro avec un gaz purifié qui satisfait aux prescriptions du point a) ci-dessus, à cela près que la concentration en $O_2$ du gaz purifié peut prendre n'importe quelle valeur;

iv) propane utilisé pour le réglage de l'étendue du FID. L'analyseur FID des hydrocarbures totaux doit être étalonné et son étendue réglée avec des concentrations de réglage de propane, $C_3H_8$. Il doit être étalonné sur la base d'un nombre carbone de un ($C_1$);

c) on doit utiliser les mélanges de gaz suivants, gaz qui doivent être traçables à ± 1,0 % autour de la valeur réelle selon des normes internationalement et/ou nationalement reconnues ou d'autres normes relatives aux gaz qui sont approuvées:

i) $CH_4$, le complément étant l'air synthétique purifié et/ou $N_2$ (selon les cas);

ii) réservé;

iii) $C_3H_8$, le complément étant l'air synthétique purifié et/ou $N_2$ (selon les cas);

iv) CO, le complément étant $N_2$ purifié;

v) $CO_2$, le complément étant $N_2$ purifié;

vi) NO, le complément étant $N_2$ purifié;

vii) $NO_2$, le complément étant l'air synthétique purifié;

viii) $O_2$, le complément étant $N_2$ purifié;

ix) $C_3H_8$, CO, $CO_2$, NO, le complément étant $N_2$ purifié;

x) $C_3H_8$, CH4, CO, $CO_2$, NO, le complément étant $N_2$ purifié;

d) des gaz pour des espèces autres que celles énumérées au point c) ci-dessus peuvent aussi être utilisés (tels que du méthanol dans l'air pour déterminer les facteurs de réponse), pour autant qu'ils soient traçables à ± 3,0 % autour de la valeur réelle selon des normes internationales et/ou nationales reconnues et qu'ils satisfassent aux prescriptions du paragraphe 9.5.1.2 de la présente annexe relatives à la stabilité;

e) on peut produire ses propres gaz d'étalonnage au moyen d'un dispositif de mélange de précision, un mélangeur-doseur de gaz par exemple, pour diluer les gaz avec du $N_2$ purifié ou de l'air synthétique purifié. Si les mélangeurs-doseurs de gaz satisfont aux spécifications du paragraphe 9.4.5.6 de la présente annexe et que les gaz en cours de mélange satisfont aux prescriptions des points a) et c) ci-dessus, on considère que les mélanges qui en résultent sont conformes aux prescriptions du présent paragraphe.

9.5.1.2. Concentration et date d'expiration

On prend note de la concentration de tout gaz d'étalonnage normalisé et de sa date d'expiration indiquée par le fournisseur:

a) aucun gaz d'étalonnage standard ne peut être utilisé après sa date d'expiration, sauf dans les limites autorisées par le point b) ci-dessous;

b) les gaz d'étalonnage peuvent être ré-étiquetés et utilisés après leur date d'expiration sur approbation préalable de l'autorité d'homologation de type.

9.5.1.3. Transfert des gaz

Les gaz sont transférés de leur source aux analyseurs au moyen de dispositifs qui sont exclusivement destinés au contrôle et au transfert de ces gaz.

9.5.2. Normes applicables aux poids

Il convient d'utiliser pour la balance des PM des poids d'étalonnage qui sont certifiés et internationalement et/ou nationalement reconnus et traçables avec une incertitude inférieure ou égale à 0,1 %. Les poids d'étalonnage peuvent être certifiés par un laboratoire spécialisé au plan international et/ou national. On s'assure que le poids d'étalonnage le plus faible ne dépasse pas 10 fois celui d'un support d'échantillon de PM inutilisé. Le rapport d'étalonnage doit également préciser la densité des poids.

*APPENDICE A.1*

**APPAREILLAGE DE MESURE DU NOMBRE DE PARTICULES ÉMISES**

A.1.1 Procédure d'essai de mesure

A.1.1.1 Prélèvement

Les émissions en nombre de particules doivent être mesurées par prélèvement en continu à partir d'un système de dilution du flux partiel tel que décrit au paragraphe 9.2.3 de la présente annexe ou d'un système de dilution du flux total tel que décrit au paragraphe 9.2.2 de la présente annexe.

A.1.1.1.1 Filtrage du gaz de dilution

Le gaz de dilution utilisé pour l'opération de dilution primaire et le cas échéant celle de dilution secondaire des gaz d'échappement dans le système de dilution doit être filtré au moyen de filtres satisfaisant aux prescriptions s'appliquant aux filtres à particules à haute efficacité (HEPA), tels qu'ils sont définis au paragraphe 2.1.41 du présent règlement. À titre optionnel, le gaz de dilution peut être lavé dans un laveur à charbon actif avant d'être envoyé dans le filtre HEPA, afin de réduire et de stabiliser les concentrations d'hydrocarbures. Il est recommandé d'utiliser un séparateur pour grosses particules additionnel placé en amont du filtre HEPA et en aval du laveur à charbon actif, si celui-ci est utilisé.

A.1.1.2 Correction du débit pour tenir compte du débit de prélèvement de mesure du nombre de particules — systèmes de dilution du flux total

Afin de compenser le débit massique extrait du système de dilution pour le prélèvement de mesure du nombre de particules, il convient de réinjecter le débit massique extrait (filtré) dans le système de dilution. Une autre méthode consiste à corriger mathématiquement le débit massique total dans le système de dilution en fonction du débit de prélèvement extrait. Si le débit massique total extrait du système de dilution est inférieur à 0,5 % du débit total de gaz d'échappement dilués dans le tunnel de dilution (med), cette correction, ou la réinjection du débit prélevé, ne sont pas nécessaires.

A.1.1.3 Correction du débit pour tenir compte du débit de prélèvement de mesure du nombre de particules — systèmes de dilution du flux partiel

A.1.1.3.1 Pour les systèmes de dilution du flux partiel, le débit massique extrait du système de dilution aux fins de la mesure du nombre de particules doit être pris en compte dans le réglage de la proportionnalité du prélèvement. Cette condition peut être réalisée soit par réinjection du débit de prélèvement dans le système de dilution en amont du dispositif de mesure du débit, soit par correction mathématique comme décrit au paragraphe A.1.1.3.2. Dans le cas des systèmes de dilution du flux partiel du type à prélèvement total, le débit massique extrait pour le prélèvement de mesure des particules doit aussi être pris en compte dans le calcul de la masse de particules, comme indiqué au paragraphe A.1.1.3.3.

A.1.1.3.2 La correction visant à tenir compte du débit instantané de gaz d'échappement entrant dans le système de dilution (qmp), utilisé pour le contrôle de la proportionnalité du prélèvement, doit se faire selon l'une des deux méthodes suivantes:

a) dans le cas où le débit de prélèvement extrait n'est pas réinjecté dans le circuit, l'équation (A.4-20) du paragraphe 8.1.8.6.1 de la présente annexe doit être remplacée par l'équation (A.4-29):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} \quad \text{(A.4-29)}$$

où:

$q_{mdew}$ désigne le débit-masse d'air de dilution, en kg/s

$q_{mdw}$ désigne le débit-masse d'air de dilution, en kg/s

$q_{ex}$ désigne le débit massique de prélèvement de mesure du nombre de particules, en kg/s.

Le signal qex envoyé au régulateur du système de flux partiel doit être juste à ? 0,1 % de la valeur de qmdew à tout moment et il doit être émis à une fréquence d'au moins 1 Hz;

b) dans le cas où le débit de prélèvement extrait n'est pas réinjecté, même partiellement, mais où un débit équivalent est injecté dans le système de dilution en amont du dispositif de mesure du débit, l'équation (A.4-20) du paragraphe 8.1.8.6.1 de la présente annexe doit être remplacée par l'équation (A.4-30):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw} \quad \text{(A.4-30)}$$

jossa

$q_{mdew}$ $q_{mdew}$ désigne le débit-masse d'air de dilution, en kg/s

$q_{mdw}$ $q_{mdw}$ désigne le débit-masse d'air de dilution, en kg/s

$q_{ex}$ $q_{ex}$ désigne le débit-masse de prélèvement de mesure du nombre de particules, en kg/s

$q_{sw}$ $q_{sw}$ désigne le débit-masse réintroduit dans le tunnel de dilution pour compenser le débit de prélèvement extrait, en kg/s.

Le signal de différence entre qex et $q_{sw}$ envoyé au régulateur du système de flux partiel doit être juste à ± 0,1 % près de la valeur de $q_{mdew}$ à tout moment. Le ou les signaux doivent être émis à une fréquence d'au moins 1 Hz.

A.1.1.3.3 Correction s'appliquant à la mesure de la masse des particules

Lorsqu'un débit de prélèvement de mesure du nombre de particules est extrait d'un système de dilution du flux partiel à prélèvement total, la masse de particules (mPM) calculée selon le paragraphe A.1.2.3.1.1 de l'appendice A.1 de l'annexe 5 doit être corrigée comme suit pour tenir compte du débit extrait. Cette correction est nécessaire même lorsque le débit extrait (filtré) est réinjecté dans le système de dilution du flux partiel, comme indiqué dans l'équation (A.4-31):

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{\left(m_{sed} - m_{ex}\right)} \quad \text{(A.4-31)}$$

où:

$m_{PM}$ désigne la masse de particules déterminée selon le paragraphe A.1.2.3.1.1 de l'appendice A.1 de l'annexe 5, en g/essai

$m_{sed}$ désigne la masse totale de gaz d'échappement dilués passant par le tunnel de dilution, en kg

$m_{ex}$ désigne la masse totale de gaz d'échappement dilués extraits du tunnel de dilution pour le prélèvement de mesure du nombre de particules, en kg.

A.1.1.3.4 Proportionnalité du prélèvement dans le système de dilution du flux partiel

Aux fins de la mesure du nombre de particules, le débit massique de gaz d'échappement, déterminé selon l'une des méthodes décrites aux paragraphes A.1.1.6.1 à A.1.1.6.4 de l'appendice A.1 de l'annexe 5, est utilisé pour le réglage du système de dilution du flux partiel de manière à prélever un échantillon proportionnel à ce débit. La proportionnalité doit être contrôlée par application d'une analyse de régression entre le débit de prélèvement et le débit de gaz d'échappement, conformément au paragraphe 8.2.1.2 de la présente annexe.

A.1.1.3.5 Calcul du nombre de particules

La détermination et le calcul du nombre de particules sont traités dans l'appendice A.6 de l'annexe 5.

A.1.2 Équipement de mesure

A.1.2.1 Description

A.1.2.1.1 Vue d'ensemble du système

A.1.2.1.1.1 Le système d'échantillonnage des particules doit se composer d'une sonde ou d'un point de prélèvement d'échantillons dans un flux à mélange homogène dans un système de dilution ainsi que cela est décrit aux paragraphes 9.2.2 ou 9.2.3 de la présente annexe, d'un séparateur de particules volatiles (VPR) placé en amont d'un compteur de particules et d'une ligne de transfert appropriée.

A.1.2.1.1.2. Il est recommandé de placer, avant l'entrée du séparateur de particules volatiles, un séparateur primaire (type pot à poussières ou cyclone par exemple). Toutefois, on peut également utiliser une sonde de prélèvement fonctionnant comme un séparateur granulométrique primaire, comme illustré sur la figure A.4-7. Dans le cas d'un système de dilution du flux partiel, il est autorisé d'utiliser le même séparateur primaire pour le prélèvement de mesure de la masse des particules et le prélèvement de mesure du nombre de particules, l'échantillon de mesure du nombre de particules étant extrait du système de dilution en aval du séparateur primaire. Une autre solution admise est d'utiliser des séparateurs primaires distincts, l'échantillon de mesure du nombre de particules étant extrait du système de dilution en amont du séparateur primaire de mesure de la masse de particules.

A.1.2.1.2 Prescriptions générales

A.1.2.1.2.1. Le point de prélèvement des particules doit être situé dans un système de dilution.

La pointe de la sonde ou le point de prélèvement des particules ainsi que la ligne de transfert des particules forment ensemble le système de transfert des particules, qui conduit les échantillons du tunnel de dilution jusqu'à l'entrée du VPR. Le système de transfert des particules doit satisfaire aux conditions ci-après:

a) dans le cas d'un système de dilution du flux total et d'un système de dilution du flux partiel du type à prélèvement partiel (comme décrit au paragraphe 9.2.3 de la présente annexe), la sonde de prélèvement doit être installée à proximité de l'axe médian du tunnel à une distance égale à 10 à 20 diamètres de tunnel en aval de l'entrée des gaz, et orientée vers l'amont dans le flux de gaz du tunnel, l'axe de la sonde à son extrémité étant parallèle à celui du tunnel de dilution. La sonde doit être positionnée dans la veine de dilution de telle manière que l'échantillon soit prélevé dans un mélange homogène de gaz de dilution/gaz d'échappement;

b) dans le cas de systèmes de dilution du flux partiel (type à prélèvement total), tels qu'ils sont décrits au paragraphe 9.2.3 de la présente annexe, le point de prélèvement des particules ou la sonde doivent être situés sur la ligne de transfert des particules en amont du porte-filtre à particules, du dispositif de mesure du flux et de toute dérivation. Le point de prélèvement ou la sonde peuvent être placés de telle sorte que l'échantillon soit prélevé dans un mélange homogène de diluant et de gaz d'échappement. La sonde devrait avoir des dimensions telles qu'elle ne gêne pas le fonctionnement du système de dilution du flux partiel.

L'échantillon de gaz prélevé par l'intermédiaire du PTS doit remplir les conditions suivantes:

a) dans le cas de systèmes de dilution du flux total, son écoulement turbulent (nombre de Reynolds) doit être < 1700;

b) dans le cas de systèmes de dilution du flux partiel, son écoulement turbulent (nombre de Reynolds) doit être < 1700 en aval de la sonde ou du point de prélèvement des particules;

c) son temps de séjour dans le PTS doit être ≤ 3 s;

d) toute autre configuration de prélèvement du PTS pour laquelle il peut être démontré que la pénétration des particules de 30 nm est équivalente est considérée comme satisfaisante;

Le tuyau de sortie (OT) acheminant l'échantillon dilué du séparateur de particules volatiles vers l'entrée du compteur du nombre de particules doit avoir les caractéristiques suivantes:

a) son diamètre interne doit être ≥ 4 mm;

b) le temps de séjour de l'échantillon dans le tuyau de sortie OT du gaz prélevé doit être ≤ 0,8 s;

c) toute autre configuration de prélèvement de l'OT pour laquelle il peut être démontré que la pénétration des particules de 30 nm est équivalente est considérée comme satisfaisante.

A.1.2.1.2.2 Le séparateur de particules volatiles doit comprendre des équipements pour la dilution de l'échantillon et pour la capture des particules volatiles.

A.1.2.1.2.3 Tous les éléments du système de dilution et du système de prélèvement compris entre le tuyau d'échappement et le compteur du nombre de particules qui entrent en contact avec les gaz d'échappement bruts et dilués doivent être conçus de façon à réduire le plus possible les dépôts de particules. Ils doivent être réalisés en matériaux électriquement conducteurs qui ne réagissent pas avec les constituants des gaz d'échappement, et ils doivent être relié masse électriquement à la masse pour prévenir les effets électrostatiques.

A.1.2.1.2.4 Le système de prélèvement des particules doit satisfaire aux règles de bonne pratique en ce qui concerne les prélèvements d'aérosols, et notamment ne pas comporter de coudes prononcés ni de changements brusques de section transversale, comporter des surfaces internes lisses et avoir une tuyauterie de prélèvement la plus courte possible. Des variations progressives de la section transversale sont acceptables.

A.1.2.1.3 Dispositions particulières

A.1.2.1.3.1 L'échantillon de particules ne doit pas passer à travers une pompe avant de passer à travers le compteur du nombre de particules.

A.1.2.1.3.2 Il est recommandé d'utiliser un séparateur primaire pour l'échantillon.

A.1.2.1.3.3 L'unité de préconditionnement de l'échantillon doit:

A.1.2.1.3.3.1. Être capable de diluer l'échantillon en une ou plusieurs étapes pour, d'une part, abaisser la concentration en nombre de particules au-dessous du seuil à partir duquel le compteur ne peut plus fonctionner en mode de comptage particule par particule et, d'autre part, faire descendre la température du gaz au-dessous de 308 K (35 °C) à l'entrée du compteur;

A.1.2.1.3.3.2. Comprendre un étage initial de dilution chauffé à la sortie duquel la température de l'échantillon est ≥ 423 K (150 °C) et ≤ 673 K (400 °C) et l'échantillon est dilué d'un facteur 10 au minimum;

A.1.2.1.3.3.3. Maintenir les étages chauffés à leur température nominale de fonctionnement, dans la plage spécifiée au paragraphe A.1.2.1.3.3.2, avec une tolérance de ? 10 K (? 10 °C). Fournir une indication permettant de savoir si les étages chauffés sont ou non à leur température correcte de fonctionnement;

A.1.2.1.3.3.4. Réaliser un facteur de réduction de la concentration des particules $[f_r(d_i)]$, tel qu'il est défini au paragraphe A.1.2.2.2.2, pour des particules dont le diamètre de mobilité électrique est de 30 nm et 50 nm, qui ne soit pas supérieur de plus de 30 % et de plus de 20 %, respectivement, ni inférieur de plus de 5 % à celui obtenu pour des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 100 nm, pour l'ensemble du séparateur de particules volatiles;

A.1.2.1.3.3.5. Réaliser aussi une vaporisation > 99,0 % de particules de tétracontane $[CH_3(CH_2)_{38}CH_3]$ de 30 nm, avec une concentration à l'entrée ≥ 10000 cm-3, par chauffage et réduction des pressions partielles du tétracontane.

A.1.2.1.3.4. Le compteur du nombre de particules doit:

A.1.2.1.3.4.1. Fonctionner en conditions de plein débit;

A.1.2.1.3.4.2. Effectuer le comptage avec une justesse de ? 10 % dans la plage comprise entre 1 $cm^{-3}$ et le seuil à partir duquel le compteur ne fonctionne plus en mode comptage particule par particule selon une norme identifiable. À des concentrations inférieures à 100 $cm^{-3}$, des mesures dont la moyenne est calculée sur des périodes de prélèvement de longue durée peuvent être exigées pour démontrer la précision du compteur avec un degré de fiabilité statistique élevé;

A.1.2.1.3.4.3. Avoir une résolution d'au moins 0,1 particule/$cm^{-3}$ à des concentrations inférieures à 100 $cm^{-3}$;

A.1.2.1.3.4.4. Avoir une réponse linéaire aux concentrations de particules sur toute la plage de mesure en mode comptage particule par particule;

A.1.2.1.3.4.5. Avoir une fréquence de transmission des données égale ou supérieure à 0,5 Hz;

A.1.2.1.3.4.6. Avoir un temps de réponse t90 sur la plage de mesure des concentrations de moins de 5 s;

A.1.2.1.3.4.7. Comporter une fonction de correction de coïncidence jusqu'à une correction maximale de 10 % et pouvoir appliquer un facteur d'étalonnage interne comme indiqué au paragraphe A.1.2.2.1.3 mais n'utiliser aucun autre algorithme de correction ou de définition en ce qui concerne l'efficacité du comptage;

A.1.2.1.3.4.8. Avoir une efficacité de comptage de 50 % (? 12 %) pour les particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 23 nm (? 1 nm) et de plus de 90 % pour les particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 41 nm ( 1 nm). Ces efficacités de comptage peuvent être obtenues par des moyens internes (par exemple, une conception appropriée des instruments) ou externes (par exemple, l'utilisation d'un séparateur granulométrique primaire);

A.1.2.1.3.4.9. Si le compteur fonctionne avec un liquide, celui-ci doit être remplacé à la fréquence indiquée par le fabricant de l'instrument.

A.1.2.1.3.5. Si elles ne sont pas maintenues à une valeur constante connue au point où le débit du compteur est réglé, la pression et/ou la température à l'entrée du compteur doivent être mesurées et transmises aux fins de la correction des concentrations mesurées de particules pour les ramener aux conditions normales.

A.1.2.1.3.6. La somme du temps de séjour dans le PTS, le VPR et l'OT et du temps de réponse du PNC ne doit pas dépasser 20 s.

A.1.2.1.3.7. Le temps de transformation du système entier de prélèvement pour la mesure du nombre de particules (PTS, VPR, OT et PNC) doit être déterminé par permutation sur un flux d'aérosol envoyé directement à l'entrée du PTS. La permutation sur le flux d'aérosol doit s'effectuer en moins de 0,1 s. Les aérosols utilisés pour l'essai doivent produire un changement de concentration d'au moins 60 % de la pleine échelle (FS).

La trace de la concentration doit être enregistrée. Pour le recalage dans le temps de la concentration du nombre de particules et des signaux de débit de gaz d'échappement, le temps de transformation est défini comme étant le temps écoulé à partir de l'instant de commutation t0 jusqu'à ce que la réponse ait atteint 50 % de la valeur de lecture finale ($t_{50}$).

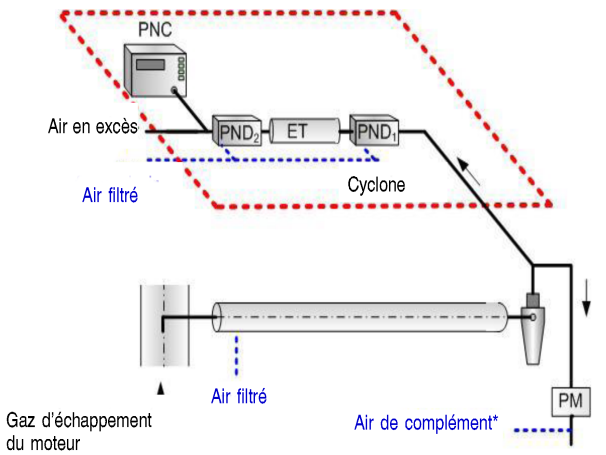
A.1.2.1.4 Description du système de mesure recommandé

Le présent paragraphe décrit le système recommandé pour la mesure du nombre de particules. Toutefois, il est possible d'utiliser un autre système à condition qu'il satisfasse aux prescriptions en matière d'efficacité énoncées aux paragraphes A.1.2.1.2 et A.1.2.1.3.

Les figures A.4-8 et A.4-9 représentent les schémas de principe des systèmes recommandés pour le prélèvement des particules dans le cas du prélèvement du flux partiel et du prélèvement du flux total respectivement.

*Figure A.4-8*

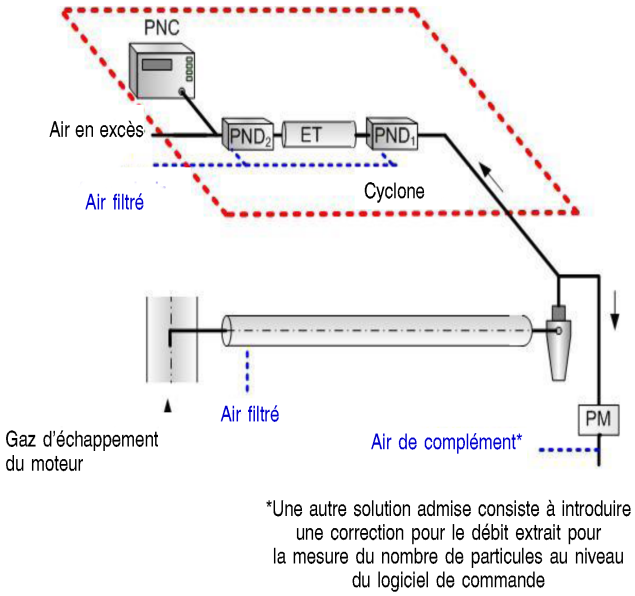
**Schéma du système recommandé de prélèvement des particules — prélèvement du flux partiel**




*Une autre solution admise consiste à introduire une correction pour le débit extrait pour la mesure du nombre de particules au niveau du logiciel de commande

*Figure A.4-9*

**Schéma du système recommandé de prélèvement des particules — prélèvement du flux total**




A.1.2.1.4.1 Description du système de prélèvement

Le système de prélèvement des particules doit se composer de la pointe de la sonde ou d'un point de prélèvement des particules placés dans le système de dilution, d'une ligne de transfert des particules, d'un séparateur primaire de particules (PCF) et d'un séparateur de particules volatiles placés en amont de l'unité de mesure de la concentration en particules (PNC). Le VPR doit contenir des dispositifs pour la dilution des échantillons ($PND_1$ et $PND_2$) et pour l'évaporation (tube d'évaporation). La sonde ou le point de prélèvement placés dans le flux de gaz d'essai doivent être disposés dans le conduit de dilution de telle sorte que l'échantillon de gaz soit prélevé dans un mélange homogène diluant/gaz d'échappement. La somme du temps passé dans le système et du temps de réaction du PNC ne doit pas dépasser 20 secondes.

A.1.2.1.4.2 Système de transfert des particules

La sonde ou le point de prélèvement des particules et la ligne de transfert des particules constituent ensemble le système de transfert des particules, qui amène les échantillons du tunnel de dilution jusqu'à l'entrée du premier dilueur de particules. Le PTS doit satisfaire aux conditions suivantes:

Dans le cas d'un système de dilution du flux total et d'un système de dilution du flux partiel du type à prélèvement partiel (comme décrit au paragraphe 9.2.3 de la présente annexe), la sonde de prélèvement doit être installée à proximité de l'axe médian du tunnel à une distance égale à 10 à 20 diamètres de tunnel en aval de l'entrée des gaz, et orientée vers l'amont dans le flux de gaz du tunnel, l'axe de la sonde à son extrémité étant parallèle à celui du tunnel de dilution. La sonde doit être positionnée dans la veine de dilution de telle manière que l'échantillon soit prélevé dans un mélange homogène de gaz de dilution/gaz d'échappement;

Dans le cas de systèmes de dilution du flux partiel (type à prélèvement total), tels qu'ils sont décrits au paragraphe 9.2.3 de la présente annexe, le point de prélèvement des particules ou la sonde doivent être situés sur la ligne de transfert des particules en amont du filtre à particules, du dispositif de mesure du flux et de toute dérivation. Le point de prélèvement ou la sonde peuvent être placés de telle sorte que l'échantillon soit prélevé dans un mélange homogène de diluant et de gaz d'échappement.

L'échantillon de gaz prélevé par l'intermédiaire du PTS doit remplir les conditions suivantes:

Son écoulement turbulent (nombre de Reynolds) doit être < 1700.

Son temps de séjour dans le PTS doit être ≤ 3 s;

Toute autre configuration de prélèvement du PTS pour laquelle il peut être démontré que la pénétration des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 30 nm est équivalente est considérée comme satisfaisante.

Le tuyau de sortie (OT) acheminant l'échantillon dilué du séparateur de particules volatiles vers l'entrée du compteur du nombre de particules doit avoir les caractéristiques suivantes:

Son diamètre interne doit être ≥ 4 mm;

Le temps de séjour dans le tuyau de sortie OT du gaz prélevé doit être ≤ 0,8 s.

Toute autre configuration de prélèvement de l'OT pour laquelle il peut être démontré que la pénétration des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 30 nm est équivalente est considérée comme satisfaisante.

A.1.2.1.4.3 Séparateur primaire granulométrique

Le séparateur primaire recommandé doit être installé en amont du séparateur de particules volatiles. Il doit avoir un point de coupure à 50 % compris entre 2,5 µm et 10 µm au débit volumique choisi pour le prélèvement des émissions de particules. Il doit laisser passer au moins 99 % des particules de 1 µm au débit volumique choisi pour le prélèvement des émissions de particules. Dans le cas d'un système de dilution du flux partiel, il est autorisé d'utiliser le même séparateur primaire pour le prélèvement de mesure de la masse des particules et le prélèvement de mesure du nombre de particules, l'échantillon de mesure du nombre de particules étant extrait du système de dilution en aval du séparateur primaire. Une autre solution admise est d'utiliser des séparateurs primaires distincts, l'échantillon de mesure du nombre de particules étant extrait du système de dilution en amont du séparateur primaire de mesure de la masse de particules.

A.1.2.1.4.4 Séparateur de particules volatiles (VPR)

Le VPR se compose d'un dilueur permettant de réduire la concentration en nombre de particules ($PND_1$), d'un tube d'évaporation et d'un second dilueur ($PND_2$) montés en série. Cette fonction de dilution a pour objet d'abaisser la concentration en nombre des particules présentes dans l'échantillon entrant dans le dispositif de mesure de la concentration des particules au-dessous du seuil à partir duquel le compteur ne peut plus fonctionner en mode de comptage particule par particule et de supprimer la nucléation au sein de l'échantillon. Le VPR doit donner une indication si le PND1 et le tube d'évaporation sont à leur température correcte de fonctionnement.

Le VPR doit réaliser une vaporisation >99,0 % de particules de tétracontane [CH3(CH2)38CH3] de 30 nm, avec une concentration à l'entrée ≥ 10 000 cm-3, par chauffage et réduction des pressions partielles du tétracontane. Il doit aussi réaliser un facteur de réduction de la concentration des particules (fr) pour des particules dont le diamètre de mobilité électrique est de 30 nm et 50 nm, qui ne soit pas supérieur de plus de 30 % et de plus de 20 % respectivement, ni inférieur de plus de 5 % à celui obtenu pour des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 100 nm, pour l'ensemble du VPR.

A.1.2.1.4.4.1. Premier dispositif de dilution de la concentration en nombre de particules ($PND_1$)

Le PND1 doit être spécialement conçu pour diluer la concentration en nombre de particules et pour fonctionner à une température (de paroi) comprise entre 423 K et 673 K (150 °C et 400 °C). La valeur de consigne de la température de paroi doit être maintenue à une température nominale de fonctionnement constante, dans cette plage, avec une tolérance de ? 10 °C et ne doit pas dépasser la température de paroi du tube d'évaporation ET (paragraphe A.1.2.1.4.4.2). Le dilueur doit être alimenté par de l'air de dilution filtré par un filtre HEPA et être capable de diviser la concentration de l'échantillon d'un facteur compris entre 10 et 200.

A.1.2.1.4.4.2. Tube d'évaporation (ET)

Sur toute la longueur du tube d'évaporation, la température de paroi doit être supérieure ou égale à celle du premier dispositif de dilution de la concentration en nombre de particules et maintenue à une valeur fixe nominale comprise entre 573 K (300 °C) et 673 K (400 °C), avec une tolérance de ? 10 K.

A.1.2.1.4.4.3. Deuxième dispositif de dilution de la concentration en nombre de particules ($PND_2$)

Le $PND_2$ doit être spécialement conçu pour diluer la concentration en nombre de particules. Il doit être alimenté par de l'air filtré par un filtre HEPA et doit être capable de maintenir un facteur de dilution unique compris entre 10 et 30. Le facteur de dilution doit être fixé entre 10 et 15 et être choisi de telle manière que la concentration en nombre de particules en aval du deuxième dilueur soit inférieure au seuil à partir duquel le compteur ne peut plus fonctionner en mode de comptage particule par particule, et que la température des gaz à l'entrée du PNC soit inférieure à 308 K (35 °C).

A.1.2.1.4.5 Compteur du nombre de particules (PNC)

Le PNC doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe A.1.2.1.3.4.

A.1.2.2 Étalonnage/validation du système de prélèvement des particules([1])

A.1.2.2.1 Étalonnage du compteur du nombre de particules

A.1.2.2.1.1 Le service technique vérifie l'existence d'un certificat d'étalonnage du PNC attestant la conformité du PNC à une norme identifiable, et établi dans les 12 mois précédant l'essai.

A.1.2.2.1.2 Après toute nouvelle opération d'entretien importante, le PNC doit être à nouveau étalonné et un nouveau certificat d'étalonnage doit être établi.

A.1.2.2.1.3 L'étalonnage doit être effectué conformément à une méthode d'étalonnage reconnue:

a) par comparaison de la réponse du PNC à étalonner avec celle d'un électromètre à aérosol étalonné analysant simultanément des particules étalons classées électrostatiquement; ou

b) par comparaison de la réponse du PNC à étalonner avec celle d'un deuxième PNC qui a été directement étalonné selon la méthode de référence.

Dans le cas de l'électromètre, on procède à l'étalonnage en utilisant au moins six concentrations étalons espacées le plus uniformément possible sur la plage de mesure du PNC. L'un de ces points est le point correspondant à une concentration nominale égale à zéro que l'on obtient en raccordant à l'entrée de chaque instrument un filtre HEPA répondant au minimum à la classe H13 définie dans la norme EN 1822:2008. Aucun facteur d'étalonnage n'étant appliqué au PNC à étalonner, les concentrations mesurées ne doivent pas s'écarter de plus de ? 10 % de la concentration étalon pour chaque concentration utilisée, à l'exception du point zéro. Dans le cas contraire, le PNC doit être refusé. Le gradient obtenu par régression linéaire des deux ensembles de données doit être calculé et enregistré. Un facteur d'étalonnage égal à l'inverse du gradient est appliqué au PNC à étalonner. On calcule la linéarité de la réponse sur la base du carré du coefficient de corrélation de Pearson ($R_2$) des deux ensembles de données; elle doit être égale ou supérieure à 0,97. Pour le calcul du gradient et de R2, on doit faire passer la droite de régression linéaire par l'origine (correspondant à une concentration zéro pour les deux instruments).

Dans le cas du compteur du nombre de particules de référence, on procède à l'étalonnage en utilisant au moins six concentrations étalons réparties sur la plage de mesure du PNC. Trois points au moins doivent être à des concentrations inférieures à 1000 $cm\text{-}_3$, les concentrations restantes devant être linéairement espacées entre 1 000 cm-3 et la concentration maximale à laquelle le PNC peut fonctionner en mode comptage particule par particule. L'un de ces points est le point correspondant à une concentration nominale égale à zéro que l'on obtient en raccordant à l'entrée de chaque instrument un filtre HEPA répondant au minimum à la classe H13 définie dans la norme EN 1822:2008. Aucun facteur d'étalonnage n'étant appliqué au PNC à étalonner, les concentrations mesurées ne doivent pas s'écarter de plus de ? 10 % de la concentration étalon pour chaque concentration, à l'exception du point zéro. Dans le cas contraire, le PNC doit être refusé. Le gradient obtenu par régression linéaire des deux ensembles de données doit être calculé et enregistré. Un facteur d'étalonnage égal à l'inverse du gradient est appliqué au PNC à étalonner. On calcule la linéarité de la réponse sur la base du carré du coefficient de corrélation de Pearson (R2) des deux ensembles de données; elle doit être égale ou supérieure à 0,97. Pour le calcul du gradient et de R2, on doit faire passer la droite de régression linéaire par l'origine (correspondant à une concentration zéro pour les deux instruments).

A.1.2.2.1.4 Lors de l'étalonnage, on doit aussi vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions du paragraphe A.1.2.1.3.4.8 concernant l'efficacité avec laquelle le compteur du nombre de particules détecte les particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 23 nm. Le contrôle de l'efficacité de comptage des particules de 41 nm n'est pas obligatoire.

A.1.2.2.2 Étalonnage/validation du séparateur de particules volatiles (VPR)

([1]) Des exemples de méthodes d'étalonnage et de validation sont disponibles à l'adresse suivante:www.unece.org/es/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpfcp

A.1.2.2.2.1 Il doit être procédé à l'étalonnage des facteurs de réduction de la concentration de particules applicable au VPR sur toute la plage de réglages de dilution, aux températures de fonctionnement de l'instrument recommandées par le fabricant, lorsque le dispositif est neuf ou après une opération d'entretien importante. La seule obligation concernant la validation périodique du facteur de réduction de la concentration de particules applicable au VPR consiste à effectuer un contrôle dans une seule station d'essai, caractéristique de celles où l'on procède aux mesures sur les engins mobiles non routiers diesel équipés d'un filtre à particules. Le service technique doit s'assurer qu'il existe un certificat d'étalonnage ou de validation du séparateur de particules volatiles, établi dans les 6 mois précédant l'essai d'émissions. Si l'instrument est équipé de dispositifs d'alerte pour la surveillance de la température, l'intervalle entre deux validations peut être de 12 mois.

Les caractéristiques du séparateur de particules volatiles doivent être déterminées quant au facteur de réduction de la concentration de particules avec des particules solides ayant un diamètre de mobilité électrique de 30 nm, 50 nm et 100 nm. Les facteurs de réduction de la concentration de particules [fr(d)] pour les particules d'un diamètre de mobilité électrique de 30 nm et 50 nm ne doivent pas être supérieurs de plus de 30 % et de plus de 20 %, respectivement, ni inférieurs de plus de 5 % à ceux obtenus pour les particules d'un diamètre de mobilité électrique de 100 nm. Aux fins de validation, le facteur moyen de réduction de la concentration de particules ne doit pas s'écarter de plus de ? 10 % du facteur moyen de réduction ($\overline{f_r}$), déterminé lors du premier étalonnage du VPR.

A.1.2.2.2.2 L'aérosol d'essai utilisé pour ces mesures est constitué de particules solides d'un diamètre de mobilité électrique de 30, 50 et 100 nm, avec une concentration minimale de 5 000 particules cm-3 à l'entrée du VPR. Les concentrations de particules sont mesurées en amont et en aval des composants.

Le facteur de réduction de la concentration des particules pour chaque granulométrie [fr(di)] est calculé au moyen de l'équation (A.4-32):

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)} \quad \text{(A.4-32)}$$

où:

$N_{in}(d_i)$ désigne la concentration en particules de diamètre di en amont

$N_{out}(d_i)$ désigne la concentration en particules de diamètre di en aval

$d_i$ désigne le diamètre de mobilité électrique des particules (30, 50 ou 100 nm)

$N_{in}(d_i)$ et $N_{out}(d_i)$ doivent être corrigés en fonction des mêmes conditions.

La réduction moyenne de la concentration en particules ($\overline{f_r}$) pour un niveau de dilution donné est calculée au moyen de l'équation (A.4-33):

$$\overline{f_r} = \frac{f_r(30nm) + f_r(50nm) + f_r(100nm)}{3} \quad \text{(A.4-33)}$$

Il est recommandé d'étalonner et de valider le VPR en tant qu'unité intégrée.

A.1.2.2.2.3 Le service technique doit vérifier l'existence d'un certificat de validation du VPR attestant l'efficacité du séparateur de particules volatiles délivré dans les 6 mois précédant l'essai d'émissions. Si l'instrument est équipé de dispositifs d'alerte pour la surveillance de la température, l'intervalle entre deux validations peut être de 12 mois. Le VPR doit retenir à plus de 99,0 % les particules de tétracontane [$CH_3(CH_2)_{38}CH_3$] d'un diamètre de mobilité électrique d'au moins 30 nm, à une concentration d'entrée ≥ 10000 cm-$_3$ et lorsque l'appareil fonctionne à son niveau de dilution minimale et à la température recommandée par le fabricant.

A.1.2.2.3 Procédures de contrôle du système de comptage des particules

A.1.2.2.3.1 Avant chaque essai, le compteur de particules doit afficher une concentration mesurée de moins de 0,5 particule/cm-3 lorsqu'un filtre HEPA répondant au minimum à la classe H13 définie dans la norme EN 1822:2008 est raccordé à l'entrée du système de prélèvement des particules (VPR et PNC).

A.1.2.2.3.2 Chaque mois, on vérifie que la valeur affichée du débit entrant dans le compteur de particules ne s'écarte pas de plus de 5 % du débit nominal du compteur lorsque le contrôle est effectué au moyen d'un débitmètre étalonné.

A.1.2.2.3.3 Chaque jour, on vérifie, après avoir raccordé un filtre HEPA répondant au minimum à la classe H13 définie dans la norme EN 1822:2008 à l'entrée du compteur de particules, que celui-ci affiche une concentration ≤ 0,2 cm-3. Ce filtre une fois déposé, le compteur, alimenté par l'air ambiant, doit indiquer une concentration d'au moins 100 particules/cm-3. Lorsqu'on remet le filtre HEPA en place, la concentration doit de nouveau être ≤ 0,2 $cm^{-3}$.

A.1.2.2.3.4 Avant le début de chaque essai, il doit être confirmé que le tube d'évaporation, s'il fait partie de l'appareillage, a atteint sa température correcte de fonctionnement.

A.1.2.2.3.5 Avant le début de chaque essai, il doit être confirmé que le dilueur PND1 a atteint sa température correcte de fonctionnement.

*APPENDICE A.2*

**PRESCRIPTIONS D'INSTALLATION POUR LES ÉQUIPEMENTS ET LES ACCESSOIRES**

| Numéro | Équipements et accessoires | Monté pour l'essai d'émission |
|---|---|---|
| 1 | Système d'admission | |
| | Collecteur d'admission | Oui |
| | Système de contrôle des émissions de carter | Oui |
| | Débitmètre d'air | Oui |
| | Filtre à air | Oui[a] |
| | Silencieux d'admission | Oui[a] |
| 2 | Système d'échappement | |
| | Système de traitement aval des gaz d'échappement | Oui |
| | Collecteur d'échappement | Oui |
| | Tuyauteries de liaison | Oui[b] |
| | Silencieux | Oui[b] |
| | Tuyau de sortie | Oui[b] |
| | Ralentisseur d'échappement | Non[c] |
| | Dispositif de suralimentation | Oui |
| 3 | Pompe d'alimentation en carburant | Oui[d] |
| 4 | Équipement d'injection du carburant | |
| | Préfiltre | Oui |
| | Filtre | Oui |
| | Pompe | Oui |
| 5 | Tuyauterie haute pression | Oui |
| | Injecteur | Oui |
| | Commande électronique, capteurs, etc. | Oui |
| | Régulateur/système de commande | Oui |
| | Butée automatique de pleine charge pour crémaillère de commande selon les conditions atmosphériques | Oui |
| 6 | Système de refroidissement (au moyen d'un liquide) | |
| | Radiateur | Non |
| | Ventilateur | Non |
| | Carénage du ventilateur | Non |
| | Pompe à eau | Oui[e] |

| Numéro | Équipements et accessoires | Monté pour l'essai d'émission |
|---|---|---|
| | Thermostat | Oui([f]) |
| 7 | Refroidissement par air | |
| | Carénage | Non([g]) |
| | Ventilateur ou soufflante | Non([g]) |
| | Dispositif régulateur de température | Non |
| 8 | Équipement de surpression | |
| | Compresseur entraîné directement par le moteur et/ou par les gaz d'échappement | Oui |
| | Refroidisseur d'air d'admission | Oui([g]), ([h]) |
| | Pompe de réfrigérant ou ventilateur (entraîné(e) par le moteur) | Non([g]) |
| | Dispositif de réglage du débit du réfrigérant | Oui |
| 9 | Ventilateur de banc d'essai auxiliaire | Oui, si nécessaire |
| 10 | Dispositif antipollution | Oui |
| 11 | Équipement de démarrage | Oui ou équipement du banc d'essai([i]) |
| 12 | Pompe de lubrification du moteur | Oui |
| 13 | Certains accessoires dont la fonction est liée au fonctionnement de l'engin mobile non routier et qui peuvent être montés sur le moteur doivent être démontés pour l'essai.<br>La liste suivante, non exhaustive, est donnée à titre d'exemple:<br>(i) compresseur d'air de freins;<br>(ii) compresseur de direction assistée;<br>(iii) compresseur de suspension;<br>(iv) système de climatisation. | Non |

([a]) Le système d'admission complet doit être équipé pour l'application à laquelle il est destiné:
i) lorsqu'il y a un risque d'effet appréciable sur la puissance du moteur;
ii) lorsque le constructeur le demande.
Dans d'autres cas, on peut utiliser un système équivalent et faire un contrôle pour s'assurer que la pression d'admission ne diffère pas de plus de 100 Pa de la limite supérieure fixée par le constructeur pour un filtre à air propre.

([b]) Le système d'échappement complet doit être monté pour l'application à laquelle il est destiné:
i) lorsqu'il y a un risque d'effet appréciable sur la puissance du moteur;
ii) lorsque le constructeur le demande.
Dans d'autres cas, on peut utiliser un système équivalent et faire un contrôle pour s'assurer que la pression d'admission ne diffère pas de plus de 1000 Pa de la limite supérieure fixée par le constructeur.

([c]) Si un ralentisseur d'échappement est intégré au moteur, le papillon des gaz doit être en position entièrement ouverte.

([d]) La pression d'alimentation du carburant peut être réglée, si nécessaire, pour reproduire la pression existant dans l'application particulière de ce moteur (surtout lorsqu'on fait appel à un système à «retour de carburant»).

([e]) La circulation du liquide de refroidissement doit être assurée par la pompe à eau du moteur seulement. Le refroidissement de ce liquide peut être fait dans un circuit extérieur de telle manière que la perte de pression de ce circuit et la pression à l'entrée de la pompe soient essentiellement les mêmes que celles du système de refroidissement du moteur.

([f]) Le thermostat peut être mis en position d'ouverture totale.

([g]) Lorsque le ventilateur de refroidissement ou la soufflante est installé(e) pour l'essai, la puissance absorbée est ajoutée aux résultats, sauf dans le cas des ventilateurs de refroidissement de moteurs refroidis par air directement fixés sur le vilebrequin. La puissance du ventilateur ou de la soufflante doit être déterminée aux régimes utilisés pour l'essai, soit par calcul à partir des caractéristiques standard, soit par des essais pratiques.

([h]) Les moteurs à refroidissement d'admission doivent être essayés avec le refroidissement d'admission, qu'il soit à liquide ou à air, mais si le constructeur le préfère, un système faisant partie du banc d'essai peut remplacer le refroidisseur d'air. Dans chaque cas, la mesure de la puissance à chaque régime est effectuée avec le maximum de chute de pression et le minimum de perte de température de l'air traversant le refroidisseur de suralimentation sur le banc d'essai déclarés par le constructeur.

([i]) L'énergie pour le système de démarrage électrique ou autre doit être fournie par le banc d'essai.

*APPENDICE A.3*

**VÉRIFICATION DU SIGNAL DE COUPLE ÉMIS PAR L'UNITÉ DE COMMANDE ÉLECTRONIQUE**

A.3.1. Introduction

Dans l'éventualité où la partie contractante exigerait que des essais de surveillance en service soient effectués, le présent appendice énonce les prescriptions pour la vérification du couple pour le cas où le constructeur souhaiterait utiliser le signal de couple émis par l'unité de commande électronique (ECU) des moteurs qui en sont équipés.

La base pour le couple net doit être le couple net non corrigé délivré par le moteur comprenant l'équipement et les accessoires à inclure pour un essai d'émissions selon l'appendice A.2.

A.3.2. Couple émis

Le moteur étant installé sur le banc d'essai en vue de l'exécution de la procédure d'établissement de la courbe de conversion, il convient que des moyens soient fournis de lire le signal de couple émis par l'ECU.

A.3.3. Procédure de vérification

Lors de l'exécution de la procédure d'établissement de la courbe de conversion conformément au paragraphe 7.6.2 de la présente annexe, des lectures du couple mesuré par le dynamomètre et du couple émis par l'ECU doivent être faites simultanément en trois points au moins sur la courbe du couple. Au moins une des lectures doit être faite en un point de la courbe où le couple n'est pas inférieur à 98 % de la valeur maximale.

Le couple émis par l'ECU doit être accepté sans correction si, à chaque point où les mesures ont été faites, le facteur calculé en divisant la valeur du couple donnée par le dynamomètre par la valeur du couple donnée par l'ECU n'est pas inférieur à 0,93 (c'est-à-dire une différence maximale de 7 %). Dans ce cas, il convient d'indiquer sur la fiche de communication que le couple émis par l'ECU a été vérifié sans correction. Lorsqu'en un ou plusieurs des points d'essai, le facteur est inférieur à 0,93, le facteur de correction moyen doit être déterminé à partir de tous les points auxquels des lectures ont été faites et consigné dans la fiche de communication. Si un facteur est consigné dans la fiche de communication, il doit être appliqué au couple émis par l'ECU lors de l'exécution des essais de surveillance en service.

*APPENDICE A.4*

**PROCÉDURES DE MESURE DE L'AMMONIAC**

A.4.1. Le présent appendice décrit la procédure pour mesurer l'ammoniac ($NH_3$). Pour les analyseurs non linéaires, l'utilisation de circuits de linéarisation est admise.

A.4.2. Deux principes de mesure sont spécifiés pour la mesure du $NH_3$ et chacun de ces deux principes peut être utilisé pour autant qu'il satisfasse aux critères spécifiés aux paragraphes A.4.2.1, A.4.2.2 ou A.4.2.3, respectivement. Les séchoirs à gaz ne sont pas admis pour la mesure du $NH_3$.

A.4.2.1. Analyseur infrarouge par transformation de Fourier (ci-après FTIR)

A.4.2.1.1. Principe de mesure

Le FTIR fonctionne selon le principe de la spectroscopie infrarouge à large bande. Il permet des mesures simultanées de constituants des gaz d'échappement dont les spectres standardisés sont disponibles dans l'instrument. Le spectre d'absorption (intensité/longueur d'onde) est calculé à partir de l'interferogramme mesuré (intensité/temps) au moyen de la méthode de la transformée de Fourier.

A.4.2.1.2. Installation et prélèvement

Le FTIR est installé conformément aux instructions du fabricant de l'instrument. La longueur d'onde du $NH_3$ est sélectionnée pour l'évaluation. La ligne de prélèvement [conduite de prélèvement, préfiltre(s) et vannes] doit être en acier inoxydable ou en PTFE et elle doit être chauffée à des points de consigne situés entre 383 K (110 °C) et 464 K (191 °C) afin de minimiser les pertes de $NH_3$ et les artefacts de prélèvement. En outre, la conduite de prélèvement doit être aussi courte que possible.

A.4.2.1.3. Interférence réciproque

La résolution spectrale de la longueur d'onde du $NH_3$ doit être de 0,5 $cm^{-1}$ au maximum afin de minimiser l'interférence réciproque d'autres gaz présents dans les gaz d'échappement.

A.4.2.2. Analyseur non dispersif à absorption de résonance dans l'ultraviolet (ci-après «NDUV»)

A.4.2.2.1. Principe de mesure

Le NDUV repose sur un principe purement physique: aucun gaz ou équipement auxiliaire n'est requis. L'élément principal du photomètre est une lampe à décharge sans électrode. Il produit un rayonnement nettement structuré dans la gamme ultraviolette, permettant la mesure de différents composants tels que le $NH_3$.

Le système photométrique possède un double faisceau en mode temps réglé pour produire un faisceau de mesure et un faisceau de référence au moyen d'une technique de corrélation par filtre.

Afin d'obtenir une haute stabilité du signal de mesure, le double faisceau en mode temps est combiné avec un double faisceau en mode espace. Le traitement des signaux du détecteur tend à produire une valeur quasi négligeable de vitesse de dérive du point zéro.

En mode étalonnage de l'analyseur, une cellule à quartz scellée est inclinée dans le chemin du faisceau pour obtenir une valeur d'étalonnage exacte, étant donné que les pertes de réflexion et d'absorption des fenêtres de la cellule sont annulées. Étant donné que le remplissage de gaz de la cellule est très stable, cette méthode d'étalonnage produit une très grande stabilité à long terme du photomètre.

A.4.2.2.2. Installation

L'analyseur doit être installé à l'intérieur d'un boîtier en utilisant le prélèvement extractif conformément aux instructions du fabricant de l'instrument. L'emplacement de l'analyseur doit permettre de supporter le poids spécifié par le fabricant.

Le chemin de prélèvement [conduite de prélèvement, préfiltre(s) et valves] doit être en acier inoxydable ou en PTFE et doit être chauffé à des points de consigne situés entre 383 K (110 °C) et 464 K (191 °C).

En outre, la conduite de prélèvement doit être aussi courte que possible. L'influence de la température et de la pression des gaz d'échappement, de l'environnement d'installation et des vibrations sur la mesure doit être minimisée.

L'analyseur de gaz doit être protégé du froid, de la chaleur, des écarts de température et des courants d'air forts, de l'accumulation de poussière, des atmosphères corrosives et des vibrations. Une circulation d'air adéquate doit être assurée pour éviter l'accumulation de chaleur. L'ensemble de la surface doit être utilisé pour dissiper les pertes de chaleur.

A.4.2.2.3. Sensibilité croisée

Une gamme spectrale appropriée doit être choisie afin de minimiser les interférences croisées des gaz associés. Les composants occasionnant habituellement des sensibilités croisées sur la mesure du $NH_3$ sont le $SO_2$, le $NO_2$ et le NO.

D'autres méthodes supplémentaires peuvent être appliquées pour réduire les sensibilités croisées:

a) utilisation de filtres d'interférences;

b) compensation de la sensibilité croisée en mesurant les composants occasionnant des sensibilités croisées et en utilisant le signal de mesure pour la compensation.

A.4.2.3. Analyseur à infrarouge laser

A.4.2.3.1. Principe de mesure

Un laser infrarouge tel qu'un laser à diode accordable (TDL) ou un laser à cascade quantique (QCL) peut émettre une lumière cohérente dans le proche infrarouge ou dans les infrarouges moyens, respectivement, où les composés azotés, dont le $NH_3$, ont une forte absorption. Cette optique laser peut donner un spectre en mode pulsé à haute résolution et bande étroite dans le proche infrarouge ou l'infrarouge moyen. Aussi, les analyseurs à infrarouge laser peuvent réduire l'interférence causée par le recouvrement spectral de gaz coexistant dans les gaz d'échappement du moteur.

A.4.2.3.2. Installation

L'analyseur doit être installé soit directement dans le tuyau d'échappement (in situ), soit dans une armoire pour analyseur avec prélèvement par extraction conformément aux instructions du fabricant de l'instrument. S'il est installé dans une armoire, la ligne de prélèvement [conduite de prélèvement, préfiltre(s) et vannes] doit être en acier inoxydable ou en PTFE et elle doit être chauffée à des points de consigne situés entre 383 K (110 °C) et 464 K (191 °C) afin de minimiser les pertes de $NH_3$ et les artefacts de prélèvement. En outre, la conduite de prélèvement doit être aussi courte que possible.

L'influence de la température et de la pression des gaz d'échappement, de l'environnement de l'installation et des vibrations sur la mesure doit être minimisée ou des techniques de compensation doivent être utilisées.

Si un écran d'air est utilisé avec la mesure in situ pour la protection de l'instrument, cet air ne doit affecter la concentration d'aucun des constituants des gaz d'échappement mesurés en aval du dispositif ou le prélèvement des autres constituants des gaz d'échappement doit être fait en amont du dispositif.

A.4.2.3.3. Vérification de l'interférence pour les analyseurs à infrarouge laser de $NH_3$ (interférence croisée)

A.4.2.3.3.1. Étendue et fréquence

Si le $NH_3$ est mesuré au moyen d'un analyseur à infrarouge laser, la quantité d'interférence doit être vérifiée après l'installation initiale de l'analyseur et après un grand entretien.

A.4.2.3.3.2. Principes de mesure pour la vérification de l'interférence

Les gaz à interférence peuvent interférer positivement avec certains analyseurs à infrarouge laser en provoquant une réponse similaire à celle du $NH_3$. Si l'analyseur fonctionne avec des algorithmes de compensation qui utilisent des mesures d'autres gaz pour effectuer cette vérification de l'interférence, il faut faire ces autres mesures simultanément pour soumettre aux essais les algorithmes de compensation pendant la vérification de l'interférence avec l'analyseur.

Il faut s'appuyer sur des pratiques techniques reconnues pour déterminer les gaz à interférence pour l'analyseur à infrarouge laser. Il convient de noter que les espèces à interférence, à l'exception du $H_2O$, sont dépendantes de la bande d'absorption infrarouge du $NH_3$ choisie par le fabricant de l'instrument. Pour chaque analyseur, la bande d'absorption infrarouge du $NH_3$ doit être déterminée. Pour chaque bande d'absorption infrarouge du $NH_3$, il faut s'appuyer sur les pratiques techniques reconnues pour déterminer les gaz à interférence à utiliser dans la vérification.

A.4.3. Procédure d'essai des émissions

A.4.3.1. Contrôle des analyseurs

Avant l'essai des émissions, la gamme de l'analyseur doit être sélectionnée. Les analyseurs d'émissions équipés d'un sélecteur de gamme automatique ou manuel sont admis. Durant le cycle d'essai, la gamme des analyseurs ne doit pas être changée.

La réponse au gaz de réglage du zéro et au gaz de réglage de l'étendue doit être déterminée, si les dispositions du paragraphe A.4.3.4.2 ne s'appliquent pas à l'instrument. Pour la réponse au gaz de réglage de l'étendue, un gaz $NH_3$ répondant aux spécifications du paragraphe A.4.4.2.7 doit être utilisé. L'utilisation de cellules de référence qui contiennent le gaz de réglage de l'étendue $NH_3$ est admise.

A.4.3.2. Collecte des données pertinentes sur les émissions

Au démarrage de la séquence d'essai, la collecte des données sur le $NH_3$ doit être lancée simultanément. La concentration de $NH_3$ doit être mesurée continuellement et mémorisée, à 1 Hz au moins, sur un système informatique.

A.4.3.3. Opérations après l'essai

À l'achèvement de l'essai, le prélèvement doit continuer jusqu'à ce que les temps de réponse du système se soient écoulés. La détermination de la dérive de l'analyseur conformément au paragraphe A.4.3.4.1 n'est requise que si les informations du paragraphe A.4.3.4.2 ne sont pas disponibles.

A.4.3.4. Dérive de l'analyseur

A.4.3.4.1. Dès que possible, et au plus tard 30 min après l'achèvement du cycle d'essai ou durant la période de stabilisation à chaud, la réponse au gaz de réglage du zéro et au gaz de réglage de l'étendue de l'analyseur est déterminée. La différence entre les résultats avant et après l'essai doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle.

A.4.3.4.2. La détermination de la dérive de l'analyseur n'est pas requise dans les situations suivantes:

a) si la dérive du réglage du zéro et la dérive du réglage de l'étendue spécifiées par le fabricant de l'instrument aux paragraphes A.4.4.2.3 et A.4.4.2.4 satisfont aux prescriptions du paragraphe A.4.3.4.1;

b) si l'intervalle de temps pour la dérive du réglage du zéro et la dérive du réglage de l'étendue spécifiées par le fabricant de l'instrument aux paragraphes A.4.4.2.3 et A.4.4.2.4 excède la durée de l'essai.

A.4.4. Spécifications de l'analyseur et vérification

A.4.4.1. Prescriptions en matière de linéarité

L'analyseur doit satisfaire aux prescriptions en matière de linéarité spécifiées dans le tableau A.4-8 de la présente annexe. La vérification de la linéarité conformément au paragraphe 8.1.4 de la présente annexe doit être effectuée au moins à la fréquence indiquée dans le tableau A.4-5 de la présente annexe. Avec l'accord préalable de l'autorité d'homologation de type, la prise en compte de moins de 10 points de référence est admise, si une précision équivalente peut être démontrée.

Pour la vérification de la linéarité, un gaz $NH_3$ répondant aux spécifications du paragraphe A.4.4.2.7 doit être utilisé. L'utilisation de cellules de référence qui contiennent un gaz de réglage de l'étendue $NH_3$ est admise.

Les instruments dont les signaux sont utilisés pour les algorithmes de compensation doivent satisfaire aux prescriptions en matière de linéarité du tableau 5 de la présente annexe. La vérification de la linéarité doit être effectuée comme le requièrent les procédures d'audit interne, par le fabricant de l'instrument ou conformément aux prescriptions ISO 9000.

A.4.4.2. Spécifications de l'analyseur

L'analyseur doit avoir une gamme de mesure et un temps de réponse compatibles avec la précision requise pour mesurer la concentration de $NH_3$ dans des conditions transitoires ou stationnaires.

A.4.4.2.1. Limite de détection minimale

L'analyseur doit avoir une limite de détection minimale < 2 ppm dans toutes les conditions d'essai.

A.4.4.2.2. Justesse

La justesse, définie comme la déviation de la lecture de l'analyseur par rapport à la valeur de référence, ne doit pas excéder ± 3 % de la valeur lue ou ± 2 ppm, la valeur la plus importante étant prise en compte.

A.4.4.2.3. Dérive du zéro

La dérive de la réponse au gaz de réglage du zéro et l'intervalle de temps correspondant sont spécifiés par le fabricant de l'instrument.

A.4.4.2.4. Dérive de l'étendue

La dérive de la réponse au gaz de réglage de l'étendue et l'intervalle de temps correspondant sont spécifiés par le fabricant de l'instrument.

A.4.4.2.5. Temps de réponse du système

Le temps de réponse du système doit être ≤ 20 s.

A.4.4.2.6. Temps de montée

Le temps de montée de l'analyseur doit être ≤ 5 s.

A.4.4.2.7. Gaz d'étalonnage $NH_3$

Un mélange de gaz ayant la composition chimique suivante doit être disponible:

$NH_3$ et azote purifié.

La concentration réelle du gaz d'étalonnage doit être à ± 3 % près égale à la valeur nominale. La concentration de $NH_3$ doit être donnée sur la base du volume (% volume ou ppm volume).

La date d'expiration déclarée par le fabricant doit être enregistrée.

A.4.4.2.8. Procédure de vérification de l'interférence

La vérification de l'interférence doit être effectuée de la manière suivante:

a) l'analyseur $NH_3$ doit être mis en marche, utilisé et remis à zéro et doit faire l'objet d'un réglage de sensibilité comme avant un essai d'émissions;

b) un gaz d'essai d'interférence humidifié doit être créé par barbotage d'un gaz de réglage de l'étendue multicomposants dans de l'eau distillée à l'intérieur d'un récipient fermé. Si l'échantillon n'est pas passé par le sécheur d'échantillon, il faut régler la température du récipient pour produire un niveau de $H_2O$ atteignant au moins le maximum attendu pendant l'essai. Les concentrations de gaz de réglage de l'étendue à interférence doivent être utilisées à un niveau au moins aussi élevé que le maximum attendu pendant l'essai;

c) le gaz d'essai d'interférence humidifié doit être introduit dans le système de prélèvement;

d) il faut mesurer la fraction molaire de l'eau, $x_{H2O}$, du gaz d'essai d'interférence humidifié aussi près que possible de l'entrée de l'analyseur. À titre d'exemple, on mesure le point de rosée, $T_{dew}$, et la pression absolue $p_{total}$, pour calculer $x_{H2O}$;

e) on suit les pratiques techniques reconnues pour prévenir la condensation dans les lignes de transfert, les raccords ou les distributeurs entre le point où $x_{H2O}$ est mesuré et l'analyseur;

f) il faut attendre que la réponse de l'analyseur se stabilise;

g) pendant que l'analyseur mesure la concentration de l'échantillon, ses valeurs mesurées sont enregistrées pendant 30s. On calcule ensuite la moyenne arithmétique de ces données;

h) l'analyseur satisfait à la vérification de l'interférence si le résultat du point g) du présent paragraphe respecte la tolérance indiquée au point j);

i) on peut également appliquer les procédures d'interférence pour chaque gaz de contrôle de l'interférence séparément. Si les niveaux des gaz de contrôle de l'interférence utilisés sont plus élevés que les niveaux maximaux attendus pendant l'essai, il faut ramener chaque valeur d'interférence observée à une échelle plus petite en multipliant l'interférence observée par le taux de la valeur maximale attendue de concentration à la valeur réelle utilisée pendant cette procédure. On peut utiliser des concentrations d'interférence de $H_2O$ (jusqu'à 0,025 mol/mol de contenu de $H_2O$) qui sont plus basses que les niveaux maximaux attendus au cours de l'essai, mais il faut ramener l'interférence observée avec le $H_2O$ à une échelle plus grande en multipliant l'interférence constatée par le taux de la valeur de concentration de $H_2O$ maximale attendu à la valeur réelle utilisée au cours de cette procédure. La somme des valeurs d'interférence à l'échelle doit correspondre à la tolérance pour l'interférence combinée comme indiqué au point j) ci-après;

j) l'analyseur doit avoir une interférence combinée de ± 0,2 ppm $NH_3$.

A.4.5. Autres systèmes

D'autres systèmes ou analyseurs peuvent être approuvés par l'autorité d'homologation de type pour autant qu'ils produisent des résultats équivalents conformément au paragraphe 5.1.3 de la présente annexe. Dans ce cas, les «résultats», dans ce paragraphe, font référence à la concentration moyenne de $NH_3$ calculée pour le cycle applicable.

*APPENDICE A.5*

**DESCRIPTION DES RÉPONSES DU SYSTÈME**

Le présent appendice décrit les temps utilisés pour exprimer la réponse des systèmes analytiques et autres systèmes de mesure à un signal entré.

A.5.1. Les temps suivants s'appliquent, comme illustré à la figure A.4-10:

A.5.1.1. Le «temps de retard»est l'écart de temps entre une variation du constituant à mesurer au point de référence et une réponse du système de 10 % de la valeur de lecture finale ($t_{10}$), la sonde de prélèvement étant définie comme point de référence;

A.5.1.2. Le «temps de réponse»est l'écart de temps entre la variation du constituant à mesurer au point de référence et une réponse du système de 90 % de la valeur de lecture finale ($t_{90}$), la sonde de prélèvement étant définie comme point de référence;

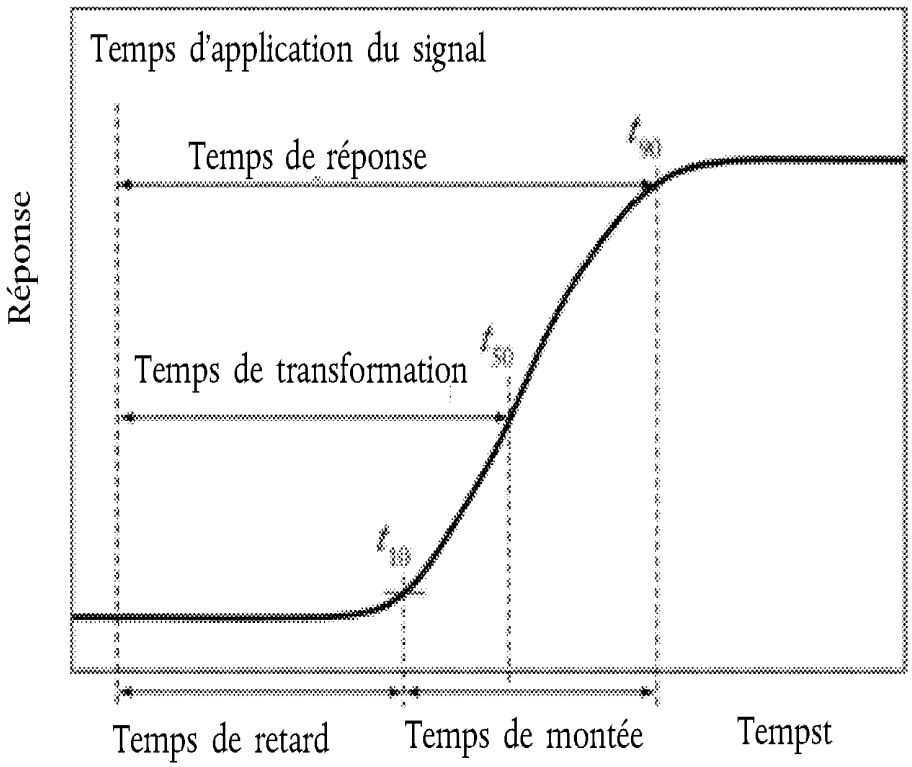
A.5.1.3. Le «temps de montée»est l'écart de temps entre une réponse de 10 % et une réponse de 90 % de la valeur finale de lecture ($t_{90} - t_{10}$);

A.5.1.4. Le «temps de transformation»est l'écart de temps entre la variation du constituant à mesurer au point de référence et une réponse du système de 50 % de la valeur de lecture finale ($t_{50}$), la sonde de prélèvement étant définie comme point de référence.

A.5.1.5. Le «temps d'application du signal»est le moment où il se produit un changement dans le paramètre mesuré.

*Figure A.4-10*

**Illustration des réponses du système**



*APPENDICE A.6*

**CARACTÉRISTIQUES DES CYCLES D'ESSAI EN CONDITIONS STATIONNAIRES ET TRANSITOIRES**

A.6.1. Les cycles d'essai applicables aux différentes catégories et sous-catégories de moteurs sont indiqués dans les tableaux A.4-11 à A.4-18.

*Tableau A.4-11*

**Cycles d'essai NRSC pour les moteurs de catégorie NRE**

| Catégorie | Régime | Objet | Sous-catégorie | NRSC |
|---|---|---|---|---|
| NRE | Variable | Moteur à régime variable dont la puissance de référence est inférieure à 19 kW | NRE-v-1<br>NRE-v-2 | G2 ou C1 |
| | | Moteur à régime variable dont la puissance de référence est supérieure ou égale à 19 kW, mais n'excède pas 560 kW | NRE-v-3<br>NRE-v-4<br>NRE-v-5<br>NRE-v-6 | C1 |
| | | Moteur à régime variable dont la puissance de référence est supérieure à 560 kW | NRE-v-7 | C1 |
| | Constant | Moteur à régime constant | NRE-c-1<br>NRE-c-2<br>NRE-c-3<br>NRE-c-4<br>NRE-c-5<br>NRE-c-6<br>NRE-c-7 | D2 |

*Tableau A.4-12*

**Cycles d'essai NRSC pour les moteurs de catégorie NRG**

| Catégorie | Régime | Objet | Sous-catégorie | NRSC |
|---|---|---|---|---|
| NRG | Variable | Moteur à régime variable pour groupes électrogènes | NRG-v-1 | C1 |
| | Constant | Moteur à régime constant pour groupes électrogènes | NRG-c-1 | D2 |

*Tableau A.4-13*

**Cycles d'essai NRSC pour les moteurs de catégorie NRSh**

| Catégorie | Régime | Objet | Sous-catégorie | NRSC |
|---|---|---|---|---|
| NRSh | Variable ou constant | Moteur dont la puissance de référence n'excède pas 19 kW, destiné aux engins portatifs | NRSh-v-1a<br>NRSh-v-1b | G3 |

*Tableau A.4-14*

**Cycles d'essai NRSC pour les moteurs de catégorie NRS**

| Catégorie | Régime | Objet | Sous-catégorie | NRSC |
|---|---|---|---|---|
| NRS | Variable, < 3 600 tr/min | Moteur à régime variable dont la puissance de référence n'excède pas 19 kW, destiné à un régime < 3 600 tr/min | NRS-vi-1a<br>NRS-vi-1b | G1 |
| | Variable, ≥ 3 600 tr/min; ou constant | Moteur à régime variable dont la puissance de référence n'excède pas 19 kW, destiné à un régime ≥ tr/min; moteur à régime constant dont la puissance de référence n'excède pas 19 kW | NRS-vr-1a<br>NRS-vr-1b | G2 |
| | Variable ou constant | Moteur dont la puissance de référence est comprise entre 19 kW et 30 kW et la cylindrée totale est inférieure à 1 000 $cm^3$ | NRS-v-2a | G2 |
| | | Moteur dont la puissance de référence est supérieure à 19 kW, autre que les moteurs dont la puissance de référence est comprise entre 19 kW et 30 kW et la cylindrée totale est inférieure à 1 000 $cm^3$ | NRS-v-2b<br>NRS-v-3 | C2 |

*Tableau A.4-15*

**Cycles d'essai NRSC pour les moteurs de catégorie SMB**

| Catégorie | Régime | Objet | Sous-catégorie | NRSC |
|---|---|---|---|---|
| SMB | Variable ou constant | Moteurs destinés à la propulsion de motoneiges | SMB-v-1 | H |

*Tableau A.4-16*

**Cycles d'essai NRSC pour les moteurs de catégorie ATS**

| Catégorie | Régime | Objet | Sous-catégorie | NRSC |
|---|---|---|---|---|
| ATS | Variable ou constant | Moteurs destinés à la propulsion de VTT ou de véhicules côte à côte | ATS-v-1 | G1 |

*Tableau A.4-17*

**Cycle d'essai en conditions transitoires pour engins non routiers pour les moteurs de catégorie NRE**

| Catégorie | Régime | Objet | Sous-catégorie | |
|---|---|---|---|---|
| NRE | Variable | Moteur à régime variable dont la puissance de référence est égale ou supérieure à 19 kW, mais n'excède pas 560 kW | NRE-v-3<br>NRE-v-4<br>NRE-v-5<br>NRE-v-6 | NRTC |

*Tableau A.4-18*

**Cycles d'essai en conditions transitoires pour engins non routiers pour les moteurs de catégorie NRS**([1])

| Catégorie | Régime | Objet | Sous-catégorie | |
|---|---|---|---|---|
| NRS | Variable ou constant | Moteur dont la puissance de référence est supérieure à 19 kW, autre que les moteurs dont la puissance de référence est comprise entre 19 kW et 30 kW et la cylindrée totale est inférieure à 1 000 $cm^3$ | NRS-v-2b<br>NRS-v-3 | LSI-NRTC |

([1]) Uniquement applicable aux moteurs à régime d'essai maximal ≤ 3 400 tr/min.

A.6.2. Cycles en conditions stationnaires à modes discrets

On trouvera une description détaillée des modes d'essai et des facteurs de pondération pour les cycles d'essai conditions stationnaires à modes discrets dans les tableaux A.4-19 à A.4-23.

*Tableau A.4-19*

**Cycle C1 — Modes d'essai et facteurs de pondération**

| Numéro de mode | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Régime ([a]) | 100 % | | | | Intermédiaire | | | Ralenti |
| Couple ([b]) (%) | 100 | 75 | 50 | 10 | 100 | 75 | 50 | 0 |
| Facteur de pondération | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,15 |

([a]) Voir les paragraphes 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
([b]) Le pourcentage de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.

*Tableau A.4-20*

**Cycle C2 — Modes d'essai et facteurs de pondération**

| Numéro de mode | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Régime ([a]) | 100 % | Intermédiaire | | | | | Ralenti |
| Couple ([b]) (%) | 25 | 100 | 75 | 50 | 25 | 10 | 0 |
| Facteur de pondération | 0,06 | 0,02 | 0,05 | 0,32 | 0,30 | 0,10 | 0,15 |

([a]) Voir les paragraphes 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
([b]) Le pourcentage de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.

*Tableau A.4-21*

**Cycle D2 — Modes d'essai et facteurs de pondération**

| Numéro de mode (cycle D2) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Régime ([a]) | 100 % | | | | |
| Couple ([b]) (%) | 100 | 75 | 50 | 25 | 10 |
| Facteur de pondération | 0,05 | 0,25 | 0,3 | 0,3 | 0,1 |

([a]) Voir les paragraphes 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
([b]) Le pourcentage de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.

*Tableau A.4-22*
**Cycles de type G — Modes d'essai et facteurs de pondération**

| Numéro de mode (cycle G1) | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Régime [a] | 100 % | | | | | Intermédiaire | | | | | Ralenti |
| Couple [b] % | | | | | | 100 | 75 | 50 | 25 | 10 | 0 |
| Facteur de pondération | | | | | | 0,09 | 0,20 | 0,29 | 0,30 | 0,07 | 0,05 |
| Numéro de mode (cycle G2) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | 6 |
| Régime (a) | 100 % | | | | | | | | | | Ralenti |
| Couple (b) % | 100 | 75 | 50 | 25 | 10 | | | | | | 0 |
| Facteur de pondération | 0,09 | 0,20 | 0,29 | 0,30 | 0,07 | | | | | | 0,05 |
| Numéro de mode (cycle G3) | 1 | | | | | | | | | | 2 |
| Régime (a) | 100 % | | | | | Intermédiaire | | | | | Ralenti |
| Couple (b) % | 100 | | | | | | | | | | 0 |
| Facteur de pondération | 0,85 | | | | | | | | | | 0,15 |

[a] Voir les paragraphes 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le pourcentage de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.

*Tableau A.4-23*
**Cycle de type H — Modes d'essai et facteurs de pondération**

| Numéro de mode | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Régime [a] (%) | 100 | 85 | 75 | 65 | Ralenti |
| Couple [b] (%) | 100 | 51 | 33 | 19 | 0 |
| Facteur de pondération | 0,12 | 0,27 | 0,25 | 0,31 | 0,05 |

[a] Voir les paragraphes 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le pourcentage de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.

A.6.3. Cycles d'essai en conditions stationnaires à modes raccordés (RMC)

On trouvera une description détaillée des modes d'essai et des temps sur chaque mode pour les cycles d'essai conditions stationnaires à modes raccordés dans les tableaux A.4-24 à A.4-29.

*Tableau A.4-24*
**Modes d'essai RMC-C1**

| Numéro de mode RMC | Temps sur ce mode[s] | Régime du moteur [a] [c] | Couple [%] [b] [c] |
|---|---|---|---|
| 1aConditions stationnaires | 126 | Ralenti | 0 |
| 1b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |

| Numéro de mode RMC | Temps sur ce mode[s] | Régime du moteur [a] [c] | Couple [%] [b] [c] |
|---|---|---|---|
| 2a Conditions stationnaires | 159 | Intermédiaire | 100 |
| 2b Transition | 20 | Intermédiaire | Transition linéaire |
| 3a Conditions stationnaires | 160 | Intermédiaire | 50 |
| 3b Transition | 20 | Intermédiaire | Transition linéaire |
| 4a Conditions stationnaires | 162 | Intermédiaire | 75 |
| 4b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 5a Conditions stationnaires | 246 | 100 % | 100 |
| 5b Transition | 20 | 100 % | Transition linéaire |
| 6a Conditions stationnaires | 164 | 100 % | 10 |
| 6b Transition | 20 | 100 % | Transition linéaire |
| 7a Conditions stationnaires | 248 | 100 % | 75 |
| 7b Transition | 20 | 100 % | Transition linéaire |
| 8a Conditions stationnaires | 247 | 100 % | 50 |
| 8b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 9 Conditions stationnaires | 128 | Ralenti | 0 |

[a] Voir les paragraphes 5.2.5, 7,6 et 7,7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le pourcentage de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.
[c] Progression d'un mode au suivant dans les 20 s de la phase de transition. Pendant celle-ci, commande d'une progression linéaire du réglage de couple du mode en cours et réglage de couple du mode suivant et commande simultanée de progression linéaire similaire pour le régime moteur s'il y a un changement du réglage du régime.

*Table A.4-25*

**Modes d'essai RMC-C2**

| Numéro de mode RMC | Temps sur ce mode[s] | Régime du moteur [a] [c] | Couple [%] [b] [c] |
|---|---|---|---|
| 1a Conditions stationnaires | 119 | Ralenti | 0 |
| 1b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 2a Conditions stationnaires | 29 | Intermédiaire | 100 |
| 2b Transition | 20 | Intermédiaire | Transition linéaire |
| 3a Conditions stationnaires | 150 | Intermédiaire | 10 |
| 3b Transition | 20 | Intermédiaire | Transition linéaire |
| 4a Conditions stationnaires | 80 | Intermédiaire | 75 |
| 4b Transition | 20 | Intermédiaire | Transition linéaire |
| 5a Conditions stationnaires | 513 | Intermédiaire | 25 |
| 5b Transition | 20 | Intermédiaire | Transition linéaire |
| 6a Conditions stationnaires | 549 | Intermédiaire | 50 |

| Numéro de mode RMC | Temps sur ce mode[s] | Régime du moteur [a] [c] | Couple [%] [b] [c] |
|---|---|---|---|
| 6b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 7a Conditions stationnaires | 96 | 100 % | 25 |
| 7b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 8 Conditions stationnaires | 124 | Ralenti | 0 |

[a] Voir les paragraphes 5.2.5, 7,6 et 7,7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le pourcentage de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.
[c] Progression d'un mode au suivant dans les 20 s de la phase de transition. Pendant celle-ci, commande d'une progression linéaire du réglage de couple du mode en cours et réglage de couple du mode suivant et commande simultanée de progression linéaire similaire pour le régime moteur s'il y a un changement du réglage du régime.

*Tableau A.4-26*

**Modes d'essai RMC-D2**

| Numéro de mode RMC | Temps sur ce mode[s] | Régime du moteur [%] [a] | Couple [%] [b] [c] |
|---|---|---|---|
| 1a Conditions stationnaires | 53 | 100 | 100 |
| 1b Transition | 20 | 100 | Transition linéaire |
| 2a Conditions stationnaires | 101 | 100 | 10 |
| 2b Transition | 20 | 100 | Transition linéaire |
| 3a Conditions stationnaires | 277 | 100 | 75 |
| 3b Transition | 20 | 100 | Transition linéaire |
| 4a Conditions stationnaires | 339 | 100 | 25 |
| 4b Transition | 20 | 100 | Transition linéaire |
| 5 Conditions stationnaires | 350 | 100 | 50 |

[a] Voir les paragraphes 5.2.5, 7,6 et 7,7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le pourcentage de couple est relatif au couple correspondant à la puissance nette nominale déclarée par le constructeur.
[c] Progression d'un mode au suivant dans les 20 s de la phase de transition. Pendant celle-ci, commande d'une progression linéaire du réglage de couple du mode en cours et réglage de couple du mode suivant.

*Tableau A.4-27*

**Modes d'essai RMC-G1**

| Numéro de mode RMC | Temps sur ce mode[s] | Régime du moteur [a] [c] | Couple [%] [b] [c] |
|---|---|---|---|
| 1a Conditions stationnaires | 41 | Ralenti | 0 |
| 1b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 2a Conditions stationnaires | 135 | Intermédiaire | 100 |
| 2b Transition | 20 | Intermédiaire | Transition linéaire |
| 3a Conditions stationnaires | 112 | Intermédiaire | 10 |
| 3b Transition | 20 | Intermédiaire | Transition linéaire |

| Numéro de mode RMC | Temps sur ce mode[s] | Régime du moteur [a] [c] | Couple [%] [b] [c] |
|---|---|---|---|
| 4a Conditions stationnaires | 337 | Intermédiaire | 75 |
| 4b Transition | 20 | Intermédiaire | Transition linéaire |
| 5a Conditions stationnaires | 518 | Intermédiaire | 25 |
| 5b Transition | 20 | Intermédiaire | Transition linéaire |
| 6a Conditions stationnaires | 494 | Intermédiaire | 50 |
| 6b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 7 Conditions stationnaires | 43 | Ralenti | 0 |

[a] Voir les paragraphes 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le pourcentage de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.
[c] Progression d'un mode au suivant dans les 20 s de la phase de transition. Pendant celle-ci, commande d'une progression linéaire du réglage de couple du mode en cours et réglage de couple du mode suivant et commande simultanée de progression linéaire similaire pour le régime moteur s'il y a un changement du réglage du régime.

*Tableau A.4-28*

**Modes d'essai RMC-G2**

| Numéro de mode RMC | Temps sur ce mode[s] | Régime du moteur [a] [c] | Couple [%] [a] [c] |
|---|---|---|---|
| 1a Conditions stationnaires | 41 | Ralenti | 0 |
| 1b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 2a Conditions stationnaires | 135 | 100 % | 100 |
| 2b Transition | 20 | 100 % | Transition linéaire |
| 3a Conditions stationnaires | 112 | 100 % | 10 |
| 3b Transition | 20 | 100 % | Transition linéaire |
| 4a Conditions stationnaires | 337 | 100 % | 75 |
| 4b Transition | 20 | 100 % | Transition linéaire |
| 5a Conditions stationnaires | 518 | 100 % | 25 |
| 5b Transition | 20 | 100 % | Transition linéaire |
| 6a Conditions stationnaires | 494 | 100 % | 50 |
| 6b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 7 Conditions stationnaires | 43 | Ralenti | 0 |

[a] Voir les paragraphes 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le pourcentage de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.
[c] Progression d'un mode au suivant dans les 20 s de la phase de transition. Pendant celle-ci, commande d'une progression linéaire du réglage de couple du mode en cours et réglage de couple du mode suivant et commande simultanée de progression linéaire similaire pour le régime moteur s'il y a un changement du réglage du régime.

*Tableau A.4-29*

**Modes d'essai RMC-H**

| Numéro de mode RMC | Temps sur ce mode[s] | Régime du moteur [a] [c] | Couple [%] [b] [c] |
|---|---|---|---|
| 1a Conditions stationnaires | 27 | Ralenti | 0 |
| 1b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 2a Conditions stationnaires | 121 | 100 % | 100 |
| 2b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 3a Conditions stationnaires | 347 | 65 % | 19 |
| 3b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 4a Conditions stationnaires | 305 | 85 % | 51 |
| 4b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 5a Conditions stationnaires | 272 | 75 % | 33 |
| 5b Transition | 20 | Transition linéaire | Transition linéaire |
| 6 Conditions stationnaires | 28 | Ralenti | 0 |

[a] Voir les paragraphes 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe 4 pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le pourcentage de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.
[c] Progression d'un mode au suivant dans les 20 s de la phase de transition. Pendant celle-ci, commande d'une progression linéaire du réglage de couple du mode en cours et réglage de couple du mode suivant et commande simultanée de progression linéaire similaire pour le régime moteur s'il y a un changement du réglage du régime.

A.6.4. Cycles d'essai en conditions transitoires

La séquence seconde par seconde des valeurs normalisées de régime et de couple pour les cycles d'essai en conditions transitoires figure dans les tableaux A.4-30 et A.4-31.

*Tableau A.4-30*

**Programmation du dynamomètre pour l'essai NRTC**

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) | Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) | Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 35 | 9 | 21 |
| 2 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 36 | 17 | 20 |
| 3 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 37 | 33 | 42 |
| 4 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 38 | 57 | 46 |
| 5 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 39 | 44 | 33 |
| 6 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 40 | 31 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 24 | 1 | 3 | 41 | 22 | 27 |
| 8 | 0 | 0 | 25 | 1 | 3 | 42 | 33 | 43 |
| 9 | 0 | 0 | 26 | 1 | 3 | 43 | 80 | 49 |
| 10 | 0 | 0 | 27 | 1 | 3 | 44 | 105 | 47 |
| 11 | 0 | 0 | 28 | 1 | 3 | 45 | 98 | 70 |
| 12 | 0 | 0 | 29 | 1 | 3 | 46 | 104 | 36 |
| 13 | 0 | 0 | 30 | 1 | 6 | 47 | 104 | 65 |
| 14 | 0 | 0 | 31 | 1 | 6 | 48 | 96 | 71 |
| 15 | 0 | 0 | 32 | 2 | 1 | 49 | 101 | 62 |
| 16 | 0 | 0 | 33 | 4 | 13 | 50 | 102 | 51 |
| 17 | 0 | 0 | 34 | 7 | 18 | 51 | 102 | 50 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 52 | 102 | 46 |
| 53 | 102 | 41 |
| 54 | 102 | 31 |
| 55 | 89 | 2 |
| 56 | 82 | 0 |
| 57 | 47 | 1 |
| 58 | 23 | 1 |
| 59 | 1 | 3 |
| 60 | 1 | 8 |
| 61 | 1 | 3 |
| 62 | 1 | 5 |
| 63 | 1 | 6 |
| 64 | 1 | 4 |
| 65 | 1 | 4 |
| 66 | 0 | 6 |
| 67 | 1 | 4 |
| 68 | 9 | 21 |
| 69 | 25 | 56 |
| 70 | 64 | 26 |
| 71 | 60 | 31 |
| 72 | 63 | 20 |
| 73 | 62 | 24 |
| 74 | 64 | 8 |
| 75 | 58 | 44 |
| 76 | 65 | 10 |
| 77 | 65 | 12 |
| 78 | 68 | 23 |
| 79 | 69 | 30 |
| 80 | 71 | 30 |
| 81 | 74 | 15 |
| 82 | 71 | 23 |
| 83 | 73 | 20 |
| 84 | 73 | 21 |
| 85 | 73 | 19 |
| 86 | 70 | 33 |
| 87 | 70 | 34 |
| 88 | 65 | 47 |
| 89 | 66 | 47 |
| 90 | 64 | 53 |
| 91 | 65 | 45 |
| 92 | 66 | 38 |
| 93 | 67 | 49 |
| 94 | 69 | 39 |
| 95 | 69 | 39 |
| 96 | 66 | 42 |
| 97 | 71 | 29 |
| 98 | 75 | 29 |
| 99 | 72 | 23 |
| 100 | 74 | 22 |
| 101 | 75 | 24 |
| 102 | 73 | 30 |
| 103 | 74 | 24 |
| 104 | 77 | 6 |
| 105 | 76 | 12 |
| 106 | 74 | 39 |
| 107 | 72 | 30 |
| 108 | 75 | 22 |
| 109 | 78 | 64 |
| 110 | 102 | 34 |
| 111 | 103 | 28 |
| 112 | 103 | 28 |
| 113 | 103 | 19 |
| 114 | 103 | 32 |
| 115 | 104 | 25 |
| 116 | 103 | 38 |
| 117 | 103 | 39 |
| 118 | 103 | 34 |
| 119 | 102 | 44 |
| 120 | 103 | 38 |
| 121 | 102 | 43 |
| 122 | 103 | 34 |
| 123 | 102 | 41 |
| 124 | 103 | 44 |
| 125 | 103 | 37 |
| 126 | 103 | 27 |
| 127 | 104 | 13 |
| 128 | 104 | 30 |
| 129 | 104 | 19 |
| 130 | 103 | 28 |
| 131 | 104 | 40 |
| 132 | 104 | 32 |
| 133 | 101 | 63 |
| 134 | 102 | 54 |
| 135 | 102 | 52 |
| 136 | 102 | 51 |
| 137 | 103 | 40 |
| 138 | 104 | 34 |
| 139 | 102 | 36 |
| 140 | 104 | 44 |
| 141 | 103 | 44 |
| 142 | 104 | 33 |
| 143 | 102 | 27 |
| 144 | 103 | 26 |
| 145 | 79 | 53 |
| 146 | 51 | 37 |
| 147 | 24 | 23 |
| 148 | 13 | 33 |
| 149 | 19 | 55 |
| 150 | 45 | 30 |
| 151 | 34 | 7 |
| 152 | 14 | 4 |
| 153 | 8 | 16 |
| 154 | 15 | 6 |
| 155 | 39 | 47 |
| 156 | 39 | 4 |
| 157 | 35 | 26 |
| 158 | 27 | 38 |
| 159 | 43 | 40 |
| 160 | 14 | 23 |
| 161 | 10 | 10 |
| 162 | 15 | 33 |
| 163 | 35 | 72 |
| 164 | 60 | 39 |
| 165 | 55 | 31 |
| 166 | 47 | 30 |
| 167 | 16 | 7 |
| 168 | 0 | 6 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 169 | 0 | 8 |
| 170 | 0 | 8 |
| 171 | 0 | 2 |
| 172 | 2 | 17 |
| 173 | 10 | 28 |
| 174 | 28 | 31 |
| 175 | 33 | 30 |
| 176 | 36 | 0 |
| 177 | 19 | 10 |
| 178 | 1 | 18 |
| 179 | 0 | 16 |
| 180 | 1 | 3 |
| 181 | 1 | 4 |
| 182 | 1 | 5 |
| 183 | 1 | 6 |
| 184 | 1 | 5 |
| 185 | 1 | 3 |
| 186 | 1 | 4 |
| 187 | 1 | 4 |
| 188 | 1 | 6 |
| 189 | 8 | 18 |
| 190 | 20 | 51 |
| 191 | 49 | 19 |
| 192 | 41 | 13 |
| 193 | 31 | 16 |
| 194 | 28 | 21 |
| 195 | 21 | 17 |
| 196 | 31 | 21 |
| 197 | 21 | 8 |
| 198 | 0 | 14 |
| 199 | 0 | 12 |
| 200 | 3 | 8 |
| 201 | 3 | 22 |
| 202 | 12 | 20 |
| 203 | 14 | 20 |
| 204 | 16 | 17 |
| 205 | 20 | 18 |
| 206 | 27 | 34 |
| 207 | 32 | 33 |
| 208 | 41 | 31 |
| 209 | 43 | 31 |
| 210 | 37 | 33 |
| 211 | 26 | 18 |
| 212 | 18 | 29 |
| 213 | 14 | 51 |
| 214 | 13 | 11 |
| 215 | 12 | 9 |
| 216 | 15 | 33 |
| 217 | 20 | 25 |
| 218 | 25 | 17 |
| 219 | 31 | 29 |
| 220 | 36 | 66 |
| 221 | 66 | 40 |
| 222 | 50 | 13 |
| 223 | 16 | 24 |
| 224 | 26 | 50 |
| 225 | 64 | 23 |
| 226 | 81 | 20 |
| 227 | 83 | 11 |
| 228 | 79 | 23 |
| 229 | 76 | 31 |
| 230 | 68 | 24 |
| 231 | 59 | 33 |
| 232 | 59 | 3 |
| 233 | 25 | 7 |
| 234 | 21 | 10 |
| 235 | 20 | 19 |
| 236 | 4 | 10 |
| 237 | 5 | 7 |
| 238 | 4 | 5 |
| 239 | 4 | 6 |
| 240 | 4 | 6 |
| 241 | 4 | 5 |
| 242 | 7 | 5 |
| 243 | 16 | 28 |
| 244 | 28 | 25 |
| 245 | 52 | 53 |
| 246 | 50 | 8 |
| 247 | 26 | 40 |
| 248 | 48 | 29 |
| 249 | 54 | 39 |
| 250 | 60 | 42 |
| 251 | 48 | 18 |
| 252 | 54 | 51 |
| 253 | 88 | 90 |
| 254 | 103 | 84 |
| 255 | 103 | 85 |
| 256 | 102 | 84 |
| 257 | 58 | 66 |
| 258 | 64 | 97 |
| 259 | 56 | 80 |
| 260 | 51 | 67 |
| 261 | 52 | 96 |
| 262 | 63 | 62 |
| 263 | 71 | 6 |
| 264 | 33 | 16 |
| 265 | 47 | 45 |
| 266 | 43 | 56 |
| 267 | 42 | 27 |
| 268 | 42 | 64 |
| 269 | 75 | 74 |
| 270 | 68 | 96 |
| 271 | 86 | 61 |
| 272 | 66 | 0 |
| 273 | 37 | 0 |
| 274 | 45 | 37 |
| 275 | 68 | 96 |
| 276 | 80 | 97 |
| 277 | 92 | 96 |
| 278 | 90 | 97 |
| 279 | 82 | 96 |
| 280 | 94 | 81 |
| 281 | 90 | 85 |
| 282 | 96 | 65 |
| 283 | 70 | 96 |
| 284 | 55 | 95 |
| 285 | 70 | 96 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 286 | 79 | 96 |
| 287 | 81 | 71 |
| 288 | 71 | 60 |
| 289 | 92 | 65 |
| 290 | 82 | 63 |
| 291 | 61 | 47 |
| 292 | 52 | 37 |
| 293 | 24 | 0 |
| 294 | 20 | 7 |
| 295 | 39 | 48 |
| 296 | 39 | 54 |
| 297 | 63 | 58 |
| 298 | 53 | 31 |
| 299 | 51 | 24 |
| 300 | 48 | 40 |
| 301 | 39 | 0 |
| 302 | 35 | 18 |
| 303 | 36 | 16 |
| 304 | 29 | 17 |
| 305 | 28 | 21 |
| 306 | 31 | 15 |
| 307 | 31 | 10 |
| 308 | 43 | 19 |
| 309 | 49 | 63 |
| 310 | 78 | 61 |
| 311 | 78 | 46 |
| 312 | 66 | 65 |
| 313 | 78 | 97 |
| 314 | 84 | 63 |
| 315 | 57 | 26 |
| 316 | 36 | 22 |
| 317 | 20 | 34 |
| 318 | 19 | 8 |
| 319 | 9 | 10 |
| 320 | 5 | 5 |
| 321 | 7 | 11 |
| 322 | 15 | 15 |
| 323 | 12 | 9 |
| 324 | 13 | 27 |
| 325 | 15 | 28 |
| 326 | 16 | 28 |
| 327 | 16 | 31 |
| 328 | 15 | 20 |
| 329 | 17 | 0 |
| 330 | 20 | 34 |
| 331 | 21 | 25 |
| 332 | 20 | 0 |
| 333 | 23 | 25 |
| 334 | 30 | 58 |
| 335 | 63 | 96 |
| 336 | 83 | 60 |
| 337 | 61 | 0 |
| 338 | 26 | 0 |
| 339 | 29 | 44 |
| 340 | 68 | 97 |
| 341 | 80 | 97 |
| 342 | 88 | 97 |
| 343 | 99 | 88 |
| 344 | 102 | 86 |
| 345 | 100 | 82 |
| 346 | 74 | 79 |
| 347 | 57 | 79 |
| 348 | 76 | 97 |
| 349 | 84 | 97 |
| 350 | 86 | 97 |
| 351 | 81 | 98 |
| 352 | 83 | 83 |
| 353 | 65 | 96 |
| 354 | 93 | 72 |
| 355 | 63 | 60 |
| 356 | 72 | 49 |
| 357 | 56 | 27 |
| 358 | 29 | 0 |
| 359 | 18 | 13 |
| 360 | 25 | 11 |
| 361 | 28 | 24 |
| 362 | 34 | 53 |
| 363 | 65 | 83 |
| 364 | 80 | 44 |
| 365 | 77 | 46 |
| 366 | 76 | 50 |
| 367 | 45 | 52 |
| 368 | 61 | 98 |
| 369 | 61 | 69 |
| 370 | 63 | 49 |
| 371 | 32 | 0 |
| 372 | 10 | 8 |
| 373 | 17 | 7 |
| 374 | 16 | 13 |
| 375 | 11 | 6 |
| 376 | 9 | 5 |
| 377 | 9 | 12 |
| 378 | 12 | 46 |
| 379 | 15 | 30 |
| 380 | 26 | 28 |
| 381 | 13 | 9 |
| 382 | 16 | 21 |
| 383 | 24 | 4 |
| 384 | 36 | 43 |
| 385 | 65 | 85 |
| 386 | 78 | 66 |
| 387 | 63 | 39 |
| 388 | 32 | 34 |
| 389 | 46 | 55 |
| 390 | 47 | 42 |
| 391 | 42 | 39 |
| 392 | 27 | 0 |
| 393 | 14 | 5 |
| 394 | 14 | 14 |
| 395 | 24 | 54 |
| 396 | 60 | 90 |
| 397 | 53 | 66 |
| 398 | 70 | 48 |
| 399 | 77 | 93 |
| 400 | 79 | 67 |
| 401 | 46 | 65 |
| 402 | 69 | 98 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 403 | 80 | 97 |
| 404 | 74 | 97 |
| 405 | 75 | 98 |
| 406 | 56 | 61 |
| 407 | 42 | 0 |
| 408 | 36 | 32 |
| 409 | 34 | 43 |
| 410 | 68 | 83 |
| 411 | 102 | 48 |
| 412 | 62 | 0 |
| 413 | 41 | 39 |
| 414 | 71 | 86 |
| 415 | 91 | 52 |
| 416 | 89 | 55 |
| 417 | 89 | 56 |
| 418 | 88 | 58 |
| 419 | 78 | 69 |
| 420 | 98 | 39 |
| 421 | 64 | 61 |
| 422 | 90 | 34 |
| 423 | 88 | 38 |
| 424 | 97 | 62 |
| 425 | 100 | 53 |
| 426 | 81 | 58 |
| 427 | 74 | 51 |
| 428 | 76 | 57 |
| 429 | 76 | 72 |
| 430 | 85 | 72 |
| 431 | 84 | 60 |
| 432 | 83 | 72 |
| 433 | 83 | 72 |
| 434 | 86 | 72 |
| 435 | 89 | 72 |
| 436 | 86 | 72 |
| 437 | 87 | 72 |
| 438 | 88 | 72 |
| 439 | 88 | 71 |
| 440 | 87 | 72 |
| 441 | 85 | 71 |
| 442 | 88 | 72 |
| 443 | 88 | 72 |
| 444 | 84 | 72 |
| 445 | 83 | 73 |
| 446 | 77 | 73 |
| 447 | 74 | 73 |
| 448 | 76 | 72 |
| 449 | 46 | 77 |
| 450 | 78 | 62 |
| 451 | 79 | 35 |
| 452 | 82 | 38 |
| 453 | 81 | 41 |
| 454 | 79 | 37 |
| 455 | 78 | 35 |
| 456 | 78 | 38 |
| 457 | 78 | 46 |
| 458 | 75 | 49 |
| 459 | 73 | 50 |
| 460 | 79 | 58 |
| 461 | 79 | 71 |
| 462 | 83 | 44 |
| 463 | 53 | 48 |
| 464 | 40 | 48 |
| 465 | 51 | 75 |
| 466 | 75 | 72 |
| 467 | 89 | 67 |
| 468 | 93 | 60 |
| 469 | 89 | 73 |
| 470 | 86 | 73 |
| 471 | 81 | 73 |
| 472 | 78 | 73 |
| 473 | 78 | 73 |
| 474 | 76 | 73 |
| 475 | 79 | 73 |
| 476 | 82 | 73 |
| 477 | 86 | 73 |
| 478 | 88 | 72 |
| 479 | 92 | 71 |
| 480 | 97 | 54 |
| 481 | 73 | 43 |
| 482 | 36 | 64 |
| 483 | 63 | 31 |
| 484 | 78 | 1 |
| 485 | 69 | 27 |
| 486 | 67 | 28 |
| 487 | 72 | 9 |
| 488 | 71 | 9 |
| 489 | 78 | 36 |
| 490 | 81 | 56 |
| 491 | 75 | 53 |
| 492 | 60 | 45 |
| 493 | 50 | 37 |
| 494 | 66 | 41 |
| 495 | 51 | 61 |
| 496 | 68 | 47 |
| 497 | 29 | 42 |
| 498 | 24 | 73 |
| 499 | 64 | 71 |
| 500 | 90 | 71 |
| 501 | 100 | 61 |
| 502 | 94 | 73 |
| 503 | 84 | 73 |
| 504 | 79 | 73 |
| 505 | 75 | 72 |
| 506 | 78 | 73 |
| 507 | 80 | 73 |
| 508 | 81 | 73 |
| 509 | 81 | 73 |
| 510 | 83 | 73 |
| 511 | 85 | 73 |
| 512 | 84 | 73 |
| 513 | 85 | 73 |
| 514 | 86 | 73 |
| 515 | 85 | 73 |
| 516 | 85 | 73 |
| 517 | 85 | 72 |
| 518 | 85 | 73 |
| 519 | 83 | 73 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 520 | 79 | 73 |
| 521 | 78 | 73 |
| 522 | 81 | 73 |
| 523 | 82 | 72 |
| 524 | 94 | 56 |
| 525 | 66 | 48 |
| 526 | 35 | 71 |
| 527 | 51 | 44 |
| 528 | 60 | 23 |
| 529 | 64 | 10 |
| 530 | 63 | 14 |
| 531 | 70 | 37 |
| 532 | 76 | 45 |
| 533 | 78 | 18 |
| 534 | 76 | 51 |
| 535 | 75 | 33 |
| 536 | 81 | 17 |
| 537 | 76 | 45 |
| 538 | 76 | 30 |
| 539 | 80 | 14 |
| 540 | 71 | 18 |
| 541 | 71 | 14 |
| 542 | 71 | 11 |
| 543 | 65 | 2 |
| 544 | 31 | 26 |
| 545 | 24 | 72 |
| 546 | 64 | 70 |
| 547 | 77 | 62 |
| 548 | 80 | 68 |
| 549 | 83 | 53 |
| 550 | 83 | 50 |
| 551 | 83 | 50 |
| 552 | 85 | 43 |
| 553 | 86 | 45 |
| 554 | 89 | 35 |
| 555 | 82 | 61 |
| 556 | 87 | 50 |
| 557 | 85 | 55 |
| 558 | 89 | 49 |
| 559 | 87 | 70 |
| 560 | 91 | 39 |
| 561 | 72 | 3 |
| 562 | 43 | 25 |
| 563 | 30 | 60 |
| 564 | 40 | 45 |
| 565 | 37 | 32 |
| 566 | 37 | 32 |
| 567 | 43 | 70 |
| 568 | 70 | 54 |
| 569 | 77 | 47 |
| 570 | 79 | 66 |
| 571 | 85 | 53 |
| 572 | 83 | 57 |
| 573 | 86 | 52 |
| 574 | 85 | 51 |
| 575 | 70 | 39 |
| 576 | 50 | 5 |
| 577 | 38 | 36 |
| 578 | 30 | 71 |
| 579 | 75 | 53 |
| 580 | 84 | 40 |
| 581 | 85 | 42 |
| 582 | 86 | 49 |
| 583 | 86 | 57 |
| 584 | 89 | 68 |
| 585 | 99 | 61 |
| 586 | 77 | 29 |
| 587 | 81 | 72 |
| 588 | 89 | 69 |
| 589 | 49 | 56 |
| 590 | 79 | 70 |
| 591 | 104 | 59 |
| 592 | 103 | 54 |
| 593 | 102 | 56 |
| 594 | 102 | 56 |
| 595 | 103 | 61 |
| 596 | 102 | 64 |
| 597 | 103 | 60 |
| 598 | 93 | 72 |
| 599 | 86 | 73 |
| 600 | 76 | 73 |
| 601 | 59 | 49 |
| 602 | 46 | 22 |
| 603 | 40 | 65 |
| 604 | 72 | 31 |
| 605 | 72 | 27 |
| 606 | 67 | 44 |
| 607 | 68 | 37 |
| 608 | 67 | 42 |
| 609 | 68 | 50 |
| 610 | 77 | 43 |
| 611 | 58 | 4 |
| 612 | 22 | 37 |
| 613 | 57 | 69 |
| 614 | 68 | 38 |
| 615 | 73 | 2 |
| 616 | 40 | 14 |
| 617 | 42 | 38 |
| 618 | 64 | 69 |
| 619 | 64 | 74 |
| 620 | 67 | 73 |
| 621 | 65 | 73 |
| 622 | 68 | 73 |
| 623 | 65 | 49 |
| 624 | 81 | 0 |
| 625 | 37 | 25 |
| 626 | 24 | 69 |
| 627 | 68 | 71 |
| 628 | 70 | 71 |
| 629 | 76 | 70 |
| 630 | 71 | 72 |
| 631 | 73 | 69 |
| 632 | 76 | 70 |
| 633 | 77 | 72 |
| 634 | 77 | 72 |
| 635 | 77 | 72 |
| 636 | 77 | 70 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 637 | 76 | 71 |
| 638 | 76 | 71 |
| 639 | 77 | 71 |
| 640 | 77 | 71 |
| 641 | 78 | 70 |
| 642 | 77 | 70 |
| 643 | 77 | 71 |
| 644 | 79 | 72 |
| 645 | 78 | 70 |
| 646 | 80 | 70 |
| 647 | 82 | 71 |
| 648 | 84 | 71 |
| 649 | 83 | 71 |
| 650 | 83 | 73 |
| 651 | 81 | 70 |
| 652 | 80 | 71 |
| 653 | 78 | 71 |
| 654 | 76 | 70 |
| 655 | 76 | 70 |
| 656 | 76 | 71 |
| 657 | 79 | 71 |
| 658 | 78 | 71 |
| 659 | 81 | 70 |
| 660 | 83 | 72 |
| 661 | 84 | 71 |
| 662 | 86 | 71 |
| 663 | 87 | 71 |
| 664 | 92 | 72 |
| 665 | 91 | 72 |
| 666 | 90 | 71 |
| 667 | 90 | 71 |
| 668 | 91 | 71 |
| 669 | 90 | 70 |
| 670 | 90 | 72 |
| 671 | 91 | 71 |
| 672 | 90 | 71 |
| 673 | 90 | 71 |
| 674 | 92 | 72 |
| 675 | 93 | 69 |
| 676 | 90 | 70 |
| 677 | 93 | 72 |
| 678 | 91 | 70 |
| 679 | 89 | 71 |
| 680 | 91 | 71 |
| 681 | 90 | 71 |
| 682 | 90 | 71 |
| 683 | 92 | 71 |
| 684 | 91 | 71 |
| 685 | 93 | 71 |
| 686 | 93 | 68 |
| 687 | 98 | 68 |
| 688 | 98 | 67 |
| 689 | 100 | 69 |
| 690 | 99 | 68 |
| 691 | 100 | 71 |
| 692 | 99 | 68 |
| 693 | 100 | 69 |
| 694 | 102 | 72 |
| 695 | 101 | 69 |
| 696 | 100 | 69 |
| 697 | 102 | 71 |
| 698 | 102 | 71 |
| 699 | 102 | 69 |
| 700 | 102 | 71 |
| 701 | 102 | 68 |
| 702 | 100 | 69 |
| 703 | 102 | 70 |
| 704 | 102 | 68 |
| 705 | 102 | 70 |
| 706 | 102 | 72 |
| 707 | 102 | 68 |
| 708 | 102 | 69 |
| 709 | 100 | 68 |
| 710 | 102 | 71 |
| 711 | 101 | 64 |
| 712 | 102 | 69 |
| 713 | 102 | 69 |
| 714 | 101 | 69 |
| 715 | 102 | 64 |
| 716 | 102 | 69 |
| 717 | 102 | 68 |
| 718 | 102 | 70 |
| 719 | 102 | 69 |
| 720 | 102 | 70 |
| 721 | 102 | 70 |
| 722 | 102 | 62 |
| 723 | 104 | 38 |
| 724 | 104 | 15 |
| 725 | 102 | 24 |
| 726 | 102 | 45 |
| 727 | 102 | 47 |
| 728 | 104 | 40 |
| 729 | 101 | 52 |
| 730 | 103 | 32 |
| 731 | 102 | 50 |
| 732 | 103 | 30 |
| 733 | 103 | 44 |
| 734 | 102 | 40 |
| 735 | 103 | 43 |
| 736 | 103 | 41 |
| 737 | 102 | 46 |
| 738 | 103 | 39 |
| 739 | 102 | 41 |
| 740 | 103 | 41 |
| 741 | 102 | 38 |
| 742 | 103 | 39 |
| 743 | 102 | 46 |
| 744 | 104 | 46 |
| 745 | 103 | 49 |
| 746 | 102 | 45 |
| 747 | 103 | 42 |
| 748 | 103 | 46 |
| 749 | 103 | 38 |
| 750 | 102 | 48 |
| 751 | 103 | 35 |
| 752 | 102 | 48 |
| 753 | 103 | 49 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 754 | 102 | 48 |
| 755 | 102 | 46 |
| 756 | 103 | 47 |
| 757 | 102 | 49 |
| 758 | 102 | 42 |
| 759 | 102 | 52 |
| 760 | 102 | 57 |
| 761 | 102 | 55 |
| 762 | 102 | 61 |
| 763 | 102 | 61 |
| 764 | 102 | 58 |
| 765 | 103 | 58 |
| 766 | 102 | 59 |
| 767 | 102 | 54 |
| 768 | 102 | 63 |
| 769 | 102 | 61 |
| 770 | 103 | 55 |
| 771 | 102 | 60 |
| 772 | 102 | 72 |
| 773 | 103 | 56 |
| 774 | 102 | 55 |
| 775 | 102 | 67 |
| 776 | 103 | 56 |
| 777 | 84 | 42 |
| 778 | 48 | 7 |
| 779 | 48 | 6 |
| 780 | 48 | 6 |
| 781 | 48 | 7 |
| 782 | 48 | 6 |
| 783 | 48 | 7 |
| 784 | 67 | 21 |
| 785 | 105 | 59 |
| 786 | 105 | 96 |
| 787 | 105 | 74 |
| 788 | 105 | 66 |
| 789 | 105 | 62 |
| 790 | 105 | 66 |
| 791 | 89 | 41 |
| 792 | 52 | 5 |
| 793 | 48 | 5 |
| 794 | 48 | 7 |
| 795 | 48 | 5 |
| 796 | 48 | 6 |
| 797 | 48 | 4 |
| 798 | 52 | 6 |
| 799 | 51 | 5 |
| 800 | 51 | 6 |
| 801 | 51 | 6 |
| 802 | 52 | 5 |
| 803 | 52 | 5 |
| 804 | 57 | 44 |
| 805 | 98 | 90 |
| 806 | 105 | 94 |
| 807 | 105 | 100 |
| 808 | 105 | 98 |
| 809 | 105 | 95 |
| 810 | 105 | 96 |
| 811 | 105 | 92 |
| 812 | 104 | 97 |
| 813 | 100 | 85 |
| 814 | 94 | 74 |
| 815 | 87 | 62 |
| 816 | 81 | 50 |
| 817 | 81 | 46 |
| 818 | 80 | 39 |
| 819 | 80 | 32 |
| 820 | 81 | 28 |
| 821 | 80 | 26 |
| 822 | 80 | 23 |
| 823 | 80 | 23 |
| 824 | 80 | 20 |
| 825 | 81 | 19 |
| 826 | 80 | 18 |
| 827 | 81 | 17 |
| 828 | 80 | 20 |
| 829 | 81 | 24 |
| 830 | 81 | 21 |
| 831 | 80 | 26 |
| 832 | 80 | 24 |
| 833 | 80 | 23 |
| 834 | 80 | 22 |
| 835 | 81 | 21 |
| 836 | 81 | 24 |
| 837 | 81 | 24 |
| 838 | 81 | 22 |
| 839 | 81 | 22 |
| 840 | 81 | 21 |
| 841 | 81 | 31 |
| 842 | 81 | 27 |
| 843 | 80 | 26 |
| 844 | 80 | 26 |
| 845 | 81 | 25 |
| 846 | 80 | 21 |
| 847 | 81 | 20 |
| 848 | 83 | 21 |
| 849 | 83 | 15 |
| 850 | 83 | 12 |
| 851 | 83 | 9 |
| 852 | 83 | 8 |
| 853 | 83 | 7 |
| 854 | 83 | 6 |
| 855 | 83 | 6 |
| 856 | 83 | 6 |
| 857 | 83 | 6 |
| 858 | 83 | 6 |
| 859 | 76 | 5 |
| 860 | 49 | 8 |
| 861 | 51 | 7 |
| 862 | 51 | 20 |
| 863 | 78 | 52 |
| 864 | 80 | 38 |
| 865 | 81 | 33 |
| 866 | 83 | 29 |
| 867 | 83 | 22 |
| 868 | 83 | 16 |
| 869 | 83 | 12 |
| 870 | 83 | 9 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 871 | 83 | 8 |
| 872 | 83 | 7 |
| 873 | 83 | 6 |
| 874 | 83 | 6 |
| 875 | 83 | 6 |
| 876 | 83 | 6 |
| 877 | 83 | 6 |
| 878 | 59 | 4 |
| 879 | 50 | 5 |
| 880 | 51 | 5 |
| 881 | 51 | 5 |
| 882 | 51 | 5 |
| 883 | 50 | 5 |
| 884 | 50 | 5 |
| 885 | 50 | 5 |
| 886 | 50 | 5 |
| 887 | 50 | 5 |
| 888 | 51 | 5 |
| 889 | 51 | 5 |
| 890 | 51 | 5 |
| 891 | 63 | 50 |
| 892 | 81 | 34 |
| 893 | 81 | 25 |
| 894 | 81 | 29 |
| 895 | 81 | 23 |
| 896 | 80 | 24 |
| 897 | 81 | 24 |
| 898 | 81 | 28 |
| 899 | 81 | 27 |
| 900 | 81 | 22 |
| 901 | 81 | 19 |
| 902 | 81 | 17 |
| 903 | 81 | 17 |
| 904 | 81 | 17 |
| 905 | 81 | 15 |
| 906 | 80 | 15 |
| 907 | 80 | 28 |
| 908 | 81 | 22 |
| 909 | 81 | 24 |
| 910 | 81 | 19 |
| 911 | 81 | 21 |
| 912 | 81 | 20 |
| 913 | 83 | 26 |
| 914 | 80 | 63 |
| 915 | 80 | 59 |
| 916 | 83 | 100 |
| 917 | 81 | 73 |
| 918 | 83 | 53 |
| 919 | 80 | 76 |
| 920 | 81 | 61 |
| 921 | 80 | 50 |
| 922 | 81 | 37 |
| 923 | 82 | 49 |
| 924 | 83 | 37 |
| 925 | 83 | 25 |
| 926 | 83 | 17 |
| 927 | 83 | 13 |
| 928 | 83 | 10 |
| 929 | 83 | 8 |
| 930 | 83 | 7 |
| 931 | 83 | 7 |
| 932 | 83 | 6 |
| 933 | 83 | 6 |
| 934 | 83 | 6 |
| 935 | 71 | 5 |
| 936 | 49 | 24 |
| 937 | 69 | 64 |
| 938 | 81 | 50 |
| 939 | 81 | 43 |
| 940 | 81 | 42 |
| 941 | 81 | 31 |
| 942 | 81 | 30 |
| 943 | 81 | 35 |
| 944 | 81 | 28 |
| 945 | 81 | 27 |
| 946 | 80 | 27 |
| 947 | 81 | 31 |
| 948 | 81 | 41 |
| 949 | 81 | 41 |
| 950 | 81 | 37 |
| 951 | 81 | 43 |
| 952 | 81 | 34 |
| 953 | 81 | 31 |
| 954 | 81 | 26 |
| 955 | 81 | 23 |
| 956 | 81 | 27 |
| 957 | 81 | 38 |
| 958 | 81 | 40 |
| 959 | 81 | 39 |
| 960 | 81 | 27 |
| 961 | 81 | 33 |
| 962 | 80 | 28 |
| 963 | 81 | 34 |
| 964 | 83 | 72 |
| 965 | 81 | 49 |
| 966 | 81 | 51 |
| 967 | 80 | 55 |
| 968 | 81 | 48 |
| 969 | 81 | 36 |
| 970 | 81 | 39 |
| 971 | 81 | 38 |
| 972 | 80 | 41 |
| 973 | 81 | 30 |
| 974 | 81 | 23 |
| 975 | 81 | 19 |
| 976 | 81 | 25 |
| 977 | 81 | 29 |
| 978 | 83 | 47 |
| 979 | 81 | 90 |
| 980 | 81 | 75 |
| 981 | 80 | 60 |
| 982 | 81 | 48 |
| 983 | 81 | 41 |
| 984 | 81 | 30 |
| 985 | 80 | 24 |
| 986 | 81 | 20 |
| 987 | 81 | 21 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 988 | 81 | 29 |
| 989 | 81 | 29 |
| 990 | 81 | 27 |
| 991 | 81 | 23 |
| 992 | 81 | 25 |
| 993 | 81 | 26 |
| 994 | 81 | 22 |
| 995 | 81 | 20 |
| 996 | 81 | 17 |
| 997 | 81 | 23 |
| 998 | 83 | 65 |
| 999 | 81 | 54 |
| 1 000 | 81 | 50 |
| 1 001 | 81 | 41 |
| 1 002 | 81 | 35 |
| 1 003 | 81 | 37 |
| 1 004 | 81 | 29 |
| 1 005 | 81 | 28 |
| 1 006 | 81 | 24 |
| 1 007 | 81 | 19 |
| 1 008 | 81 | 16 |
| 1 009 | 80 | 16 |
| 1 010 | 83 | 23 |
| 1 011 | 83 | 17 |
| 1 012 | 83 | 13 |
| 1 013 | 83 | 27 |
| 1 014 | 81 | 58 |
| 1 015 | 81 | 60 |
| 1 016 | 81 | 46 |
| 1 017 | 80 | 41 |
| 1 018 | 80 | 36 |
| 1 019 | 81 | 26 |
| 1 020 | 86 | 18 |
| 1 021 | 82 | 35 |
| 1 022 | 79 | 53 |
| 1 023 | 82 | 30 |
| 1 024 | 83 | 29 |
| 1 025 | 83 | 32 |
| 1 026 | 83 | 28 |
| 1 027 | 76 | 60 |
| 1 028 | 79 | 51 |
| 1 029 | 86 | 26 |
| 1 030 | 82 | 34 |
| 1 031 | 84 | 25 |
| 1 032 | 86 | 23 |
| 1 033 | 85 | 22 |
| 1 034 | 83 | 26 |
| 1 035 | 83 | 25 |
| 1 036 | 83 | 37 |
| 1 037 | 84 | 14 |
| 1 038 | 83 | 39 |
| 1 039 | 76 | 70 |
| 1 040 | 78 | 81 |
| 1 041 | 75 | 71 |
| 1 042 | 86 | 47 |
| 1 043 | 83 | 35 |
| 1 044 | 81 | 43 |
| 1 045 | 81 | 41 |
| 1 046 | 79 | 46 |
| 1 047 | 80 | 44 |
| 1 048 | 84 | 20 |
| 1 049 | 79 | 31 |
| 1 050 | 87 | 29 |
| 1 051 | 82 | 49 |
| 1 052 | 84 | 21 |
| 1 053 | 82 | 56 |
| 1 054 | 81 | 30 |
| 1 055 | 85 | 21 |
| 1 056 | 86 | 16 |
| 1 057 | 79 | 52 |
| 1 058 | 78 | 60 |
| 1 059 | 74 | 55 |
| 1 060 | 78 | 84 |
| 1 061 | 80 | 54 |
| 1 062 | 80 | 35 |
| 1 063 | 82 | 24 |
| 1 064 | 83 | 43 |
| 1 065 | 79 | 49 |
| 1 066 | 83 | 50 |
| 1 067 | 86 | 12 |
| 1 068 | 64 | 14 |
| 1 069 | 24 | 14 |
| 1 070 | 49 | 21 |
| 1 071 | 77 | 48 |
| 1 072 | 103 | 11 |
| 1 073 | 98 | 48 |
| 1 074 | 101 | 34 |
| 1 075 | 99 | 39 |
| 1 076 | 103 | 11 |
| 1 077 | 103 | 19 |
| 1 078 | 103 | 7 |
| 1 079 | 103 | 13 |
| 1 080 | 103 | 10 |
| 1 081 | 102 | 13 |
| 1 082 | 101 | 29 |
| 1 083 | 102 | 25 |
| 1 084 | 102 | 20 |
| 1 085 | 96 | 60 |
| 1 086 | 99 | 38 |
| 1 087 | 102 | 24 |
| 1 088 | 100 | 31 |
| 1 089 | 100 | 28 |
| 1 090 | 98 | 3 |
| 1 091 | 102 | 26 |
| 1 092 | 95 | 64 |
| 1 093 | 102 | 23 |
| 1 094 | 102 | 25 |
| 1 095 | 98 | 42 |
| 1 096 | 93 | 68 |
| 1 097 | 101 | 25 |
| 1 098 | 95 | 64 |
| 1 099 | 101 | 35 |
| 1 100 | 94 | 59 |
| 1 101 | 97 | 37 |
| 1 102 | 97 | 60 |
| 1 103 | 93 | 98 |
| 1 104 | 98 | 53 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 1 105 | 103 | 13 |
| 1 106 | 103 | 11 |
| 1 107 | 103 | 11 |
| 1 108 | 103 | 13 |
| 1 109 | 103 | 10 |
| 1 110 | 103 | 10 |
| 1 111 | 103 | 11 |
| 1 112 | 103 | 10 |
| 1 113 | 103 | 10 |
| 1 114 | 102 | 18 |
| 1 115 | 102 | 31 |
| 1 116 | 101 | 24 |
| 1 117 | 102 | 19 |
| 1 118 | 103 | 10 |
| 1 119 | 102 | 12 |
| 1 120 | 99 | 56 |
| 1 121 | 96 | 59 |
| 1 122 | 74 | 28 |
| 1 123 | 66 | 62 |
| 1 124 | 74 | 29 |
| 1 125 | 64 | 74 |
| 1 126 | 69 | 40 |
| 1 127 | 76 | 2 |
| 1 128 | 72 | 29 |
| 1 129 | 66 | 65 |
| 1 130 | 54 | 69 |
| 1 131 | 69 | 56 |
| 1 132 | 69 | 40 |
| 1 133 | 73 | 54 |
| 1 134 | 63 | 92 |
| 1 135 | 61 | 67 |
| 1 136 | 72 | 42 |
| 1 137 | 78 | 2 |
| 1 138 | 76 | 34 |
| 1 139 | 67 | 80 |
| 1 140 | 70 | 67 |
| 1 141 | 53 | 70 |
| 1 142 | 72 | 65 |
| 1 143 | 60 | 57 |
| 1 144 | 74 | 29 |
| 1 145 | 69 | 31 |
| 1 146 | 76 | 1 |
| 1 147 | 74 | 22 |
| 1 148 | 72 | 52 |
| 1 149 | 62 | 96 |
| 1 150 | 54 | 72 |
| 1 151 | 72 | 28 |
| 1 152 | 72 | 35 |
| 1 153 | 64 | 68 |
| 1 154 | 74 | 27 |
| 1 155 | 76 | 14 |
| 1 156 | 69 | 38 |
| 1 157 | 66 | 59 |
| 1 158 | 64 | 99 |
| 1 159 | 51 | 86 |
| 1 160 | 70 | 53 |
| 1 161 | 72 | 36 |
| 1 162 | 71 | 47 |
| 1 163 | 70 | 42 |
| 1 164 | 67 | 34 |
| 1 165 | 74 | 2 |
| 1 166 | 75 | 21 |
| 1 167 | 74 | 15 |
| 1 168 | 75 | 13 |
| 1 169 | 76 | 10 |
| 1 170 | 75 | 13 |
| 1 171 | 75 | 10 |
| 1 172 | 75 | 7 |
| 1 173 | 75 | 13 |
| 1 174 | 76 | 8 |
| 1 175 | 76 | 7 |
| 1 176 | 67 | 45 |
| 1 177 | 75 | 13 |
| 1 178 | 75 | 12 |
| 1 179 | 73 | 21 |
| 1 180 | 68 | 46 |
| 1 181 | 74 | 8 |
| 1 182 | 76 | 11 |
| 1 183 | 76 | 14 |
| 1 184 | 74 | 11 |
| 1 185 | 74 | 18 |
| 1 186 | 73 | 22 |
| 1 187 | 74 | 20 |
| 1 188 | 74 | 19 |
| 1 189 | 70 | 22 |
| 1 190 | 71 | 23 |
| 1 191 | 73 | 19 |
| 1 192 | 73 | 19 |
| 1 193 | 72 | 20 |
| 1 194 | 64 | 60 |
| 1 195 | 70 | 39 |
| 1 196 | 66 | 56 |
| 1 197 | 68 | 64 |
| 1 198 | 30 | 68 |
| 1 199 | 70 | 38 |
| 1 200 | 66 | 47 |
| 1 201 | 76 | 14 |
| 1 202 | 74 | 18 |
| 1 203 | 69 | 46 |
| 1 204 | 68 | 62 |
| 1 205 | 68 | 62 |
| 1 206 | 68 | 62 |
| 1 207 | 68 | 62 |
| 1 208 | 68 | 62 |
| 1 209 | 68 | 62 |
| 1 210 | 54 | 50 |
| 1 211 | 41 | 37 |
| 1 212 | 27 | 25 |
| 1 213 | 14 | 12 |
| 1 214 | 0 | 0 |
| 1 215 | 0 | 0 |
| 1 216 | 0 | 0 |
| 1 217 | 0 | 0 |
| 1 218 | 0 | 0 |
| 1 219 | 0 | 0 |
| 1 220 | 0 | 0 |
| 1 221 | 0 | 0 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 1 222 | 0 | 0 |
| 1 223 | 0 | 0 |
| 1 224 | 0 | 0 |
| 1 225 | 0 | 0 |
| 1 226 | 0 | 0 |
| 1 227 | 0 | 0 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 1 228 | 0 | 0 |
| 1 229 | 0 | 0 |
| 1 230 | 0 | 0 |
| 1 231 | 0 | 0 |
| 1 232 | 0 | 0 |
| 1 233 | 0 | 0 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 1 234 | 0 | 0 |
| 1 235 | 0 | 0 |
| 1 236 | 0 | 0 |
| 1 237 | 0 | 0 |
| 1 238 | 0 | 0 |

On trouvera à la figure ci-après une représentation graphique du programme du dynamomètre NRTC.

**Programme du dynamomètre NRTC**

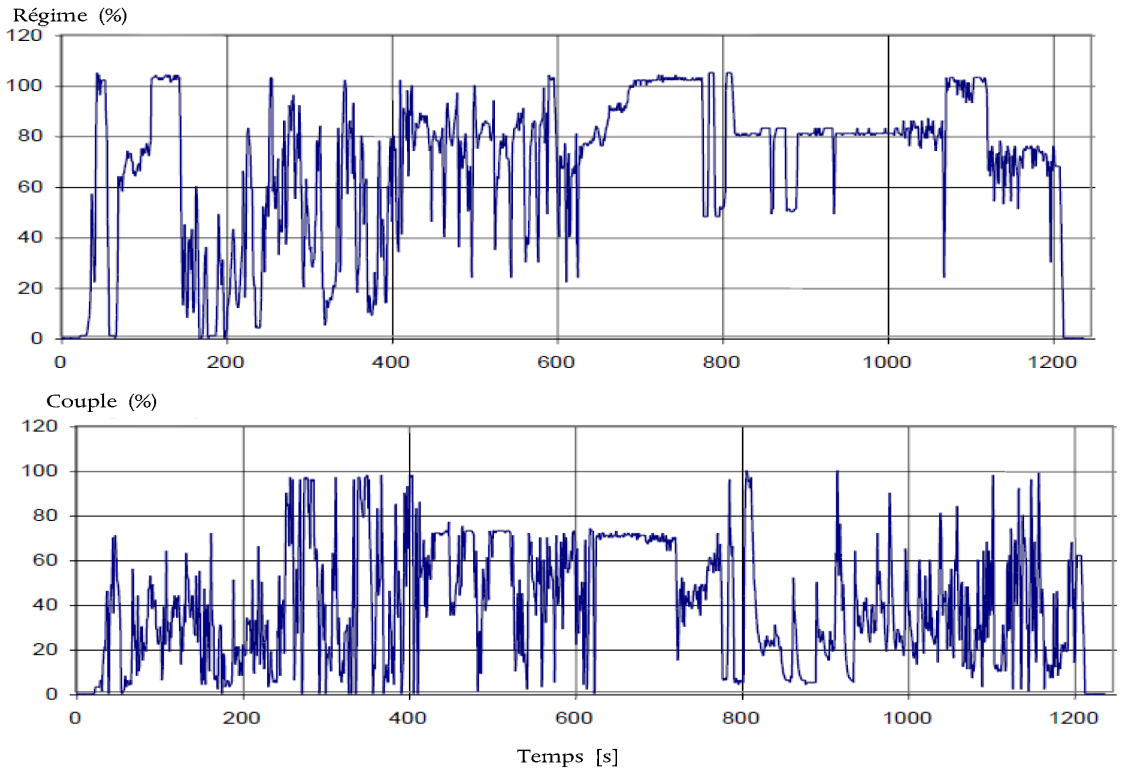



*Tableau A.4-31*

**Programmation du dynamomètre pour l'essai LSI-NRTC**

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 7 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 8 |
| 10 | 6 | 54 |
| 11 | 8 | 61 |
| 12 | 34 | 59 |
| 13 | 22 | 46 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 14 | 5 | 51 |
| 15 | 18 | 51 |
| 16 | 31 | 50 |
| 17 | 30 | 56 |
| 18 | 31 | 49 |
| 19 | 25 | 66 |
| 20 | 58 | 55 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 21 | 43 | 31 |
| 22 | 16 | 45 |
| 23 | 24 | 38 |
| 24 | 24 | 27 |
| 25 | 30 | 33 |
| 26 | 45 | 65 |
| 27 | 50 | 49 |
| 28 | 23 | 42 |
| 29 | 13 | 42 |
| 30 | 9 | 45 |
| 31 | 23 | 30 |
| 32 | 37 | 45 |
| 33 | 44 | 50 |
| 34 | 49 | 52 |
| 35 | 55 | 49 |
| 36 | 61 | 46 |
| 37 | 66 | 38 |
| 38 | 42 | 33 |
| 39 | 17 | 41 |
| 40 | 17 | 37 |
| 41 | 7 | 50 |
| 42 | 20 | 32 |
| 43 | 5 | 55 |
| 44 | 30 | 42 |
| 45 | 44 | 53 |
| 46 | 45 | 56 |
| 47 | 41 | 52 |
| 48 | 24 | 41 |
| 49 | 15 | 40 |
| 50 | 11 | 44 |
| 51 | 32 | 31 |
| 52 | 38 | 54 |
| 53 | 38 | 47 |
| 54 | 9 | 55 |
| 55 | 10 | 50 |
| 56 | 33 | 55 |
| 57 | 48 | 56 |
| 58 | 49 | 47 |
| 59 | 33 | 44 |
| 60 | 52 | 43 |
| 61 | 55 | 43 |
| 62 | 59 | 38 |
| 63 | 44 | 28 |
| 64 | 24 | 37 |
| 65 | 12 | 44 |
| 66 | 9 | 47 |
| 67 | 12 | 52 |
| 68 | 34 | 21 |
| 69 | 29 | 44 |
| 70 | 44 | 54 |
| 71 | 54 | 62 |
| 72 | 62 | 57 |
| 73 | 72 | 56 |
| 74 | 88 | 71 |
| 75 | 100 | 69 |
| 76 | 100 | 34 |
| 77 | 100 | 42 |
| 78 | 100 | 54 |
| 79 | 100 | 58 |
| 80 | 100 | 38 |
| 81 | 83 | 17 |
| 82 | 61 | 15 |
| 83 | 43 | 22 |
| 84 | 24 | 35 |
| 85 | 16 | 39 |
| 86 | 15 | 45 |
| 87 | 32 | 34 |
| 88 | 14 | 42 |
| 89 | 8 | 48 |
| 90 | 5 | 51 |
| 91 | 10 | 41 |
| 92 | 12 | 37 |
| 93 | 4 | 47 |
| 94 | 3 | 49 |
| 95 | 3 | 50 |
| 96 | 4 | 49 |
| 97 | 4 | 48 |
| 98 | 8 | 43 |
| 99 | 2 | 51 |
| 100 | 5 | 46 |
| 101 | 8 | 41 |
| 102 | 4 | 47 |
| 103 | 3 | 49 |
| 104 | 6 | 45 |
| 105 | 3 | 48 |
| 106 | 10 | 42 |
| 107 | 18 | 27 |
| 108 | 3 | 50 |
| 109 | 11 | 41 |
| 110 | 34 | 29 |
| 111 | 51 | 57 |
| 112 | 67 | 63 |
| 113 | 61 | 32 |
| 114 | 44 | 31 |
| 115 | 48 | 54 |
| 116 | 69 | 65 |
| 117 | 85 | 65 |
| 118 | 81 | 29 |
| 119 | 74 | 21 |
| 120 | 62 | 23 |
| 121 | 76 | 58 |
| 122 | 96 | 75 |
| 123 | 100 | 77 |
| 124 | 100 | 27 |
| 125 | 100 | 79 |
| 126 | 100 | 79 |
| 127 | 100 | 81 |
| 128 | 100 | 57 |
| 129 | 99 | 52 |
| 130 | 81 | 35 |
| 131 | 69 | 29 |
| 132 | 47 | 22 |
| 133 | 34 | 28 |
| 134 | 27 | 37 |
| 135 | 83 | 60 |
| 136 | 100 | 74 |
| 137 | 100 | 7 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 138 | 100 | 2 |
| 139 | 70 | 18 |
| 140 | 23 | 39 |
| 141 | 5 | 54 |
| 142 | 11 | 40 |
| 143 | 11 | 34 |
| 144 | 11 | 41 |
| 145 | 19 | 25 |
| 146 | 16 | 32 |
| 147 | 20 | 31 |
| 148 | 21 | 38 |
| 149 | 21 | 42 |
| 150 | 9 | 51 |
| 151 | 4 | 49 |
| 152 | 2 | 51 |
| 153 | 1 | 58 |
| 154 | 21 | 57 |
| 155 | 29 | 47 |
| 156 | 33 | 45 |
| 157 | 16 | 49 |
| 158 | 38 | 45 |
| 159 | 37 | 43 |
| 160 | 35 | 42 |
| 161 | 39 | 43 |
| 162 | 51 | 49 |
| 163 | 59 | 55 |
| 164 | 65 | 54 |
| 165 | 76 | 62 |
| 166 | 84 | 59 |
| 167 | 83 | 29 |
| 168 | 67 | 35 |
| 169 | 84 | 54 |
| 170 | 90 | 58 |
| 171 | 93 | 43 |
| 172 | 90 | 29 |
| 173 | 66 | 19 |
| 174 | 52 | 16 |
| 175 | 49 | 17 |
| 176 | 56 | 38 |
| 177 | 73 | 71 |
| 178 | 86 | 80 |
| 179 | 96 | 75 |
| 180 | 89 | 27 |
| 181 | 66 | 17 |
| 182 | 50 | 18 |
| 183 | 36 | 25 |
| 184 | 36 | 24 |
| 185 | 38 | 40 |
| 186 | 40 | 50 |
| 187 | 27 | 48 |
| 188 | 19 | 48 |
| 189 | 23 | 50 |
| 190 | 19 | 45 |
| 191 | 6 | 51 |
| 192 | 24 | 48 |
| 193 | 49 | 67 |
| 194 | 47 | 49 |
| 195 | 22 | 44 |
| 196 | 25 | 40 |
| 197 | 38 | 54 |
| 198 | 43 | 55 |
| 199 | 40 | 52 |
| 200 | 14 | 49 |
| 201 | 11 | 45 |
| 202 | 7 | 48 |
| 203 | 26 | 41 |
| 204 | 41 | 59 |
| 205 | 53 | 60 |
| 206 | 44 | 54 |
| 207 | 22 | 40 |
| 208 | 24 | 41 |
| 209 | 32 | 53 |
| 210 | 44 | 74 |
| 211 | 57 | 25 |
| 212 | 22 | 49 |
| 213 | 29 | 45 |
| 214 | 19 | 37 |
| 215 | 14 | 43 |
| 216 | 36 | 40 |
| 217 | 43 | 63 |
| 218 | 42 | 49 |
| 219 | 15 | 50 |
| 220 | 19 | 44 |
| 221 | 47 | 59 |
| 222 | 67 | 80 |
| 223 | 76 | 74 |
| 224 | 87 | 66 |
| 225 | 98 | 61 |
| 226 | 100 | 38 |
| 227 | 97 | 27 |
| 228 | 100 | 53 |
| 229 | 100 | 72 |
| 230 | 100 | 49 |
| 231 | 100 | 4 |
| 232 | 100 | 13 |
| 233 | 87 | 15 |
| 234 | 53 | 26 |
| 235 | 33 | 27 |
| 236 | 39 | 19 |
| 237 | 51 | 33 |
| 238 | 67 | 54 |
| 239 | 83 | 60 |
| 240 | 95 | 52 |
| 241 | 100 | 50 |
| 242 | 100 | 36 |
| 243 | 100 | 25 |
| 244 | 85 | 16 |
| 245 | 62 | 16 |
| 246 | 40 | 26 |
| 247 | 56 | 39 |
| 248 | 81 | 75 |
| 249 | 98 | 86 |
| 250 | 100 | 76 |
| 251 | 100 | 51 |
| 252 | 100 | 78 |
| 253 | 100 | 83 |
| 254 | 100 | 100 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 255 | 100 | 66 |
| 256 | 100 | 85 |
| 257 | 100 | 72 |
| 258 | 100 | 45 |
| 259 | 98 | 58 |
| 260 | 60 | 30 |
| 261 | 43 | 32 |
| 262 | 71 | 36 |
| 263 | 44 | 32 |
| 264 | 24 | 38 |
| 265 | 42 | 17 |
| 266 | 22 | 51 |
| 267 | 13 | 53 |
| 268 | 23 | 45 |
| 269 | 29 | 50 |
| 270 | 28 | 42 |
| 271 | 21 | 55 |
| 272 | 34 | 57 |
| 273 | 44 | 47 |
| 274 | 19 | 46 |
| 275 | 13 | 44 |
| 276 | 25 | 36 |
| 277 | 43 | 51 |
| 278 | 55 | 73 |
| 279 | 68 | 72 |
| 280 | 76 | 63 |
| 281 | 80 | 45 |
| 282 | 83 | 40 |
| 283 | 78 | 26 |
| 284 | 60 | 20 |
| 285 | 47 | 19 |
| 286 | 52 | 25 |
| 287 | 36 | 30 |
| 288 | 40 | 26 |
| 289 | 45 | 34 |
| 290 | 47 | 35 |
| 291 | 42 | 28 |
| 292 | 46 | 38 |
| 293 | 48 | 44 |
| 294 | 68 | 61 |
| 295 | 70 | 47 |
| 296 | 48 | 28 |
| 297 | 42 | 22 |
| 298 | 31 | 29 |
| 299 | 22 | 35 |
| 300 | 28 | 28 |
| 301 | 46 | 46 |
| 302 | 62 | 69 |
| 303 | 76 | 81 |
| 304 | 88 | 85 |
| 305 | 98 | 81 |
| 306 | 100 | 74 |
| 307 | 100 | 13 |
| 308 | 100 | 11 |
| 309 | 100 | 17 |
| 310 | 99 | 3 |
| 311 | 80 | 7 |
| 312 | 62 | 11 |
| 313 | 63 | 11 |
| 314 | 64 | 16 |
| 315 | 69 | 43 |
| 316 | 81 | 67 |
| 317 | 93 | 74 |
| 318 | 100 | 72 |
| 319 | 94 | 27 |
| 320 | 73 | 15 |
| 321 | 40 | 33 |
| 322 | 40 | 52 |
| 323 | 50 | 50 |
| 324 | 11 | 53 |
| 325 | 12 | 45 |
| 326 | 5 | 50 |
| 327 | 1 | 55 |
| 328 | 7 | 55 |
| 329 | 62 | 60 |
| 330 | 80 | 28 |
| 331 | 23 | 37 |
| 332 | 39 | 58 |
| 333 | 47 | 24 |
| 334 | 59 | 51 |
| 335 | 58 | 68 |
| 336 | 36 | 52 |
| 337 | 18 | 42 |
| 338 | 36 | 52 |
| 339 | 59 | 73 |
| 340 | 72 | 85 |
| 341 | 85 | 92 |
| 342 | 99 | 90 |
| 343 | 100 | 72 |
| 344 | 100 | 18 |
| 345 | 100 | 76 |
| 346 | 100 | 64 |
| 347 | 100 | 87 |
| 348 | 100 | 97 |
| 349 | 100 | 84 |
| 350 | 100 | 100 |
| 351 | 100 | 91 |
| 352 | 100 | 83 |
| 353 | 100 | 93 |
| 354 | 100 | 100 |
| 355 | 94 | 43 |
| 356 | 72 | 10 |
| 357 | 77 | 3 |
| 358 | 48 | 2 |
| 359 | 29 | 5 |
| 360 | 59 | 19 |
| 361 | 63 | 5 |
| 362 | 35 | 2 |
| 363 | 24 | 3 |
| 364 | 28 | 2 |
| 365 | 36 | 16 |
| 366 | 54 | 23 |
| 367 | 60 | 10 |
| 368 | 33 | 1 |
| 369 | 23 | 0 |
| 370 | 16 | 0 |
| 371 | 11 | 0 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 372 | 20 | 0 |
| 373 | 25 | 2 |
| 374 | 40 | 3 |
| 375 | 33 | 4 |
| 376 | 34 | 5 |
| 377 | 46 | 7 |
| 378 | 57 | 10 |
| 379 | 66 | 11 |
| 380 | 75 | 14 |
| 381 | 79 | 11 |
| 382 | 80 | 16 |
| 383 | 92 | 21 |
| 384 | 99 | 16 |
| 385 | 83 | 2 |
| 386 | 71 | 2 |
| 387 | 69 | 4 |
| 388 | 67 | 4 |
| 389 | 74 | 16 |
| 390 | 86 | 25 |
| 391 | 97 | 28 |
| 392 | 100 | 15 |
| 393 | 83 | 2 |
| 394 | 62 | 4 |
| 395 | 40 | 6 |
| 396 | 49 | 10 |
| 397 | 36 | 5 |
| 398 | 27 | 4 |
| 399 | 29 | 3 |
| 400 | 22 | 2 |
| 401 | 13 | 3 |
| 402 | 37 | 36 |
| 403 | 90 | 26 |
| 404 | 41 | 2 |
| 405 | 25 | 2 |
| 406 | 29 | 2 |
| 407 | 38 | 7 |
| 408 | 50 | 13 |
| 409 | 55 | 10 |
| 410 | 29 | 3 |
| 411 | 24 | 7 |
| 412 | 51 | 16 |
| 413 | 62 | 15 |
| 414 | 72 | 35 |
| 415 | 91 | 74 |
| 416 | 100 | 73 |
| 417 | 100 | 8 |
| 418 | 98 | 11 |
| 419 | 100 | 59 |
| 420 | 100 | 98 |
| 421 | 100 | 99 |
| 422 | 100 | 75 |
| 423 | 100 | 95 |
| 424 | 100 | 100 |
| 425 | 100 | 97 |
| 426 | 100 | 90 |
| 427 | 100 | 86 |
| 428 | 100 | 82 |
| 429 | 97 | 43 |
| 430 | 70 | 16 |
| 431 | 50 | 20 |
| 432 | 42 | 33 |
| 433 | 89 | 64 |
| 434 | 89 | 77 |
| 435 | 99 | 95 |
| 436 | 100 | 41 |
| 437 | 77 | 12 |
| 438 | 29 | 37 |
| 439 | 16 | 41 |
| 440 | 16 | 38 |
| 441 | 15 | 36 |
| 442 | 18 | 44 |
| 443 | 4 | 55 |
| 444 | 24 | 26 |
| 445 | 26 | 35 |
| 446 | 15 | 45 |
| 447 | 21 | 39 |
| 448 | 29 | 52 |
| 449 | 26 | 46 |
| 450 | 27 | 50 |
| 451 | 13 | 43 |
| 452 | 25 | 36 |
| 453 | 37 | 57 |
| 454 | 29 | 46 |
| 455 | 17 | 39 |
| 456 | 13 | 41 |
| 457 | 19 | 38 |
| 458 | 28 | 35 |
| 459 | 8 | 51 |
| 460 | 14 | 36 |
| 461 | 17 | 47 |
| 462 | 34 | 39 |
| 463 | 34 | 57 |
| 464 | 11 | 70 |
| 465 | 13 | 51 |
| 466 | 13 | 68 |
| 467 | 38 | 44 |
| 468 | 53 | 67 |
| 469 | 29 | 69 |
| 470 | 19 | 65 |
| 471 | 52 | 45 |
| 472 | 61 | 79 |
| 473 | 29 | 70 |
| 474 | 15 | 53 |
| 475 | 15 | 60 |
| 476 | 52 | 40 |
| 477 | 50 | 61 |
| 478 | 13 | 74 |
| 479 | 46 | 51 |
| 480 | 60 | 73 |
| 481 | 33 | 84 |
| 482 | 31 | 63 |
| 483 | 41 | 42 |
| 484 | 26 | 69 |
| 485 | 23 | 65 |
| 486 | 48 | 49 |
| 487 | 28 | 57 |
| 488 | 16 | 67 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 489 | 39 | 48 |
| 490 | 47 | 73 |
| 491 | 35 | 87 |
| 492 | 26 | 73 |
| 493 | 30 | 61 |
| 494 | 34 | 49 |
| 495 | 35 | 66 |
| 496 | 56 | 47 |
| 497 | 49 | 64 |
| 498 | 59 | 64 |
| 499 | 42 | 69 |
| 500 | 6 | 77 |
| 501 | 5 | 59 |
| 502 | 17 | 59 |
| 503 | 45 | 53 |
| 504 | 21 | 62 |
| 505 | 31 | 60 |
| 506 | 53 | 68 |
| 507 | 48 | 79 |
| 508 | 45 | 61 |
| 509 | 51 | 47 |
| 510 | 41 | 48 |
| 511 | 26 | 58 |
| 512 | 21 | 62 |
| 513 | 50 | 52 |
| 514 | 39 | 65 |
| 515 | 23 | 65 |
| 516 | 42 | 62 |
| 517 | 57 | 80 |
| 518 | 66 | 81 |
| 519 | 64 | 62 |
| 520 | 45 | 42 |
| 521 | 33 | 42 |
| 522 | 27 | 57 |
| 523 | 31 | 59 |
| 524 | 41 | 53 |
| 525 | 45 | 72 |
| 526 | 48 | 73 |
| 527 | 46 | 90 |
| 528 | 56 | 76 |
| 529 | 64 | 76 |
| 530 | 69 | 64 |
| 531 | 72 | 59 |
| 532 | 73 | 58 |
| 533 | 71 | 56 |
| 534 | 66 | 48 |
| 535 | 61 | 50 |
| 536 | 55 | 56 |
| 537 | 52 | 52 |
| 538 | 54 | 49 |
| 539 | 61 | 50 |
| 540 | 64 | 54 |
| 541 | 67 | 54 |
| 542 | 68 | 52 |
| 543 | 60 | 53 |
| 544 | 52 | 50 |
| 545 | 45 | 49 |
| 546 | 38 | 45 |
| 547 | 32 | 45 |
| 548 | 26 | 53 |
| 549 | 23 | 56 |
| 550 | 30 | 49 |
| 551 | 33 | 55 |
| 552 | 35 | 59 |
| 553 | 33 | 65 |
| 554 | 30 | 67 |
| 555 | 28 | 59 |
| 556 | 25 | 58 |
| 557 | 23 | 56 |
| 558 | 22 | 57 |
| 559 | 19 | 63 |
| 560 | 14 | 63 |
| 561 | 31 | 61 |
| 562 | 35 | 62 |
| 563 | 21 | 80 |
| 564 | 28 | 65 |
| 565 | 7 | 74 |
| 566 | 23 | 54 |
| 567 | 38 | 54 |
| 568 | 14 | 78 |
| 569 | 38 | 58 |
| 570 | 52 | 75 |
| 571 | 59 | 81 |
| 572 | 66 | 69 |
| 573 | 54 | 44 |
| 574 | 48 | 34 |
| 575 | 44 | 33 |
| 576 | 40 | 40 |
| 577 | 28 | 58 |
| 578 | 27 | 63 |
| 579 | 35 | 45 |
| 580 | 20 | 66 |
| 581 | 15 | 60 |
| 582 | 10 | 52 |
| 583 | 22 | 56 |
| 584 | 30 | 62 |
| 585 | 21 | 67 |
| 586 | 29 | 53 |
| 587 | 41 | 56 |
| 588 | 15 | 67 |
| 589 | 24 | 56 |
| 590 | 42 | 69 |
| 591 | 39 | 83 |
| 592 | 40 | 73 |
| 593 | 35 | 67 |
| 594 | 32 | 61 |
| 595 | 30 | 65 |
| 596 | 30 | 72 |
| 597 | 48 | 51 |
| 598 | 66 | 58 |
| 599 | 62 | 71 |
| 600 | 36 | 63 |
| 601 | 17 | 59 |
| 602 | 16 | 50 |
| 603 | 16 | 62 |
| 604 | 34 | 48 |
| 605 | 51 | 66 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 606 | 35 | 74 |
| 607 | 15 | 56 |
| 608 | 19 | 54 |
| 609 | 43 | 65 |
| 610 | 52 | 80 |
| 611 | 52 | 83 |
| 612 | 49 | 57 |
| 613 | 48 | 46 |
| 614 | 37 | 36 |
| 615 | 25 | 44 |
| 616 | 14 | 53 |
| 617 | 13 | 64 |
| 618 | 23 | 56 |
| 619 | 21 | 63 |
| 620 | 18 | 67 |
| 621 | 20 | 54 |
| 622 | 16 | 67 |
| 623 | 26 | 56 |
| 624 | 41 | 65 |
| 625 | 28 | 62 |
| 626 | 19 | 60 |
| 627 | 33 | 56 |
| 628 | 37 | 70 |
| 629 | 24 | 79 |
| 630 | 28 | 57 |
| 631 | 40 | 57 |
| 632 | 40 | 58 |
| 633 | 28 | 44 |
| 634 | 25 | 41 |
| 635 | 29 | 53 |
| 636 | 31 | 55 |
| 637 | 26 | 64 |
| 638 | 20 | 50 |
| 639 | 16 | 53 |
| 640 | 11 | 54 |
| 641 | 13 | 53 |
| 642 | 23 | 50 |
| 643 | 32 | 59 |
| 644 | 36 | 63 |
| 645 | 33 | 59 |
| 646 | 24 | 52 |
| 647 | 20 | 52 |
| 648 | 22 | 55 |
| 649 | 30 | 53 |
| 650 | 37 | 59 |
| 651 | 41 | 58 |
| 652 | 36 | 54 |
| 653 | 29 | 49 |
| 654 | 24 | 53 |
| 655 | 14 | 57 |
| 656 | 10 | 54 |
| 657 | 9 | 55 |
| 658 | 10 | 57 |
| 659 | 13 | 55 |
| 660 | 15 | 64 |
| 661 | 31 | 57 |
| 662 | 19 | 69 |
| 663 | 14 | 59 |
| 664 | 33 | 57 |
| 665 | 41 | 65 |
| 666 | 39 | 64 |
| 667 | 39 | 59 |
| 668 | 39 | 51 |
| 669 | 28 | 41 |
| 670 | 19 | 49 |
| 671 | 27 | 54 |
| 672 | 37 | 63 |
| 673 | 32 | 74 |
| 674 | 16 | 70 |
| 675 | 12 | 67 |
| 676 | 13 | 60 |
| 677 | 17 | 56 |
| 678 | 15 | 62 |
| 679 | 25 | 47 |
| 680 | 27 | 64 |
| 681 | 14 | 71 |
| 682 | 5 | 65 |
| 683 | 6 | 57 |
| 684 | 6 | 57 |
| 685 | 15 | 52 |
| 686 | 22 | 61 |
| 687 | 14 | 77 |
| 688 | 12 | 67 |
| 689 | 12 | 62 |
| 690 | 14 | 59 |
| 691 | 15 | 58 |
| 692 | 18 | 55 |
| 693 | 22 | 53 |
| 694 | 19 | 69 |
| 695 | 14 | 67 |
| 696 | 9 | 63 |
| 697 | 8 | 56 |
| 698 | 17 | 49 |
| 699 | 25 | 55 |
| 700 | 14 | 70 |
| 701 | 12 | 60 |
| 702 | 22 | 57 |
| 703 | 27 | 67 |
| 704 | 29 | 68 |
| 705 | 34 | 62 |
| 706 | 35 | 61 |
| 707 | 28 | 78 |
| 708 | 11 | 71 |
| 709 | 4 | 58 |
| 710 | 5 | 58 |
| 711 | 10 | 56 |
| 712 | 20 | 63 |
| 713 | 13 | 76 |
| 714 | 11 | 65 |
| 715 | 9 | 60 |
| 716 | 7 | 55 |
| 717 | 8 | 53 |
| 718 | 10 | 60 |
| 719 | 28 | 53 |
| 720 | 12 | 73 |
| 721 | 4 | 64 |
| 722 | 4 | 61 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 723 | 4 | 61 |
| 724 | 10 | 56 |
| 725 | 8 | 61 |
| 726 | 20 | 56 |
| 727 | 32 | 62 |
| 728 | 33 | 66 |
| 729 | 34 | 73 |
| 730 | 31 | 61 |
| 731 | 33 | 55 |
| 732 | 33 | 60 |
| 733 | 31 | 59 |
| 734 | 29 | 58 |
| 735 | 31 | 53 |
| 736 | 33 | 51 |
| 737 | 33 | 48 |
| 738 | 27 | 44 |
| 739 | 21 | 52 |
| 740 | 13 | 57 |
| 741 | 12 | 56 |
| 742 | 10 | 64 |
| 743 | 22 | 47 |
| 744 | 15 | 74 |
| 745 | 8 | 66 |
| 746 | 34 | 47 |
| 747 | 18 | 71 |
| 748 | 9 | 57 |
| 749 | 11 | 55 |
| 750 | 12 | 57 |
| 751 | 10 | 61 |
| 752 | 16 | 53 |
| 753 | 12 | 75 |
| 754 | 6 | 70 |
| 755 | 12 | 55 |
| 756 | 24 | 50 |
| 757 | 28 | 60 |
| 758 | 28 | 64 |
| 759 | 23 | 60 |
| 760 | 20 | 56 |
| 761 | 26 | 50 |
| 762 | 28 | 55 |
| 763 | 18 | 56 |
| 764 | 15 | 52 |
| 765 | 11 | 59 |
| 766 | 16 | 59 |
| 767 | 34 | 54 |
| 768 | 16 | 82 |
| 769 | 15 | 64 |
| 770 | 36 | 53 |
| 771 | 45 | 64 |
| 772 | 41 | 59 |
| 773 | 34 | 50 |
| 774 | 27 | 45 |
| 775 | 22 | 52 |
| 776 | 18 | 55 |
| 777 | 26 | 54 |
| 778 | 39 | 62 |
| 779 | 37 | 71 |
| 780 | 32 | 58 |
| 781 | 24 | 48 |
| 782 | 14 | 59 |
| 783 | 7 | 59 |
| 784 | 7 | 55 |
| 785 | 18 | 49 |
| 786 | 40 | 62 |
| 787 | 44 | 73 |
| 788 | 41 | 68 |
| 789 | 35 | 48 |
| 790 | 29 | 54 |
| 791 | 22 | 69 |
| 792 | 46 | 53 |
| 793 | 59 | 71 |
| 794 | 69 | 68 |
| 795 | 75 | 47 |
| 796 | 62 | 32 |
| 797 | 48 | 35 |
| 798 | 27 | 59 |
| 799 | 13 | 58 |
| 800 | 14 | 54 |
| 801 | 21 | 53 |
| 802 | 23 | 56 |
| 803 | 23 | 57 |
| 804 | 23 | 65 |
| 805 | 13 | 65 |
| 806 | 9 | 64 |
| 807 | 27 | 56 |
| 808 | 26 | 78 |
| 809 | 40 | 61 |
| 810 | 35 | 76 |
| 811 | 28 | 66 |
| 812 | 23 | 57 |
| 813 | 16 | 50 |
| 814 | 11 | 53 |
| 815 | 9 | 57 |
| 816 | 9 | 62 |
| 817 | 27 | 57 |
| 818 | 42 | 69 |
| 819 | 47 | 75 |
| 820 | 53 | 67 |
| 821 | 61 | 62 |
| 822 | 63 | 53 |
| 823 | 60 | 54 |
| 824 | 56 | 44 |
| 825 | 49 | 39 |
| 826 | 39 | 35 |
| 827 | 30 | 34 |
| 828 | 33 | 46 |
| 829 | 44 | 56 |
| 830 | 50 | 56 |
| 831 | 44 | 52 |
| 832 | 38 | 46 |
| 833 | 33 | 44 |
| 834 | 29 | 45 |
| 835 | 24 | 46 |
| 836 | 18 | 52 |
| 837 | 9 | 55 |
| 838 | 10 | 54 |
| 839 | 20 | 53 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 840 | 27 | 58 |
| 841 | 29 | 59 |
| 842 | 30 | 62 |
| 843 | 30 | 65 |
| 844 | 27 | 66 |
| 845 | 32 | 58 |
| 846 | 40 | 56 |
| 847 | 41 | 57 |
| 848 | 18 | 73 |
| 849 | 15 | 55 |
| 850 | 18 | 50 |
| 851 | 17 | 52 |
| 852 | 20 | 49 |
| 853 | 16 | 62 |
| 854 | 4 | 67 |
| 855 | 2 | 64 |
| 856 | 7 | 54 |
| 857 | 10 | 50 |
| 858 | 9 | 57 |
| 859 | 5 | 62 |
| 860 | 12 | 51 |
| 861 | 14 | 65 |
| 862 | 9 | 64 |
| 863 | 31 | 50 |
| 864 | 30 | 78 |
| 865 | 21 | 65 |
| 866 | 14 | 51 |
| 867 | 10 | 55 |
| 868 | 6 | 59 |
| 869 | 7 | 59 |
| 870 | 19 | 54 |
| 871 | 23 | 61 |
| 872 | 24 | 62 |
| 873 | 34 | 61 |
| 874 | 51 | 67 |
| 875 | 60 | 66 |
| 876 | 58 | 55 |
| 877 | 60 | 52 |
| 878 | 64 | 55 |
| 879 | 68 | 51 |
| 880 | 63 | 54 |
| 881 | 64 | 50 |
| 882 | 68 | 58 |
| 883 | 73 | 47 |
| 884 | 63 | 40 |
| 885 | 50 | 38 |
| 886 | 29 | 61 |
| 887 | 14 | 61 |
| 888 | 14 | 53 |
| 889 | 42 | 6 |
| 890 | 58 | 6 |
| 891 | 58 | 6 |
| 892 | 77 | 39 |
| 893 | 93 | 56 |
| 894 | 93 | 44 |
| 895 | 93 | 37 |
| 896 | 93 | 31 |
| 897 | 93 | 25 |
| 898 | 93 | 26 |
| 899 | 93 | 27 |
| 900 | 93 | 25 |
| 901 | 93 | 21 |
| 902 | 93 | 22 |
| 903 | 93 | 24 |
| 904 | 93 | 23 |
| 905 | 93 | 27 |
| 906 | 93 | 34 |
| 907 | 93 | 32 |
| 908 | 93 | 26 |
| 909 | 93 | 31 |
| 910 | 93 | 34 |
| 911 | 93 | 31 |
| 912 | 93 | 33 |
| 913 | 93 | 36 |
| 914 | 93 | 37 |
| 915 | 93 | 34 |
| 916 | 93 | 30 |
| 917 | 93 | 32 |
| 918 | 93 | 35 |
| 919 | 93 | 35 |
| 920 | 93 | 32 |
| 921 | 93 | 28 |
| 922 | 93 | 23 |
| 923 | 94 | 18 |
| 924 | 95 | 18 |
| 925 | 96 | 17 |
| 926 | 95 | 13 |
| 927 | 96 | 10 |
| 928 | 95 | 9 |
| 929 | 95 | 7 |
| 930 | 95 | 7 |
| 931 | 96 | 7 |
| 932 | 96 | 6 |
| 933 | 96 | 6 |
| 934 | 95 | 6 |
| 935 | 90 | 6 |
| 936 | 69 | 43 |
| 937 | 76 | 62 |
| 938 | 93 | 47 |
| 939 | 93 | 39 |
| 940 | 93 | 35 |
| 941 | 93 | 34 |
| 942 | 93 | 36 |
| 943 | 93 | 39 |
| 944 | 93 | 34 |
| 945 | 93 | 26 |
| 946 | 93 | 23 |
| 947 | 93 | 24 |
| 948 | 93 | 24 |
| 949 | 93 | 22 |
| 950 | 93 | 19 |
| 951 | 93 | 17 |
| 952 | 93 | 19 |
| 953 | 93 | 22 |
| 954 | 93 | 24 |
| 955 | 93 | 23 |
| 956 | 93 | 20 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 957 | 93 | 20 |
| 958 | 94 | 19 |
| 959 | 95 | 19 |
| 960 | 95 | 17 |
| 961 | 96 | 13 |
| 962 | 95 | 10 |
| 963 | 96 | 9 |
| 964 | 95 | 7 |
| 965 | 95 | 7 |
| 966 | 95 | 7 |
| 967 | 95 | 6 |
| 968 | 96 | 6 |
| 969 | 96 | 6 |
| 970 | 89 | 6 |
| 971 | 68 | 6 |
| 972 | 57 | 6 |
| 973 | 66 | 32 |
| 974 | 84 | 52 |
| 975 | 93 | 46 |
| 976 | 93 | 42 |
| 977 | 93 | 36 |
| 978 | 93 | 28 |
| 979 | 93 | 23 |
| 980 | 93 | 19 |
| 981 | 93 | 16 |
| 982 | 93 | 15 |
| 983 | 93 | 16 |
| 984 | 93 | 15 |
| 985 | 93 | 14 |
| 986 | 93 | 15 |
| 987 | 93 | 16 |
| 988 | 94 | 15 |
| 989 | 93 | 32 |
| 990 | 93 | 45 |
| 991 | 93 | 43 |
| 992 | 93 | 37 |
| 993 | 93 | 29 |
| 994 | 93 | 23 |
| 995 | 93 | 20 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 996 | 93 | 18 |
| 997 | 93 | 16 |
| 998 | 93 | 17 |
| 999 | 93 | 16 |
| 1 000 | 93 | 15 |
| 1 001 | 93 | 15 |
| 1 002 | 93 | 15 |
| 1 003 | 93 | 14 |
| 1 004 | 93 | 15 |
| 1 005 | 93 | 15 |
| 1 006 | 93 | 14 |
| 1 007 | 93 | 13 |
| 1 008 | 93 | 14 |
| 1 009 | 93 | 14 |
| 1 010 | 93 | 15 |
| 1 011 | 93 | 16 |
| 1 012 | 93 | 17 |
| 1 013 | 93 | 20 |
| 1 014 | 93 | 22 |
| 1 015 | 93 | 20 |
| 1 016 | 93 | 19 |
| 1 017 | 93 | 20 |
| 1 018 | 93 | 19 |
| 1 019 | 93 | 19 |
| 1 020 | 93 | 20 |
| 1 021 | 93 | 32 |
| 1 022 | 93 | 37 |
| 1 023 | 93 | 28 |
| 1 024 | 93 | 26 |
| 1 025 | 93 | 24 |
| 1 026 | 93 | 22 |
| 1 027 | 93 | 22 |
| 1 028 | 93 | 21 |
| 1 029 | 93 | 20 |
| 1 030 | 93 | 20 |
| 1 031 | 93 | 20 |
| 1 032 | 93 | 20 |
| 1 033 | 93 | 19 |
| 1 034 | 93 | 18 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 1 035 | 93 | 20 |
| 1 036 | 93 | 20 |
| 1 037 | 93 | 20 |
| 1 038 | 93 | 20 |
| 1 039 | 93 | 19 |
| 1 040 | 93 | 18 |
| 1 041 | 93 | 18 |
| 1 042 | 93 | 17 |
| 1 043 | 93 | 16 |
| 1 044 | 93 | 16 |
| 1 045 | 93 | 15 |
| 1 046 | 93 | 16 |
| 1 047 | 93 | 18 |
| 1 048 | 93 | 37 |
| 1 049 | 93 | 48 |
| 1 050 | 93 | 38 |
| 1 051 | 93 | 31 |
| 1 052 | 93 | 26 |
| 1 053 | 93 | 21 |
| 1 054 | 93 | 18 |
| 1 055 | 93 | 16 |
| 1 056 | 93 | 17 |
| 1 057 | 93 | 18 |
| 1 058 | 93 | 19 |
| 1 059 | 93 | 21 |
| 1 060 | 93 | 20 |
| 1 061 | 93 | 18 |
| 1 062 | 93 | 17 |
| 1 063 | 93 | 17 |
| 1 064 | 93 | 18 |
| 1 065 | 93 | 18 |
| 1 066 | 93 | 18 |
| 1 067 | 93 | 19 |
| 1 068 | 93 | 18 |
| 1 069 | 93 | 18 |
| 1 070 | 93 | 20 |
| 1 071 | 93 | 23 |
| 1 072 | 93 | 25 |
| 1 073 | 93 | 25 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 1 074 | 93 | 24 |
| 1 075 | 93 | 24 |
| 1 076 | 93 | 22 |
| 1 077 | 93 | 22 |
| 1 078 | 93 | 22 |
| 1 079 | 93 | 19 |
| 1 080 | 93 | 16 |
| 1 081 | 95 | 17 |
| 1 082 | 95 | 37 |
| 1 083 | 93 | 43 |
| 1 084 | 93 | 32 |
| 1 085 | 93 | 27 |
| 1 086 | 93 | 26 |
| 1 087 | 93 | 24 |
| 1 088 | 93 | 22 |
| 1 089 | 93 | 22 |
| 1 090 | 93 | 22 |
| 1 091 | 93 | 23 |
| 1 092 | 93 | 22 |
| 1 093 | 93 | 22 |
| 1 094 | 93 | 23 |
| 1 095 | 93 | 23 |
| 1 096 | 93 | 23 |
| 1 097 | 93 | 22 |
| 1 098 | 93 | 23 |
| 1 099 | 93 | 23 |
| 1 100 | 93 | 23 |
| 1 101 | 93 | 25 |
| 1 102 | 93 | 27 |
| 1 103 | 93 | 26 |
| 1 104 | 93 | 25 |
| 1 105 | 93 | 27 |
| 1 106 | 93 | 27 |
| 1 107 | 93 | 27 |
| 1 108 | 93 | 24 |
| 1 109 | 93 | 20 |
| 1 110 | 93 | 18 |
| 1 111 | 93 | 17 |
| 1 112 | 93 | 17 |
| 1 113 | 93 | 18 |
| 1 114 | 93 | 18 |
| 1 115 | 93 | 18 |
| 1 116 | 93 | 19 |
| 1 117 | 93 | 22 |
| 1 118 | 93 | 22 |
| 1 119 | 93 | 19 |
| 1 120 | 93 | 17 |
| 1 121 | 93 | 17 |
| 1 122 | 93 | 18 |
| 1 123 | 93 | 18 |
| 1 124 | 93 | 19 |
| 1 125 | 93 | 19 |
| 1 126 | 93 | 20 |
| 1 127 | 93 | 19 |
| 1 128 | 93 | 20 |
| 1 129 | 93 | 25 |
| 1 130 | 93 | 30 |
| 1 131 | 93 | 31 |
| 1 132 | 93 | 26 |
| 1 133 | 93 | 21 |
| 1 134 | 93 | 18 |
| 1 135 | 93 | 20 |
| 1 136 | 93 | 25 |
| 1 137 | 93 | 24 |
| 1 138 | 93 | 21 |
| 1 139 | 93 | 21 |
| 1 140 | 93 | 22 |
| 1 141 | 93 | 22 |
| 1 142 | 93 | 28 |
| 1 143 | 93 | 29 |
| 1 144 | 93 | 23 |
| 1 145 | 93 | 21 |
| 1 146 | 93 | 18 |
| 1 147 | 93 | 16 |
| 1 148 | 93 | 16 |
| 1 149 | 93 | 16 |
| 1 150 | 93 | 17 |
| 1 151 | 93 | 17 |
| 1 152 | 93 | 17 |
| 1 153 | 93 | 17 |
| 1 154 | 93 | 23 |
| 1 155 | 93 | 26 |
| 1 156 | 93 | 22 |
| 1 157 | 93 | 18 |
| 1 158 | 93 | 16 |
| 1 159 | 93 | 16 |
| 1 160 | 93 | 17 |
| 1 161 | 93 | 19 |
| 1 162 | 93 | 18 |
| 1 163 | 93 | 16 |
| 1 164 | 93 | 19 |
| 1 165 | 93 | 22 |
| 1 166 | 93 | 25 |
| 1 167 | 93 | 29 |
| 1 168 | 93 | 27 |
| 1 169 | 93 | 22 |
| 1 170 | 93 | 18 |
| 1 171 | 93 | 16 |
| 1 172 | 93 | 19 |
| 1 173 | 93 | 19 |
| 1 174 | 93 | 17 |
| 1 175 | 93 | 17 |
| 1 176 | 93 | 17 |
| 1 177 | 93 | 16 |
| 1 178 | 93 | 16 |
| 1 179 | 93 | 15 |
| 1 180 | 93 | 16 |
| 1 181 | 93 | 15 |
| 1 182 | 93 | 17 |
| 1 183 | 93 | 21 |
| 1 184 | 93 | 30 |
| 1 185 | 93 | 53 |
| 1 186 | 93 | 54 |
| 1 187 | 93 | 38 |
| 1 188 | 93 | 30 |
| 1 189 | 93 | 24 |
| 1 190 | 93 | 20 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 1 191 | 95 | 20 |
| 1 192 | 96 | 18 |
| 1 193 | 96 | 15 |
| 1 194 | 96 | 11 |
| 1 195 | 95 | 9 |
| 1 196 | 95 | 8 |
| 1 197 | 96 | 7 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 1 198 | 94 | 33 |
| 1 199 | 93 | 46 |
| 1 200 | 93 | 37 |
| 1 201 | 16 | 8 |
| 1 202 | 0 | 0 |
| 1 203 | 0 | 0 |
| 1 204 | 0 | 0 |

| Temps (s) | Régime normalisé (%) | Couple normalisé (%) |
|---|---|---|
| 1 205 | 0 | 0 |
| 1 206 | 0 | 0 |
| 1 207 | 0 | 0 |
| 1 208 | 0 | 0 |
| 1 209 | 0 | 0 |

*ANNEXE 5*

**MÉTHODE D'ÉVALUATION DES DONNÉES ET DE CALCUL**

1. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Le calcul des émissions s'effectue soit selon l'appendice A.1 (calculs sur la base de la masse), soit selon l'appendice A.2 (calculs sur la base de la molarité). Le mélange des deux méthodes n'est pas permis. Il n'est pas nécessaire d'effectuer les calculs à la fois selon l'appendice A.1 et selon l'appendice A.2.

Les prescriptions spécifiques concernant la mesure du nombre de particules (PN), le cas échéant, sont énoncées dans l'appendice A.6.

1.1. Symboles généraux

| Appendice A.1 | Appendice A.2 | Unité | Quantité |
|---|---|---|---|
| | A | $m^2$ | Superficie |
| | $A_t$ | $m^2$ | Superficie de la section transversale du col de venturi |
| $b, D_0$ | $a_0$ | à déf. (3) | Ordonnée à l'origine de la droite de régression |
| $A/F_{st}$ | | — | Rapport air/carburant stœchiométrique |
| | $C$ | — | Coefficient |
| $C_d$ | $C_d$ | — | Coefficient de décharge |
| | $C_f$ | — | Coefficient de débit |
| $c$ | $x$ | ppm, % vol. | Concentration (µmol/mol = ppm) |
| $c_d$ | (1) | ppm, % vol. | Concentration en conditions sèches |
| $c_w$ | (1) | ppm, % vol. | Concentration en conditions humides |
| $c_b$ | (1) | ppm, % vol. | Concentration ambiante |
| $D$ | $x_{dil}$ | — | Facteur de dilution (2) |
| $D_0$ | | m (3)/rev | Ordonnée à l'origine de la fonction d'étalonnage de la pompe volumétrique |
| $d$ | $d$ | m | Diamètre |
| $d_V$ | | m | Diamètre du col du venturi |
| $e$ | $e$ | g/kWh | Base spécifique du banc |
| $e_{gas}$ | $e_{gas}$ | g/kWh | Émissions spécifiques de constituants gazeux |
| $e_{PM}$ | $e_{PM}$ | g/kWh | Émissions spécifiques de matières particulaires |
| $E$ | $1 - PF$ | % | Rendement de conversion ($PF$ = Fraction de pénétration) |
| $F_s$ | | — | Facteur stœchiométrique |
| | $f$ | Hz | Fréquence |
| $f_c$ | | — | Facteur carbone |
| | $\gamma$ | — | Rapport des chaleurs spécifiques |

| Appendice A.1 | Appendice A.2 | Unité | Quantité |
|---|---|---|---|
| $H$ | | g/kg | Humidité absolue |
| | $K$ | — | Facteur de correction |
| $K_V$ | | $\left[\left(\sqrt{K}\cdot m^4\cdot s\right)/kg\right]$ | Fonction d'étalonnage du CFV |
| $k_f$ | | $m^3$/kg carburant | Facteur spécifique du carburant |
| $k_h$ | | — | Facteur de correction de l'humidité pour $NO_X$, moteurs diesel |
| $k_{Dr}$ | $k_{Dr}$ | — | Facteur d'ajustement vers le bas |
| $k_r$ | $k_r$ | — | Facteur de régénération multiplicatif |
| $k_{Ur}$ | $k_{Ur}$ | — | Facteur d'ajustement vers le haut |
| $k_{w,a}$ | | — | Facteur de correction base sèche/base humide pour l'air d'admission |
| $k_{w,d}$ | | — | Facteur de correction base sèche/base humide pour l'air de dilution |
| $k_{w,e}$ | | — | Facteur de correction base sèche/base humide pour les gaz d'échappement dilués |
| $k_{w,r}$ | | — | Facteur de correction base sèche/base humide pour les gaz d'échappement bruts |
| $\mu$ | $\mu$ | kg/(m·s) | Viscosité dynamique |
| $M$ | $M$ | g/mol | Masse molaire([3]) |
| $M_a$ | ([1]) | g/mol | Masse molaire de l'air d'admission |
| $M_e$ | [v] | g/mol | Masse molaire des gaz d'échappement |
| $M_{gas}$ | $M_{gas}$ | g/mol | Masse molaire des constituants gazeux |
| $m$ | $m$ | kg | Masse |
| $m$ | $a_1$ | à déf.[3] | Pente de la droite de régression |
| | $v$ | $m^2/s$ | Viscosité cinématique |
| $m_d$ | [v] | kg | Masse de l'échantillon d'air de dilution ayant traversé les filtres de collecte des particules |
| $m_{ed}$ | ([1]) | kg | Masse totale des gaz d'échappement dilués sur tout le cycle |
| $m_{edf}$ | ([1]) | kg | Masse des gaz d'échappement dilués équivalents sur tout le cycle |

| Appendice A.1 | Appendice A.2 | Unité | Quantité |
|---|---|---|---|
| $m_{ew}$ | (1) | kg | Masse totale de gaz d'échappement sur tout le cycle |
| $m_f$ | (1) | mg | Masse des échantillons de particules collectés |
| $m_{f,d}$ | (1) | mg | Masse des particules collectées dans l'air de dilution |
| $m_{gas}$ | $m_{gas}$ | g | Masse des émissions gazeuses sur l'ensemble du cycle d'essai |
| $m_{PM}$ | $m_{PM}$ | g | Masse des émissions de particules sur l'ensemble du cycle d'essai |
| $m_{se}$ | (1) | kg | Masse d'échantillons d'échappement sur l'ensemble du cycle d'essai |
| $m_{sed}$ | (1) | kg | Masse de gaz d'échappement dilués traversant le tunnel de dilution |
| $m_{sep}$ | (1) | kg | Masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte des particules |
| $m_{ssd}$ | | kg | Masse d'air de dilution secondaire |
| | N | — | Nombre total d'une série |
| | $n$ | mol | Quantité de substance |
| | $\dot{n}$ | mol/s | Taux de quantité de substance |
| $n$ | $f_n$ | $min^{-1}$ | Régime du moteur |
| $n_p$ | | r/s | Vitesse de rotation de la pompe volumétrique |
| $P$ | $P$ | kW | Puissance |
| $p$ | $p$ | kPa | Pression |
| $p_a$ | | kPa | Pression atmosphérique en conditions sèches |
| $p_b$ | | kPa | Pression atmosphérique totale |
| $p_d$ | | kPa | Pression de vapeur saturante de l'air de dilution |
| $p_p$ | $p_{abs}$ | kPa | Pression absolue |
| $p_r$ | $p_{H2O}$ | kPa | Pression de vapeur d'eau |
| $p_s$ | | kPa | Pression atmosphérique en conditions sèches |
| 1 — E | $PF$ | % | Fraction de pénétration |
| $q_m$ | $\dot{m}$ | kg/s | Débit-masse |

| Appendice A.1 | Appendice A.2 | Unité | Quantité |
|---|---|---|---|
| $q_{mad}$ | $\dot{m}$ [1] | kg/s | Débit-masse d'air d'admission en conditions sèches |
| $q_{maw}$ | [1] | kg/s | Débit-masse d'air d'admission en conditions humides |
| $q_{mCe}$ | [1] | kg/s | Débit-masse de carbone dans les gaz d'échappement bruts |
| $q_{mCf}$ | [1] | kg/s | Débit-masse de carbone dans le moteur |
| $q_{mCp}$ | [1] | kg/s | Débit-masse de carbone dans le système de dilution du flux partiel |
| $q_{mdew}$ | [1] | kg/s | Débit-masse de gaz d'échappement dilués en conditions humides |
| $q_{mdw}$ | [1] | kg/s | Débit-masse d'air de dilution en conditions humides |
| $q_{medf}$ | [1] | kg/s | Débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides |
| $q_{mew}$ | [1] | kg/s | Débit-masse des gaz d'échappement en conditions humides |
| $q_{mex}$ | [1] | kg/s | Débit-masse d'échantillons extraits du tunnel de dilution |
| $q_{mf}$ | [1] | kg/s | Débit-masse de carburant |
| $q_{mp}$ | [1] | kg/s | Débit d'échantillon de gaz d'échappement dans le système de dilution partielle du flux |
| $q_V$ | $\dot{V}$ | m³/s | Débit volumique |
| $q_{VCVS}$ | [1] | m³/s | Débit volumique du CVS |
| $q_{Vs}$ | [1] | dm³/min | Débit du système d'analyse des gaz d'échappement |
| $q_{Vt}$ | [1] | cm³/min | Débit du gaz traceur |
| $\rho$ | $\rho$ | kg/m(³) | Masse volumique |
| $\rho_e$ | | kg/m(³) | Masse volumique des gaz d'échappement |
| | $r$ | — | Rapport de pressions |
| $r_d$ | $DR$ | — | Taux de dilution [2] |
| | $Ra$ | µm | Rugosité moyenne de surface |
| $RH$ | | % | Humidité relative |
| $r_D$ | $\beta$ | m/m | Rapport des diamètres (systèmes CVS) |
| $r_p$ | | — | Rapport de pression du venturi subsonique |
| $Re$ | $Re^{\#}$ | — | Nombre de Reynolds |
| | $S$ | K | Constante de Sutherland |

| Appendice A.1 | Appendice A.2 | Unité | Quantité |
|---|---|---|---|
| $\sigma$ | $\sigma$ | — | Écart type |
| $T$ | $T$ | °C | Température |
| | $T$ | Nm | Couple moteur |
| $T_a$ | | K | Température absolue |
| $t$ | $t$ | s | Temps |
| Dt | Dt | s | Intervalle de temps |
| $u$ | | — | Rapport entre les densités du constituant gazeux et celles des gaz d'échappement |
| $V$ | $V$ | m([3]) | Volume |
| $V_0$ | | m³/r | Volume de gaz pompé par tour de la pompe volumétrique |
| $W$ | $W$ | kWh | Travail |
| $W_{act}$ | $W_{act}$ | kWh | Travail réel au cours du cycle d'essai |
| $WF$ | $WF$ | — | Facteur de pondération |
| $w$ | $w$ | g/g | Fraction de masse |
| | $\overline{x}$ | mol/mol | Concentration moyenne pondérée par le débit |
| $X_0$ | $K_s$ | s/rev | Fonction d'étalonnage de la pompe volumétrique |
| | $y$ | — | Variable générique |
| $\overline{y}$ | $\overline{y}$ | | Moyenne arithmétique |
| | Z | — | Facteur de compressibilité |

([1]) Voir les indices; par exemple: $\dot{m}_{dir}$ pour le débit-masse de l'air sec, $\dot{m}_{fuel}$ pour le débit-masse du carburant, etc.
([2]) Taux de dilution $r_d$ dans l'appendice A.1 et DR dans l'appendice A.2: symboles différents mais même sens et mêmes équations. Facteur de dilution D dans l'appendice A.1 et $x_{dil}$ dans l'appendice A.2: symboles différents mais même sens physique; l'équation (A.5-129) représente la relation entre $x_{dil}$ et DR.
([3]) à déf. = à définir.

1.2. Indices

| Appendice A.1 ([1]) | Appendice A.2 | Quantité |
|---|---|---|
| act | act | Quantité réelle |
| *i* | | Mesure instantanée (par exemple: 1 Hz) |
| | *i* | Élément d'une série |

([1]) Dans l'appendice A.1, le sens de l'indice est déterminé par la quantité associée; par exemple, l'indice «d»peut indiquer «en conditions sèches»dans «$c_d$ = concentration en conditions sèches», «air de dilution»dans «$p_d$ = pression de vapeur saturante de l'air de dilution»ou «$k_{w,d}$ = facteur de correction base sèche/base humide pour l'air de dilution», ou «taux de dilution»dans «$r_d$».

1.3. Symboles et abréviations des composants chimiques (aussi utilisés comme indices)

| Appendice A.1 | Appendice A.2 | Quantité |
|---|---|---|
| Ar | Ar | Argon |
| C1 | C1 | Hydrocarbures exprimés en équivalent carbone 1 |

| Appendice A.1 | Appendice A.2 | Quantité |
|---|---|---|
| $CH_4$ | $CH_4$ | Méthane |
| $C_2H_6$ | $C_2H_6$ | Éthane |
| $C_3H_8$ | $C_3H_8$ | Propane |
| CO | CO | Monoxyde de carbone |
| $CO_2$ | $CO_2$ | Dioxyde de carbone |
| | H | Hydrogène atomique |
| | $H_2$ | Hydrogène moléculaire |
| HC | HC | Hydrocarbure |
| $H_2O$ | $H_2O$ | Eau |
| | He | Hélium |
| | N | Azote atomique |
| | N2 | Azote moléculaire |
| $NO_X$ | $NO_X$ | Oxydes d'azote |
| NO | NO | Oxyde nitrique |
| $NO_2$ | $NO_2$ | Dioxyde d'azote |
| | O | Oxygène atomique |
| PM | PM | Particules |
| S | S | Soufre |

1.4. Symboles et abréviations relatifs à la composition du carburant

| Appendice A.1 (1) | Appendice A.2 (2) | Quantité |
|---|---|---|
| $w_C$ (4) | $w_C$ (4) | Teneur en carbone du carburant, fraction en masse [g/g] ou [pourcentage de masse] |
| $w_H$ | $w_H$ | Teneur en hydrogène du carburant, fraction en masse [g/g] ou [pourcentage de masse] |
| $w_N$ | $w_N$ | Teneur en azote du carburant, fraction en masse [g/g] ou [pourcentage de masse] |
| $w_O$ | $w_O$ | Teneur en oxygène du carburant, fraction en masse [g/g] ou [pourcentage de masse] |
| $w_S$ | $w_S$ | Teneur en soufre du carburant, fraction en masse [g/g] ou [pourcentage de masse] |
| $\alpha$ | $\alpha$ | Rapport atomique hydrogène/carbone (H/C) |
| $\varepsilon$ | $\beta$ | Rapport atomique oxygène/carbone (O/C) (3) |
| $\gamma$ | $\gamma$ | Rapport atomique soufre/carbone (S/C) |
| $\delta$ | $\delta$ | Rapport atomique azote/carbone (N/C) |

(1) Fait référence à un carburant ayant comme formule chimique $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$.
(2) Fait référence à un carburant ayant comme formule chimique $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$
(3) Il convient de prêter attention aux divers sens du symbole ß dans les deux paragraphes relatifs au calcul des émissions: dans l'appendice A.1, il désigne un carburant ayant comme formule chimique $CH_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ (c'est-à-dire la formule $CH_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ où $\beta = 1$, en partant de l'hypothèse d'un atome de carbone par molécule), alors que, dans l'appendice A.2, il désigne le rapport oxygène/carbone avec la formule $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$. Dans ce cas, β de l'appendice A.2 correspond à ε de l'appendice A.1.
(4) La fraction en masse w est accompagnée du symbole de l'élément chimique mentionné en indice.

*APPENDICE A.1*

**CALCUL DES ÉMISSIONS SUR LA BASE DE LA MASSE**

A.1.1. Mesure des émissions de gaz dans les gaz d'échappement bruts

A.1.1.1. Essais NRSC à modes discrets

Il convient de calculer le taux des émissions de gaz $q_{mgas,i}$ [g/h] pour chaque mode i de l'essai en conditions stationnaires en multipliant les concentrations des émissions de gaz par leur débit respectif, comme suit:

$$q_{mgas,i} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \cdot 3600 \quad \text{(A.5-1)}$$

où:

$k$ = 1 pour $c_{gasr,w,i}$ en [ppm] et $k$ = 10 000 pour $c_{gasr,w,i}$ en [% vol.]

$k_h$ = facteur de correction $NO_X$ [-], pour le calcul des émissions de $NO_X$ (voir paragraphe A.1.1.4.)

$u_{gas}$ = facteur spécifique du constituant ou rapport des densités du constituant gazeux et des gaz d'échappement [-]

$q_{mew,i}$ = débit-masse de gaz d'échappement sur le mode i en conditions humides [kg/s]

$c_{gas,i}$ = concentration des émissions dans les gaz d'échappement bruts sur le mode i, en conditions humides [ppm] ou [% vol.].

A.1.1.2. Cycle transitoire et cycle à modes raccordés

Il convient de calculer la masse totale par essai d'une émission gazeuse $m_{gas}$ [g/essai] en multipliant les concentrations instantanées au même instant et les débits de gaz d'échappement avec intégration sur le cycle d'essai, au moyen de l'équation (A.5-2):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} (q_{mew,i} \cdot c_g \quad \text{(A.5-2)}$$

où:

$f$ = fréquence de prélèvement [Hz]

$k_h$ = facteur de correction $NO_X$ [-], à n'appliquer que pour le calcul des émissions de $NO_X$

$k$ = 1 pour $c_{gasr,w,i}$ en [ppm] et k = 10000 pour $c_{gasr,w,i}$ en [% vol.]

$u_{gas}$ = facteur spécifique des constituants [-] (voir paragraphe A.1.1.5)

$N$ = nombre de mesures [-]

$q_{mew,i}$ = débit-masse instantané de gaz d'échappement en conditions humides [kg/s]

$c_{gas,i}$ = concentration instantanée d'émissions dans les gaz d'échappement bruts en conditions humides [ppm] ou [% vol.].

A.1.1.3. Conversion de la concentration de sec à humide

Si les émissions sont mesurées en conditions sèches, la concentration mesurée $c_d$ doit être convertie en concentration $c_w$ en conditions humides au moyen de l'équation (A.5-3):

$$c_w = k_w \cdot c_d \tag{A.5-3}$$

où:

$k_w$ = facteur de conversion de sec à humide [-]

$c_d$ = concentration des émissions en conditions sèches [ppm] ou [% vol.].

Pour une combustion complète, le facteur de conversion de sec à humide pour les gaz d'échappement bruts s'écrit $k_{w,a}$ [-] et doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-4):

$$k_{w,a} = \frac{\left(1 - \frac{1,2442 \cdot H_a + 111,19 \cdot w_h \cdot \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \cdot kf \cdot 1000}\right)}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} \tag{A.5-4}$$

où:

$H_a$ = humidité de l'air d'admission [g $H_2O$/kg air sec]

$q_{mf,i}$ = débit instantané de carburant [kg/s]

$q_{mad,i}$ = débit instantané d'air d'admission sec [kg/s]

$p_r$ = pression de l'eau après le refroidisseur [kPa]

$p_b$ = pression barométrique totale [kPa]

$w_H$ = teneur en hydrogène du carburant [% masse]

$k_f$ = volume additionnel de combustion [$m^3$/kg carburant]

avec:

$$k_f = 0,055594 \cdot w_H + 0,0080021 \cdot w_N + 0,0070046 \cdot w_O \tag{A.5-5}$$

où:

$w_H$ = teneur en hydrogène du carburant [% masse]

$w_N$ = teneur en azote du carburant [% masse]

$w_O$ = teneur en oxygène du carburant [% masse].

Dans la formule (A.5-4), on peut considérer que le rapport $p_r/p_b$ est défini comme suit:

$$\frac{1}{\left(1-\frac{p_r}{p_b}\right)} = 1,008 \qquad \text{(A.5-6)}$$

Pour une combustion incomplète (mélange air/carburant riche) ainsi que pour les essais d'émissions sans mesure directe du débit d'air, on préfère une autre méthode de calcul de $k_{w,a}$:

$$k_{w,a} = \frac{\frac{1}{1+\alpha\cdot 0,005\cdot\left(c_{CO2}+c_{CO}\right)} - k_{w1}}{1 - p_r} \qquad \text{(A.5-7)}$$

où:

$c_{CO2}$ = concentration de $CO_2$ dans les gaz d'échappement bruts en conditions sèches [% vol.]

$c_{CO}$ = concentration de CO dans les gaz d'échappement bruts en conditions sèches [ppm]

$p_r$ = pression de l'eau après le refroidisseur [kPa]

$p_b$ = pression barométrique totale [kPa]

$\alpha$ = rapport molaire hydrogène/carbone [-]

$k_{w1}$ = humidité de l'air d'admission [-].

$$k_{w1} = \frac{1,608\cdot H_a}{1000+1,608\cdot H_a} \qquad \text{(A.5-8)}$$

A.1.1.4. Correction des émissions de $NO_X$ pour l'humidité et la température

Étant donné que les émissions de $NO_X$ dépendent des conditions de l'air ambiant, les concentrations de $NO_X$ doivent être corrigées en fonction de la température et de l'humidité de l'air ambiant avec les facteurs $k_{h,D}$ ou $k_{h,G}$ [-] donnés dans les équations (A.5-9) et (A.5-10). Ces facteurs sont valables pour une plage d'humidité comprise entre 0 et 25 g $H_2O$/kg air sec.

a) Pour les moteurs à allumage par compression

$$k_h = \frac{15,698\cdot H_a}{1000} + 0,832 \qquad \text{(A.5-9)}$$

b) Pour les moteurs à allumage par étincelle

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030\times 10^{-3}\times H_a - 0,862\times 10^{-3}\times H_a^2 \qquad \text{(A.5-10)}$$

où:

$H_a$ = humidité de l'air d'admission [g $H_2O$/kg air sec].

A.1.1.5. Facteur u spécifique des constituants

Deux procédures de calcul sont décrites aux paragraphes A.1.1.5.1 et A.1.1.5.2. La procédure du paragraphe A.1.1.5.1 est d'une application plus simple, car elle consiste à utiliser des valeurs u mises en tableau pour le rapport entre le constituant et la masse volumique des gaz d'échappement. Celle du paragraphe A.1.1.5.2 est plus précise pour les qualités de carburant s'écartant des caractéristiques de l'annexe 6, mais elle nécessite une analyse élémentaire de la composition du carburant.

A.1.1.5.1. Valeurs sous forme tabulaire

Si l'on applique quelques simplifications (hypothèses concernant la valeur λ et les conditions relatives à l'air d'admission comme indiqué dans le tableau A.5-1) aux équations du paragraphe A.1.1.5.2, les valeurs résultantes pour $u_{gas}$ sont données dans le tableau A.5-1.

*Tableau A.5-1*

**Valeurs u des gaz d'échappement bruts et densités des constituants (pour une concentration des émissions exprimée en ppm)**

| Carburant | $r_e$ | Gaz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $NO_X$ | CO | HC | $CO_2$ | $O_2$ | $CH_4$ |
| | | $\rho_{gas}$ [kg/m³] | | | | | |
| | | 2,053 | 1,250 | [a] | 1,9636 | 1,4277 | 0,716 |
| | | $u_{gas}$[b] | | | | | |
| Diesel (gazole non routier) | 1,2943 | 0,001586 | 0,000966 | 0,000482 | 0,001517 | 0,001103 | 0,000553 |
| Éthanol pour moteurs à allumage par compression dédiés (ED95) | 1,2768 | 0,001609 | 0,000980 | 0,000780 | 0,001539 | 0,001119 | 0,000561 |
| Gaz naturel/ biométhane [c] | 1,2661 | 0,001621 | 0,000987 | 0,000528[d] | 0,001551 | 0,001128 | 0,000565 |
| Propane | 1,2805 | 0,001603 | 0,000976 | 0,000512 | 0,001533 | 0,001115 | 0,000559 |
| Butane | 1,2832 | 0,001600 | 0,000974 | 0,000505 | 0,001530 | 0,001113 | 0,000558 |
| GPL [e] | 1,2811 | 0,001602 | 0,000976 | 0,000510 | 0,001533 | 0,001115 | 0,000559 |
| Essence (E10) | 1,2931 | 0,001587 | 0,000966 | 0,000499 | 0,001518 | 0,001104 | 0,000553 |
| Éthanol (E85) | 1,2797 | 0,001604 | 0,000977 | 0,000730 | 0,001534 | 0,001116 | 0,000559 |

[a] En fonction du carburant.
[b] À λ = 2, air sec, 273 K, 101,3 kPa.
[c] u précis à 0,2 % près pour la composition de la masse de: C = 66-76%; H = 22-25 %; N = 0-12 %.
[d] HCNM sur la base de $CH_{2,93}$ (pour les HC totaux, le coefficient $u_{gas}$ de $CH_4$ doit être utilisé).
[e] u précis à 0,2 % près pour la composition de la masse de: C3 = 70-90 %; C4 = 10-30 %.

A.1.1.5.2. Valeurs calculées

Le facteur spécifique du constituant, $u_{gas,i}$ peut être calculé au moyen du taux de densité du constituant et des gaz d'échappement ou par le rapport correspondant des masses molaires [équation (A.5-11) ou (A.5-12)]:

$$u_{\mathrm{gas},i} = M_{\mathrm{gas}} / \left( M_{\mathrm{e},i} \cdot 1000 \right) \tag{A.5-11}$$

ou:

$$u_{\mathrm{gas},i} = \rho_{\mathrm{gas}} / \left( \rho_{\mathrm{e},i} \cdot 1000 \right) \tag{A.5-12}$$

où:

$M_{gas}$ = masse molaire du constituant gazeux [g/mol]

$M_{e,i}$ = masse molaire instantanée des gaz d'échappement bruts en conditions humides [g/mol]

$\rho_{gas}$ = densité du constituant gazeux [kg/m³]

$\rho_{e,i}$ = densité instantanée des gaz d'échappement bruts en conditions humides [kg/m³].

La masse molaire des gaz d'échappement, $M_{e,i}$, doit être calculée, pour une composition de carburant générale $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$ selon l'hypothèse d'une combustion complète, au moyen de l'équation (A.5-13):

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} + \frac{\frac{H_a \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1{,}00794 + 15{,}9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \cdot 10^{-3}}} \tag{A.5-13}$$

où:

$q_{mf,i}$ = débit-masse instantané de carburant en conditions humides [kg/s]

$q_{maw,i}$ = débit-masse instantané d'air d'admission en conditions humides [kg/s]

$\alpha$ = rapport molaire hydrogène à carbone [-]

$\delta$ = rapport molaire azote à carbone [-]

$\varepsilon$ = rapport molaire oxygène à carbone [-]

$\gamma$ = rapport atomique soufre à carbone [-]

$H_a$ = humidité de l'air d'admission [g $H_2O$/kg air sec]

$M_a$ = masse moléculaire de l'air d'admission sec = 28,965 g/mol.

La densité instantanée des gaz d'échappement bruts $r_{e,i}$ [kg/m³] doit être calculée au moyen de l'équation (A.5-14):

$$\rho_{e,i} = \frac{1000 + H_a + 1000 \cdot \left(q_{mf,i} / q_{mad,i}\right)}{773{,}4 + 1{,}2434 \cdot H_a + k_f \cdot 1000 \cdot \left(q_{mf,i} / q_{mad,i}\right)} \quad \text{(A.5-14)}$$

où:

$q_{mf,i}$ = débit-masse instantané de carburant [kg/s]

$q_{mad,i}$ = débit-masse instantané d'air d'admission sec [kg/s]

$H_a$ = humidité de l'air d'admission [g $H_2O$/kg air sec]

$k_f$ = volume additionnel de combustion [m³/kg carburant] [voir l'équation (A.5-5)].

A.1.1.6. Débit-masse de gaz d'échappement

A.1.1.6.1. Méthode par mesure de l'air et du carburant

La méthode fait intervenir la mesure du débit d'air et du débit de carburant avec des débitmètres appropriés. Le calcul du débit-masse instantané de gaz d'échappement en conditions humides $q_{mew,i}$ [kg/s] est effectué au moyen de l'équation (A.5-15):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad \text{(A.5-15)}$$

où:

$q_{maw,i}$ = débit-masse instantané d'air d'admission en conditions humides [kg/s]

$q_{mf,i}$ = débit-masse instantané de carburant [kg/s].

A.1.1.6.2. Méthode de mesure avec gaz traceur

Celle-ci fait intervenir la mesure de la concentration d'un gaz traceur dans les gaz d'échappement. Le calcul du débit instantané de gaz d'échappement $q_{mew,i}$ [kg/s] est effectué au moyen de l'équation (A.5-16):

$$q_{mew,i} = \frac{q_{Vt} \cdot \rho_e}{10^{-6} \cdot \left(c_{mix,i} - c_b\right)} \quad \text{(A.5-16)}$$

où:

$q_{Vt}$ = débit du gaz traceur [m³/s]

$c_{mix,i}$ = concentration instantanée du gaz traceur après mélange [ppm]

$r_e$ = densité des gaz d'échappement bruts [kg/m³]

$c_b$ = concentration ambiante du gaz traceur dans l'air d'admission [ppm].

On peut déterminer la concentration ambiante du gaz traceur $c_b$ en faisant la moyenne de la concentration ambiante mesurée immédiatement avant et après le cycle d'essai. Lorsque la concentration ambiante est inférieure à 1 % de la concentration du gaz traceur après le mélange $c_{mix,i}$ au débit d'échappement maximal, elle peut être négligée.

A.1.1.6.3. Méthode de mesure fondée sur le débit d'air et le rapport air/carburant

Celle-ci fait intervenir le calcul de la masse de gaz d'échappement à partir du débit d'air et du rapport air/carburant. Le calcul du débit-masse instantané de gaz d'échappement $q_{mew,i}$ [kg/s] est effectué au moyen de l'équation (A.5-17):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left( 1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i} \right) \quad \text{(A.5-17)}$$

avec:

$$A/F_{st} = \frac{138{,}0 \cdot \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} \quad \text{(A.5-18)}$$

$$\lambda_i = \frac{\left( 100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4} \right) + \left( \frac{\alpha}{4} \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2} \right) \cdot \left( c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} \right)}{4{,}764 \cdot \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \cdot \left( c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4} \right)} \quad \text{(A.5-19)}$$

où:

$q_{maw,i}$ = débit-masse d'air d'admission en conditions humides [kg/s]

$A/F_{st}$ = rapport air à carburant stœchiométrique [-]

$l_i$ = taux d'excès d'air instantané [-]

$c_{COd}$ = concentration de CO dans les gaz d'échappement bruts en conditions sèches [ppm]

$c_{CO2d}$ = concentration de $CO_2$ dans les gaz d'échappement bruts en conditions sèches [%]

$c_{HCw}$ = concentration de HC dans les gaz d'échappement bruts en conditions humides [ppm C1]

$\alpha$ = rapport molaire hydrogène à carbone [-]

$\delta$ = rapport molaire azote à carbone [-]

$\varepsilon$ = rapport molaire oxygène à carbone [-]

$\gamma$ = rapport atomique soufre à carbone [-].

A.1.1.6.4. Méthode du bilan carbone, procédure en une seule étape

On peut utiliser la formule de l'équation (A.5-20) pour le calcul du débit-masse des gaz d'échappement en conditions humides $q_{mew,i}$ [kg/s]:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \cdot \left[ \frac{1{,}4 \cdot w_C^2}{(1{,}0828 \cdot w_C + k_{fd} \cdot f_c) f_c} \left( 1 + \frac{H_a}{1000} \right) + 1 \right] \quad \text{(A.5-20)}$$

Le facteur carbone $f_c$ [-] étant calculé comme suit:

$$f_c = 0{,}5441 \cdot \left( c_{CO2d} - c_{CO2d,a} \right) + \frac{c_{COd}}{18522} + \frac{c_{HCw}}{17355} \quad \text{(A.5-21)}$$

où:

$q_{mf,i}$ = débit-masse instantané de carburant [kg/s]

$w_C$ = teneur en carbone du carburant [% masse] (voir l'équation A.5-82 du paragraphe A.2.3.3.1 ou le tableau A.2.1)

$H_a$ = humidité de l'air d'admission [g $H_2O$/kg air sec]

$k_{fd}$ = volume additionnel de combustion en conditions sèches [$m^3$/kg carburant]

$c_{CO2d}$ = concentration de $CO_2$ dans les gaz d'échappement bruts en conditions sèches [%]

$c_{CO2d,a}$ = concentration de $CO_2$ dans l'air ambiant en conditions sèches [%]

$c_{COd}$ = concentration de CO dans les gaz d'échappement bruts en conditions sèches [ppm]

$c_{HCw}$ = concentration de HC dans les gaz d'échappement bruts en conditions humides [ppm]

et le facteur $k_{fd}$ [$m^3$/kg carburant] étant calculé au moyen de l'équation (A.5-22) en conditions sèches en soustrayant de $k_f$ l'eau formée par la combustion:

$$k_{fd} = k_f - 0{,}11118 \cdot w_H \quad \text{(A.5-22)}$$

où:

$k_f$ = facteur spécifique du carburant de l'équation (A.5-5) [$m^3$/kg carburant]

$w_H$ = teneur en hydrogène du carburant [% masse].

A.1.2. Émissions de gaz dilués

A.1.2.1. Masse des émissions de gaz

Le débit-masse des gaz d'échappement doit être mesuré avec un système de prélèvement en volume constant (CVS), utilisant une pompe volumétrique (PDP), un venturi-tuyère en régime critique (CFV) ou un venturi subsonique (SSV).

Pour les systèmes ayant un débit-masse constant (c'est-à-dire avec échangeur de chaleur), la masse des polluants $m_{gas}$ [g/essai] doit être déterminée au moyen de l'équation (A.5-23):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot c_{gas} \cdot m_{ed} \quad \text{(A.5-23)}$$

où:

$u_{gas}$ = rapport entre la densité du constituant des gaz d'échappement et la densité de l'air, comme indiqué au tableau A.1.2 ou calculé au moyen de l'équation (A.5-34) [-]

$c_{gas}$ = concentration moyenne corrigée des concentrations ambiantes du constituant en conditions humides, respectivement [ppm] ou [% vol.]

$k_h$ = facteur de correction $NO_X$ [-], à n'appliquer que pour le calcul des émissions de $NO_X$

$k$ = 1 pour $c_{gasr,w,i}$ en [ppm] et k = 10000 pour $c_{gasr,w,i}$ en [% vol.]

$m_{ed}$ = masse totale de gaz d'échappement dilués sur l'ensemble du cycle [kg/essai].

Pour les systèmes à compensation de débit (sans échangeur de chaleur), la masse des polluants $m_{gas}$ [g/essai] doit être déterminée par calcul des émissions massiques instantanées, par intégration et par correction en fonction des concentrations ambiantes au moyen de l'équation (A.5-24):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot \left\{ \sum_{i=1}^{N} \left[ \left( m_{ed,i} \cdot c_e \cdot u_{gas} \right) \right] - \left[ \left( m_{ed} \cdot c_d \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \cdot u_{gas} \right) \right] \right\} \quad \text{(A.5-24)}$$

où:

$c_e$ = concentration des émissions dans les gaz d'échappement dilués, en conditions humides [ppm] ou [% vol.]

$c_d$ = concentration des émissions dans l'air de dilution, en conditions humides [ppm] ou [% vol.]

$m_{ed,i}$ = masse des gaz d'échappement dilués pendant l'intervalle de temps i [kg]

$m_{ed}$ = masse totale des gaz d'échappement dilués sur l'ensemble du cycle [kg]

$u_{gas}$ = valeur tirée du tableau A.1.2 [-]

$D$ = facteur de dilution [voir l'équation (A.5-28) du paragraphe A.1.2.2.2] [-]

$k_h$ = facteur de correction des $NO_X$ [-], à n'appliquer que pour le calcul des émissions de $NO_X$

$k$ = 1 pour c en [ppm], k = 10000 pour c en [% vol.].

Les concentrations $c_{gas}$, $c_e$ et $c_d$ peuvent être soit des valeurs mesurées dans un échantillon de prélèvement par lots (c'est-à-dire dans un sac, mais cette méthode n'est pas autorisée pour les $NO_X$ et HC), soit des valeurs moyennées par intégration à partir de mesures effectuées en continu. Par ailleurs, $m_{ed,i}$ doit être moyenné par intégration sur l'ensemble du cycle d'essai.

Les équations suivantes montrent comment les quantités nécessaires ($c_e$, $u_{gas}$ et $m_{ed}$) doivent être calculées.

A.1.2.2. Conversion de la concentration de sec à humide

Toutes les concentrations visées au paragraphe A.1.2.1, mesurées en conditions sèches, doivent être converties en conditions humides au moyen de l'équation (A.5-3).

A.1.2.2.1. Gaz d'échappement dilués

Les concentrations mesurées en conditions sèches doivent être converties en concentrations en conditions humides au moyen de l'une des deux équations [(A.5-25) ou (A.5-26)]:

$$k_{w,e} = \left[ \left( 1 - \frac{\alpha \cdot c_{CO2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \cdot 1.008 \quad \text{(A.5-25)}$$

ou:

$$k_{w,e} = \left( \frac{\left( 1 - k_{w2} \right)}{1 + \frac{\alpha \cdot c_{CO2d}}{200}} \right) \cdot 1.008 \quad \text{(A.5-26)}$$

où:

$\alpha$ = rapport molaire hydrogène à carbone du carburant [-]

$c_{CO2w}$ = concentration de $CO_2$ dans les gaz d'échappement dilués en conditions humides [% vol.]

$c_{CO2d}$ = concentration de $CO_2$ dans les gaz d'échappement dilués en conditions sèches [% vol.];

Le facteur de correction de sec à humide $k_{w2}$ prend en considération la teneur en eau de l'air d'admission et de l'air de dilution et doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-27):

$$k_{w2} = \frac{1{,}608 \cdot \left[ H_d \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left( \frac{1}{D} \right) \right]}{1000 + \left\{ 1{,}608 \cdot \left[ H_d \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left( \frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad \text{(A.5-27)}$$

où:

$H_a$ = humidité de l'air d'admission [g $H_2O$ /kg air sec]

$H_d$ = humidité de l'air de dilution [g H $H_2O$ /kg air sec]

$D$ = facteur de dilution [voir l'équation (A.5-28) du paragraphe A.1.2.2.2] [-].

A.1.2.2.2. Facteur de dilution

Le facteur de dilution D [-] (qui est nécessaire pour la correction en fonction des concentrations ambiantes et le calcul de $k_{w2}$) doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-28):

$$D = \frac{F_S}{c_{CO2,e} + \left(c_{HC,e} + c_{CO,e}\right) \cdot 10^{-4}} \quad \text{(A.5-28)}$$

où:

$F_S$ = facteur stœchiométrique [-]

$c_{CO2,e}$ = concentration de $CO_2$ dans les gaz d'échappement dilués en conditions humides [% vol.]

$c_{HC,e}$ = concentration de HC dans les gaz d'échappement dilués en conditions humides [ppm C1]

$c_{CO,e}$ = concentration de CO dans les gaz d'échappement dilués en conditions humides [ppm].

Le facteur stœchiométrique doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-29):

$$F_S = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3{,}76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad \text{(A.5-29)}$$

où:

$\alpha$ = rapport molaire hydrogène à carbone dans le carburant [-].

On peut aussi utiliser le facteur stœchiométrique suivant si la composition du carburant n'est pas connue:

$F_S$(gazole) = 13,4

$F_S$(GPL) = 11,6

$F_S$(GN) = 9,5

$F_S$(E10) = 13,3

$F_S$(E85) = 11,5

Si une mesure directe est faite du débit de gaz d'échappement, on peut calculer le facteur de dilution D [-] au moyen de l'équation (A.5-30):

$$D = \frac{q_{VCVS}}{q_{Vew}} \quad \text{(A.5-30)}$$

où:

$q_{VCVS}$ = débit volumique des gaz d'échappement dilués [$m^3/s$]

$q_{Vew}$ = débit volumique des gaz d'échappement bruts [$m^3/s$].

A.1.2.2.3. Air de dilution

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \cdot 1{,}008 \quad \text{(A.5-31)}$$

avec:

$$k_{w3} = \frac{1{,}608 \cdot H_d}{1000 + 1{,}608 \cdot H_d} \quad \text{(A.5-32)}$$

où:

$H_d$ = humidité de l'air de dilution [g $H_2O$/kg air sec].

A.1.2.2.4. Détermination de la concentration corrigée des concentrations ambiantes

La concentration moyenne ambiante des polluants gazeux dans l'air de dilution doit être soustraite des concentrations mesurées pour obtenir les concentrations nettes des polluants. Les valeurs moyennes des concentrations ambiantes peuvent être déterminées par la méthode du sac de prélèvement ou par des mesures continues avec intégration. On utilise l'équation (A.5-33):

$$c_{gas} = c_{gas,e} - c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad \text{(A.5-33)}$$

où:

$c_{gas}$ = concentration nette de polluants gazeux [ppm] ou [% vol.]

$c_{gas,e}$ = concentration des émissions dans les gaz d'échappement dilués, en conditions humides [ppm] ou [% vol.]

$c_d$ = concentration des émissions dans l'air de dilution, en conditions humides [ppm] ou [% vol.]

$D$ = facteur de dilution [voir l'équation (A.5-28) au paragraphe A.1.2.2.2] [-].

A.1.2.3. Facteur u spécifique des constituants

Le facteur $u_{gas}$ spécifique des constituants des gaz dilués est calculé au moyen de l'équation (A.5-34) ou peut être tiré du tableau A.1.2; dans celui-ci, on part de l'hypothèse que la densité des gaz d'échappement dilués est égale à la densité de l'air.

$$u = \frac{M_{gas}}{M_{d,w} \cdot 1\,000} = \frac{M_{gas}}{\left[M_{da,w} \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right)\right] + M_{r,w} \cdot \left(\frac{1}{D}\right) \cdot 1\,000} \quad \text{(A.5-34)}$$

où:

$M_{gas}$ = masse molaire du constituant gazeux [g/mol]

$M_{d,w}$ = masse molaire des gaz d'échappement dilués [g/mol]

$M_{da,w}$ = masse molaire de l'air de dilution [g/mol] [voir l'équation (A.5-144) au paragraphe A.2.9.3]

$M_{r,w}$ = masse molaire des gaz d'échappement bruts [g/mol] (voir paragraphe A.5.5 de l'appendice A.5 de l'annexe 5)

*D* = facteur de dilution [voir l'équation (A.5-28) au paragraphe A.1.2.2.2] [-].

*Tableau A.1.2*

**Valeurs u des gaz d'échappement dilués (pour une concentration des émissions exprimée en ppm) et densités des composants**

| Carburant | $\rho_e$ | Gaz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $NO_X$ | CO | HC | $CO_2$ | $O_2$ | $CH_4$ |
| | | $\rho_{gas}$ [kg/m³] | | | | | |
| | | 2,053 | 1,250 | [a] | 1,9636 | 1,4277 | 0,716 |
| | | $u_{ga}$[b] | | | | | |
| Diesel (gazole non routier) | 1,2943 | 0,001586 | 0,000966 | 0,000482 | 0,001517 | 0,001103 | 0,000553 |
| Éthanol pour moteurs à allumage par compression dédiés (ED95) | 1,2768 | 0,001609 | 0,000980 | 0,000780 | 0,001539 | 0,001119 | 0,000561 |
| Gaz naturel/biométhane [c] | 1,2661 | 0,001621 | 0,000987 | 0,000528[d] | 0,001551 | 0,001128 | 0,000565 |
| Propane | 1,2805 | 0,001603 | 0,000976 | 0,000512 | 0,001533 | 0,001115 | 0,000559 |
| Butane | 1,2832 | 0,001600 | 0,000974 | 0,000505 | 0,001530 | 0,001113 | 0,000558 |
| GPL [e] | 1,2811 | 0,001602 | 0,000976 | 0,000510 | 0,001533 | 0,001115 | 0,000559 |
| Essence (E10) | 1,2931 | 0,001587 | 0,000966 | 0,000499 | 0,001518 | 0,001104 | 0,000553 |
| Éthanol (E85) | 1,2797 | 0,001604 | 0,000977 | 0,000730 | 0,001534 | 0,001116 | 0,000559 |

[a] En fonction du carburant.
[b] À λ = 2, air sec, 273 K, 101,3 kPa.
[c] u précis à 0,2 % près pour la composition de la masse de: C = 66-76 %; H = 22-25 %; N = 0-12 %.
[d] HCNM sur la base de $CH_{2,93}$ (pour les HC totaux, le coefficient $u_{gas}$ de $CH_4$ doit être utilisé).
[e] u précis à 0,2 % près pour la composition de la masse de: C3 = 70-90 %; C4 = 10-30 %.

A.1.2.4. Calcul du débit-masse de gaz d'échappement

A.1.2.4.1. Système PDP-CVS

Le calcul de la masse de gaz d'échappement dilués [kg/essai] sur l'ensemble du cycle est effectué au moyen de l'équation (A.5-35) si la température des gaz d'échappement $m_{ed}$ est maintenue dans les limites de ± 6 K sur l'ensemble du cycle par l'emploi d'un échangeur de chaleur:

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_P \cdot \frac{p_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \quad \text{(A.5-35)}$$

où:

$V_0$ = volume de gaz pompé par tour aux conditions d'essai [$m^3$/tr]

$n_P$ = nombre total de tours de la pompe par essai [tr/essai]

$p_p$ = pression absolue à l'entrée de la pompe [kPa]

$\overline{T}$ = température moyenne des gaz d'échappement dilués à l'entrée de la pompe [K]

*1,293 kg/m³* = densité de l'air à 273,15 K et 101,325 kPa.

Si l'on utilise un système à compensation de débit (c'est-à-dire sans échangeur de chaleur), on calcule la masse de gaz d'échappement dilués $m_{ed,i}$ [kg] pendant l'intervalle de temps au moyen de l'équation (A.5-36):

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_{P,i} \cdot \frac{p_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{\overline{T}} \quad \text{(A.5-36)}$$

où:

$V_0$ = volume de gaz pompé par tour aux conditions d'essai [$m^3$/tr]

$p_p$ = pression absolue à l'entrée de la pompe [kPa]

$n_{P,i}$ = nombre total de tours de la pompe par intervalle de temps i [rev/Δt]

$\overline{T}$ = température moyenne des gaz d'échappement dilués à l'entrée de la pompe [K]

*1,293 kg/m³* = densité de l'air à 273,15 K et 101,325 kPa.

A.1.2.4.2. Système CFV-CVS

Le débit-masse sur tout le cycle $m_{ed}$ [g/essai] est calculé au moyen de l'équation (A.5-37) si la température des gaz d'échappement dilués est maintenue dans les limites de ±11 K pendant toute la durée du cycle par l'emploi d'un échangeur de chaleur:

$$m_{ed} = \frac{1{,}293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0{,}5}} \quad \text{(A.5-37)}$$

où:

$t$ = durée du cycle [s]

$K_V$ = coefficient d'étalonnage du venturi-tuyère en régime critique aux conditions normales $\left[\left(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s\right)/kg\right]$

$p_p$ = pression absolue à l'entrée du venturi [kPa]

$T$ = température absolue à l'entrée du venturi [K]

*1,293 kg/m³* = densité de l'air à 273,15 K et 101,325 kPa.

Si l'on utilise un système à compensation de débit (c'est-à-dire sans échangeur de chaleur), on calcule la masse de gaz d'échappement dilués $m_{ed,i}$ [kg] pendant l'intervalle de temps au moyen de l'équation (A.5-38):

$$m_{ed,i} = \frac{1{,}293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0{,}5}} \quad \text{(A.5-38)}$$

où:

$\Delta t_i$ = intervalle de temps de l'essai [s]

$K_V$ = coefficient d'étalonnage du venturi-tuyère en régime critique aux conditions normales $\left[\left(\sqrt{\text{K}} \cdot \text{m}^4 \cdot \text{s}\right)/\text{kg}\right]$

$p_p$ = pression absolue à l'entrée du venturi [kPa]

$T$ = température absolue à l'entrée du venturi [K]

*1,293 kg/m³* = densité de l'air à 273,15 K et 101,325 kPa.

A.1.2.4.3. Système SSV-CVS

La masse de gaz d'échappement dilués sur l'ensemble du cycle $m_{ed}$ [kg/essai] est calculée au moyen de l'équation (A.5-39) si la température des gaz d'échappement dilués est maintenue dans les limites de ±11 K sur l'ensemble du cycle par l'emploi d'un échangeur de chaleur:

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-39)}$$

où:

*1,293 kg/m³* = densité de l'air à 273,15 K et 101,325 kPa

$\Delta t$ = durée du cycle [s]

$q_{VSSV}$ = débit d'air en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/s].

avec:

$$q_{VSSV} = \frac{A_0}{60} d_V^{\,2} C_d p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r_p^{\,1{,}4286} - r_p^{\,1{,}7143}\right) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D^{\,4} r_p^{\,1{,}4286}}\right)\right]} \quad \text{(A.5-40)}$$

où:

$A_0$ = série de constantes et de conversions d'unités = $0{,}0056940\left[\frac{m^3}{min}\cdot\frac{\sqrt{K}}{kPa}\cdot\frac{1}{mm^2}\right]$

$d_V$ = diamètre du col du SSV [mm]

$C_d$ = coefficient de décharge du SSV [-]

$p_P$ = pression absolue à l'entrée du venturi [kPa]

$T_{in,V}$ = température à l'entrée du venturi [K]

$r_p$ = rapport des pressions statiques absolues au col et à l'entrée du SSV $\left(1-\frac{\Delta p}{p_a}\right)$[-][-]

$r_D$ = rapport entre le diamètre du col du SSV et le diamètre intérieur de la tuyauterie d'entrée $\frac{d}{D}$

Si l'on utilise un système à compensation de débit (c'est-à-dire sans échangeur de chaleur), on calcule la masse de gaz d'échappement dilués $m_{ed,i}$ [kg] pendant l'intervalle de temps au moyen de l'équation (A.5-41):

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t_i \qquad \text{(A.5-41)}$$

où:

*1,293 kg/m³* = densité de l'air à 273,15 K et 101,325 kPa

$\Delta t_i$ = intervalle de temps [s]

$q_{VSSV}$ = débit volumique du SSV [m³/s].

A.1.3. Calcul des émissions de particules

A.1.3.1. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes stationnaires raccordés

La masse de particules doit être calculée après une correction en fonction de la flottabilité de la masse de l'échantillon de particules conformément au paragraphe 8.1.12.2.5 de l'annexe 4.

A.1.3.1.1. Système à dilution du flux partiel

A.1.3.1.1.1. Calcul basé sur le taux de prélèvement

Les émissions de particules sur l'ensemble du cycle $m_{PM}$ [g] doivent être calculées au moyen de l'équation (A.5-42):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{r_s \cdot 1000} \qquad \text{(A.5-42)}$$

où:

$m_f$ = masse de particules prélevée sur l'ensemble du cycle [mg]

$r_s$ = taux de prélèvement moyen sur l'ensemble du cycle d'essai [-]

avec:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad \text{(A.5-43)}$$

où:

$m_{se}$ = masse de l'échantillon de gaz d'échappement bruts sur l'ensemble du cycle [kg]

$m_{ew}$ = masse totale des gaz d'échappement bruts sur l'ensemble du cycle [kg]

$m_{sep}$ = masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte des particules [kg]

$m_{sed}$ = masse de gaz d'échappement dilués traversant le tunnel de dilution [kg].

Dans le cas du système de type à prélèvement total, $m_{sep}$ et $m_{sed}$ sont identiques.

A.1.3.1.1.2. Calcul fondé sur le taux de dilution

Les émissions de particules sur l'ensemble du cycle $m_{PM}$ [g] doivent être calculées au moyen de l'équation (A.5-44):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{edf}}{1000} \quad \text{(A.5-44)}$$

où:

$m_f$ = masse de particules prélevée sur l'ensemble du cycle [mg]

$m_{sep}$ = masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte des particules [kg]

$m_{edf}$ = masse de gaz d'échappement dilués équivalente sur l'ensemble du cycle [kg].

La masse totale de gaz d'échappement dilués équivalente sur l'ensemble du cycle, $m_{edf}$ [kg], doit être déterminée au moyen de l'équation (A.5-45):

$$m_{edf} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} q_{medf,i} \quad \text{(A.5-45)}$$

avec:

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \cdot r_{d,i} \quad \text{(A.5-46)}$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \quad \text{(A.5-47)}$$

où:

$q_{medf,i}$ = débit-masse équivalent instantané de gaz d'échappement dilués [kg/s]

$q_{mew,i}$ = débit-masse instantané de gaz d'échappement en conditions humides [kg/s]

$r_{d,i}$ = taux de dilution instantané [-]

$q_{mdew,i}$ = débit-masse instantané de gaz d'échappement dilués en conditions humides [kg/s]

$q_{mdw,i}$ = débit-masse instantané d'air de dilution [kg/s]

$f$ = fréquence de collecte des données [Hz]

N = nombre de mesures [-].

A.1.3.1.2. Système à dilution du flux total

La masse d'émissions doit être calculée au moyen de l'équation (A.5-48):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{ed}}{1000} \quad \text{(A.5-48)}$$

où:

$m_f$ = masse de particules prélevée sur l'ensemble du cycle [mg]

$m_{sep}$ = masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte de particules [kg]

$m_{ed}$ = masse de gaz d'échappement dilués sur l'ensemble du cycle [kg]

avec:

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \quad \text{(A.5-49)}$$

où:

$m_{set}$ = masse de gaz d'échappement doublement dilués traversant les filtres à particules [kg]

$m_{ssd}$ = masse d'air de dilution secondaire [kg].

A.1.3.1.2.1. Correction en fonction des concentrations ambiantes

La masse de particules $m_{PM,c}$ [g] peut être corrigée des concentrations ambiantes au moyen de l'équation (A.5-50):

$$m_{PM,c} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[ \frac{m_b}{m_{sd}} \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \frac{m_{ed}}{1000} \quad \text{(A.5-50)}$$

où:

$m_f$ = masse de particules prélevée sur l'ensemble du cycle [mg]

$m_{sep}$ = masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte de particules [kg]

$m_{sd}$ = masse d'air de dilution prélevée par le système de prélèvement des particules ambiantes [kg]

$m_b$ = masse de particules ambiantes collectées dans l'air de dilution [mg]

$m_{ed}$ = masse de gaz d'échappement dilués sur l'ensemble du cycle [kg]

$D$ = facteur de dilution [voir l'équation (A.5-28) au paragraphe A.1.2.2.2] [-].

A.1.3.2. Calcul pour les cycles en conditions stationnaires à modes discrets

A.1.3.2.1. Système de dilution

Tous les calculs sont effectués sur la base des valeurs moyennes enregistrées pour les différents modes i pendant la période de prélèvement.

a) Pour la dilution du flux partiel, le débit-masse équivalent des gaz d'échappement doit être déterminé au moyen de l'équation (A.5-51) et du système de mesure du débit montré à la figure A.4-6 de l'annexe 4:

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d \quad \text{(A.5-51)}$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}} \quad \text{(A.5-52)}$$

où:

$q_{medf}$ = débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués [kg/s]

$q_{mew}$ = débit-masse de gaz d'échappement en conditions humides [kg/s]

$r_d$ = taux de dilution [-]

$q_{mdew}$ = débit-masse de gaz d'échappement dilués en conditions humides [kg/s]

$q_{mdw}$ = débit-masse d'air de dilution [kg/s].

b) Pour les systèmes de dilution du flux total, $q_{mdew}$ est utilisé en tant que $q_{medf}$.

A.1.3.2.2. Calcul du débit-masse de particules

Le débit-masse d'émissions de particules sur l'ensemble du cycle $q_{mPM}$ [g/h] est calculé au moyen de l'équation (A.5-53), (A.5-56), (A.5-57) ou (A.5-58):

a) pour la méthode à filtre unique:

$$q_{mPM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-53)}$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^{N} q_{medfi} \cdot WF_i \quad \text{(A.5-54)}$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^{N} m_{sepi} \quad \text{(A.5-55)}$$

où:

$q_{mPM}$ = débit-masse de particules [g/h]

$m_f$ = masse de particules prélevée sur l'ensemble du cycle [mg]

$\overline{q_{medf}}$ = débit-masse moyen équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides [kg/s]

$q_{medfi}$ = débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides en mode i [kg/s]

$WF_i$ = facteur de pondération pour le mode i [-]

$m_{sep}$ = masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte de particules [kg]

$m_{sepi}$ = masse d'échantillon de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte de particules en mode i [kg]

N = nombre de mesures [-].

b) Pour la méthode à filtres multiples:

$$q_{mPMi} = \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-56)}$$

où:

$q_{mPMi}$ = débit-masse de particules pour le mode i [g/h]

$m_{fi}$ = masse des particules collectées en mode i [mg]

$q_{medfi}$ = débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides en mode i [kg/s]

$m_{sepi}$ = masse d'échantillon de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte de particules en mode i [kg].

La masse des PM est déterminée sur l'ensemble du cycle d'essai par sommation des valeurs moyennes des modes individuels i enregistrées pendant la période de prélèvement.

Le débit-masse de particules $q_{mPM}$ [g/h] ou $q_{mPMi}$ [g/h] peut être corrigé des concentrations ambiantes de la manière suivante:

c) Pour la méthode à filtre unique:

$$q_{mPM} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[ \frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left( 1 - \frac{1}{D_i} \right) \cdot WF_i \right] \right\} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-57)}$$

où:

$q_{mPM}$ = débit-masse de particules [g/h]

$m_f$ = masse de particules collectées [mg]

$m_{sep}$ = masse de l'échantillon de gaz d'échappement dilués ayant traversé le filtre à particules [kg]

$m_{f,d}$ = masse des particules collectées dans l'air de dilution [mg]

$m_d$ = masse de gaz d'échappement dilués ayant traversé les filtres de collecte de particules [kg]

$D_i$ = facteur de dilution en mode i [voir l'équation (A.5-28) au paragraphe A.1.2.2.2] [-]

$WF_i$ = facteur de pondération pour le mode i [-]

$\overline{q_{medf}}$ = débit-masse moyen équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides [kg/s].

d) Pour la méthode à filtres multiples:

$$q_{mPMi} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} - \left[ \frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-58)}$$

où:

$q_{mPMi}$ = débit-masse de particules pour le mode i [g/h]

$m_{fi}$ = masse des particules collectées en mode i [mg]

$m_{sepi}$ = masse de l'échantillon de gaz d'échappement dilués ayant traversé le filtre à particules en mode i [kg]

$m_{f,d}$ = masse des particules collectées dans l'air de dilution [mg]

$m_d$ = masse de gaz d'échappement dilués ayant traversé les filtres de collecte de particules [kg]

$D$ = facteur de dilution [voir l'équation (A.5-28) au paragraphe A.1.2.2.2] [-]

$q_{medfi}$ = débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides en mode i [kg/s].

Si plus d'une mesure est effectuée, $m_{f,d} / m_d$ est remplacé par $\overline{m_{f,d} / m_d}$

A.1.4. Travail au cours des cycles et émissions spécifiques

A.1.4.1. Émissions gazeuses

A.1.4.1.1. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes stationnaires raccordés

Il est fait référence aux paragraphes A.1.1 et A.1.2 pour les gaz d'échappement bruts et pour les gaz d'échappement dilués respectivement. Les valeurs résultantes pour la puissance P [kW] doivent être intégrées sur un intervalle d'essai. Le travail total $W_{act}$ [kWh] est calculé au moyen de l'équation (A.5-59):

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{10^3} \frac{2 \cdot \pi}{60} \sum_{i=1}^{N} \left( n_i \cdot T_i \right) \quad \text{(A.5-59)}$$

où:

$P_i$ = puissance instantanée du moteur [kW]

$\Delta t_i$ = intervalle de mesure [s]

$n_i$ = régime instantané du moteur [tr/min]

$T_i$ = couple instantané du moteur [Nm]

$W_{act}$ = travail réel au cours du cycle [kWh]

$f$ = fréquence de collecte des données [Hz]

N = nombre de mesures [-].

Lorsque des accessoires sont montés conformément à l'appendice A.2 de l'annexe 4, il ne faut apporter aucun ajustement au couple instantané du moteur dans l'équation (A.5-59). Lorsque, conformément au paragraphe 6.3.2 ou 6.3.3 de l'annexe 4 du présent règlement, des accessoires nécessaires qui auraient dû être montés pour l'essai ne sont pas installés, ou lorsque des accessoires qui auraient dû être retirés pour l'essai sont installés, la valeur de $T_i$ utilisée dans l'équation (A.5-59) doit être ajustée au moyen de l'équation (A.5-60):

$$T_i = T_{i,\text{meas}} + T_{i,\text{AUX}} \quad \text{(A.5-60)}$$

où:

$T_{i,\text{meas}}$ = valeur mesurée du couple instantané du moteur;

$T_{i,\text{AUX}}$ = valeur correspondante du couple requis pour faire fonctionner les accessoires, déterminée conformément à l'équation (A.4-18) de l'annexe 4 du présent règlement.

Les émissions spécifiques $e_{gas}$ [g/kWh] sont à calculer des manières suivantes en fonction du type de cycle d'essai.

$$e_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{W_{\text{act}}} \quad \text{(A.5-61)}$$

où:

$m_{gas}$ = masse totale des émissions [g/essai];

$W_{act}$ = travail au cours du cycle [kWh].

Dans le cas du cycle NRTC, pour les émissions gazeuses autres que le $CO_2$, le résultat final de l'essai, $e_{gas}$ [g/kWh], doit être une moyenne pondérée de l'essai à froid et de l'essai à chaud obtenue au moyen de l'équation (A.5-62):

$$e_{gas} = \frac{\left(0{,}1 \cdot m_{cold}\right) + \left(0{,}9 \cdot m_{hot}\right)}{\left(0{,}1 \cdot W_{act,cold}\right) + \left(0{,}9 \cdot W_{act,hot}\right)} \quad \text{(A.5-62)}$$

où:

$m_{cold}$ = émissions massiques de gaz du cycle NRTC à froid [g]

$W_{act,\,cold}$ = travail effectif au cours du cycle NRTC à froid [kWh]

$m_{hot}$ = émissions massiques de gaz du cycle NRTC à chaud [g]

$W_{act,\,hot}$ = travail effectif au cours du cycle NRTC à chaud [kWh].

Dans le cas du cycle NRTC, pour les émissions de $CO_2$, le résultat final de l'essai, $e_{CO2}$ [g/kWh], doit être calculé à partir de l'essai NRTC à chaud au moyen de l'équation (A.5-63):

$$e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}} \quad \text{(A.5-63)}$$

où:

$m_{CO2,\,hot}$ = émissions massiques de $CO_2$ du cycle NRTC à chaud [g];

$W_{act,\,hot}$ = travail effectif au cours du cycle NRTC à chaud [kWh].

A.1.4.1.2. Cycle NRSC à modes discrets

Les émissions spécifiques $e_{gas}$ [g/kWh] sont calculées au moyen de l'équation (A.5-64):

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left(q_{mgasi} \cdot WF_i\right)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left(P_i \cdot WF_i\right)} \quad \text{(A.5-64)}$$

où:

$q_{mgas,i}$ = débit-masse moyen d'émissions pour le mode i [g/h];

$P_i$ = puissance du moteur pour le mode i [kW] calculée en ajoutant à la puissance mesurée $P_{meas}$ [kW] la puissance requise pour faire fonctionner les accessoires, $P_{AUX}$ [kW], déterminée conformément à l'équation (A.4-8) de l'annexe 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$);

$WF_i$ = facteur de pondération pour le mode i [-];

$N_{mode}$ = nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable.

A.1.4.2. Émissions de particules

A.1.4.2.1. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes stationnaires raccordés

Les émissions spécifiques de particules doivent être calculées au moyen de l'équation (A.5-61), où $e_{gas}$ [g/kWh] et $m_{gas}$ [g/essai] sont remplacés respectivement par $e_{PM}$ [g/kWh] et $m_{PM}$ [g/essai]:

$$e_{PM} = \frac{m_{PM}}{W_{act}} \quad \text{(A.5-65)}$$

où:

$m_{PM}$ = masse totale des émissions de particules, calculée conformément au paragraphe A.1.3.1.1 ou A.1.3.1.2 [g/essai]

$W_{act}$ = travail au cours du cycle [kWh].

Les émissions sur le cycle en conditions transitoires composite (c'est-à-dire NRTC à froid et NRTC à chaud) doivent être calculées comme indiqué au paragraphe A.1.4.1.1.

A.1.4.2.2. Cycle NRSC à modes discrets

Les émissions spécifiques de particules $e_{PM}$ [g/kWh] doivent être calculées au moyen de l'équation (A.5-66) ou (A.5-67):

a) Pour la méthode à filtre unique:

$$e_{PM} = \frac{q_{mPM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad \text{(A.5-66)}$$

où:

$P_i$ = puissance du moteur pour le mode i [kW] calculée en ajoutant à la puissance mesurée $P_{meas}$ [kW] la puissance requise pour faire fonctionner les accessoires, $P_{AUX}$ [kW] déterminée conformément à l'équation (A.4-8) de l'annexe 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

$WF_i$ = facteur de pondération pour le mode i [-]

$q_{mPM}$ = débit-masse de particules [g/h]

$N_{mode}$ = nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable.

b) Pour la méthode à filtres multiples:

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mPMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad \text{(A.5-67)}$$

où:

$P_i$ = puissance du moteur pour le mode i [kW] calculée en ajoutant à la puissance mesurée $P_{meas}$ [kW] la puissance requise pour faire fonctionner les accessoires, $P_{AUX}$ [kW], déterminée conformément à l'équation (A.4-8) de l'annexe 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

$WF_i$ = facteur de pondération pour le mode i [-]

$q_{mPMi}$ = débit-masse de particules pour le mode i [g/h]

$N_{mode}$ = nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable.

Pour la méthode à filtre unique, le facteur de pondération effectif, $WF_{ei}$, doit être calculé pour chaque mode au moyen de l'équation (A.5-68):

$$WF_{ei} = \frac{m_{sepi} \cdot \overline{q_{medf}}}{m_{sep} \cdot q_{medfi}} \quad \text{(A.5-68)}$$

où:

$m_{sepi}$ = masse de gaz d'échappement dilués ayant traversé les filtres de collecte de particules en mode i [kg]

$\overline{q_{medf}}$ = Débit-masse moyen équivalent de gaz d'échappement dilués [kg/s]

$q_{medfi}$ = débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués en mode i [kg/s]

$m_{sep}$ = masse de gaz d'échappement dilués ayant traversé les filtres de collecte de particules [kg].

Les valeurs des facteurs de pondération effectifs ne doivent pas s'écarter de plus de ± 0,005 (valeur absolue) des facteurs de pondération indiqués dans l'appendice A.6 de l'annexe 4.

A.1.4.3. Ajustement pour les systèmes antipollution à régénération périodique (ou peu fréquente)

Dans le cas des moteurs équipés de systèmes de traitement aval des gaz d'échappement avec régénération périodique (voir paragraphe 6.6.2 de l'annexe 4), les émissions spécifiques de polluants gazeux et particulaires calculées selon les paragraphes A.1.4.1 et A.1.4.2 doivent être corrigées, soit au moyen du facteur d'ajustement multiplicatif applicable, soit au moyen du facteur d'ajustement additif applicable. Dans le cas où la régénération périodique n'a pas eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le haut est appliqué ($k_{ru,m}$ ou $k_{ru,a}$). Dans le cas où la régénération périodique a eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le bas est appliqué ($k_{rd,m}$ ou $k_{rd,a}$). Dans le cas du cycle NRSC à modes discrets, lorsque les facteurs d'ajustement ont été déterminés pour chaque mode, ils doivent être appliqués à chaque mode lors du calcul du résultat d'émissions pondéré.

A.1.4.4. Ajustement pour le facteur de détérioration

Les émissions spécifiques de polluants gazeux et particulaires calculées selon les paragraphes A.1.4.1 et A.1.4.2, le cas échéant avec le facteur d'ajustement en cas de régénération périodique conformément au paragraphe A.1.4.3, doivent également être ajustées, au moyen du facteur de détérioration multiplicatif ou additif applicable établi conformément aux prescriptions de l'annexe 8.

A.1.5. Étalonnage du débit de gaz d'échappement dilués (CVS) et calculs connexes

Le système CVS doit être étalonné au moyen d'un débitmètre juste et d'un dispositif réducteur de débit. Le débit traversant le système doit être mesuré pour différents réglages du réducteur et les paramètres de réglage du système doivent être mesurés et rapportés au débit.

Divers types de débitmètres peuvent être utilisés: tube de venturi étalonné, débitmètre laminaire étalonné ou débitmètre à turbine étalonné.

A.1.5.1. Pompe volumétrique (PDP)

Tous les paramètres relatifs à la pompe doivent être mesurés parallèlement aux paramètres relatifs à un tube de venturi étalonné qui est raccordé en série à la pompe. La courbe de débit calculée (en $m^3/s$ à l'entrée de la pompe aux valeurs mesurées de pression absolue et de température) est rapportée à une fonction de corrélation qui représente une combinaison donnée de paramètres de la pompe. L'équation linéaire entre le débit de la pompe et la fonction de corrélation doit alors être déterminée. Si le système CVS a plusieurs vitesses d'entraînement, l'étalonnage doit être exécuté pour chaque vitesse utilisée.

Une température constante doit être maintenue au cours de l'étalonnage.

Les fuites dans les raccords et tuyauteries raccordant le tube de venturi étalonné et la pompe CVS doivent être maintenues à moins de 0,3 % de la valeur de débit la plus basse (réduction maximale du débit et vitesse de rotation minimale de la pompe PDP).

Le débit d'air ($q_{VCVS}$) à chaque réglage du réducteur de débit (6 réglages au minimum) doit être calculé en $m^3/s$ normaux à partir des données du débitmètre, conformément à la méthode prescrite par le fabricant. Il doit ensuite être converti en débit de la pompe ($V_0$), en $m^3/tr$, aux valeurs mesurées de pression absolue et de température à l'entrée de la pompe, au moyen de l'équation (A.5-69):

$$V_0 = \frac{q_{VCVS}}{n} \cdot \frac{T}{273{,}15} \cdot \frac{101{,}325}{p_p} \qquad \text{(A.5-69)}$$

où:

$q_{VCVS}$ = débit d'air en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K) [$m^3/s$]

$T$ = température à l'entrée de la pompe [K]

$p_p$ = pression absolue à l'entrée de la pompe [kPa]

$n$ = vitesse de rotation de la pompe [tr/s].

Pour tenir compte de l'interaction des variations de pression à la pompe et du taux de glissement de celle-ci, on détermine la fonction de corrélation ($X_0$) [s/tr] entre la vitesse de rotation de la pompe, la différence de pression entre entrée et sortie et la pression absolue de sortie de la pompe, au moyen de l'équation (A.5-70):

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \qquad \text{(A.5-70)}$$

où:

$Dp_p$ = différence de pression entre l'entrée et la sortie de la pompe [kPa]

$p_p$ = pression absolue à la sortie de la pompe [kPa]

$n$ = vitesse de rotation de la pompe [tr/s].

On exécute ensuite un ajustement linéaire par les moindres carrés en vue de générer l'étalonnage au moyen de l'équation (A.5-71):

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0 \quad \text{(A.5-71)}$$

où $D_0$ [m³/tr] et m [m³/s] sont respectivement l'ordonnée à l'origine et la pente, décrivant la droite de régression.

Pour un système CVS à plusieurs vitesses d'entraînement, les courbes d'étalonnage établies pour les différentes plages de débit de la pompe doivent être sensiblement parallèles, et la valeur de l'ordonnée à l'origine ($D_0$) doit augmenter lorsque la gamme de débit de la pompe diminue.

Les valeurs calculées au moyen de l'équation ne doivent pas s'écarter de plus de ± 0,5 % de la valeur mesurée de $V_0$. Les valeurs de m varient d'une pompe à l'autre. Avec le temps, l'encrassement par les particules cause une diminution du glissement, ce qui se traduit par des valeurs plus basses de m. Il convient donc d'effectuer un étalonnage à la mise en service de la pompe et après tout entretien majeur, de même que si la vérification du système complet indique un changement du taux de glissement.

A.1.5.2. Tube de venturi à écoulement critique (CFV)

L'étalonnage du tube de venturi est basé sur l'équation de débit en régime critique de celui-ci. Le débit de gaz est fonction de la pression et de la température d'entrée.

Pour déterminer la plage de régime critique, on doit tracer la courbe de $K_v$ en fonction de la pression à l'entrée du venturi. En régime critique, $K_v$ a une valeur relativement constante. Lorsque la pression diminue (accroissement de la dépression), le venturi se débloque et $K_v$ diminue, ce qui indique que le venturi fonctionne en dehors de la plage admissible.

Le débit d'air ($q_{VCVS}$) à chaque réglage du réducteur de débit (8 réglages au minimum) doit être calculé en m³/s normaux à partir des données du débitmètre conformément à la méthode prescrite par le fabricant. Le coefficient d'étalonnage $K_v$ $K_V$ $\left[\left(\sqrt{K} \cdot m^3 \cdot s\right)/kg\right]$ est calculé à partir des données d'étalonnage pour chaque réglage au moyen de l'équation (A.5-72):

$$K_V = \frac{q_{VCVS} \cdot \sqrt{T}}{p_p} \quad \text{(A.5-72)}$$

où:

$q_{VSSV}$ = débit d'air en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/s]

$T$ = température à l'entrée du venturi [K]

$p_p$ = pression absolue à l'entrée du venturi [kPa].

La valeur moyenne de $K_v$ et l'écart type doivent être calculés. L'écart type ne doit pas dépasser ± 0,3 % de la valeur moyenne de $K_v$.

A.1.5.3. Venturi subsonique (SSV)

L'étalonnage du SSV est basé sur l'équation de débit d'un venturi subsonique. Le débit de gaz est fonction de la pression et de la température d'entrée et de la chute de pression entre l'entrée et le col du SSV, selon l'équation (A.5-40).

Le débit d'air ($q_{VCVS}$) à chaque réglage du réducteur de débit (16 réglages au minimum) doit être calculé en $m^3/s$ normaux à partir des données du débitmètre conformément à la méthode prescrite par le fabricant. Le coefficient de décharge doit être calculé à partir des données d'étalonnage pour chaque réglage, au moyen de l'équation (A.5-73):

$$C_d = \frac{q_{VSSV}}{\frac{A_0}{60} d_V^{\,2} p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T_{in,V}}\left(r_p^{\,1,4286} - r_p^{\,1,7143}\right)\left(\frac{1}{1 - r_D^{\,4} r_p^{\,1,4286}}\right)\right]}}} \qquad \text{(A.5-73)}$$

où:

$A_0$ = série de constantes et de conversions d'unités = $0{,}0056940\left[\frac{m^3}{min}\cdot\frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa}\cdot\frac{1}{mm^2}\right]$

$q_{VSSV}$ = débit d'air en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K) [$m^3/s$]

$T_{in,V}$ = température à l'entrée du venturi [K]

$d_V$ = diamètre du col du SSV [mm]

$r_p$ = rapport des pressions statiques absolues au col et à l'entrée du SSV = $1 - \Delta p / p_p$ [-]

$r_D$ = rapport entre le diamètre du col du SSV, dv, et le diamètre intérieur du tuyau d'entrée D [-].

Pour déterminer la plage d'écoulement subsonique, on trace la courbe de $C_d$ en fonction du nombre de Reynolds Re au col du SSV. La valeur de Re au col du SSV doit être calculée au moyen de l'équation (A.5-74):

$$Re = A_1 \cdot 60 \cdot \frac{q_{VSSV}}{d_V \cdot \mu} \qquad \text{(A.5-74)}$$

avec:

$$\mu = \frac{b \times T^{1.5}}{S + T} \qquad \text{(A.5-75)}$$

où:

$A_1$ = série de constantes et de conversions d'unités = $27{,}43831\left[\frac{Kg}{m^3}\cdot\frac{min}{s}\cdot\frac{mm}{m}\right]$

$q_{VSSV}$ = débit d'air en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K) [$m^3/s$]

$d_V$ = diamètre du col du SSV [mm]

$\mu$ = viscosité absolue ou dynamique du gaz [$kg/(m \cdot s)$]

b = $1{,}458 \times 10^6$ (constante empirique) [$kg/(m \cdot s \cdot K^{0.5})$]

S = 110,4 (constante empirique) [K].

Étant donné que $q_{VSSV}$ est un facteur d'entrée dans l'équation Re, on doit commencer les calculs par une approximation initiale pour la valeur $q_{VSSV}$ ou $C_d$ du venturi d'étalonnage, et procéder par itération jusqu'à ce que $q_{VSSV}$ converge. La méthode de convergence doit être précise à 0,1 % de point ou mieux.

Pour un minimum de 16 points dans la région du débit subsonique, les valeurs calculées de $C_d$ à partir de l'équation d'ajustement de la courbe d'étalonnage résultante ne doivent pas s'écarter de plus de ± 0,5 % de la valeur $C_d$ mesurée pour chaque point d'étalonnage.

A.1.6. Correction pour tenir compte de la dérive

A.1.6.1. Procédure générale

Les calculs ci-après sont effectués pour déterminer si la dérive de l'analyseur de gaz invalide les résultats d'un intervalle d'essai. Si les résultats d'un intervalle d'essai ne sont pas invalidés en raison de la dérive, il faut corriger de la dérive les réponses de l'analyseur de gaz de l'intervalle d'essai, conformément au paragraphe A.1.6.4. Les résultats des analyseurs de gaz corrigés de la dérive doivent être utilisés dans tous les calculs d'émissions suivants. Le maximum acceptable pour la dérive d'un analyseur de gaz sur un intervalle d'essai est précisé au paragraphe 8.2.2.2 de l'annexe 4.

A.1.6.2. Principes de correction

Les calculs du présent appendice sont fondés sur les réponses d'un analyseur de gaz aux concentrations de référence de réglage du zéro et du réglage de l'étendue des gaz d'analyse, telles qu'elles sont déterminées peu avant et peu après un intervalle d'essai. Les calculs servent à corriger les réponses de l'analyseur de gaz qui ont été enregistrées au cours d'un intervalle d'essai. La correction est fondée sur les réponses moyennes de l'analyseur aux gaz de référence de réglage du zéro et du réglage de l'étendue et elle est fondée sur les concentrations de référence des gaz de réglage du zéro et de l'étendue eux-mêmes. La validation et la correction pour tenir compte de la dérive s'effectuent de la manière décrite ci-après.

A.1.6.3. Validation de la dérive

Après avoir appliqué toutes les autres corrections — sauf les corrections en fonction de la dérive — à tous les signaux d'analyseur de gaz, on calcule les émissions spécifiques au frein conformément au paragraphe A.1.4. Ensuite, tous les signaux de l'analyseur de gaz doivent être corrigés de la dérive, conformément au présent appendice. Les émissions spécifiques au frein doivent ensuite être recalculées à l'aide des signaux d'analyseur de gaz corrigés de la dérive. Les résultats des émissions spécifiques au frein doivent être validés et signalés avant et après la correction de la dérive, conformément au paragraphe 8.2.2.2 de l'annexe 4.

A.1.6.4. Correction pour tenir compte de la dérive

Tous les signaux des analyseurs de gaz doivent être corrigés de la manière suivante:

a) chaque concentration enregistrée, $c_i$, doit être corrigée pour le prélèvement continu ou par lots, $\overline{c}$ ;

b) la correction pour la dérive doit être calculée au moyen de l'équation (A.5-76):

$$c_{idriftcor} = c_{refzero} + \left(c_{refspan} - c_{refzero}\right)\frac{2c_i - \left(c_{prezero} + c_{postzero}\right)}{\left(c_{prespan} + c_{postspan}\right) - \left(c_{prezero} + c_{postzero}\right)} \quad \text{(A.5-76)}$$

où:

$c_{idriftcor}$ = concentration corrigée de la dérive [ppm]

$c_{refzero}$ = concentration de référence pour le gaz de mise à zéro, qui est généralement nulle, sauf autre valeur connue [ppm]

$c_{refspan}$ = concentration de référence du gaz de réglage de l'étendue [ppm]

$c_{prespan}$ = réponse de l'analyseur de gaz dans l'intervalle pré-essai à la concentration de gaz de réglage de l'étendue [ppm]

$c_{postspan}$ = réponse de l'analyseur de gaz dans l'intervalle post-essai à la concentration de gaz de réglage de l'étendue [ppm]

$c_i$ ou $\overline{c}$ = concentration enregistrée, c'est-à-dire mesurée, pendant l'essai, avant correction en fonction de la dérive [ppm]

$c_{prezero}$ = réponse de l'analyseur de gaz dans l'intervalle pré-essai à la concentration de gaz de réglage du zéro [ppm]

$c_{postzero}$ = réponse de l'analyseur de gaz dans l'intervalle post-essai à la concentration de gaz de réglage du zéro [ppm];

c) pour toute concentration dans l'intervalle pré-essai, il faut utiliser les concentrations déterminées le plus récemment avant l'intervalle d'essai. Pour certains intervalles d'essai, la concentration préréglage du zéro ou préréglage de l'étendue la plus récente peut avoir été obtenue avant un ou plusieurs intervalles d'essai antérieurs;

d) pour toute concentration dans l'intervalle post-essai, il faut utiliser les concentrations déterminées le plus récemment après l'intervalle d'essai. Pour certains intervalles d'essai, la concentration postréglage du zéro ou postréglage de l'étendue la plus récente peut avoir été obtenue après un ou plusieurs intervalles d'essai ultérieurs;

e) si l'on n'a pas enregistré de réponse $c_{prespan}$ de l'analyseur lors d'un intervalle quelconque pré-essai, $c_{prespan}$ est considéré comme égal à la concentration de référence du gaz de réglage de l'étendue: $c_{prespan} = c_{prespan}$;

f) si l'on n'a pas enregistré de réponse $c_{prezero}$ de l'analyseur lors d'un intervalle quelconque pré-essai, $c_{prezero}$ est considéré comme égal à la concentration de référence du gaz de réglage du zéro: $c_{prezero} = c_{refzero}$;

g) généralement, la concentration de référence du gaz de réglage du zéro, $c_{refzero}$, est zéro: $c_{refzero}$ = 0 µmol/mol. Toutefois, dans certains cas, il est possible que l'on sache que $c_{refzero}$ n'a pas une concentration nulle. Lorsqu'un analyseur est mis à zéro au moyen d'un $c_{refzero}$ non nul, l'analyseur doit être réglé de manière à afficher la concentration $c_{refzero}$ réelle.

*APPENDICE A.2*

**CALCULS DES ÉMISSIONS FONDÉES SUR LA MOLARITÉ**

A.2.1. Indices

| | Quantité |
|---|---|
| abs | Quantité absolue |
| act | Quantité réelle |
| air | Air sec |
| atmos | Atmosphérique |
| bkgnd | Ambiant |
| C | Carbone |
| cal | Quantité d'étalonnage |
| CFV | Tube de venturi à écoulement critique |
| cor | Quantité corrigée |
| dil | Air de dilution |
| dexh | Gaz d'échappement dilués |
| dry | Quantité en conditions sèches |
| exh | Gaz d'échappement bruts |
| exp | Quantité escomptée |
| eq | Quantité équivalente |
| fuel | Carburant |
| | Mesure instantanée (par exemple, 1 Hz) |
| i | Élément d'une série |
| idle | État au ralenti |
| in | Quantité dans |
| init | Quantité initiale, généralement avant un essai d'émissions |
| max | Valeur maximale (c'est-à-dire de crête) |
| meas | Quantité mesurée |
| min | Valeur minimale |
| mix | Masse molaire de l'air |
| out | Quantité sortie |
| part | Quantité partielle |
| PDP | Pompe volumétrique |
| raw | Gaz d'échappement bruts |
| ref | Quantité de référence |
| rev | Tour |
| sat | État saturé |
| slip | Glissement de la PDP |
| smpl | Prélèvement |
| span | Quantité d'étalonnage |
| SSV | Venturi subsonique |

| | Quantité |
|---|---|
| std | Quantité standard |
| test | Quantité d'essai |
| total | Quantité totale |
| uncor | Quantité non corrigée |
| vac | Degré de vide |
| weight | Poids d'étalonnage |
| wet | Quantité en conditions humides |
| zero | Quantité zéro |

A.2.2. Symboles pour le bilan chimique

| | |
|---|---|
| $x_{dil/exh}$ | Quantité de gaz de dilution ou d'excès d'air par mole de gaz d'échappement |
| $x_{H2Oexh}$ | Quantité d'eau par mole de gaz d'échappement |
| $x_{Ccombdry}$ | Quantité de carbone du carburant dans les gaz d'échappement par mole de gaz d'échappement secs |
| $x_{H2Oexhdry}$ | Quantité d'eau dans les gaz d'échappement par mole sèche de gaz d'échappement secs |
| $x_{prod/intdry}$ | Quantité de produits stœchiométriques secs par mole sèche d'air d'admission |
| $x_{dil/exhdry}$ | Quantité de gaz de dilution et/ou d'excès d'air par mole de gaz d'échappement secs |
| $x_{int/exhdry}$ | Quantité d'air d'admission nécessaire pour produire les produits de combustion proprement dits par mole de gaz d'échappements secs (bruts ou dilués) |
| $x_{raw/exhdry}$ | Quantité de gaz d'échappement non dilués, sans air en excès, par mole de gaz d'échappement secs (bruts ou dilués) |
| $x_{O2intdry}$ | Quantité de $O_2$ dans l'air d'admission par mole d'air d'admission sec |
| $x_{CO2intdry}$ | Quantité de $CO_2$ par mole d'air d'admission sec |
| $x_{H2Ointdry}$ | Quantité de $H_2O$ par mole d'air d'admission sec |
| $x_{CO2int}$ | Quantité de $CO_2$ par mole d'air d'admission |
| $x_{CO2dil}$ | Quantité de $CO_2$ par mole de gaz de dilution |
| $x_{CO2dildry}$ | Quantité de $CO_2$ par mole de gaz de dilution sec |
| $x_{H2Odildry}$ | Quantité de $H_2O$ par mole de gaz de dilution sec |
| $x_{H2Odil}$ | Quantité de $H_2O$ par mole de gaz de dilution |
| $x_{[emission]meas}$ | Quantité d'émissions mesurée dans l'échantillon par les analyseurs de gaz respectifs |
| $x_{[emission]dry}$ | Quantité d'émissions par mole sèche d'échantillon sec |
| $x_{H2O[emission]meas}$ | Quantité d'eau dans l'échantillon à l'emplacement de la détection des émissions |
| $x_{H2Oint}$ | Quantité d'eau dans l'air d'admission, sur la base de la mesure de l'humidité de cet air d'admission. |

A.2.3. Paramètres et relations élémentaires

A.2.3.1. Air sec et espèces chimiques

Les valeurs suivantes sont retenues ci-après pour la composition de l'air sec:

$$x_{O2airdry} = 0,209445\,\text{mol/mol}$$

$$x_{Arairdry} = 0,00934\,\text{mol/mol}$$

$$x_{N2airdry} = 0,78084\,\text{mol/mol}$$

$$x_{CO2airdry} = 375\,\mu\text{mol/mol}$$

Les masses molaires ou masses molaires effectives des espèces chimiques sont les suivantes:

$M_{air}$ 28,96559 g/mol (air sec)

$M_{Ar}$ 39,948 g/mol (argon)

$M_C$ 12,0107 g/mol (carbone)

$M_{CO}$ 28,0101 g/mol (monoxyde de carbone)

$M_{CO2}$ 44,0095 g/mol (dioxyde de carbone)

$M_H$ 1,00794 g/mol (hydrogène atomique)

$M_{H2}$ 2,01588 g/mol (hydrogène moléculaire)

$M_{H2O}$ 18,01528 g/mol (eau)

$M_{He}$ 4,002602 g/mol (hélium)

$M_N$ 14,0067 g/mol (azote atomique)

$M_{N2}$ 28,0134 g/mol (azote moléculaire)

$M_{NOx}$ 46,0055 g/mol [oxydes d'azote ([a])]

$M_O$ 15,9994 g/mol (oxygène atomique)

$M_{O2}$ 31,9988 g/mol (oxygène moléculaire)

$M_{C3H8}$ 44,09562 g/mol (propane)

$M_S$ 32,065 g/mol (soufre)

$M_{HC}$ 13,875389 g/mol [hydrocarbures totaux ([b])].

La constante molaire de gaz R suivante est utilisée pour les gaz parfaits:

$$R = 8,31442\,\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

Les rapports suivants des chaleurs spécifiques γ pour l'air de dilution et les gaz d'échappement dilués sont appliqués:

$\gamma_{air}$ 1,399 (rapport des chaleurs spécifiques de l'air d'admission ou de l'air de dilution)

$\gamma_{dil}$ 1,399 (rapport des chaleurs spécifiques des gaz d'échappement dilués)

$\gamma_{exh}$ 1,385 (rapport des chaleurs spécifiques des gaz d'échappement bruts).

([a]) La masse molaire effective des $NO_X$ est définie par la masse molaire du dioxyde d'azote, $NO_2$.

([b]) La masse molaire effective des HC est définie par un rapport d'hydrogène atomique à carbone, α, de 1,85.

A.2.3.2. Air humide

La présente section explique comment déterminer la quantité d'eau dans un gaz idéal.

A.2.3.2.1. Pression de vapeur de l'eau

La pression de vapeur de l'eau $p_{H2O}$ [kPa] pour une température de saturation donnée, $T_{sat}$ [K], doit être calculée au moyen de l'équation (A.5-1) ou (A.5-2):

a) Pour les mesures d'humidité faites à des températures ambiantes comprises entre 273,15 et 373,15 K (0 et 100 °C), ou pour des mesures de l'humidité faites au-dessus d'eau surrefroidie à des températures ambiantes de 223,15 et 273,15 K (– 50 et 0 °C):

$$\log_{10}\left(p_{H_2O}\right) = 10,79574\cdot\left(1-\frac{273,16}{T_{sat}}\right) - 5,02800\cdot\log_{10}\left(\frac{T_{sat}}{273,16}\right) + 1,50475\cdot10^{-4}\cdot\left(1-10^{-8,2969\frac{T_{sat}}{273,16}-1}\right) + 0,42873\cdot10^{-3}\cdot\left(10^{4,76955\left(1-\frac{273,16}{T_{sat}}\right)}-1\right) - 0,2138602 \quad \text{(A.5-77)}$$

où:

$p_{H2O}$ pression de vapeur de l'eau à température de saturation [kPa]

$T_{sat}$ température de saturation de l'eau aux conditions mesurées [K].

b) Pour les mesures de l'humidité faites sur de la glace à des températures ambiantes de – 100 à 0 °C:

$$\log_{10}\left(p_{H_2O}\right) = -9,096853\cdot\left(\frac{273,16}{T_{sat}}-1\right) - 3,566506\cdot\log_{10}\left(\frac{273,16}{T_{sat}}\right) + 0,876812\cdot\left(1-\frac{T_{sat}}{273,16}\right) - 0,2138602 \quad \text{(A.5-78)}$$

où:

$p_{H2O}$ pression de vapeur de l'eau à température de saturation [kPa];

$T_{sat}$ température de saturation de l'eau aux conditions mesurées [K].

A.2.3.2.2. Point de rosée

Si l'humidité est mesurée en tant que point de rosée, la quantité d'eau dans un gaz parfait $x_{H2O}$ [mol/mol] doit être calculée au moyen de l'équation

$$x_{H2O} = \frac{p_{H2O}}{p_{abs}} \quad \text{(A.5-79):}$$

où:

$x_{H2O}$ quantité d'eau dans un gaz parfait [mol/mol]

$p_{H2O}$ pression de vapeur de l'eau au point de rosée mesuré, $T_{sat} = T_{dew}$ [kPa]

$p_{abs}$ pression absolue statique en conditions humides à l'emplacement de mesure du point de rosée [kPa].

A.2.3.2.3. Humidité relative

Si l'on mesure l'humidité en tant qu'humidité relative RH%, la quantité d'eau d'un gaz parfait $x_{H2O}$ [mol/mol] est calculée au moyen de l'équation

$$x_{H2O} = \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{p_{H2O}}{P_{abs}} \quad \text{(A.5-80):}$$

où:

*RH%* humidité relative [%]

$p_{H2O}$ pression de vapeur de l'eau à 100 % d'humidité relative à l'emplacement de mesure de l'humidité relative, $T_{sat} = T_{amb}$ [kPa]

$p_{abs}$ pression absolue statique en conditions humides à l'emplacement de mesure de l'humidité relative [kPa].

A.2.3.2.4. Détermination du point de rosée à partir de l'humidité relative et de la température de bulbe sec

Si l'humidité est mesurée sous forme d'humidité relative, RH%, le point de rosée, $T_{dew}$, est déterminé à partir de RH% et de la température de bulbe sec au moyen de l'équation (A.5-81):

$$T_{dew} = \frac{2{,}0798233 \cdot 10^{2} - 2{,}0156028 \cdot 10^{1} \cdot \ln\left(p_{H2O}\right) + 4{,}6778925 \cdot 10^{-1} \cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{2} - 9{,}2288067 \cdot 10^{-6} \cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{3}}{1 - 1{,}3319669 \cdot 10^{-1} \cdot \ln\left(p_{H2O}\right) + 5{,}6577518 \cdot 10^{-3} \cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{2} - 7{,}517286510 \cdot 10^{-5} \cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{3}} \quad \text{(A.5-81)}$$

où:

$p_{H2O}$ pression de vapeur d'eau proportionnée à l'humidité relative à l'emplacement de mesure de l'humidité relative, $T_{sat} = T_{amb}$

$T_{dew}$ point de rosée déterminé à partir des mesures de l'humidité relative et de la température de bulbe sec.

A.2.3.3. Propriétés du carburant

La formule chimique générale du carburant est $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$, α étant le rapport atomique hydrogène à carbone (H/C), β le rapport atomique oxygène à carbone (O/C), γ le rapport atomique soufre à carbone (S/C) et δ le rapport atomique azote à carbone (N/C). Cette formule permet de calculer la fraction de la masse de carbone $w_C$ du carburant. Dans le cas d'un carburant pour moteurs diesel, on peut utiliser la formule simple $CH_\alpha O_\beta$. On peut tirer du tableau A.2.1 les valeurs par défaut pour la composition du carburant:

*Tableau A.2.1*

**Valeurs par défaut du rapport atomique hydrogène à carbone α, du rapport atomique oxygène à carbone β, du rapport atomique soufre à carbone γ et du rapport atomique azote à carbone δ, et fraction de la masse de carbone de carburant $w_C$ pour les carburants de référence**

| Carburant | Rapports atomiques hydrogène, oxygène, soufre et azote à carbone $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$ Concentration | en masse de carbone, $w_C$ [g/g] |
|---|---|---|
| Diesel (gazole non routier) | $CH_{1,80}O_0S_0N_0$ | 0,869 |
| Éthanol pour moteurs à allumage par compression dédiés (ED95) | $CH_{2,92}O_{0,46}S_0N_0$ | 0,538 |
| Essence (E10) | $CH_{1,92}O_{0,03}S_0N_0$ | 0,833 |
| Essence (E0) | $CH_{1,85}O_0S_0N_0$ | 0,866 |
| Éthanol (E85) | $CH_{2,73}O_{0,36}S_0N_0$ | 0,576 |
| GPL | $CH_{2,64}O_0S_0N_0$ | 0,819 |
| Gaz naturel/biométhane | $CH_{3,78}O_{0,016}S_0N_0$ | 0,747 |

A.2.3.3.1. Calcul de la concentration en masse de carbone $w_C$

À titre de variante pour les valeurs par défaut du tableau A.2.1, ou lorsqu'aucune valeur par défaut n'est indiquée pour le carburant de référence utilisé, la concentration en masse de carbone $w_C$ peut être calculée à partir des propriétés mesurées du carburant, au moyen de l'équation (A.5-82). Les valeurs pour α et β sont déterminées pour le carburant et insérées dans l'équation dans tous les cas, mais les valeurs de γ et δ peuvent être réglées à zéro si elles sont de zéro dans la ligne correspondante du tableau A.2.1:

$$w_C = \frac{1 \cdot M_C}{1 \cdot M_C + \alpha \cdot M_H + \beta \cdot M_O + \gamma \cdot M_S + \delta \cdot M_N} \quad \text{(A.5-82)}$$

où:

$M_C$ masse molaire du carbone;

$\alpha$ rapport atomique hydrogène/carbone du mélange de carburants brûlé, pondéré par la consommation molaire

$M_H$ masse molaire de l'hydrogène

$\beta$ rapport atomique oxygène/carbone du mélange de carburants brûlé, pondéré par la consommation molaire

$M_O$ masse molaire de l'oxygène

$\gamma$ rapport atomique soufre/carbone du mélange de carburants brûlé, pondéré par la consommation molaire

$M_S$ masse molaire du soufre

$\delta$ rapport atomique azote/carbone du mélange de carburants brûlé, pondéré par la consommation molaire

$M_N$ masse molaire de l'azote.

A.2.3.4. Correction en fonction de la contamination initiale de la concentration en hydrocarbures totaux (THC)

Pour la mesure des hydrocarbures, $x_{THC[THC\text{-}FID]}$ est calculé en utilisant la concentration de la contamination THC initiale $x_{THC[THC\text{-}FID]init}$ du paragraphe 7.3.1.2 de l'annexe 4, au moyen de l'équation (A.5-83):

$$x_{THC[THC\text{-}FID]cor} = x_{THC[THC\text{-}FID]uncorr} - x_{THC[THC\text{-}FID]init} \quad \text{(A.5-83)}$$

où:

$x_{THC[THC\text{-}FID]cor}$ concentration THC corrigée de la contamination [mol/mol]

$x_{THC[THC\text{-}FID]uncorr}$ concentration THC non corrigée [mol/mol]

$x_{THC[THC\text{-}FID]init}$ concentration de la contamination THC initiale [mol/mol].

A.2.3.5. Concentration moyenne pondérée par le débit

À certains points de la présente section, il peut être nécessaire de calculer une concentration moyenne pondérée en fonction du débit pour déterminer l'applicabilité de certaines dispositions. Une moyenne pondérée en fonction du débit est la moyenne d'une quantité après pondération proportionnellement à un débit correspondant. Si, par exemple, on mesure en continu une concentration de gaz provenant des gaz d'échappement bruts d'un moteur, sa concentration moyenne pondérée en fonction du débit est la somme des produits de chaque durée de concentration enregistrée par le débit molaire des gaz d'échappement considérés, divisée par la somme des valeurs du débit. Autre exemple, la concentration dans le sac d'un système CVS est la même que la concentration pondérée étant donné que le système CVS lui-même pondère la concentration dans le sac. Une certaine concentration moyenne pondérée d'émissions types peut déjà être attendue sur la base d'essais préliminaires avec des moteurs analogues ou d'essais avec des équipements et des instruments analogues.

A.2.4. Bilans chimiques du carburant, de l'air d'admission et des gaz d'échappement

A.2.4.1. Généralités

On peut calculer les bilans chimiques du carburant, de l'air d'admission et des gaz d'échappement pour calculer les débits, la quantité d'eau contenue dans ces débits ainsi que la concentration en conditions humides des constituants dans leurs débits. Avec le débit du carburant, de l'air d'admission ou de l'échappement, on peut utiliser les bilans chimiques pour déterminer le débit des deux autres. Par exemple, on peut utiliser les bilans chimiques avec l'air d'admission ou avec le débit du carburant pour déterminer le débit des gaz d'échappement.

A.2.4.2. Procédures nécessitant des bilans chimiques

Les bilans chimiques sont nécessaires pour déterminer ce qui suit:

a) la quantité d'eau contenue dans un débit de gaz d'échappement bruts ou dilués, $x_{H2Oexh}$, lorsque la quantité d'eau nécessaire pour corriger la quantité d'eau enlevée par le système de prélèvement n'a pas été mesurée;

b) la fraction moyenne pondérée de l'air de dilution dans les gaz d'échappement, $x_{dil/exh}$, lorsque le débit d'air de dilution n'est pas mesuré pour effectuer des corrections en fonction des émissions ambiantes. Il convient de noter que si les bilans chimiques sont utilisés à cet effet, on part de l'hypothèse que les gaz d'échappement sont stœchiométriques, même s'ils ne le sont pas.

A.2.4.3. Procédure de bilan chimique

Les calculs d'un bilan chimique font intervenir un système d'équations qui nécessite une itération. On part de l'hypothèse, pour les valeurs initiales, d'un maximum de trois quantités: la quantité d'eau dans le débit mesuré, $x_{H2Oexh}$, la fraction d'air de dilution dans les gaz d'échappement dilués (ou l'excès d'air dans les gaz d'échappement bruts), $x_{dil/exh}$, ainsi que la quantité de produits sur une base C1 par mole sèche de débit mesuré sec, $x_{Ccombdry}$. Les valeurs moyennes pondérées de l'humidité de l'air de combustion et de l'humidité de l'air de dilution dans le bilan chimique sont utilisables tant que l'humidité de l'air de combustion et l'humidité de l'air de dilution restent dans les tolérances de ± 0,0025 mol/mol autour de leurs valeurs moyennes respectives sur la durée de l'essai. Pour chaque concentration d'émissions x et quantité d'eau $x_{H2Oexh}$, il faut déterminer les concentrations pour un état parfaitement sec, $x_{dry}$ et $x_{H2Oexhdry}$. Il faut également utiliser le rapport atomique hydrogène à carbone du carburant α, le rapport oxygène à carbone β et la fraction en masse du carbone du carburant $w_C$. Pour le carburant d'essai, α et β ou les valeurs par défaut du tableau A.2.1 peuvent être utilisées.

On procède de la manière suivante pour obtenir le bilan chimique:

a) il faut convertir les concentrations mesurées telles que $x_{CO2meas}$, $x_{NOmeas}$, et $x_{H2Oint}$ en concentrations en conditions sèches en les divisant par un moins la quantité d'eau présente au cours de leurs mesures respectives; par exemple: $x_{H2OxCO2meas}$, $x_{H2OxNOmeas}$ et $x_{H2Oint}$. Si la quantité d'eau présente au cours d'une mesure en conditions humides est la même que la quantité d'eau inconnue dans le débit des gaz d'échappement, $x_{H2Oexh}$, elle doit être calculée itérativement pour cette valeur dans le système d'équations. Si on mesure uniquement les $NO_X$ totaux et non NO et $NO_2$ séparément, il faut suivre des pratiques techniques reconnues pour faire une distinction, dans la concentration de $NO_X$ totaux, entre NO et $NO_2$ pour les bilans chimiques. La concentration molaire de $NO_X$, $x_{NOx}$, peut être considérée comme égale à 75 % de NO et 25 % de $NO_2$. Pour les systèmes de traitement aval à stockage de $NO_2$, on peut considérer que $x_{NOx}$ est égal à 25 % de NO et à 75 % de $NO_2$. Pour calculer la masse des émissions de $NO_X$, on utilise la masse molaire de $NO_2$ pour la masse molaire effective de toutes les espèces de $NO_X$, indépendamment de la fraction exacte de $NO_2$ dans les $NO_X$;

b) les équations (A.5-6) à (A.5-23) du point d) du présent paragraphe doivent être introduites dans le programme informatique pour calculer de manière itérative $x_{H2Oexh}$, $x_{Ccombdry}$ et $x_{dil/exh}$. Il faut suivre les pratiques techniques reconnues pour estimer les valeurs initiales de $x_{H2Oexh}$, $x_{Ccombdry}$ et $x_{dil/exh}$. Il est recommandé de considérer qu'une quantité initiale d'eau représente environ deux fois la quantité d'eau dans l'air d'admission ou de dilution. Il est recommandé de considérer la valeur initiale de $x_{Ccombdry}$ comme la somme des valeurs mesurées de $CO_2$, CO et THC. Il est également recommandé de partir d'une estimation initiale de $x_{dil}$ située entre 0,75 et 0,95, par exemple 0,8. Les valeurs dans le système d'équations sont utilisées itérativement jusqu'à ce que les estimations à jour les plus récentes soient toutes à ± 1 % autour de leurs valeurs respectives les plus récemment calculées;

c) on utilise les symboles et les indices suivants dans le système d'équations du point d) où l'unité x est mol/mol:

| Symbole | Description |
|---|---|
| $x_{dil/exh}$ | Quantité de gaz de dilution ou d'excès d'air par mole de gaz d'échappement |
| $x_{H2Oexh}$ | Quantité de $H_2O$ par mole de gaz d'échappement |

| Symbole | Description |
|---|---|
| $x_{Ccombdry}$ | Quantité de carbone du carburant dans les gaz d'échappement par mole de gaz d'échappement secs |
| $x_{H2Oexhdry}$ | Quantité d'eau dans les gaz d'échappement par mole sèche de gaz d'échappement secs |
| $x_{prod/intdry}$ | Quantité de produits stœchiométriques secs par mole sèche d'air d'admission |
| $x_{dil/exhdry}$ | Quantité de gaz de dilution et/ou d'excès d'air par mole de gaz d'échappement secs |
| $x_{int/exhdry}$ | Quantité d'air d'admission nécessaire pour produire des produits de combustion par mole de gaz d'échappements secs (bruts ou dilués) |
| $x_{raw/exhdry}$ | Quantité de gaz d'échappement non dilués, sans air en excès, par mole de gaz d'échappement secs (bruts ou dilués) |
| $x_{O2intdry}$ | Quantité de $O_2$ dans l'air d'admission par mole d'air d'admission sec; $x_{O2intdry}$ = 0,209445 mol/mol est une bonne hypothèse |
| $x_{CO2intdry}$ | Quantité de $CO_2$ dans l'air d'admission par mole d'air d'admission sec; $x_{CO2intdry}$ = 375 µmol/mol peut être utilisé, mais il est recommandé de mesurer la concentration réelle dans l'air d'admission |
| $x_{H2Ointdry}$ | Quantité de $H_2O$ dans l'air d'admission par mole d'air d'admission sec |
| $x_{CO2int}$ | Quantité de $CO_2$ dans l'air d'admission par mole d'air d'admission |
| $x_{CO2dil}$ | Quantité de $CO_2$ par mole de gaz de dilution |
| $x_{CO2dildry}$ | Quantité de $CO_2$ par mole de gaz de dilution sec. Si l'on utilise de l'air comme diluant, on peut utiliser $x_{CO2dildry}$ = 375 µmol/mol, mais il est recommandé de mesurer la concentration réelle dans l'air d'admission |
| $x_{H2Odildry}$ | Quantité de $H_2O$ par mole de gaz de dilution sec |
| $x_{H2Odil}$ | Quantité de $H_2O$ par mole de gaz de dilution |
| $x_{[emission]meas}$ | Quantité d'émissions mesurée dans l'échantillon par les analyseurs de gaz respectifs |
| $x_{[emission]dry}$ | Quantité d'émissions par mole sèche d'échantillon sec |
| $x_{H2O[emission]meas}$ | Quantité d'eau dans l'échantillon à l'emplacement de la détection des émissions. Ces valeurs doivent être mesurées ou estimées conformément au paragraphe 9.3.2.3.1 de l'annexe 4. |
| $x_{H2Oint}$ | Quantité d'eau dans l'air d'admission, sur la base de la mesure de l'humidité de l'air d'admission |
| $K_{H2Ogas}$ | Coefficient d'équilibre de la réaction eau-gaz. 3,5, ou une valeur différente sur la base d'un jugement technique valable. |
| α | Rapport atomique hydrogène/carbone du mélange de carburants ($CH_\alpha O_\beta$) brûlé, pondéré par la consommation molaire |
| β | Rapport atomique oxygène/carbone du mélange de carburants ($CH_\alpha O_\beta$) brûlé, pondéré par la consommation molaire |

d) on utilise les équations [(A.5-84) à (A.5-101)] pour calculer itérativement $x_{dil/exh}$, $x_{H2Oexh}$ et $x_{Ccombdry}$:

$$x_{dil/exh} = 1 - \frac{x_{raw/exhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \quad \text{(A.5-84)}$$

$$x_{H2Oexh} = \frac{x_{H2Oexhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \quad \text{(A.5-85)}$$

$$x_{\text{Ccombdry}} = x_{\text{CO2dry}} + x_{\text{COdry}} + x_{\text{THCdry}} - x_{\text{CO2dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} - x_{\text{CO2int}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} \quad \text{(A.5-86)}$$

$$x_{\text{H2dry}} = \frac{x_{\text{COdry}} \cdot \left( x_{\text{H2Oexhdry}} - x_{\text{H2Odil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} \right)}{K_{\text{H2Ogas}} \cdot \left( x_{\text{CO2dry}} - x_{\text{CO2dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} \right)} \quad \text{(A.5-87)}$$

$$x_{\text{H2Oexhdry}} = \frac{\alpha}{2} \left( x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}} \right) + x_{\text{H2Odil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} + x_{\text{H2Oint}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{H2dry}} \quad \text{(A.5-88)}$$

$$x_{\text{dil/exhdry}} = \frac{x_{\text{dil/exh}}}{1 - x_{\text{H2Oexh}}} \quad \text{(A.5-89)}$$

$$x_{\text{int/exhdry}} = \frac{1}{2 \cdot x_{\text{O2int}}} \left[ \left( \frac{\alpha}{2} - \beta + 2 + 2\gamma \right) \left( x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}} \right) - \left( x_{\text{COdry}} - x_{\text{NOdry}} - 2x_{\text{NO2dry}} + x_{\text{H2dry}} \right) \right] \quad \text{(A.5-90)}$$

$$x_{\text{raw/exhdry}} = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\alpha}{2} + \beta + \delta \right) \left( x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}} \right) + \left( 2x_{\text{THCdry}} + x_{\text{COdry}} - x_{\text{NO2dry}} + x_{\text{H2dry}} \right) \right] + x_{\text{int/exhdry}} \quad \text{(A.5-91)}$$

$$x_{\text{O2int}} = \frac{0{,}209820 - x_{\text{CO2intdry}}}{1 + x_{\text{H2Ointdry}}} \quad \text{(A.5-92)}$$

$$x_{\text{CO2int}} = \frac{x_{\text{CO2intdry}}}{1 + x_{\text{H2Ointdry}}} \quad \text{(A.5-93)}$$

$$x_{\text{H2Ointdry}} = \frac{x_{\text{H2Oint}}}{1 - x_{\text{H2Oint}}} \quad \text{(A.5-94)}$$

$$x_{CO2dil} = \frac{x_{CO2dildry}}{1 + x_{H2Odildry}} \quad \text{(A.5-95)}$$

$$x_{H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \quad \text{(A.5-96)}$$

$$x_{COdry} = \frac{x_{COmeas}}{1 - x_{H2OCOmeas}} \quad \text{(A.5-97)}$$

$$x_{CO2dry} = \frac{x_{CO2meas}}{1 - x_{H2OCO2meas}} \quad \text{(A.5-98)}$$

$$x_{NOdry} = \frac{x_{NOmeas}}{1 - x_{H2ONOmeas}} \quad \text{(A.5-99)}$$

$$x_{NO2dry} = \frac{x_{NO2meas}}{1 - x_{H2ONO2meas}} \quad \text{(A.5-100)}$$

$$x_{THCdry} = \frac{x_{THCmeas}}{1 - x_{H2OTHCmeas}} \quad \text{(A.5-101)}$$

À la fin du bilan chimique, le débit molaire est calculé comme spécifié aux paragraphes A.2.5.3 et A.2.6.3.

A.2.4.4. Correction des $NO_X$ pour l'humidité

Toutes les concentrations de $NO_X$, y compris les concentrations ambiantes d'air de dilution, doivent être corrigées de l'humidité de l'air d'admission au moyen de l'équation (A.5-102) ou (A.5-103):

a) Pour les moteurs à allumage par compression

$$x_{NOXcor} = x_{NOXuncor} \cdot \left(9,953 \cdot x_{H2O} + 0,832\right) \quad \text{(A.5-102)}$$

b) Pour les moteurs à allumage commandé

$$x_{NOXcor} = x_{NOXuncor} \cdot \left(18,840 \cdot x_{H2O} + 0,68094\right) \quad \text{(A.5-103)}$$

où:

$x_{NOxuncor}$ concentration molaire de $NO_X$ non corrigée dans les gaz d'échappement [µmol/mol]

$x_{H2O}$ quantité d'eau dans l'air d'admission [mol/mol].

A.2.5. Mesure des émissions de gaz dans les gaz d'échappement bruts

A.2.5.1. Masse des émissions gazeuses

Pour calculer la masse totale par essai d'émissions gazeuses $m_{gas}$ [g/essai], il faut multiplier la concentration molaire par le débit molaire correspondant et par la masse molaire des gaz d'échappement; ensuite, on fait l'intégration sur le cycle d'essai [équation (A.5-104)]:

$$\boldsymbol{m_{gas} = M_{gas} . \int \dot{n}_{exh} . x_{gas} . dt} \quad \text{(A.5-104)}$$

où:

$M_{gas}$ masse molaire des émissions gazeuses génériques [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ débit molaire instantané de gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$x_{gas}$ concentration molaire instantanée de gaz générique en conditions humides [mol/mol]

$t$ temps [s].

Étant donné que l'équation (A.5-104) doit être résolue par intégration numérique, elle est transformée au moyen de l'équation (A.5-105):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \int \dot{n}_{exh} \cdot x_{gas} \cdot dt \Rightarrow m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \quad \text{(A.5-105)}$$

où:

$M_{gas}$ masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ débit molaire instantané de gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$x_{gasi}$ concentration molaire instantanée de gaz générique en conditions humides [mol/mol]

$f$ fréquence de collecte des données [Hz]

N nombre de mesures [-].

La formule générale peut être modifiée selon le système de mesure utilisé, selon que le prélèvement est fait par lots ou en continu, et selon que le débit est plutôt variable que constant.

a) Pour le prélèvement en continu, dans le cas général du débit variable, la masse des émissions gazeuses $m_{gas}$ [g/essai] doit être calculée au moyen de l'équation (A.5-106):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \quad \text{(A.5-106)}$$

où:

$M_{gas}$ masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ débit molaire instantané de gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$x_{gasi}$ fraction molaire instantanée d'émissions gazeuses en conditions humides [mol/mol]

$f$ fréquence de collecte des données [Hz]

N nombre de mesures [-].

b) Toujours pour le prélèvement en continu, mais dans le cas particulier du débit constant, on calcule la masse des émissions gazeuses $m_{gas}$ [g/essai] au moyen de l'équation (A.5-107):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{\text{exh}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \Delta t \qquad \text{(A.5-107)}$$

où:

$M_{gas}$ masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}}$ débit molaire des gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$\bar{x}_{\text{gas}}$ fraction molaire moyenne des émissions gazeuses en conditions humides [mol/mol]

$\Delta t$ durée de l'intervalle d'essai.

c) Dans le cas du prélèvement par lots, que le débit soit variable ou constant, on peut simplifier l'équation (A.5-104) au moyen de l'équation

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{\text{exh}i} \qquad \text{(A.5-108):}$$

où:

$M_{gas}$ masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}i}$ débit molaire instantané de gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$\bar{x}_{\text{gas}}$ fraction molaire moyenne des émissions gazeuses en conditions humides [mol/mol]

$f$ fréquence de collecte des données [Hz]

N nombre de mesures [-].

A.2.5.2. Conversion de la concentration de sec à humide

Les paramètres de la présente section sont obtenus à partir des résultats du bilan chimique calculé au paragraphe A.2.4.3. La relation suivante existe entre les concentrations de gaz molaires dans les débits $x_{\text{gasdry}}$ mesuré et $x_{\text{gas}}$ [mol/mol] exprimés respectivement pour les conditions sèches et pour les conditions humides (équations

$$x_{\text{gasdry}} = \frac{x_{\text{gas}}}{1 - x_{\text{H2O}}} \qquad \text{(A.5-109)}$$

$$x_{\text{gas}} = \frac{x_{\text{gasdry}}}{1 + x_{\text{H2Odry}}} \qquad \text{(A.5-110)):}$$

où:

$x_{H2O}$ fraction molaire de l'eau dans le débit mesuré en conditions humides [mol/mol]

$x_{H2Odry}$ fraction molaire de l'eau dans le débit mesuré en conditions sèches [mol/mol].

Dans le cas des émissions gazeuses, une correction en fonction de l'eau éliminée doit être apportée à la concentration générique x [mol/mol] au moyen de l'équation

$$x = x_{[\text{emission}]\text{meas}} \left[ \frac{\left(1 - x_{\text{H2Oexh}}\right)}{1 - x_{\text{H2O}[\text{emission}]\text{meas}}} \right] \quad \text{(A.5-111):}$$

où:

$x_{[emission]meas}$ fraction molaire des émissions dans le débit mesuré à l'emplacement de mesure [mol/mol]

$x_{H2O[emission]meas}$ quantité d'eau dans le débit mesuré à l'emplacement de mesure des concentrations [mol/mol]

$x_{H2Oexh}$ quantité d'eau au débimètre [mol/mol].

A.2.5.3 Débit molaire des gaz d'échappement

On peut mesurer directement le débit des gaz d'échappement bruts ou bien le calculer sur la base du bilan chimique décrit au paragraphe A.2.4.3. Le calcul du débit molaire de gaz d'échappement bruts est effectué à partir du débit molaire de l'air d'admission ou du débit-masse de carburant. Le débit molaire des gaz d'échappement bruts peut être calculé à partir des échantillons prélevés, $\dot{n}_{\text{exh}}$ compte tenu du débit molaire de l'air d'admission mesuré, $\dot{n}_{\text{int}}$ ou du débit-masse de carburant mesuré, $\dot{m}_{\text{fuel}}$, ainsi que des valeurs calculées au moyen du bilan chimique décrit au paragraphe A.2.4.3. Il faut le déterminer pour le bilan chimique décrit au paragraphe A.2.4.3 à la même fréquence que celle de la mise à jour et de l'enregistrement de $x_{\text{O2airdry}} = 0,209445\,\text{mol/mol}$ ou $\dot{m}_{\text{fuel}}$.

a) Débit de gaz de carter Le débit de gaz d'échappement bruts ne peut être calculé sur la base de $\dot{n}_{\text{int}}$ ou $\dot{m}_{\text{fuel}}$ que si au moins l'une des conditions ci-après est vérifiée en ce qui concerne le débit d'émissions de gaz du carter:

   i) le moteur soumis à l'essai dispose de série d'un dispositif antipollution à carter fermé qui achemine les gaz du carter dans l'air d'admission, en aval du débitmètre d'air;

   ii) pendant les essais de contrôle des émissions, les débits de gaz du carter ouvert doivent être acheminés vers l'échappement conformément au paragraphe 6.10 de l'annexe 4;

   iii) les émissions et le débit du carter à système ouvert sont mesurés et ajoutés aux calculs des émissions spécifiques au frein;

   iv) sur la base des données relatives aux émissions ou d'une analyse technique, on peut démontrer que le fait de négliger le débit des émissions de carter à système ouvert ne nuit pas à la conformité aux normes applicables.

b) Calcul du débit molaire fondé sur l'air d'admission

   Sur la base de $\dot{n}_{\text{int}}$, le débit molaire de gaz d'échappement $\dot{n}_{\text{exh}}$ [mol/s] doit être calculé au moyen de l'équation

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{n}_{\text{int}}}{\left[1 + \frac{\left(x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{raw/exhdry}}\right)}{\left(1 + x_{\text{H2Oexhdry}}\right)}\right]} \quad \text{(A.5-112):}$$

où:

$\dot{n}_{\text{exh}}$ débit molaire des gaz d'échappement bruts à partir duquel sont mesurées les émissions [mol/s]

$\dot{n}_{\text{int}}$ débit molaire de l'air d'admission, y compris l'humidité dans l'air d'admission [mol/s]

$x_{\text{int/exhdry}}$ quantité d'air d'admission nécessaire pour produire des produits de combustion par mole de gaz d'échappements secs (bruts ou dilués) [mol/mol]

$x_{\text{raw/exhdry}}$ quantité de gaz d'échappement non dilué, sans excès d'air, par mole de gaz d'échappement secs (bruts ou dilués) [mol/mol]

$x_{\text{H2Oexhdry}}$ quantité d'eau dans les gaz d'échappement par mole de gaz d'échappement secs [mol/mol].

c) Calcul du débit molaire fondé sur le débit-masse du carburant

Sur la base de, $\dot{m}_{fuel}$ , $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] doit être calculé de la manière suivante:

Lors de la réalisation d'essais en laboratoire, ce calcul ne peut être utilisé que pour les cycles à modes discrets et les cycles à modes stationnaires raccordés [équation

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot w_C \cdot \left(1 + x_{H2Oexhdry}\right)}{M_C \cdot x_{Ccombdry}}$$ A.5-113]:

où:

| | |
|---|---|
| $\dot{n}_{exh}$ | débit molaire des gaz d'échappement bruts à partir duquel sont mesurées les émissions |
| $\dot{m}_{fuel}$ | débit de carburant, y compris l'humidité de l'air d'admission [g/s] |
| $w_C$ | fraction de masse de carbone pour le carburant considéré [g/g] |
| $x_{H2Oexhdry}$ | quantité de $H_2O$ par mole sèche de débit mesuré [mol/mol] |
| $M_C$ | masse molaire du carbone: 12,011 g/mol |
| $x_{Ccombdry}$ | quantité de carbone du carburant dans les gaz d'échappement par mole de gaz d'échappement secs [mol/mol]. |

d) Débit molaire des gaz d'échappement sur la base du débit molaire de l'air d'admission mesuré, débit molaire des gaz d'échappement dilués et bilan chimique des gaz dilués

Le débit molaire des gaz d'échappement $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] peut être calculé à partir du débit molaire de l'air d'admission mesuré, $\dot{n}_{int}$ , du débit molaire des gaz d'échappement dilués mesuré, $\dot{n}_{dexh}$ ainsi que des valeurs calculées au moyen du bilan chimique décrit au paragraphe A.2.4.3. Il est à noter que le bilan chimique doit être basé sur les concentrations de gaz d'échappement dilués. Pour les calculs en flux continu, résoudre le bilan chimique du paragraphe A.2.4.3 à la même fréquence que celle de la mise à jour et de l'enregistrement de $\dot{n}_{int}$ et $\dot{n}_{dexh}$. Cette valeur calculée peut être utilisée pour la vérification du rapport de dilution PM, le calcul du débit molaire de l'air de dilution dans la correction en fonction des émissions ambiantes au paragraphe A.2.6.1 et le calcul de la masse des émissions au paragraphe A.2.5.1 pour les espèces qui sont mesurées dans les gaz d'échappement bruts. $\dot{n}_{dexh}$ Sur la base du débit molaire des gaz d'échappement dilués et de l'air d'admission,

le débit molaire des gaz d'échappement, $\dot{n}_{exh}$ , [mol/s] est calculé de la manière suivante:

$$\dot{n}_{exh} = \left(x_{raw/exhdry} - x_{int/exhdry}\right) \cdot \left(1 - x_{H2Oexh}\right) \cdot \dot{n}_{dexh} + \dot{n}_{int}$$ (A.5-114)

où:

| | |
|---|---|
| $\dot{n}_{exh}$ | débit molaire des gaz d'échappement bruts à partir duquel sont mesurées les émissions [mol/s] |
| $x_{int/exhdry}$ | quantité d'air d'admission nécessaire pour produire les produits de combustion proprement dits par mole de gaz d'échappement secs (bruts ou dilués) [mol/mol] |
| $x_{raw/exhdry}$ | quantité de gaz d'échappement non dilués, sans excès d'air, par mole de gaz d'échappement secs (bruts ou dilués) [mol/mol] |
| $x_{H2Oexh}$ | quantité d'eau dans les gaz d'échappement, par mole de gaz d'échappement [mol/mol] |
| $\dot{n}_{dexh}$ | débit molaire des gaz d'échappement dilués à partir duquel sont mesurées les émissions [mol/s] |
| $\dot{n}_{int}$ | débit molaire de l'air d'admission, y compris l'humidité dans l'air d'admission [mol/s]. |

A.2.6. Émissions gazeuses diluées

A.2.6.1. Calcul de la masse des émissions et correction pour émissions ambiantes

La masse des émissions de gaz $m_{gas}$ [g/essai] en fonction des débits d'émissions molaires est calculée comme suit:

a) Le prélèvement en continu sur la base d'un débit variable est calculé au moyen de l'équation (A.5-106) [voir paragraphe A.2.5.1 a)]:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \quad \text{(A.5-106)}$$

où:

$M_{gas}$ masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ débit molaire instantané de gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$x_{gasi}$ concentration molaire instantanée de gaz générique en conditions humides [mol/mol]

$f$ fréquence de collecte des données [Hz]

$N$ nombre de mesures [-].

b) Le prélèvement en continu sur la base d'un débit constant est calculé au moyen de l'équation (A.5-107) [voir paragraphe A.2.5.1 b)]:

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{exh} \cdot \overline{x}_{gas} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-107)}$$

où:

$M_{gas}$ masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ débit molaire des gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$\overline{x}_{gas}$ fraction molaire moyenne des émissions gazeuses en conditions humides [mol/mol]

$\Delta t$ durée de l'intervalle d'essai.

c) Dans le cas du prélèvement par lot, que le débit soit variable ou constant, le calcul est effectué au moyen de l'équation (A.5-108) [voir paragraphe A.2.5.1 c)]:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \overline{x}_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \quad \text{(A.5-108)}$$

où:

$M_{gas}$ masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ débit molaire instantané de gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$\overline{x}_{gas}$ fraction molaire moyenne des émissions gazeuses en conditions humides [mol/mol]

$f$ fréquence de collecte des données [Hz]

$N$ nombre de mesures [-].

d) Dans le cas de gaz d'échappement dilués, les valeurs calculées pour la masse des polluants doivent être corrigées par soustraction de la masse des émissions ambiantes pour tenir compte de l'air de dilution:

i) en premier lieu, on détermine le débit molaire de l'air de dilution $\dot{n}_{airdil}$ [mol/s] sur l'ensemble de l'intervalle d'essai. Il peut s'agir d'une quantité mesurée ou d'une quantité calculée à partir du débit de gaz d'échappement dilués et de la fraction moyenne, pondérée en fonction du débit, de l'air de dilution dans les gaz d'échappement dilués, $\bar{x}_{dil/exh}$;

ii) le débit total d'air de dilution $n_{airdil}$ [mol] doit être multiplié par la concentration moyenne d'émissions ambiantes. Il peut s'agir d'une moyenne pondérée par le temps ou d'une moyenne pondérée par le débit (c'est-à-dire un échantillon proportionnel des émissions ambiantes). Le produit de $n_{airdil}$ [mol] et de la concentration moyenne d'émissions ambiantes est la quantité totale d'émissions ambiantes;

iii) si le résultat est une quantité molaire, il faut le convertir en masse d'émissions ambiantes $m_{bkgnd}$ [g] en le multipliant par la masse molaire d'émissions, $M_{gas}$ [g/mol];

iv) la masse totale d'émissions ambiantes doit être soustraite de la masse totale pour apporter des corrections en fonction des émissions ambiantes;

v) on peut déterminer le débit total d'air de dilution par une mesure directe du débit. Dans ce cas, la masse totale d'émissions ambiantes est calculée à partir du débit d'air de dilution, $n_{airdil}$. La masse d'émissions ambiantes doit être soustraite de la masse totale. Le résultat est utilisé dans les calculs des émissions spécifiques au frein;

vi) le débit total d'air de dilution peut être déterminé à partir du débit total de gaz d'échappement dilués et d'un bilan chimique de carburant, d'air d'admission et de gaz d'échappement, comme indiqué dans le paragraphe A.2.4. Dans ce cas, on calcule la masse totale d'émissions ambiantes, en utilisant le débit total de gaz d'échappement dilués, $n_{dexh}$. Ensuite, il faut multiplier ce résultat par la fraction moyenne, pondérée en fonction du débit, de l'air de dilution dans les gaz d'échappement dilués $\bar{x}_{dil/exh}$.

Compte tenu des deux cas de figure v) et vi), on utilise les équations (A.5 115) et (A.5-116):

$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot x_{gasdil} \cdot n_{airdil} \quad \text{(A.5-115)}$$

$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot \bar{x}_{dil/exh} \cdot \bar{x}_{bkgnd} \cdot n_{dexh}$$

$$m_{gascor} = m_{gas} - m_{bkgnd} \quad \text{(A.5-116)}$$

où:

$m_{gas}$ masse totale des émissions gazeuses [g]

$m_{bkgnd}$ masse totale des émissions ambiantes [g]

$m_{gascor}$ masse de gaz corrigée en fonction des émissions ambiantes [g]

$M_{gas}$ masse molaire des émissions gazeuses génériques [g/mol]

$x_{gasdil}$ concentration des émissions gazeuses dans l'air de dilution [mol/mol]

$n_{airdil}$ débit molaire de l'air de dilution [mol]

$\bar{x}_{dil/exh}$ fraction moyenne pondérée en fonction du débit de l'air de dilution dans les gaz d'échappement dilués [mol/mol]

$\bar{x}_{bkgnd}$ fraction gazeuse des émissions ambiantes [mol/mol]

$n_{dexh}$ débit total de gaz d'échappement dilués [mol].

A.2.6.2. Conversion de la concentration de sec à humide

Pour la conversion sec à humide des échantillons dilués, on utilise la conversion indiquée pour les gaz bruts (paragraphe A.2.5.2). En ce qui concerne l'air de dilution, on effectue une mesure de l'humidité afin de calculer la fraction de vapeur d'eau $xH_{2Odildry}$ [mol/mol]. Pour cela, on utilise l'équation (A.5-96) du paragraphe A.2.4.3 d):

$$x_{\mathrm{H2Odildry}} = \frac{x_{\mathrm{H2Odil}}}{1 - x_{\mathrm{H2Odil}}} \tag{A.5-96}$$

où:

$x_{H2Odil}$ fraction molaire d'eau dans le débit d'air de dilution [mol/mol].

A.2.6.3. Débit molaire des gaz d'échappement

a) Calcul au moyen du bilan chimique

Le débit molaire $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] peut être calculé sur la base du débit-masse de carburant au moyen de $\dot{m}_{fuel}$ l'équation (A.5-113) du paragraphe A.2.5.3 c):

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{\mathrm{fuel}} \cdot w_{\mathrm{C}} \cdot \left(1 + x_{\mathrm{H2Oehdry}}\right)}{M_{\mathrm{C}} \cdot x_{\mathrm{Ccombdry}}} \tag{A.5-113}$$

où:

$\dot{n}_{\mathrm{exh}}$ débit molaire des gaz d'échappement bruts à partir duquel sont mesurées les émissions [mol/s]

$\dot{m}_{\mathrm{fuel}}$ débit de carburant, y compris l'humidité de l'air d'admission [g/s]

$w_C$ fraction de masse de carbone pour le carburant considéré [g/g]

$x_{H2Oexhdry}$ quantité de $H_2O$ par mole sèche de débit mesuré [mol/mol]

$M_C$ masse molaire du carbone: 12,0107 g/mol;

$x_{Ccombdry}$ quantité de carbone du carburant dans les gaz d'échappement, par mole de gaz d'échappement secs [mol/mol].

b) Mesure

Le débit molaire des gaz d'échappement peut être mesuré de trois manières:

i) Méthode de la PDP. Sur la base de la vitesse de rotation à laquelle la pompe volumétrique fonctionne pour un intervalle d'essai, la pente correspondante, $a_1$, et l'ordonnée à l'origine, $a_0$ [-], telles que calculées avec la procédure d'étalonnage décrite au paragraphe 8.1.8.4.2 de l'annexe 4, permettent de calculer le débit molaire $\dot{n}$ [mol/s] au moyen de l'équation (A.5-117):

$$\dot{n} = f_{\mathrm{n,PDP}} \cdot \frac{p_{\mathrm{in}} \cdot V_{\mathrm{rev}}}{R \cdot T_{\mathrm{in}}} \tag{A.5-117}$$

avec:

$$V_{\mathrm{rev}} = \frac{a_1}{f_{\mathrm{n,PDP}}} \cdot \sqrt{\frac{p_{\mathrm{out}} - p_{\mathrm{in}}}{p_{\mathrm{in}}}} + a_0 \tag{A.5-118}$$

où:

$a_1$ coefficient d'étalonnage [m³/s]

$a_0$ coefficient d'étalonnage [m³/tr]

$p_{in}$, $p_{out}$ pressions d'entrée et de sortie [Pa]

$R$ constante molaire des gaz [J/(mol K)]

$T_{in}$ température à l'entrée [K]

$V_{rev}$ volume pompé par la PDP [m³/tr]

$f_{n.,PDP}$ vitesse de la pompe PDP [tr/s].

ii) Méthode du SSV Sur la base de l'équation liant $C_d$ à $R_e$#, déterminée conformément au paragraphe 8.1.8.4.4 de l'annexe 4, le débit molaire du venturi subsonique (SSV) pendant un essai d'émissions $\dot{n}$ [mol/s] est calculé au moyen de l'équation (A.5-119):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad \text{(A.5-119)}$$

où:

$p_{in}$ pression à l'entrée [Pa]

$A_t$ section transversale du col du venturi [m²]

$R$ constante molaire des gaz [J/(mol K)]

$T_{in}$ température à l'entrée [K]

$Z$ facteur de compressibilité

$M_{mix}$ masse molaire des gaz d'échappement dilués [kg/mol]

$C_d$ coefficient de décharge du venturi SSV [-]

$C_f$ coefficient de débit du SSV [-].

iii) Méthode du venturi CFV Pour calculer le débit molaire traversant un venturi ou une combinaison de venturis, on utilise leur moyenne respective $C_d$ et d'autres constantes déterminées conformément au paragraphe 8.1.8.4.3 de l'annexe 4. Le calcul du débit molaire $\dot{n}$ [mol/s] pendant un essai d'émissions est effectué au moyen de l'équation (A.5-120):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad \text{(A.5-120)}$$

où:

$p_{in}$ pression à l'entrée [Pa]

$A_t$ section transversale du col du venturi [m²]

$R$ constante molaire des gaz [J/(mol K)]

$T_{in}$ température à l'entrée [K]

$Z$ facteur de compressibilité

$M_{mix}$ masse molaire des gaz d'échappement dilués [kg/mol]

$C_d$ coefficient de décharge du venturi CFV [-]

$C_f$ coefficient de débit du CFV [-].

A.2.7. Détermination de la quantité de particules

A.2.7.1. Prélèvement

a) Prélèvement à partir d'un débit variable:

Si l'on effectue un prélèvement par lot à partir d'un débit de gaz d'échappement variable, l'échantillon prélevé doit être proportionnel au débit variable. On intègre le débit sur un intervalle d'essai pour déterminer le débit total. On multiplie la concentration en PM moyenne $\bar{M}_{PM}$ (qui est déjà exprimée en unités de masse par mole d'échantillon) par le débit total pour obtenir la masse totale de PM $m_{PM}$ [g] au moyen de l'équation (A.5-121):

$$m_{PM} = \bar{M}_{PM} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left( \dot{n}_i \cdot \Delta t_i \right) \quad \text{(A.5-121)}$$

$\dot{n}_i$ débit molaire instantané de gaz d'échappement [mol/s]

$\bar{M}_{PM}$ concentration moyenne de PM [g/mol]

$t_i$ intervalle de prélèvement [s].

b) Prélèvement à partir d'un débit constant

Si l'on prélève un échantillon dans un débit de gaz d'échappement constant, on détermine le débit molaire moyen duquel est prélevé l'échantillon. Il faut multiplier la concentration moyenne de particules par le débit total pour obtenir la masse totale de PM $m_{PM}$ [g] au moyen de l'équation (A.5-122):

$$m_{PM} = \bar{M}_{PM} \cdot \dot{n} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-122)}$$

où:

$\dot{n}$ débit molaire de gaz d'échappement [mol/s]

$\bar{M}_{PM}$ concentration moyenne de PM [g/mol]

$\Delta t$ durée de l'intervalle de prélèvement [s].

Pour le prélèvement avec un taux de dilution constant (DR), on calcule $m_{PM}$ [g] au moyen de l'équation (A.5-123):

$$m_{PM} = m_{PMdil} \cdot DR \quad \text{(A.5-123)}$$

où:

$m_{PMdil}$ masse de PM dans l'air de dilution [g]

$DR$ taux de dilution [-] défini comme étant le rapport entre la masse des émissions m et la masse de gaz d'échappement dilués $m_{dil/exh}$ $DR = m / m_{dil/exh}$.

Le taux de dilution DR peut être exprimé comme une fonction de $x_{dil/exh}$ [équation (A.5-124)]:

$$DR = \frac{1}{1 - x_{dil/erh}} \quad \text{(A.5-124)}$$

A.2.7.2. Correction en fonction des concentrations ambiantes

On utilise la même approche que celle du paragraphe A.2.6.1 pour corriger la masse de PM en fonction des émissions ambiantes. En multipliant $\bar{M}_{PMbkgnd}$ par le débit total d'air de dilution, on obtient la masse totale d'émissions ambiantes de PM ($m_{PMbkgnd}$ [g]). Par soustraction de la masse d'émissions ambiantes totale de la masse totale de gaz, on obtient la masse corrigée de matières particulaires $m_{PMcor}$ [g] [équation (A.5-125)]:

$$m_{PMcor} = m_{PMuncor} - \bar{M}_{PMbkgnd} \cdot n_{airdil} \quad \text{(A.5-125)}$$

où:

$m_{PMuncor}$ masse de PM non corrigée [g]

$\bar{M}_{PMbkgnd}$ concentration moyenne de PM dans l'air de dilution [g/mol]

$n_{airdil}$ débit molaire de l'air de dilution [mol].

A.2.8. Travail au cours des cycles et émissions spécifiques

A.2.8.1. Émissions gazeuses

A.2.8.1.1. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes stationnaires raccordés

On se réfère aux paragraphes A.2.5.1 et A.2.6.1 pour les gaz d'échappement bruts et dilués respectivement. Les valeurs qui en résultent pour la puissance $P_i$ [kW] doivent être intégrées sur un intervalle d'essai. Le travail total $W_{act}$ [kWh] est calculé au moyen de l'équation (A.5-126):

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \sum_{i=1}^{N} (n_i \cdot T_i) \quad \text{(A.5-126)}$$

où:

$P_i$ puissance instantanée du moteur [kW]

$n_i$ régime instantané du moteur [$min^{-1}$]

$T_i$ couple instantané du moteur [Nm]

$W_{act}$ travail effectif au cours du cycle d'essai [kWh]

$f$ fréquence de collecte des données [Hz]

$N$ nombre de mesures [-]

$\Delta t_i$ intervalle de mesure[s]

Lorsque des accessoires sont montés conformément à l'appendice A.2 de l'annexe 4, il ne faut apporter aucun ajustement au couple instantané du moteur dans l'équation (A.5-126). Lorsque, conformément au paragraphe 6.3.2 ou 6.3.3 de l'annexe 4 du présent règlement, des accessoires nécessaires qui auraient dû être montés pour l'essai ne sont pas installés, ou lorsque des accessoires qui auraient dû être retirés pour l'essai sont installés, la valeur de $T_i$ utilisée dans l'équation (A.5-126) doit être ajustée au moyen de l'équation (A.5-127):

$$T_i = T_{i,\text{meas}} + T_{i,\text{AUX}} \quad \text{(A.5-127)}$$

où:

$T_{i,meas}$ valeur mesurée du couple instantané du moteur;

$T_{i,AUX}$ valeur de couple correspondante requise pour actionner les auxiliaires, déterminée conformément au paragraphe 7.7.2.3 b) de l'annexe 4 du présent règlement.

Les émissions spécifiques $e_{gas}$ [g/kWh] sont à calculer des manières suivantes en fonction du type de cycle d'essai:

$$e_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{W_{\text{act}}} \quad \text{(A.5-128)}$$

où:

$m_{gas}$ masse totale des émissions [g/essai]

$W_{act}$ travail effectif au cours du cycle d'essai [kWh].

Dans le cas du cycle NRTC, pour les émissions gazeuses autres que le $CO_2$, le résultat final de l'essai, $e_{gas}$ [g/kWh], doit être une moyenne pondérée de l'essai à froid et de l'essai à chaud calculée au moyen de l'équation (A.5-129):

$$e_{\text{gas}} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{\text{cold}}) + (0{,}9 \cdot m_{\text{hot}})}{(0{,}1 \cdot W_{\text{actcold}}) + (0{,}9 \cdot W_{\text{acthot}})} \quad \text{(A.5-129)}$$

où:

$m_{cold}$ émissions massiques de gaz du cycle NRTC à froid [g]

$W_{act,\,cold}$ travail effectif au cours du cycle NRTC à froid [kWh]

$m_{hot}$ émissions massiques de gaz du cycle NRTC à chaud [g]

$W_{act,\,hot}$ travail effectif au cours du cycle NRTC à chaud [kWh].

Dans le cas du cycle NRTC, pour les émissions de $CO_2$, le résultat final de l'essai, $e_{CO2}$ [g/kWh], doit être calculé à partir de l'essai NRTC à chaud au moyen de l'équation (A.5-130):

$$e_{\text{CO2, hot}} = \frac{m_{\text{CO2, hot}}}{W_{\text{act, hot}}} \quad \text{(A.5-130)}$$

où:

$m_{CO2,hot}$ émissions massiques de $CO_2$ du cycle NRTC à chaud [g]

$W_{act,hot}$ travail effectif au cours du cycle NRTC à chaud [kWh].

A.2.8.1.2. Cycles NRSC à modes discrets

Les émissions spécifiques $e_{gas}$ [g/kWh] sont calculées au moyen de l'équation (A.5-131):

$$e_{\text{gas}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} \left( \dot{m}_{\text{gas}i} \cdot WF_i \right)}{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} \left( P_i \cdot WF_i \right)} \quad \text{(A.5-131)}$$

où:

$\dot{m}_{\text{gas}i}$ débit-masse moyen d'émissions pour le mode i [g/h]

$P_i$ puissance du moteur pour le mode i [kW], calculée en ajoutant à la puissance mesurée $P_{meas}$ [kW] la puissance requise pour faire fonctionner les accessoires, $P_{AUX}$ [kW], déterminée conformément à l'équation (A.4-8) de l'annexe 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

$WF_i$ facteur de pondération pour le mode i [-]

$N_{mode}$ nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable.

A.2.8.2. Émissions de particules

A.2.8.2.1. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes stationnaires raccordés

Les émissions spécifiques de particules doivent être calculées en transformant l'équation (A.5-128) en l'équation (A.5-132) où $e_{gas}$ [g/kWh] et $m_{gas}$ [g/essai] sont remplacés respectivement par $e_{PM}$ [g/kWh] et $m_{PM}$ [g/essai]:

$$e_{\text{PM}} = \frac{m_{\text{PM}}}{W_{\text{act}}} \quad \text{(A.5-132)}$$

où:

$m_{PM}$ masse totale des émissions de particules calculée suivant le paragraphe A.2.7.1 [g/essai]

$W_{act}$ travail effectif au cours du cycle [kWh].

Les émissions sur le cycle en conditions transitoires composite (c'est-à-dire NRTC à froid et NRTC à chaud) doivent être calculées comme indiqué au paragraphe A.2.8.1.1.

A.2.8.2.2. Cycles d'essai NRSC à modes discrets

Les émissions spécifiques de particules $e_{PM}$ [g/kWh] doivent être calculées de la manière suivante:

A.2.8.2.2.1. Pour la méthode à filtre unique, au moyen de l'équation (A.5-133)

$$e_{PM} = \frac{\dot{m}_{PM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left( P_i \cdot WF_i \right)} \quad \text{(A.5-133)}$$

où:

$P_i$ puissance du moteur pour le mode i [kW], calculée en ajoutant à la puissance mesurée $P_{meas}$ [kW] la puissance requise pour faire fonctionner les accessoires, $P_{AUX}$ [kW], déterminée conformément à l'équation (A.4-8) de l'annexe 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

$WF_i$ facteur de pondération pour le mode i [-]

$\dot{m}_{PM_i}$ débit-masse de particules [g/h]

$N_{mode}$ nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable.

A.2.8.2.2.2. Pour la méthode à filtres multiples, au moyen de l'équation (A.5-134):

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left( \dot{m}_{PM} \cdot WF_i \right)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left( P_i \cdot WF_i \right)} \quad \text{(A.5-134)}$$

où:

$P_i$ puissance du moteur pour le mode i [kW], calculée en ajoutant à la puissance mesurée $P_{meas}$ [kW] la puissance requise pour faire fonctionner les accessoires, $P_{AUX}$ [kW], déterminée conformément à l'équation (A.4-8) de l'annexe 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

$WF_i$ facteur de pondération pour le mode i [-]

$\dot{m}_{PM_i}$ débit-masse de particules pour le mode i [g/h]

$N_{mode}$ nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable.

Pour la méthode à filtre unique, le facteur de pondération effectif, $WF_{effi}$, est calculé pour chaque mode au moyen de l'équation (A.5-135):

$$WF_{effi} = \frac{m_{smpldexhi} \cdot \overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}}{m_{smpldex} \cdot \dot{m}_{eqdexhweti}} \quad \text{(A.5-135)}$$

où:

$m_{smpldexhi}$ masse de gaz d'échappement dilués ayant traversé les filtres de collecte des particules en mode i [kg]

$m_{smpldexh}$ masse de gaz d'échappement dilués ayant traversé les filtres de collecte des particules [kg]

$\dot{m}_{eqdexhweti}$ débit équivalent de gaz d'échappement dilués en mode i [kg/s]

$\overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}$ débit-masse moyen équivalent de gaz d'échappement dilués [kg/s].

Les valeurs des facteurs de pondération effectifs ne doivent pas s'écarter de plus de ± 0,005 (valeur absolue) des facteurs de pondération indiqués dans l'appendice A.6 de l'annexe 4.

A.2.8.3. Ajustement pour les systèmes antipollution à régénération périodique (ou peu fréquente)

Dans le cas des moteurs équipés de systèmes de traitement aval des gaz d'échappement avec régénération périodique (voir paragraphe 6.6.2 de l'annexe 4), les émissions spécifiques de polluants gazeux et particulaires calculées selon les paragraphes A.2.8.1 et A.2.8.2 doivent être corrigées, soit au moyen du facteur d'ajustement multiplicatif applicable, soit au moyen du facteur d'ajustement additif applicable. Dans le cas où la régénération périodique n'a pas eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le haut est appliqué ($k_{ru,m}$ ou $k_{ru,a}$). Dans le cas où la régénération périodique a eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le bas est appliqué ($k_{rd,m}$ ou $k_{rd,a}$). Dans le cas du cycle NRSC à modes discrets, lorsque les facteurs d'ajustement ont été déterminés pour chaque mode, ils doivent être appliqués à chaque mode lors du calcul du résultat d'émissions pondéré.

A.2.8.4. Ajustement pour le facteur de détérioration

Les émissions spécifiques de polluants gazeux et particulaires calculées selon les paragraphes A.2.8.1 et A.2.8.2, le cas échéant y compris le facteur d'ajustement en cas de régénération périodique conformément au paragraphe A.2.8.3, doivent également être ajustées, au moyen du facteur de détérioration multiplicatif ou additif applicable établi conformément aux prescriptions de l'annexe 8.

A.2.9. Étalonnage du débit de gaz d'échappement dilués (CVS) et calculs connexes

La présente section décrit les calculs à effectuer pour étalonner différents débitmètres. Le paragraphe A.2.9.1 décrit la manière de convertir les valeurs lues sur le débitmètre de référence en vue de leur utilisation dans les formules d'étalonnage, qui sont présentées sur la base du débit molaire. Les autres paragraphes traitent des calculs d'étalonnage qui s'appliquent à certains types de débitmètres.

A.2.9.1. Conversions des valeurs lues sur le débitmètre de référence

Les équations d'étalonnage qui figurent dans la présente section utilisent le débit molaire, $\dot{n}_{\mathrm{ref}}$, en tant que quantité de référence. Si les valeurs correspondent à un autre débit, tel que le débit volumique standard, $\dot{V}_{\mathrm{stdref}}$, le débit volumique réel, $\dot{V}_{\mathrm{actref}}$, ou le débit-masse, $\dot{m}_{\mathrm{ref}}$, il faut les convertir sur la base du débit molaire au moyen des équations (A.5-136), (A.5-137) et (A.5-138), en tenant compte du fait que si les valeurs du débit volumique, du débit-masse, de la pression, de la température et de la masse molaire peuvent changer au cours d'un essai d'émissions, il convient néanmoins de les maintenir aussi constantes que cela est pratiquement possible pour chaque point de réglage individuel au cours de l'étalonnage du débitmètre:

$$\dot{n}_{\mathrm{ref}} = \frac{\dot{V}_{\mathrm{stdref}} \cdot p_{\mathrm{std}}}{T_{\mathrm{std}} \cdot R} = \frac{\dot{V}_{\mathrm{actref}} \cdot p_{\mathrm{act}}}{T_{\mathrm{act}} \cdot R} = \frac{\dot{m}_{\mathrm{ref}}}{M_{\mathrm{mix}}} \qquad \text{(A.5-136)}$$

où:

$\dot{n}_{\mathrm{ref}}$ débit molaire de référence [mol/s]

$\dot{V}_{\mathrm{stdref}}$ débit volumique de référence, corrigé pour une pression et une température normales [m³/s]

$\dot{V}_{\mathrm{actdref}}$ débit volumique de référence à la pression et à la température réelles [m³/s]

$\dot{m}_{\mathrm{ref}}$ débit-masse de référence [g/s]

$p_{std}$ pression normale [Pa]

$p_{act}$ pression réelle du gaz [Pa]

$T_{std}$ température normale [K]

$T_{act}$ température réelle du gaz [K]

$R$ constante molaire du gaz [J/(mlol·K)]

$M_{mix}$ masse molaire du gaz [g/mol].

A.2.9.2. Calculs d'étalonnage du système PDP

Pour chaque position du restricteur, on calcule comme indiqué ci-après les valeurs suivantes à partir des valeurs moyennes déterminées selon le paragraphe 8.1.8.4 de l'annexe 4:

a) Volume de PDP pompé par tour, $V_{\mathrm{rev}}$ (m³/tr):

$$V_{\mathrm{rev}} = \frac{\overline{\dot{n}}_{\mathrm{ref}} \cdot R \cdot \overline{T}_{\mathrm{in}}}{\overline{p}_{\mathrm{in}} \cdot \overline{f}_{n\mathrm{PDP}}} \qquad \text{(A.5-137)}$$

où:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ valeur moyenne du débit molaire de référence [mol/s];

$R$ constante molaire du gaz [J/(mlol·K)]

$\overline{T}_{in}$ température moyenne d'entrée [K];

$\overline{p}_{in}$ pression moyenne d'entrée [Pa];

$\overline{f}_{nPDP}$ vitesse de rotation moyenne [tr/s];

b) Facteur de correction du glissement de la PDP, $K_s$ [s/tr]:

$$K_s = \frac{1}{\overline{f}_{nPDP}} \cdot \sqrt{\frac{\overline{p}_{out} - \overline{p}_{in}}{\overline{p}_{out}}} \quad \text{(A.5-138)}$$

où:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ débit molaire de référence moyen [mol/s];

$\overline{T}_{in}$ température moyenne d'entrée [K];

$\overline{p}_{in}$ pression moyenne d'entrée [Pa];

$\overline{p}_{out}$ pression moyenne de sortie [Pa];

$\overline{f}_{nPDP}$ vitesse de rotation moyenne de la PDP [tr/s];

$R$ constante molaire du gaz [J/(mlol·K)]

c) On effectue une régression des moindres carrés du volume PDP pompé par tour, $V_{rev}$, par rapport au facteur de correction de glissement PDP, $K_s$, en calculant la pente, $a_1$, et l'ordonnée à l'origine, $a_0$, comme indiqué dans l'appendice A.6;

d) La procédure décrite aux points a) à c) ci-dessus doit être répétée pour chaque régime auquel la pompe PDP est utilisée;

e) Le tableau A.5-2 montre les résultats de ces calculs pour différentes valeurs de $\overline{f}_{nPDP}$

*Tableau A.5-2*

**Exemple de données d'étalonnage PDP**

| $\overline{f}_{nPDP}$ [tr/min] | $\overline{f}_{nPDP}$ [tr/s] | $a_1$ [m³/min] | $a_1$ [m³/s] | $a_0$ [m³/tr] |
|---|---|---|---|---|
| 755,0 | 12,58 | 50,43 | 0,8405 | 0,056 |
| 987,6 | 16,46 | 49,86 | 0,831 | –0,013 |
| 1 254,5 | 20,9 | 48,54 | 0,809 | 0,028 |
| 1 401,3 | 23,355 | 47,30 | 0,7883 | – 0,061 |

f) Pour chaque vitesse à laquelle la pompe PDP est utilisée, la pente correspondante, $a_1$, et l'ordonnée à l'origine, $a_0$, doivent être employées pour le calcul du débit au cours de l'essai d'émissions, comme indiqué au paragraphe A.2.6.3 b).

A.2.9.3. Équations régissant le fonctionnement du venturi et hypothèses acceptables

La présente section expose les formules et les hypothèses acceptables pour l'étalonnage du venturi et le calcul du débit au moyen de cet instrument. Étant donné qu'un venturi subsonique (SSV) et un venturi à écoulement critique (CFV) fonctionnent d'une manière analogue, les équations qui les régissent sont pratiquement les mêmes, sauf pour l'équation qui indique leur rapport de pression, r (c'est-à-dire $r_{SSV}$ sur $r_{CFV}$). Ces équations sont fondées sur l'hypothèse d'un débit compressible exempt de viscosité isentropique d'un gaz parfait. Au paragraphe A.2.9.3 d) sont décrites d'autres hypothèses pouvant être faites. Si l'hypothèse d'un gaz parfait pour le débit mesuré n'est pas admissible, les équations fondamentales comportent une correction du premier ordre pour le comportement d'un gaz réel, à savoir le facteur de compressibilité, Z. S'il ressort des pratiques techniques reconnues qu'il faut employer une valeur autre que Z = 1, on peut utiliser une équation d'état appropriée pour déterminer des valeurs de Z en fonction des pressions et des températures mesurées, ou on peut mettre au point des formules d'étalonnage spécifiques en suivant les pratiques techniques reconnues. Il convient de noter que l'équation pour le coefficient de débit, $C_f$, est fondée sur l'hypothèse d'un gaz parfait selon laquelle l'exposant isentropique, γ, est égal au rapport des chaleurs spécifiques, $c_p/c_V$. S'il ressort des pratiques techniques reconnues qu'il faut utiliser un exposant isentropique de gaz réel, on peut appliquer une équation d'état appropriée pour déterminer les valeurs de γ en fonction des pressions et températures mesurées, ou on peut mettre au point des équations d'étalonnage spécifiques. Le débit molaire, $\dot{n}$ [mol/s], doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-139):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \qquad \text{(A.5-139)}$$

où:

$C_d$ coefficient de décharge, tel que déterminé au paragraphe A.2.9.3 a) [-]

$C_f$ coefficient de débit, tel que déterminé au paragraphe A.2.9.3 b) [-]

$A_t$ section transversale du col du venturi [$m^2$]

$p_{in}$ pression statique absolue à l'entrée du venturi [Pa]

$Z$ facteur de compressibilité [-]

$M_{mix}$ masse molaire du mélange gazeux [kg/mol]

$R$ constante molaire du gaz [J/((mol·K) )]

$T_{in}$ température absolue à l'entrée du venturi [K].

a) À l'aide des données obtenues au paragraphe 8.1.8.4 de l'annexe 4, on calcule $C_d$ en appliquant l'équation (A.5-140):

$$C_d = \dot{n}_{ref} \cdot \frac{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}}{C_f \cdot A_t \cdot P_{in}} \qquad \text{(A.5-139)}$$

où:

$\dot{n}_{ref}$ débit molaire de référence [mol/s].

Les autres symboles sont les mêmes que ceux de l'équation (A.5-139).

b) On détermine $C_f$ par l'une des méthodes suivantes:

i) pour les débitmètres CFV seulement, $C_{fCFV}$ est tiré du tableau A.5-3 sur la base des valeurs de β (rapport des diamètres du col et de l'entrée du venturi) et γ (rapport des chaleurs spécifiques du mélange gazeux), moyennant une interpolation linéaire pour déterminer les valeurs intermédiaires:

*Tableau A.5-3*

**$C_{fCFV}$ sur la base de ß et de γ pour les débitmètres CFV**

| $C_{fCFV}$ | | |
|---|---|---|
| β | $\gamma_{exh} = 1{,}385$ | $\gamma_{dexh} = \gamma_{air} = 1{,}399$ |
| 0,000 | 0,6822 | 0,6846 |
| 0,400 | 0,6857 | 0,6881 |
| 0,500 | 0,6910 | 0,6934 |
| 0,550 | 0,6953 | 0,6977 |
| 0,600 | 0,7011 | 0,7036 |
| 0,625 | 0,7047 | 0,7072 |
| 0,650 | 0,7089 | 0,7114 |
| 0,675 | 0,7137 | 0,7163 |
| 0,700 | 0,7193 | 0,7219 |
| 0,720 | 0,7245 | 0,7271 |
| 0,740 | 0,7303 | 0,7329 |
| 0,760 | 0,7368 | 0,7395 |
| 0,770 | 0,7404 | 0,7431 |
| 0,780 | 0,7442 | 0,7470 |
| 0,790 | 0,7483 | 0,7511 |
| 0,800 | 0,7527 | 0,7555 |
| 0,810 | 0,7573 | 0,7602 |
| 0,820 | 0,7624 | 0,7652 |
| 0,830 | 0,7677 | 0,7707 |
| 0,840 | 0,7735 | 0,7765 |
| 0,850 | 0,7798 | 0,7828 |

ii) pour tout débitmètre CFV ou SSV, l'équation (A.5-141) peut être utilisée pour calculer $C_f$:

$$C_f = \left[ \frac{2 \cdot \gamma \cdot \left( r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right)}{(\gamma - 1) \cdot \left( \beta^4 - r^{\frac{-2}{\gamma}} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{(A.5-141)}$$

où:

$\gamma$ exposant isentropique [-]. Pour un gaz parfait, il s'agit du rapport des chaleurs spécifiques du mélange gazeux, $c_p/c_V$

$r$ rapport de pression, comme déterminé au point c) de la présente section

$\beta$ rapport entre les diamètres du col et de l'entrée du venturi.

c) Le rapport de pression r doit être calculé de la manière suivante:

i) pour les systèmes SSV seulement, $r_{SSV}$ doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-142):

$$r_{ssv} = 1 - \frac{\Delta p_{ssv}}{P_{in}} \quad \text{(A.5-142)}$$

où:

$\Delta p_{SSV}$ = pression statique différentielle entre l'entrée et le col du venturi [Pa].

ii) pour les systèmes CFV seulement, $r_{CFV}$ doit être calculé itérativement au moyen de l'équation (A.5-143):

$$r_{CFV}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} + \left(\frac{\gamma-1}{2}\right) \cdot \beta^4 \cdot r_{CFV}^{\frac{2}{\gamma}} = \frac{\gamma+1}{2} \quad \text{(A.5-143)}$$

d) On peut appliquer l'une quelconque des hypothèses de simplification suivantes des formules, ou suivre des pratiques techniques reconnues et déterminer des valeurs plus appropriées pour les essais:

i) pour les essais d'émissions sur l'ensemble des plages des gaz d'échappement bruts, des gaz d'échappement dilués et de l'air de dilution, on peut considérer que le mélange gazeux se comporte comme un gaz parfait: Z = 1;

ii) pour la plage complète des gaz d'échappement bruts, on peut partir de l'hypothèse d'un rapport constant des chaleurs spécifiques $\gamma$ = 1,385;

iii) pour la plage complète de gaz d'échappement dilués et d'air (air d'étalonnage ou air de dilution), on peut partir de l'hypothèse d'un rapport constant des chaleurs spécifiques de $\gamma$ = 1,399;

iv) pour la plage complète de gaz d'échappement dilués et d'air, la masse molaire du mélange, $M_{mix}$ [g/mol], peut être considérée comme étant seulement fonction de la quantité d'eau dans l'air de dilution ou d'étalonnage, $x_{H2O}$, déterminée comme indiqué au paragraphe A.2.3.2 et calculée au moyen de l'équation (A.5-144):

$$M_{mix} = M_{air} \cdot \left(1 - x_{H2O}\right) + M_{H2O} \cdot \left(x_{H2O}\right) \quad \text{(A.5-144)}$$

où:

$M_{air}$ 28,96559 g/mol

$M_{H2O}$ 18,01528 g/mol

$x_{H2O}$ quantité d'eau dans l'air de dilution ou d'étalonnage [mol/mol].

v) Pour la plage complète de gaz d'échappement dilués et d'air, on peut partir de l'hypothèse d'une masse molaire constante de mélange, $M_{mix}$, pour tous les étalonnages et les essais, pour autant que la masse molaire supposée ne s'écarte pas de 1 % de la masse molaire minimum et maximum estimée pendant l'étalonnage et les essais. On peut partir de cette hypothèse si l'on est certain de contrôler suffisamment la quantité d'eau dans l'air d'étalonnage et dans l'air de dilution, ou si une quantité suffisante d'eau est éliminée à la fois de l'air d'étalonnage et de l'air de dilution. Le tableau A.5-4 donne des exemples de plages possibles de point de rosée de l'air de dilution par rapport au point de rosée de l'air d'étalonnage.

*Tableau A.5-4*

**Exemples de points de rosée de l'air de dilution et de l'air d'étalonnage pour lesquels on peut partir de l'hypothèse de $M_{mix}$ constant**

| Si $T_{dew}$ pour l'étalonnage (°C) est... | On part de l'hypothèse $M_{mix}$ (g/mol) suivante | Pour les plages suivantes de $T_{dew}$ (°C) pendant les essais d'émissions [a] |
|---|---|---|
| sec | 28,96559 | Sec à 18 |
| 0 | 28,89263 | Sec à 21 |
| 5 | 28,86148 | Sec à 22 |
| 10 | 28,81911 | Sec à 24 |
| 15 | 28,76224 | Sec à 26 |
| 20 | 28,68685 | – 8 à 28 |
| 25 | 28,58806 | 12 à 31 |
| 30 | 28,46005 | 23 à 34 |

[a] Plage valable pour tous les essais d'étalonnage et d'émissions sur la plage de pression atmosphérique (80,000 à 103,325 kPa).

A.2.9.4. Étalonnage du SSV

Méthode molaire. Pour étalonner un débitmètre SSV, on procède de la manière suivante:

i) on calcule le nombre de Reynolds, $Re^{\#}$, pour chaque débit molaire de référence, en utilisant le diamètre du col du venturi, $d_t$, dans l'équation (A.5-145). Étant donné que la viscosité dynamique μ est nécessaire pour calculer $Re^{\#}$, on peut utiliser un modèle de viscosité spécifique pour déterminer μ pour le gaz d'étalonnage (généralement de l'air), en suivant les pratiques techniques reconnues [équation (A.5-146)]. On peut aussi utiliser le modèle de viscosité à trois coefficients de Sutherland pour déterminer approximativement μ (voir le tableau A.5-5):

$$\mathrm{Re}^{\#} = \frac{4 \cdot M_{\mathrm{mix}} \cdot \dot{n}_{\mathrm{ref}}}{\pi \cdot d_{\mathrm{t}} \cdot \mu} \qquad \text{(A.5-145)}$$

où:

$d_t$ diamètre du col du SSV [m]

$M_{mix}$ masse molaire du mélange [kg/mol]

$\dot{n}_{\mathrm{ref}}$ débit molaire de référence [mol/s].

et, au moyen du modèle de viscosité à trois coefficients de Sutherland:

$$\mu = \mu_0 \left( \frac{T_{\mathrm{in}}}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{T_0 + S}{T_{\mathrm{in}} + S} \right) \qquad \text{(A.5-146)}$$

où:

$\mu$ viscosité dynamique du gaz d'étalonnage [kg/(ms)]

$\mu_0$ viscosité de référence de Sutherland [kg/(ms)]

$S$ constante de Sutherland [K]

$T_0$ température de référence de Sutherland [K]

$T_{in}$ température absolue à l'entrée du venturi [K].

*Tableau A.5-5*

**Paramètres du modèle de viscosité à trois coefficients de Sutherland**

| Gaz [a] | $\mu_0$ | $T_0$ | S | Plage de température avec erreur de ± 2 % | Limite de pression |
|---|---|---|---|---|---|
| | kg/(ms) | K | K | K | kPa |
| Air | $1{,}716 \times 10^{-5}$ | 273 | 111 | 170 à 1 900 | ≤ 1 800 |
| $CO_2$ | $1{,}370 \times 10^{-5}$ | 273 | 222 | 190 à 1 700 | ≤ 3 600 |
| $H_2O$ | $1{,}12 \times 10^{-5}$ | 350 | 1 064 | 360 à 1 500 | ≤ 10 000 |
| $O_2$ | $1{,}919 \times 10^{-5}$ | 273 | 139 | 190 à 2 000 | ≤ 2 500 |
| $N_2$ | $1{,}663 \times 10^{-5}$ | 273 | 107 | 100 à 1 500 | ≤ 1 600 |

[a] On utilise uniquement les paramètres du tableau pour les gaz purs tels qu'énumérés ici.
On ne combine pas les paramètres de calcul de viscosité des mélanges gazeux.

ii) on établit une formule pour $C_d$ en fonction de $Re^{\#}$ en utilisant des valeurs appariées de ($Re^{\#}$, $C_d$). On calcule Cd au moyen de la formule (A.5-140), avec $C_f$ obtenu par l'équation (A.5-141), ou de toute expression mathématique, y compris une série polynômiale ou une série de puissances. L'équation (A.5-147) est un exemple de la formule mathématique couramment utilisée pour établir la relation entre $C_d$ et $Re^{\#}$;

$$C_d = a_0 - a_1 \cdot \sqrt{\frac{10^6}{Re^{\#}}} \qquad \text{(A.5-147)}$$

iii) on effectue une analyse par régression des moindres carrés pour déterminer les coefficients de meilleur ajustement dans la formule et on calcule les statistiques de régression de la formule, l'erreur type d'estimation SEE et le coefficient de détermination $r^2$, conformément à l'appendice A.5;

iv) si l'équation satisfait aux critères *SEE* < 0,5 % $\dot{m}_{ref\,max}$ (ou $\dot{m}_{refmax}$) et $r^2 \geq 0{,}995$, on peut l'utiliser pour déterminer $C_d$ pour les essais d'émissions, comme indiqué au paragraphe A.2.6.3 b);

v) si les critères pour SEE et $r^2$ ne sont pas remplis, on peut, en suivant des procédures techniques reconnues, omettre des points d'étalonnage pour satisfaire aux statistiques de régression. On doit utiliser au moins sept points de données d'étalonnage pour satisfaire aux critères;

vi) si le fait d'omettre des points n'élimine pas les valeurs aberrantes, il faut prendre des mesures pour remédier à la situation. On utilise par exemple une autre expression mathématique pour l'équation de $C_d$ en fonction de $Re^{\#}$, on doit rechercher la présence de fuites ou on répète le processus d'étalonnage. Si le processus doit être recommencé, on doit appliquer des tolérances plus serrées pour les mesures et attendre plus longtemps la stabilisation des débits;

vii) lorsque l'équation répond aux critères de régression, elle peut être utilisée uniquement pour déterminer les débits qui sont dans la plage des débits de référence à appliquer pour satisfaire aux critères de régression de l'équation de $C_d$ en fonction de $Re^{\#}$.

A.2.9.5. Étalonnage du CFV

Certains débitmètres CFV sont constitués d'un venturi unique et d'autres de venturis multiples, où les différentes combinaisons de venturis servent à mesurer des débits différents. Dans le cas de certains débitmètres CFV formés de plusieurs venturis, on peut soit étalonner chaque venturi indépendamment pour déterminer un coefficient de décharge distinct, $C_d$, pour chaque venturi, soit étalonner une combinaison de venturis en une seule opération. Lors de l'étalonnage d'une combinaison de venturis, on prend la somme des surfaces actives des cols comme At, la racine carrée de la somme des carrés des diamètres actifs des cols des venturis comme $d_t$, et le rapport des diamètres du col et de l'entrée des venturis en tant que rapport de la racine carrée de la somme des diamètres actifs des cols des venturis ($d_t$) au diamètre de l'entrée commune de tous les venturis (D). Pour déterminer le $C_d$ d'un venturi unique ou d'une combinaison unique de venturis, on procède de la manière suivante:

a) avec les données collectées à chaque point d'étalonnage, on calcule un $C_d$ individuel pour chaque point au moyen de l'équation (A.5-140);

b) la moyenne et l'écart type de toutes les valeurs $C_d$ doivent être calculés avec les équations (A.5-155) et (A.5-156);

c) si l'écart type de toutes les valeurs $C_d$ est inférieur ou égal à 0,3 % de la valeur moyenne $C_d$, on utilise la moyenne $C_d$ dans l'équation (A.5-120), et on utilise le CFV uniquement jusqu'à la valeur r la plus basse mesurée pendant l'étalonnage;

$$r = 1 - \left( \Delta p / p_{in} \right) \quad \text{(A.5-148)}$$

d) si l'écart type de toutes les valeurs $C_d$ dépasse 0,3 % du $C_d$ moyen, les valeurs $C_d$ correspondantes à ce point de données à la valeur r la plus basse mesurée pendant l'étalonnage doivent être omises;

e) si le nombre de points de données restant est inférieur à sept, on y remédie en vérifiant les données d'étalonnage ou en répétant le processus d'étalonnage. Si le processus d'étalonnage est répété, il est recommandé de rechercher la présence de fuites, d'appliquer des tolérances plus serrées pour les mesures et d'attendre plus longtemps la stabilisation des débits;

f) si le nombre de valeurs $C_d$ restantes est égal ou supérieur à sept, il faut recalculer la moyenne et l'écart type des valeurs $C_d$ restantes;

g) si l'écart type des valeurs $C_d$ restantes est inférieur ou égal à 0,3 % de la moyenne des valeurs $C_d$ restantes, on doit utiliser cette valeur moyenne de $C_d$ dans l'équation (A.5-120) et on doit utiliser uniquement les valeurs de CFV jusqu'à la valeur r la plus basse associée au $C_d$ restant;

h) si l'écart type des $C_d$ restants est toujours supérieur à 0,3 % de la moyenne des valeurs $C_d$ restantes, il faut répéter les étapes des points d) à g) du présent paragraphe.

A.2.10. Correction pour tenir compte de la dérive

A.2.10.1. Étendue et fréquence

Les calculs du présent appendice sont effectués pour déterminer si la dérive de l'analyseur de gaz invalide les résultats d'un intervalle d'essai. Si les résultats d'un intervalle d'essai ne sont pas invalidés en raison de la dérive, il faut corriger de la dérive les réponses de l'analyseur de gaz de l'intervalle d'essai, conformément au présent appendice. Les résultats des analyseurs de gaz corrigés de la dérive doivent être utilisés dans tous les calculs d'émissions suivants. Le maximum acceptable pour la dérive d'un analyseur de gaz sur un intervalle d'essai est précisé au paragraphe 8.2.2.2 de l'annexe 4.

A.2.10.2. Principes de correction

Les calculs du présent appendice sont fondés sur les réponses d'un analyseur de gaz aux concentrations de référence de réglage du zéro et du réglage de l'étendue des gaz d'analyse, telles qu'elles sont déterminées peu avant et peu après un intervalle d'essai. Les calculs servent à corriger les réponses de l'analyseur de gaz qui ont été enregistrées au cours d'un intervalle d'essai. La correction est fondée sur les réponses moyennes de l'analyseur aux gaz de référence de réglage du zéro et du réglage de l'étendue et elle est fondée sur les concentrations de référence des gaz de réglage du zéro et de l'étendue eux-mêmes. La validation et la correction pour tenir compte de la dérive s'effectuent de la manière décrite ci-après.

A.2.10.3. Validation de la dérive

Après avoir appliqué toutes les autres corrections — sauf les corrections en fonction de la dérive — à tous les signaux d'analyseur de gaz, on calcule les émissions spécifiques au frein conformément au paragraphe A.2.8 de la présente annexe. Ensuite, tous les signaux de l'analyseur de gaz doivent être corrigés de la dérive, conformément au présent appendice. Les émissions spécifiques au frein doivent ensuite être recalculées à l'aide des signaux d'analyseur de gaz corrigés de la dérive. Les résultats des émissions spécifiques au frein doivent être validés et signalés avant et après la correction de la dérive, conformément au paragraphe 8.2.2.2 de l'annexe 4.

A.2.10.4. Correction pour tenir compte de la dérive

Tous les signaux des analyseurs de gaz doivent être corrigés de la manière suivante:

a) chaque concentration enregistrée, $x_i$, doit être corrigée pour le prélèvement continu ou par lots, $\overline{x}$ ;

b) la correction pour la dérive doit être calculée au moyen de l'équation (A.5-149):

$$x_{\text{indriftcor}} = x_{\text{refzero}} + \left(x_{\text{refspan}} - x_{\text{refzero}}\right)\frac{2x_i - \left(x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}}\right)}{\left(x_{\text{prespan}} + x_{\text{postspan}}\right) - \left(x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}}\right)} \quad \text{(A.5-149)}$$

où:

$x_{\text{idriftcor}}$ concentration corrigée de la dérive [µmol/mol]

$x_{refzero}$ concentration de référence du gaz zéro, qui est généralement zéro sauf si l'on sait qu'elle a une autre valeur [µmol/mol]

$x_{refspan}$ concentration de référence du gaz de calibrage [µmol/mol]

$x_{prespan}$ réponse de l'analyseur de gaz, dans l'intervalle préessai, à la concentration de gaz de calibrage [µmol/mol]

$x_{\text{postpan}}$ réponse de l'analyseur de gaz, dans l'intervalle postessai, à la concentration de gaz de calibrage [µmol/mol]

$x_i$ *ou* $\overline{x}$ concentration enregistrée, c'est-à-dire mesurée pendant l'essai, avant la correction en fonction de la dérive [µmol/mol]

$x_{prezero}$ réponse de l'analyseur de gaz, dans l'intervalle préessai, à la concentration de gaz zéro [µmol/mol]

$x_{postzero}$ réponse de l'analyseur de gaz, dans l'intervalle postessai à la concentration de gaz zéro [µmol/mol];

c) pour toute concentration dans l'intervalle pré-essai, il faut utiliser les concentrations déterminées le plus récemment avant l'intervalle d'essai. Pour certains intervalles d'essai, la concentration préréglage du zéro ou préréglage de l'étendue la plus récente peut avoir été obtenue avant un ou plusieurs intervalles d'essai antérieurs;

d) pour toute concentration dans l'intervalle post-essai, il faut utiliser les concentrations déterminées le plus récemment après l'intervalle d'essai. Pour certains intervalles d'essai, la concentration postréglage du zéro ou postréglage de l'étendue la plus récente peut avoir été obtenue après un ou plusieurs intervalles d'essai ultérieurs;

e) si l'on n'a pas enregistré de réponse $x_{\text{prespan}}$ de l'analyseur lors d'un intervalle quelconque pré-essai, $x_{\text{prespan}}$ est considéré comme égal à la concentration de référence du gaz de réglage de l'étendue: $x_{\text{prespan}} = x_{\text{refspan}}$;

f) si l'on n'a pas enregistré de réponse $x_{prezero}$ de l'analyseur lors d'un intervalle quelconque préessai, $x_{prezero}$ est considéré comme égal à la concentration de référence du gaz zéro: $x_{prezero} = x_{refzero;}$

g) généralement, la concentration de référence du gaz de réglage du zéro, $x_{refzero}$, est zéro: $x_{refzero}$ = 0 µmol/mol. Dans certains cas toutefois, il est possible que l'on sache que $x_{refzero}$ n'a pas une concentration nulle. Par exemple, si un analyseur de $CO_2$ est mis à zéro au moyen d'air ambiant, la concentration par défaut en $CO_2$, qui est de 375 µmol/mol, peut être utilisée. Dans ce cas, $x_{refzero}$ = 375 µmol/mol. Lorsqu'un analyseur est mis à zéro au moyen d'un $x_{refzero}$ non nul, l'analyseur doit être réglé de manière à afficher la concentration $x_{refzero}$ réelle. Par exemple, si $x_{refzero}$ = 375 µmol/mol, l'analyseur doit être réglé pour indiquer une valeur de 375 µmol/mol lorsque le gaz de réglage du zéro passe dans l'analyseur.

*APPENDICE A.3*

**STATISTIQUES**

A.3.1. Moyenne arithmétique

La moyenne arithmétique, $\overline{y}$ , doit être calculée comme suit:

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i}{N} \quad \text{(A.5-150)}$$

A.3.2. Écart type

L'écart type pour un échantillon non biaisé (c'est-à-dire N-1), σ, doit être calculé comme suit:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (y_i - \overline{y})^2}{(N-1)}} \quad \text{(A.5-151)}$$

A.3.3. Valeur quadratique moyenne

La valeur quadratique moyenne, $rms_y$, doit être calculée comme suit:

$$rms_y = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i^2} \quad \text{(A.5-152)}$$

A.3.4. Essai t

Il convient de déterminer si les données satisfont à un essai t en utilisant les équations et les tableaux suivants:

a) pour un essai t non apparié, la donnée statistique t et son nombre de degrés de liberté, v, sont calculés comme suit:

$$t = \frac{\left|\overline{y}_{ref} - \overline{y}\right|}{\sqrt{\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}}} \quad \text{(A.5-153)}$$

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}\right)^2}{\frac{\left(\sigma_{ref}^2/N_{ref}\right)^2}{N_{ref}-1} + \frac{\left(\sigma_y^2/N\right)^2}{N-1}} \quad \text{(A.5-154)}$$

b) pour un essai t apparié, la donnée statistique t et son nombre de degrés de liberté, v, sont calculés comme suit, étant entendu que $\varepsilon_i$ sont les erreurs (autrement dit les différences) entre chaque paire de $y_{refi}$ et $y_i$:

$$t = \frac{|\bar{\varepsilon}| \cdot \sqrt{N}}{\sigma_\varepsilon} \qquad v = N - 1 \qquad \text{(A.5-155)}$$

c) on utilise le tableau A.5.6 du présent paragraphe pour comparer t aux valeurs de $t_{crit}$ du tableau par rapport au nombre de degrés de liberté. Si les valeurs sont inférieures à $t_{crit}$, t satisfait à l'essai t.

Tableau A.5.6

**Valeurs t critiques et nombre de degrés de liberté**, v

| v | Confiance | |
|---|---|---|
| | 90 % | 95 % |
| 1 | 6,314 | 12,706 |
| 2 | 2,920 | 4,303 |
| 3 | 2,353 | 3,182 |
| 4 | 2,132 | 2,776 |
| 5 | 2,015 | 2,571 |
| 6 | 1,943 | 2,447 |
| 7 | 1,895 | 2,365 |
| 8 | 1,860 | 2,306 |
| 9 | 1,833 | 2,262 |
| 10 | 1,812 | 2,228 |
| 11 | 1,796 | 2,201 |
| 12 | 1,782 | 2,179 |
| 13 | 1,771 | 2,160 |
| 14 | 1,761 | 2,145 |
| 15 | 1,753 | 2,131 |
| 16 | 1,746 | 2,120 |
| 18 | 1,734 | 2,101 |
| 20 | 1,725 | 2,086 |
| 22 | 1,717 | 2,074 |
| 24 | 1,711 | 2,064 |
| 26 | 1,706 | 2,056 |
| 28 | 1,701 | 2,048 |
| 30 | 1,697 | 2,042 |
| 35 | 1,690 | 2,030 |
| 40 | 1,684 | 2,021 |
| 50 | 1,676 | 2,009 |
| 70 | 1,667 | 1,994 |
| 100 | 1,660 | 1,984 |
| 1 000+ | 1,645 | 1,960 |

On utilise une interpolation linéaire pour déterminer les valeurs qui ne sont pas représentées dans ce tableau.

A.3.5. Essai F

La donnée statistique F doit être calculée comme suit:

$$F_y = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{\text{ref}}^2} \quad \text{(A.5-156)}$$

a) pour un essai F à 90 % de confiance, on utilise le tableau A.5.7 du présent paragraphe afin de comparer F aux valeurs de $F_{crit90}$ tirées du tableau par rapport à (N-1) et ($N_{ref}$-1). Si F est inférieur à $F_{crit90}$, F satisfait à l'essai F à 90 % de confiance;

b) pour un essai F à 95 % de confiance, on utilise le tableau A.5.8 du présent paragraphe afin de comparer F aux valeurs de $F_{crit95}$ tirées du tableau par rapport à (N-1) et ($N_{ref}$-1). Si F est inférieur à $F_{crit95}$, F satisfait à l'essai F à 95 % de confiance.

Tableau A.5.7

**Valeurs critiques de F, Fcrit90, par rapport à N-1 et Nref-1 à 90 % de confiance**

| N-1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 | 1 000+ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $N_{ref}$-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 39,86 | 49,50 | 53,59 | 55,83 | 57,24 | 58,20 | 58,90 | 59,43 | 59,85 | 60,19 | 60,70 | 61,22 | 61,74 | 62,00 | 62,26 | 62,52 | 62,79 | 63,06 | 63,32 |
| 2 | 8,526 | 9,000 | 9,162 | 9,243 | 9,293 | 9,326 | 9,349 | 9,367 | 9,381 | 9,392 | 9,408 | 9,425 | 9,441 | 9,450 | 9,458 | 9,466 | 9,475 | 9,483 | 9,491 |
| 3 | 5,538 | 5,462 | 5,391 | 5,343 | 5,309 | 5,285 | 5,266 | 5,252 | 5,240 | 5,230 | 5,216 | 5,200 | 5,184 | 5,176 | 5,168 | 5,160 | 5,151 | 5,143 | 5,134 |
| 4 | 4,545 | 4,325 | 4,191 | 4,107 | 4,051 | 4,010 | 3,979 | 3,955 | 3,936 | 3,920 | 3,896 | 3,870 | 3,844 | 3,831 | 3,817 | 3,804 | 3,790 | 3,775 | 3,761 |
| 5 | 4,060 | 3,780 | 3,619 | 3,520 | 3,453 | 3,405 | 3,368 | 3,339 | 3,316 | 3,297 | 3,268 | 3,238 | 3,207 | 3,191 | 3,174 | 3,157 | 3,140 | 3,123 | 3,105 |
| 6 | 3,776 | 3,463 | 3,289 | 3,181 | 3,108 | 3,055 | 3,014 | 2,983 | 2,958 | 2,937 | 2,905 | 2,871 | 2,836 | 2,818 | 2,800 | 2,781 | 2,762 | 2,742 | 2,722 |
| 7 | 3,589 | 3,257 | 3,074 | 2,961 | 2,883 | 2,827 | 2,785 | 2,752 | 2,725 | 2,703 | 2,668 | 2,632 | 2,595 | 2,575 | 2,555 | 2,535 | 2,514 | 2,493 | 2,471 |
| 8 | 3,458 | 3,113 | 2,924 | 2,806 | 2,726 | 2,668 | 2,624 | 2,589 | 2,561 | 2,538 | 2,502 | 2,464 | 2,425 | 2,404 | 2,383 | 2,361 | 2,339 | 2,316 | 2,293 |
| 9 | 3,360 | 3,006 | 2,813 | 2,693 | 2,611 | 2,551 | 2,505 | 2,469 | 2,440 | 2,416 | 2,379 | 2,340 | 2,298 | 2,277 | 2,255 | 2,232 | 2,208 | 2,184 | 2,159 |
| 10 | 3,285 | 2,924 | 2,728 | 2,605 | 2,522 | 2,461 | 2,414 | 2,377 | 2,347 | 2,323 | 2,284 | 2,244 | 2,201 | 2,178 | 2,155 | 2,132 | 2,107 | 2,082 | 2,055 |
| 11 | 3,225 | 2,860 | 2,660 | 2,536 | 2,451 | 2,389 | 2,342 | 2,304 | 2,274 | 2,248 | 2,209 | 2,167 | 2,123 | 2,100 | 2,076 | 2,052 | 2,026 | 2,000 | 1,972 |
| 12 | 3,177 | 2,807 | 2,606 | 2,480 | 2,394 | 2,331 | 2,283 | 2,245 | 2,214 | 2,188 | 2,147 | 2,105 | 2,060 | 2,036 | 2,011 | 1,986 | 1,960 | 1,932 | 1,904 |
| 13 | 3,136 | 2,763 | 2,560 | 2,434 | 2,347 | 2,283 | 2,234 | 2,195 | 2,164 | 2,138 | 2,097 | 2,053 | 2,007 | 1,983 | 1,958 | 1,931 | 1,904 | 1,876 | 1,846 |
| 14 | 3,102 | 2,726 | 2,522 | 2,395 | 2,307 | 2,243 | 2,193 | 2,154 | 2,122 | 2,095 | 2,054 | 2,010 | 1,962 | 1,938 | 1,912 | 1,885 | 1,857 | 1,828 | 1,797 |
| 15 | 3,073 | 2,695 | 2,490 | 2,361 | 2,273 | 2,208 | 2,158 | 2,119 | 2,086 | 2,059 | 2,017 | 1,972 | 1,924 | 1,899 | 1,873 | 1,845 | 1,817 | 1,787 | 1,755 |
| 16 | 3,048 | 2,668 | 2,462 | 2,333 | 2,244 | 2,178 | 2,128 | 2,088 | 2,055 | 2,028 | 1,985 | 1,940 | 1,891 | 1,866 | 1,839 | 1,811 | 1,782 | 1,751 | 1,718 |
| 17 | 3,026 | 2,645 | 2,437 | 2,308 | 2,218 | 2,152 | 2,102 | 2,061 | 2,028 | 2,001 | 1,958 | 1,912 | 1,862 | 1,836 | 1,809 | 1,781 | 1,751 | 1,719 | 1,686 |
| 18 | 3,007 | 2,624 | 2,416 | 2,286 | 2,196 | 2,130 | 2,079 | 2,038 | 2,005 | 1,977 | 1,933 | 1,887 | 1,837 | 1,810 | 1,783 | 1,754 | 1,723 | 1,691 | 1,657 |
| 19 | 2,990 | 2,606 | 2,397 | 2,266 | 2,176 | 2,109 | 2,058 | 2,017 | 1,984 | 1,956 | 1,912 | 1,865 | 1,814 | 1,787 | 1,759 | 1,730 | 1,699 | 1,666 | 1,631 |
| 20 | 2,975 | 2,589 | 2,380 | 2,249 | 2,158 | 2,091 | 2,040 | 1,999 | 1,965 | 1,937 | 1,892 | 1,845 | 1,794 | 1,767 | 1,738 | 1,708 | 1,677 | 1,643 | 1,607 |
| 21 | 2,961 | 2,575 | 2,365 | 2,233 | 2,142 | 2,075 | 2,023 | 1,982 | 1,948 | 1,920 | 1,875 | 1,827 | 1,776 | 1,748 | 1,719 | 1,689 | 1,657 | 1,623 | 1,586 |
| 22 | 2,949 | 2,561 | 2,351 | 2,219 | 2,128 | 2,061 | 2,008 | 1,967 | 1,933 | 1,904 | 1,859 | 1,811 | 1,759 | 1,731 | 1,702 | 1,671 | 1,639 | 1,604 | 1,567 |
| 23 | 2,937 | 2,549 | 2,339 | 2,207 | 2,115 | 2,047 | 1,995 | 1,953 | 1,919 | 1,890 | 1,845 | 1,796 | 1,744 | 1,716 | 1,686 | 1,655 | 1,622 | 1,587 | 1,549 |

| N-1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 | 1 000+ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 2,927 | 2,538 | 2,327 | 2,195 | 2,103 | 2,035 | 1,983 | 1,941 | 1,906 | 1,877 | 1,832 | 1,783 | 1,730 | 1,702 | 1,672 | 1,641 | 1,607 | 1,571 | 1,533 |
| 25 | 2,918 | 2,528 | 2,317 | 2,184 | 2,092 | 2,024 | 1,971 | 1,929 | 1,895 | 1,866 | 1,820 | 1,771 | 1,718 | 1,689 | 1,659 | 1,627 | 1,593 | 1,557 | 1,518 |
| 26 | 2,909 | 2,519 | 2,307 | 2,174 | 2,082 | 2,014 | 1,961 | 1,919 | 1,884 | 1,855 | 1,809 | 1,760 | 1,706 | 1,677 | 1,647 | 1,615 | 1,581 | 1,544 | 1,504 |
| 27 | 2,901 | 2,511 | 2,299 | 2,165 | 2,073 | 2,005 | 1,952 | 1,909 | 1,874 | 1,845 | 1,799 | 1,749 | 1,695 | 1,666 | 1,636 | 1,603 | 1,569 | 1,531 | 1,491 |
| 28 | 2,894 | 2,503 | 2,291 | 2,157 | 2,064 | 1,996 | 1,943 | 1,900 | 1,865 | 1,836 | 1,790 | 1,740 | 1,685 | 1,656 | 1,625 | 1,593 | 1,558 | 1,520 | 1,478 |
| 29 | 2,887 | 2,495 | 2,283 | 2,149 | 2,057 | 1,988 | 1,935 | 1,892 | 1,857 | 1,827 | 1,781 | 1,731 | 1,676 | 1,647 | 1,616 | 1,583 | 1,547 | 1,509 | 1,467 |
| 30 | 2,881 | 2,489 | 2,276 | 2,142 | 2,049 | 1,980 | 1,927 | 1,884 | 1,849 | 1,819 | 1,773 | 1,722 | 1,667 | 1,638 | 1,606 | 1,573 | 1,538 | 1,499 | 1,456 |
| 40 | 2,835 | 2,440 | 2,226 | 2,091 | 1,997 | 1,927 | 1,873 | 1,829 | 1,793 | 1,763 | 1,715 | 1,662 | 1,605 | 1,574 | 1,541 | 1,506 | 1,467 | 1,425 | 1,377 |
| 60 | 2,791 | 2,393 | 2,177 | 2,041 | 1,946 | 1,875 | 1,819 | 1,775 | 1,738 | 1,707 | 1,657 | 1,603 | 1,543 | 1,511 | 1,476 | 1,437 | 1,395 | 1,348 | 1,291 |
| 120 | 2,748 | 2,347 | 2,130 | 1,992 | 1,896 | 1,824 | 1,767 | 1,722 | 1,684 | 1,652 | 1,601 | 1,545 | 1,482 | 1,447 | 1,409 | 1,368 | 1,320 | 1,265 | 1,193 |
| 1 000+ | 2,706 | 2,303 | 2,084 | 1,945 | 1,847 | 1,774 | 1,717 | 1,670 | 1,632 | 1,599 | 1,546 | 1,487 | 1,421 | 1,383 | 1,342 | 1,295 | 1,240 | 1,169 | 1,000 |

Tableau A.5.8

**Valeurs critiques de F, $F_{crit95}$, par rapport à N-1 et $N_{ref}$-1 à 95 % de confiance**

| N-1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 | 1 000+ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $N_{ref}$-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 161,4 | 199,5 | 215,7 | 224,5 | 230,1 | 233,9 | 236,7 | 238,8 | 240,5 | 241,8 | 243,9 | 245,9 | 248,0 | 249,0 | 250,1 | 251,1 | 252,2 | 253,2 | 254,3 |
| 2 | 18,51 | 19,00 | 19,16 | 19,24 | 19,29 | 19,33 | 19,35 | 19,37 | 19,38 | 19,39 | 19,41 | 19,42 | 19,44 | 19,45 | 19,46 | 19,47 | 19,47 | 19,48 | 19,49 |
| 3 | 10,12 | 9,552 | 9,277 | 9,117 | 9,014 | 8,941 | 8,887 | 8,845 | 8,812 | 8,786 | 8,745 | 8,703 | 8,660 | 8,639 | 8,617 | 8,594 | 8,572 | 8,549 | 8,526 |
| 4 | 7,709 | 6,944 | 6,591 | 6,388 | 6,256 | 6,163 | 6,094 | 6,041 | 5,999 | 5,964 | 5,912 | 5,858 | 5,803 | 5,774 | 5,746 | 5,717 | 5,688 | 5,658 | 5,628 |
| 5 | 6,608 | 5,786 | 5,410 | 5,192 | 5,050 | 4,950 | 4,876 | 4,818 | 4,773 | 4,735 | 4,678 | 4,619 | 4,558 | 4,527 | 4,496 | 4,464 | 4,431 | 4,399 | 4,365 |
| 6 | 5,987 | 5,143 | 4,757 | 4,534 | 4,387 | 4,284 | 4,207 | 4,147 | 4,099 | 4,060 | 4,000 | 3,938 | 3,874 | 3,842 | 3,808 | 3,774 | 3,740 | 3,705 | 3,669 |
| 7 | 5,591 | 4,737 | 4,347 | 4,120 | 3,972 | 3,866 | 3,787 | 3,726 | 3,677 | 3,637 | 3,575 | 3,511 | 3,445 | 3,411 | 3,376 | 3,340 | 3,304 | 3,267 | 3,230 |
| 8 | 5,318 | 4,459 | 4,066 | 3,838 | 3,688 | 3,581 | 3,501 | 3,438 | 3,388 | 3,347 | 3,284 | 3,218 | 3,150 | 3,115 | 3,079 | 3,043 | 3,005 | 2,967 | 2,928 |
| 9 | 5,117 | 4,257 | 3,863 | 3,633 | 3,482 | 3,374 | 3,293 | 3,230 | 3,179 | 3,137 | 3,073 | 3,006 | 2,937 | 2,901 | 2,864 | 2,826 | 2,787 | 2,748 | 2,707 |
| 10 | 4,965 | 4,103 | 3,708 | 3,478 | 3,326 | 3,217 | 3,136 | 3,072 | 3,020 | 2,978 | 2,913 | 2,845 | 2,774 | 2,737 | 2,700 | 2,661 | 2,621 | 2,580 | 2,538 |

| N-1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 | 1 000+ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 4,844 | 3,982 | 3,587 | 3,357 | 3,204 | 3,095 | 3,012 | 2,948 | 2,896 | 2,854 | 2,788 | 2,719 | 2,646 | 2,609 | 2,571 | 2,531 | 2,490 | 2,448 | 2,405 |
| 12 | 4,747 | 3,885 | 3,490 | 3,259 | 3,106 | 2,996 | 2,913 | 2,849 | 2,796 | 2,753 | 2,687 | 2,617 | 2,544 | 2,506 | 2,466 | 2,426 | 2,384 | 2,341 | 2,296 |
| 13 | 4,667 | 3,806 | 3,411 | 3,179 | 3,025 | 2,915 | 2,832 | 2,767 | 2,714 | 2,671 | 2,604 | 2,533 | 2,459 | 2,420 | 2,380 | 2,339 | 2,297 | 2,252 | 2,206 |
| 14 | 4,600 | 3,739 | 3,344 | 3,112 | 2,958 | 2,848 | 2,764 | 2,699 | 2,646 | 2,602 | 2,534 | 2,463 | 2,388 | 2,349 | 2,308 | 2,266 | 2,223 | 2,178 | 2,131 |
| 15 | 4,543 | 3,682 | 3,287 | 3,056 | 2,901 | 2,791 | 2,707 | 2,641 | 2,588 | 2,544 | 2,475 | 2,403 | 2,328 | 2,288 | 2,247 | 2,204 | 2,160 | 2,114 | 2,066 |
| 16 | 4,494 | 3,634 | 3,239 | 3,007 | 2,852 | 2,741 | 2,657 | 2,591 | 2,538 | 2,494 | 2,425 | 2,352 | 2,276 | 2,235 | 2,194 | 2,151 | 2,106 | 2,059 | 2,010 |
| 17 | 4,451 | 3,592 | 3,197 | 2,965 | 2,810 | 2,699 | 2,614 | 2,548 | 2,494 | 2,450 | 2,381 | 2,308 | 2,230 | 2,190 | 2,148 | 2,104 | 2,058 | 2,011 | 1,960 |
| 18 | 4,414 | 3,555 | 3,160 | 2,928 | 2,773 | 2,661 | 2,577 | 2,510 | 2,456 | 2,412 | 2,342 | 2,269 | 2,191 | 2,150 | 2,107 | 2,063 | 2,017 | 1,968 | 1,917 |
| 19 | 4,381 | 3,522 | 3,127 | 2,895 | 2,740 | 2,628 | 2,544 | 2,477 | 2,423 | 2,378 | 2,308 | 2,234 | 2,156 | 2,114 | 2,071 | 2,026 | 1,980 | 1,930 | 1,878 |
| 20 | 4,351 | 3,493 | 3,098 | 2,866 | 2,711 | 2,599 | 2,514 | 2,447 | 2,393 | 2,348 | 2,278 | 2,203 | 2,124 | 2,083 | 2,039 | 1,994 | 1,946 | 1,896 | 1,843 |
| 21 | 4,325 | 3,467 | 3,073 | 2,840 | 2,685 | 2,573 | 2,488 | 2,421 | 2,366 | 2,321 | 2,250 | 2,176 | 2,096 | 2,054 | 2,010 | 1,965 | 1,917 | 1,866 | 1,812 |
| 22 | 4,301 | 3,443 | 3,049 | 2,817 | 2,661 | 2,549 | 2,464 | 2,397 | 2,342 | 2,297 | 2,226 | 2,151 | 2,071 | 2,028 | 1,984 | 1,938 | 1,889 | 1,838 | 1,783 |
| 23 | 4,279 | 3,422 | 3,028 | 2,796 | 2,640 | 2,528 | 2,442 | 2,375 | 2,320 | 2,275 | 2,204 | 2,128 | 2,048 | 2,005 | 1,961 | 1,914 | 1,865 | 1,813 | 1,757 |
| 24 | 4,260 | 3,403 | 3,009 | 2,776 | 2,621 | 2,508 | 2,423 | 2,355 | 2,300 | 2,255 | 2,183 | 2,108 | 2,027 | 1,984 | 1,939 | 1,892 | 1,842 | 1,790 | 1,733 |
| 25 | 4,242 | 3,385 | 2,991 | 2,759 | 2,603 | 2,490 | 2,405 | 2,337 | 2,282 | 2,237 | 2,165 | 2,089 | 2,008 | 1,964 | 1,919 | 1,872 | 1,822 | 1,768 | 1,711 |
| 26 | 4,225 | 3,369 | 2,975 | 2,743 | 2,587 | 2,474 | 2,388 | 2,321 | 2,266 | 2,220 | 2,148 | 2,072 | 1,990 | 1,946 | 1,901 | 1,853 | 1,803 | 1,749 | 1,691 |
| 27 | 4,210 | 3,354 | 2,960 | 2,728 | 2,572 | 2,459 | 2,373 | 2,305 | 2,250 | 2,204 | 2,132 | 2,056 | 1,974 | 1,930 | 1,884 | 1,836 | 1,785 | 1,731 | 1,672 |
| 28 | 4,196 | 3,340 | 2,947 | 2,714 | 2,558 | 2,445 | 2,359 | 2,291 | 2,236 | 2,190 | 2,118 | 2,041 | 1,959 | 1,915 | 1,869 | 1,820 | 1,769 | 1,714 | 1,654 |
| 29 | 4,183 | 3,328 | 2,934 | 2,701 | 2,545 | 2,432 | 2,346 | 2,278 | 2,223 | 2,177 | 2,105 | 2,028 | 1,945 | 1,901 | 1,854 | 1,806 | 1,754 | 1,698 | 1,638 |
| 30 | 4,171 | 3,316 | 2,922 | 2,690 | 2,534 | 2,421 | 2,334 | 2,266 | 2,211 | 2,165 | 2,092 | 2,015 | 1,932 | 1,887 | 1,841 | 1,792 | 1,740 | 1,684 | 1,622 |
| 40 | 4,085 | 3,232 | 2,839 | 2,606 | 2,450 | 2,336 | 2,249 | 2,180 | 2,124 | 2,077 | 2,004 | 1,925 | 1,839 | 1,793 | 1,744 | 1,693 | 1,637 | 1,577 | 1,509 |
| 60 | 4,001 | 3,150 | 2,758 | 2,525 | 2,368 | 2,254 | 2,167 | 2,097 | 2,040 | 1,993 | 1,917 | 1,836 | 1,748 | 1,700 | 1,649 | 1,594 | 1,534 | 1,467 | 1,389 |
| 120 | 3,920 | 3,072 | 2,680 | 2,447 | 2,290 | 2,175 | 2,087 | 2,016 | 1,959 | 1,911 | 1,834 | 1,751 | 1,659 | 1,608 | 1,554 | 1,495 | 1,429 | 1,352 | 1,254 |
| 1 000+ | 3,842 | 2,996 | 2,605 | 2,372 | 2,214 | 2,099 | 2,010 | 1,938 | 1,880 | 1,831 | 1,752 | 1,666 | 1,571 | 1,517 | 1,459 | 1,394 | 1,318 | 1,221 | 1,000 |

A.3.6. Pente

La pente de la droite de régression des moindres carrés, $a_{1y}$, doit être calculée comme suit:

$$a_{1y} = \frac{\sum_{i=1}^{N} (y_i - \overline{y}) \cdot (y_{refi} - \overline{y}_{ref})}{\sum_{i=1}^{N} (y_{refi} - \overline{y}_{ref})^2} \quad \text{(A.5-157)}$$

A.3.7. Ordonnée à l'origine

L'ordonnée à l'origine de la droite de régression des moindres carrés, $a_{0y}$, doit être calculée comme suit:

$$a_{0y} = \overline{y} - \left( a_{1y} \cdot \overline{y}_{ref} \right) \quad \text{(A.5-158)}$$

A.3.8. Erreur type de l'estimation

L'erreur type de l'estimation, SEE, doit être calculée comme suit:

$$SEE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} \left[ y_i - a_{0y} - \left( a_{1y} \cdot y_{refi} \right) \right]^2}{N - 2}} \quad \text{(A.5-159)}$$

A.3.9. Coefficient de détermination

Le coefficient de détermination, $r^2$, doit être calculé comme suit:

$$r_y^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N} \left[ y_i - a_{0y} - \left( a_{1y} \cdot y_{refi} \right) \right]^2}{\sum_{i=1}^{N} \left[ y_i - \overline{y} \right]^2} \quad \text{(A.5-160)}$$

*APPENDICE A.4*

**FORMULE GRAVIMÉTRIQUE INTERNATIONALE (1980)**

L'accélération de la gravité terrestre, $a_g$, varie selon l'emplacement. On calcule $a_g$ pour une latitude donnée comme suit:

$$a_g = 9{,}7803267715\left[1+5{,}2790414\times10^{-3}\sin^2\theta+2{,}32718\times10^{-5}\sin^4\theta+1{,}262\times10^{-7}\sin^6\theta+7\times10^{-10}\sin^8\theta\right] \quad \text{(A.5-161)}$$

où:

$\vartheta$ = latitude nord ou sud exprimée en degrés.

*APPENDICE A.5*

**VÉRIFICATION DU FLUX DE CARBONE**

A.5.1. Introduction

Pratiquement tout le carbone qui se trouve dans les gaz d'échappement provient du carburant et se présente dans les gaz d'échappement sous la forme de $CO_2$. C'est la raison pour laquelle la vérification du système est fondée sur les mesures du $CO_2$.

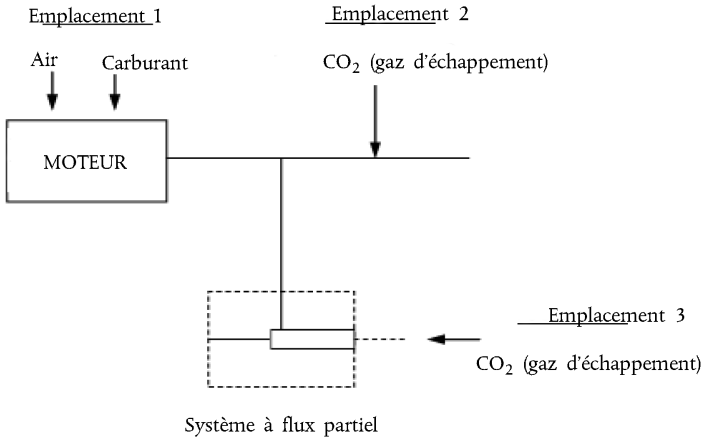
Le flux de carbone dans les systèmes de mesure des gaz d'échappement est déterminé à partir du débit de carburant. Le flux de carbone aux divers points du système de prélèvement des gaz et des particules est déterminé à partir des concentrations de $CO_2$ et des débits de gaz en ces points.

Le moteur est bien connu comme une source de flux de carbone, et le fait d'observer le même débit de carbone dans le tuyau d'échappement et à la sortie du système de prélèvement des particules en flux partiel permet de vérifier l'étanchéité et la précision de la mesure du débit. L'avantage de cette vérification est que les composants fonctionnent dans des conditions réelles de température et de débit.

La figure A.5-1 représente les points de prélèvement où les débits de carbone sont contrôlés. Les équations spécifiques pour les débits de carbone à chaque point de prélèvement sont données dans les paragraphes suivants.

*Figure A.5-1*

**Points de mesure pour la vérification du flux de carbone**




Système à flux partiel

A.5.2. Flux de carbone entrant dans le moteur (point de prélèvement 1)

Le débit-masse de carbone entrant dans le moteur $q_{mCf}$ [kg/s] pour un carburant $CH_\alpha O_\varepsilon$ est calculé comme suit:

$$q_{mCf} = \frac{12{,}011}{12{,}011 + \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon} \cdot q_{mf} \qquad \text{(A.5-162)}$$

où:

$q_{mf}$ = débit-masse du carburant [kg/s].

A.5.3. Débit de carbone dans les gaz d'échappement bruts (point de prélèvement 2)

Le débit-masse de carbone dans le tuyau d'échappement du moteur $q_{mCe}$ [kg/s] doit être déterminé à partir de la concentration de $CO_2$ dans les gaz d'échappement bruts et du débit-masse de gaz d'échappement, comme suit:

$$q_{mCe} = \left( \frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \quad \text{(A.5-163)}$$

où:

$c_{CO2,r}$ = concentration de $CO_2$ dans les gaz d'échappement bruts en conditions humides [%]

$c_{CO2,a}$ = concentration de $CO_2$ dans l'air ambiant en conditions humides [%]

$q_{mew}$ = débit-masse de gaz d'échappement en conditions humides [kg/s]

$M_e$ = masse molaire des gaz d'échappement [g/mol].

Si le $CO_2$ est mesuré en conditions sèches, on le convertit en $CO_2$ en conditions humides conformément aux dispositions du paragraphe A.7.3.2 ou A.8.2.2.

A.5.4. Débit de carbone dans le système de dilution (point de prélèvement 3)

Pour le système de dilution du flux partiel, il faut aussi tenir compte du taux de fractionnement. Le débit de carbone dans un système de dilution équivalent $q_{mCp}$ [kg/s] (par équivalent, on entend un système équivalent à un système fonctionnant à plein débit où le flux total est dilué) doit être déterminé à partir de la concentration de $CO_2$ dilué, du débit-masse des gaz d'échappement et du débit d'échantillon; la nouvelle équation est identique à l'équation (A.5-2), si ce n'est qu'elle est complétée par le facteur de dilution $q_{mdew}/q_{mp}$.

$$q_{mCp} = \left( \frac{c_{CO2,d} - c_{CO2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \quad \text{(A.5-164)}$$

où:

$c_{CO2,d}$ = concentration de $CO_2$ en conditions humides dans les gaz d'échappement dilués à la sortie du tunnel de dilution [%]

$c_{CO2,a}$ = concentration de $CO_2$ dans l'air ambiant en conditions humides [%]

$q_{mdew}$ = débit d'un échantillon dilué dans le système de dilution du flux partiel [kg/s]

$q_{mew}$ = débit-masse de gaz d'échappement en conditions humides [kg/s]

$q_{mp}$ = débit de prélèvement de gaz d'échappement dans le système de dilution partielle du flux [kg/s]

$M_e$ = masse molaire des gaz d'échappement [g/mol].

Si le $CO_2$ est mesuré en conditions sèches, on le convertit en $CO_2$ en conditions humides conformément aux dispositions du paragraphe A.7.3.2 ou A.8.2.2.

A.5.5. Calcul de la masse molaire des gaz d'échappement

La masse molaire des gaz d'échappement doit être calculée au moyen de l'équation (A.8-15) (voir paragraphe A.8.2.4.2).

Les masses molaires suivantes peuvent également être utilisées pour les gaz d'échappement:

$M_e$ (gazole) = 28,9 g/mol

*APPENDICE A.6*

**CALCUL DU NOMBRE DE PARTICULES**

A.6.1. Détermination du nombre de particules

A.6.1.1. Synchronisation

Pour les systèmes de dilution du flux partiel, il doit être tenu compte du temps de séjour dans le système de prélèvement et de mesure du nombre de particules par synchronisation du signal du nombre de particules avec le cycle d'essai et le débit massique de gaz d'échappement, conformément à la procédure du paragraphe 8.2.1.2 de l'annexe 4. Le temps de transformation du système de prélèvement et de mesure du nombre de particules doit être déterminé conformément aux dispositions du paragraphe A.1.1.3.7 de l'appendice A.1 de l'annexe 4.

A.6.1.2. Détermination du nombre de particules pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes stationnaires raccordés dans le système de dilution du flux partiel

Lorsque le prélèvement de mesure du nombre de particules s'effectue dans un système de dilution du flux partiel, conformément aux dispositions du paragraphe 9.2.3 de l'annexe 4, le nombre de particules émises sur le cycle d'essai entier doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-165):

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \overline{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \qquad \text{(A.5-165)}$$

où:

$N$ nombre de particules émises sur le cycle d'essai entier, [#/essai]

$m_{edf}$ masse de gaz d'échappement dilués équivalents sur le cycle d'essai entier, déterminée au moyen de l'équation (A.5-45) (paragraphe 1.3.1.1.2) [kg/essai]

$k$ facteur d'étalonnage permettant de corriger les mesures indiquées par le compteur du nombre de particules en fonction de l'instrument de référence, lorsque cette correction n'est pas appliquée de manière interne au compteur. Lorsque le facteur d'étalonnage est appliqué de manière interne au compteur, la valeur 1 doit être attribuée à k dans l'équation (A.5-165)

$\overline{c}_s$ concentration moyenne de particules dans les gaz d'échappement dilués, corrigée en fonction des conditions normales (273,15 K et 101,33 kPa), en particules par $cm^3$

$\overline{f_r}$ facteur de réduction de la concentration moyenne de particules du séparateur de particules volatiles s'appliquant spécifiquement aux conditions de dilution utilisée pour l'essai

avec:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad \text{(A.5-166)}$$

où:

$c_{s,i}$ mesure discrète de la concentration de particules dans les gaz d'échappement dilués indiquée par le compteur de particules, corrigée pour tenir compte de la coïncidence et ramenée aux conditions normales (273,15 K et 101,33 kPa), en particules par $cm^3$

$n$ nombre de mesures de la concentration de particules effectuées sur le cycle d'essai entier.

A.6.1.3 Détermination du nombre de particules pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes stationnaires raccordés dans le système de dilution du flux total

Lorsque le prélèvement de mesure du nombre de particules s'effectue dans un système de dilution du flux total, conformément aux dispositions du paragraphe 9.2.2 de l'annexe 4, le nombre de particules émises sur le cycle d'essai entier doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-167):

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \overline{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \quad \text{(A.5-167)}$$

où:

N nombre de particules émises sur le cycle d'essai entier, [#/essai]

$m_{ed}$ débit total de gaz d'échappement dilués sur l'ensemble du cycle, selon l'une des méthodes décrites aux paragraphes A.1.2.4.1 à A.1.2.4.3 de l'annexe 5 [kg/essai]

$k$ facteur d'étalonnage permettant de corriger les mesures indiquées par le compteur du nombre de particules en fonction de l'instrument de référence, lorsque cette correction n'est pas appliquée de manière interne au compteur. Lorsque le facteur d'étalonnage est appliqué de manière interne au compteur, la valeur 1 doit être attribuée à k dans l'équation (A.5-167)

$\overline{c}_s$ concentration corrigée moyenne de particules dans les gaz d'échappement dilués, corrigée en fonction des conditions normales (273,15 K et 101,33 kPa), en particules par $cm^3$

$\overline{f_r}$ facteur de réduction de la concentration moyenne de particules du séparateur de particules volatiles s'appliquant spécifiquement aux conditions de dilution utilisée pour l'essai

avec:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad \text{(A.5-168)}$$

où:

$c_{s,i}$ mesure discrète de la concentration de particules dans les gaz d'échappement dilués indiquée par le compteur de particules, corrigée pour tenir compte de la coïncidence et ramenée aux conditions normales (273,15 K et 101,33 kPa), en particules par $cm^3$

$n$ nombre de mesures de la concentration de particules effectuées sur le cycle d'essai entier.

A.6.1.4. Détermination du nombre de particules pour les cycles NRSC en conditions stationnaires dans le système de dilution du flux partiel

Lorsque le prélèvement de mesure du nombre de particules s'effectue dans un système de dilution du flux partiel, conformément aux spécifications du paragraphe 9.2.3 de l'annexe 4, le taux d'émission de particules durant chaque mode discret doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-169) en utilisant les valeurs moyennes pour le mode:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1,293} \times k \times \overline{c}_s \times \overline{f}_r \times 10^6 \times 3600 \quad \text{(A.5-169)}$$

où:

$\dot{N}$ taux d'émission de particules durant le mode discret individuel [#/h]

$q_{medf}$ débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides durant le mode discret individuel, déterminé conformément à l'équation (A.5-51) (paragraphe A.1.3.2.1) [kg/s]

$k$ facteur d'étalonnage permettant de corriger les mesures indiquées par le compteur du nombre de particules en fonction de l'instrument de référence, lorsque cette correction n'est pas appliquée de manière interne au compteur. Lorsque le facteur d'étalonnage est appliqué de manière interne au compteur permettant de mesurer le nombre de particules, la valeur 1 doit être attribuée à k dans l'équation (A.5-169)

$\overline{c}_s$ concentration moyenne de particules dans les gaz d'échappement dilués durant le mode discret individuel, corrigée sur la base des conditions normales (273,15 K et 101,33 kPa), en particules par $cm^3$

$\overline{f_r}$ facteur de réduction de la concentration moyenne de particules du séparateur de particules volatiles s'appliquant spécifiquement aux conditions de dilution utilisées pour l'essai

avec:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad \text{(A.5-170)}$$

où:

$c_{s,i}$ mesure discrète de la concentration de particules dans les gaz d'échappement dilués indiquée par le compteur de particules, corrigée pour tenir compte de la coïncidence et ramenée aux conditions normales (273,15 K et 101,33 kPa), en particules par $cm^3$

$n$ nombre de mesures de la concentration de particules effectuées durant la période de prélèvement à modes discrets individuelle.

A.6.1.5. Détermination du nombre de particules pour les cycles en conditions stationnaires dans le système de dilution du flux total

Lorsque le prélèvement de mesure du nombre de particules s'effectue dans un système de dilution du flux total, conformément aux spécifications du paragraphe 9.2.2 de l'annexe 4, le taux d'émission de particules durant chaque mode discret doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-171) en utilisant les valeurs moyennes pour le mode:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1{,}293} \times k \times \overline{c}_s \times \overline{f}_r \times 10^6 \times 3600 \quad \text{(A.5-171)}$$

où:

$\dot{N}$ taux d'émission de particules durant le mode discret individuel [#/h]

$q_{mdew}$ débit-masse total de gaz d'échappement dilués en conditions humides durant le mode discret individuel, [kg/s]

$k$ facteur d'étalonnage permettant de corriger les mesures indiquées par le compteur du nombre de particules en fonction de l'instrument de référence, lorsque cette correction n'est pas appliquée de manière interne au compteur. Lorsque le facteur d'étalonnage est appliqué de manière interne au compteur permettant de mesurer le nombre de particules, la valeur 1 doit être attribuée à k dans l'équation (A.5-171)

$\overline{c}_s$ concentration moyenne de particules dans les gaz d'échappement dilués durant le mode discret individuel, corrigée sur la base des conditions normales (273,15 K et 101,33 kPa), en particules par $cm^3$

$\overline{f_r}$ facteur de réduction de la concentration moyenne de particules du séparateur de particules volatiles s'appliquant spécifiquement aux conditions de dilution utilisées pour l'essai

avec:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad \text{(A.5-172)}$$

où:

$c_{s,i}$ mesure discrète de la concentration de particules dans les gaz d'échappement dilués indiquée par le compteur de particules, corrigée pour tenir compte de la coïncidence et ramenée aux conditions normales (273,15 K et 101,33 kPa), en particules par $cm^3$

$n$ nombre de mesures de la concentration de particules effectuées durant la période de prélèvement à modes discrets individuelle.

A.6.2. Résultat de l'essai

A.6.2.1. Calcul des émissions spécifiques pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes stationnaires raccordés

Pour chaque cycle RMC, NRSC, NRTC à chaud et NRTC à froid applicable, les émissions spécifiques en nombre de particules par kilowattheure doivent être calculées au moyen de l'équation (A.5-173):

$$e = \frac{N}{W_{act}} \quad \text{(A.5-173)}$$

où:

$N$ nombre de particules émises sur le cycle RMC, NRTC à chaud ou NRTC à froid applicable

$W_{act}$ travail réel au cours du cycle, conformément au paragraphe 7.8.3.4 de l'annexe 4, [kWh].

Pour un cycle RMC, dans le cas d'un moteur équipé d'un système de traitement aval des gaz d'échappement à régénération périodique (voir le paragraphe 6.6.2 de l'annexe 4), les émissions spécifiques sont corrigées soit au moyen du facteur de correction multiplicatif applicable, soit au moyen du facteur de correction additif applicable. Dans le cas où la régénération périodique n'a pas eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le haut est appliqué ($k_{ru,m}$ ou $k_{ru,a}$). Dans le cas où la régénération périodique a eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le bas est appliqué ($k_{rd,m}$ ou $k_{rd,a}$).

Dans le cas d'un cycle RMC, le résultat final doit également être ajusté au moyen du facteur de détérioration multiplicatif ou additif applicable, établi conformément aux prescriptions de l'annexe 8.

A.6.2.1.1. Résultat moyen pondéré de l'essai NRTC

Dans le cas du cycle NRTC, le résultat d'essai final doit être une moyenne pondérée des essais à froid et à chaud (avec régénération périodique le cas échéant), calculée au moyen de l'équation (A.5-174) ou (A.5-175):

a) Dans le cas d'une correction multiplicative ou d'un moteur non doté d'un système de traitement aval des gaz d'échappement à régénération périodique:

$$e = k_r \left( \frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act.hot})} \right) \quad \text{(A.5-175)}$$

b) Dans le cas d'une correction additive:

$$e = k_r + \left( \frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act.hot})} \right) \quad \text{(A.5-175)}$$

où:

$N_{cold}$ nombre total de particules émises sur le cycle d'essai NRTC à froid

$N_{hot}$ nombre total de particules émises sur le cycle d'essai NRTC à chaud

$W_{act,cold}$ travail effectif sur le cycle pendant la durée du cycle d'essai NRTC à froid, conformément au paragraphe 7.8.3.4 de l'annexe 4, [kWh]

$W_{act,hot}$ travail effectif sur le cycle au cours du cycle d'essai NRTC à chaud, conformément au paragraphe 7.8.3.4 de l'annexe 4, [kWh]

$k_r$ correction de régénération, conformément au paragraphe 6.6.2 de l'annexe 4, ou, dans le cas d'un moteur non doté d'un système de traitement aval à régénération périodique, $k_r = 1$.

Dans le cas où la régénération périodique n'a pas eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le haut est appliqué ($k_{ru,m}$ ou $k_{ru,a}$). Dans le cas où la régénération périodique a eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le bas est appliqué ($k_{rd,m}$ ou $k_{rd,a}$).

Le résultat, le cas échéant incluant le facteur d'ajustement pour la régénération périodique, doit également être ajusté au moyen du facteur de détérioration multiplicatif ou additif applicable, établi conformément aux prescriptions de l'annexe 8.

A.6.2.2. Calcul des émissions spécifiques pour les essais NRSC à modes discrets

Les émissions spécifiques e [#/kWh] doivent être calculées au moyen de l'équation (A.5-176):

$$e = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{N}_i \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad \text{(A.5-176)}$$

où:

$Pi$ = puissance du moteur pour le mode i [kW], calculée en ajoutant à la puissance mesurée $P_{meas}$ [kW] la puissance requise pour faire fonctionner les accessoires, $P_{AUX}$ [kW], déterminée conformément à l'équation (A.4-8) de l'annexe 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

$WF_i$ = facteur de pondération pour le mode i [-]

$\dot{N}_i$ = débit-masse moyen d'émissions pour le mode i [#/h] de l'équation (A.5-169) ou (A.5-171) en fonction de la méthode de dilution.

Dans le cas d'un moteur équipé d'un système de traitement aval à régénération périodique (voir par. 6.6.2 de l'annexe 4), les émissions spécifiques sont corrigées soit au moyen du facteur de correction multiplicatif applicable, soit au moyen du facteur de correction additif applicable. Dans le cas où la régénération périodique n'a pas eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le haut est appliqué ($k_{ru,m}$ ou $k_{ru,a}$). Dans le cas où la régénération périodique a eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le bas est appliqué ($k_{rd,m}$ ou $k_{rd,a}$). Lorsque les facteurs d'ajustement ont été déterminés pour chaque mode, ils doivent être appliqués à chaque mode lors du calcul du résultat d'émissions pondéré à l'équation (A.5-176).

Le résultat, le cas échéant incluant le facteur d'ajustement pour la régénération périodique, doit également être ajusté au moyen du facteur de détérioration multiplicatif ou additif applicable, établi conformément aux prescriptions de l'annexe 8.

A.6.2.3. Arrondi des résultats finaux

Les résultats finaux d'essai NRTC et les résultats moyens pondérés d'essai NRTC doivent être arrondis en une seule étape à trois chiffres significatifs, conformément à la norme ASTM E 29-06B. Aucun arrondi de valeurs intermédiaires aboutissant au résultat final d'émissions spécifiques au frein n'est autorisé.

A.6.2.4. Détermination du nombre de particules dans l'air ambiant

A.6.2.4.1. À la demande du fabricant du moteur, les concentrations ambiantes de particules dans le tunnel de dilution peuvent être mesurées, avant ou après l'essai, à partir d'un point en aval des filtres à particules et à hydrocarbures situés à l'entrée du système de mesure du nombre de particules, en vue de déterminer les concentrations ambiantes de particules dans le tunnel.

A.6.2.4.2. La déduction des concentrations ambiantes de particules dans le tunnel ne doit pas être admise pour l'homologation de type, mais elle peut être utilisée, à la demande du constructeur, et avec l'accord préalable de l'autorité d'homologation, pour le contrôle de la conformité de la production, s'il peut être démontré que la contribution des valeurs ambiantes du tunnel n'est pas négligeable; celle-ci peut alors être déduite des valeurs mesurées dans les gaz d'échappement dilués.

*APPENDICE A.7*

**CALCUL DES ÉMISSIONS D'AMMONIAC**

A.7.1. Calcul de la concentration moyenne pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes stationnaires raccordés

La concentration moyenne de $NH_3$ dans les gaz d'échappement au cours du cycle d'essai, $c_{NH_3}$ [ppm], doit être déterminée en intégrant les valeurs instantanées au cours du cycle. L'équation (A.5-177) doit être appliquée:

$$c_{NH_3} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} c_{NH_3,i} \quad \text{(A.5-177)}$$

où:

$c_{NH_3,i}$ concentration instantanée de $NH_3$ dans les gaz d'échappement [ppm]

$n$ nombre de mesures.

Pour le cycle NRTC, le résultat d'essai final doit être calculé au moyen de l'équation (A.5-178):

$$c_{NH_3} = (0{,}1 \times c_{NH_3,cold}) + (0{,}9 \times c_{NH_3,hot}) \quad \text{(A.5-178)}$$

où:

$c_{NH_3,cold}$ concentration moyenne de $NH_3$ de l'essai NRTC à froid [ppm]

$c_{NH_3,hot}$ concentration moyenne de $NH_3$ de l'essai NRTC à chaud [ppm].

A.7.2. Calcul de la concentration moyenne pour le cycle NRSC à modes discrets

La concentration moyenne de $NH_3$ dans les gaz d'échappement au cours du cycle d'essai $c_{NH_3}$ [ppm] doit être déterminée en mesurant la concentration moyenne pour chaque mode et en pondérant le résultat en fonction des facteurs de pondération applicables au cycle d'essai. L'équation (A.5-179) doit être appliquée:

$$c_{NH_3} = \sum_{i=1}^{N_{mode}} \overline{c}_{NH_3,i} \cdot WF_i \quad \text{(A.5-179)}$$

où:

$\overline{c}_{NH_3,i}$ concentration moyenne de $NH_3$ dans les gaz d'échappement pour le mode i [ppm]

$N_{mode}$ nombre de modes dans le cycle d'essai

$WF_i$ facteur de pondération pour le mode i [-].

*ANNEXE 6*

**CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES CARBURANTS DE RÉFÉRENCE PRESCRITES POUR LES ESSAIS D'HOMOLOGATION ET LE CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION**

1. Caractéristiques techniques des carburants à utiliser pour les essais de moteurs à allumage par compression

1.1. Type: gazole (gazole non routier)

| Paramètre | Unité | Limites ([1]) | | Méthode d'essai |
|---|---|---|---|---|
| | | Minimale | Maximale | |
| Indice de cétane ([2]) | | 45 | 56,0 | EN-ISO 5165 |
| Masse volumique à 15 °C | kg/m$^3$ | 833 | 865 | EN-ISO 3675 |
| Distillation: | | | | |
| à 50 % du volume | °C | 245 | — | EN-ISO 3405 |
| à 95 % du volume | °C | 345 | 350 | EN-ISO 3405 |
| Point d'ébullition final | °C | — | 370 | EN-ISO 3405 |
| Point d'éclair | °C | 55 | — | EN 22719 |
| Température limite de filtrabilité | °C | —- | −5 | EN 116 |
| Viscosité à 40 °C | mm$^2$/s | 2,3 | 3,3 | EN-ISO 3104 |
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques | % m/m | 2,0 | 6,0 | IP 391 |
| Teneur en soufre ([3]) | mg/kg | — | 10 | ASTM D 5453 |
| Corrosion du cuivre | | — | Classe 1 | EN-ISO 2160 |
| Résidu de carbone Conradson(résidu de distillation de 10 %) | % m/m | — | 0,2 | EN-ISO 10370 |
| Teneur en cendre | % m/m | — | 0,01 | EN-ISO 6245 |
| Contamination totale | mg/kg | — | 24 | EN 12662 |

| Paramètre | Unité | Limites ([1]) | | Méthode d'essai |
|---|---|---|---|---|
| | | Minimale | Maximale | |
| Teneur en eau | % m/m | — | 0,02 | EN-ISO 12937 |
| Indice de neutralisation (acide fort) | mg KOH/g | — | 0,10 | ASTM D 974 |
| Stabilité à l'oxydation ([3]) | mg/ml | — | 0,025 | EN-ISO 12205 |
| Lubrifiance (diamètre de la marque d'usure à l'issue de l'essai HFRR à 60 °C) | µm | — | 400 | CEC F-06-A-96 |
| Stabilité à l'oxydation à 110 °C ([3]) | H | 20,0 | — | EN 15751 |
| FAME | % v/v | — | 7,0 | EN 14078 |

([1]) Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des valeurs vraies. Les valeurs limites ont été déterminées conformément à la norme ISO 4259, intitulée «Produits pétroliers — détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai», et pour la fixation d'une valeur minimale, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte; pour la fixation d'une valeur maximale et d'une valeur minimale, la différence minimale est de 4R (R = reproductibilité).
Nonobstant cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburants doit néanmoins viser à respecter une valeur zéro lorsque la valeur maximale stipulée est de 2R, et la valeur moyenne lorsque des limites maximale et minimale sont spécifiées. Au cas où il serait nécessaire de vérifier le respect des spécifications pour un carburant, les dispositions de la norme ISO 4259 devraient être appliquées.

([2]) La plage indiquée pour l'indice de cétane n'est pas conforme à la valeur spécifiée de 4R pour l'étendue minimale. Toutefois, pour trancher toute contestation éventuelle entre le fournisseur et l'utilisateur de carburant, la norme ISO 4259 peut être appliquée, à condition qu'un nombre suffisant de mesures soit effectué pour atteindre la précision nécessaire, ceci étant préférable à des mesures uniques.

([3]) Malgré les mesures prises pour assurer la stabilité à l'oxydation, il est vraisemblable que la durée de conservation des produits sera limitée. Il est recommandé de demander conseil au fournisseur quant aux conditions de stockage et à la durée de vie.

1.2. Type: éthanol pour moteurs à allumage par compression dédiés (ED95) ([1])

| Paramètre | Unité | Limites ([2]) | | Méthode d'essai ([3]) |
|---|---|---|---|---|
| | | Minimum | Maximum | |
| Alcool total (éthanol, y compris la teneur en alcools saturés supérieurs) | % m/m | 92,4 | | EN 15721 |
| Autres mono-alcools saturés supérieurs ($C_3$-$C_5$) | % m/m | | 2,0 | EN 15721 |
| Méthanol | % m/m | | 0,3 | EN 15721 |
| Masse volumique à 15 °C | kg/m³ | 793,0 | 815,0 | EN ISO 12185 |

| Paramètre | Unité | Limites (2) | | Méthode d'essai (3) |
|---|---|---|---|---|
| | | Minimum | Maximum | |
| Acidité, calculée sous forme d'acide acétique | % m/m | | 0,0025 | EN 15491 |
| Apparence | | Limpide et brillant | | |
| Zone de tension | °C | 10 | | EN 3679 |
| Résidu sec | mg/kg | | 15 | EN 15691 |
| Teneur en eau | % m/m | | 6,5 | EN 15489 (4)<br>EN-ISO 12937<br>EN15692 |
| Aldéhydes, calculés sous forme d'acétaldéhyde | % m/m | | 0,0050 | ISO 1388-4 |
| Esters, calculés sous forme d'acétate d'éthyle | % m/m | | 0,1 | ASTM D1617 |
| Teneur en soufre | mg/kg | | 10,0 | EN 15485<br>EN 15486 |
| Sulfates | mg/kg | | 4,0 | EN 15492 |
| Contamination particulaire | mg/kg | | 24 | EN 12662 |
| Phosphore | mg/l | | 0,20 | EN 15487 |
| Chlorure inorganique | mg/kg | | 1,0 | EN 15484 ou EN 15492 |
| Cuivre | mg/kg | | 0,100 | EN 15488 |
| Conductivité électrique | µS/cm | | 2,50 | DIN 5162A.5-4 ou prEN 15938 |

(1) Des additifs, tels que des améliorants de l'indice de cétane spécifiés par le constructeur du moteur, peuvent être ajoutés au carburant éthanol pour autant qu'ils n'aient pas d'effets secondaires négatifs connus. Si ces conditions sont satisfaites, la quantité maximale autorisée est de 10 % m/m.

(2) Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des valeurs vraies. Les valeurs limites ont été déterminées conformément à la norme ISO 4259 intitulée «Produits pétroliers — détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai»et pour la fixation d'une valeur minimale, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte; pour la fixation d'une valeur maximale et d'une valeur minimale, la différence minimale est de 4R (R = reproductibilité). Nonobstant cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburants doit néanmoins viser à respecter une valeur zéro, lorsque la valeur maximale stipulée est de 2R, et la valeur moyenne, lorsque des limites maximale et minimale sont spécifiées. Au cas où il serait nécessaire de vérifier le respect des spécifications pour un carburant, les dispositions de la norme ISO 4259 devraient être appliquées.

(3) Des méthodes EN/ISO équivalentes seront adoptées lorsqu'elles auront été publiées pour les caractéristiques susmentionnées.

(4) Au cas où il serait nécessaire de vérifier le respect des spécifications pour un carburant, les dispositions de la norme EN 15489 devraient être appliquées.

2. Caractéristiques techniques des carburants à utiliser pour l'essai de moteurs à allumage commandé

2.1 Type: essence (E10)

| Paramètre | Unité | Limites (1) | | Méthode d'essai (2) |
|---|---|---|---|---|
| | | Minimum | Maximum | |
| Indice d'octane recherche (RON) | | 91,0 | 98,0 | EN ISO 5164:2005 (3) |
| Indice d'octane moteur (MON) | | 83,0 | 89,0 | EN ISO 5163:2005 (3) |
| Masse volumique à 15 °C | kg/m³ | 743 | 756 | EN ISO 3675<br>EN ISO 12185 |
| Pression de vapeur | kPa | 45,0 | 60,0 | EN ISO 13016-1<br>(DVPE) |
| Teneur en eau | | | 0,05 % v/v maximum<br>Apparence à – 7 °C: limpide et brillante | EN 12937 |
| Distillation: | | | | |
| — Évaporation à 70 °C | % v/v | 18,0 | 46,0 | EN-ISO 3405 |
| — Évaporation à 100 °C | % v/v | 46,0 | 62,0 | EN-ISO 3405 |
| — Évaporation à 150 °C | % v/v | 75,0 | 94,0 | EN-ISO 3405 |
| — Point d'ébullition final | °C | 170 | 210 | EN-ISO 3405 |
| Résidu | % v/v | — | 2,0 | EN-ISO 3405 |
| Analyse des hydrocarbures: | | | | |
| — Oléfines | % v/v | 3,0 | 18,0 | EN 14517<br>EN 15553 |
| — Aromatiques | % v/v | 19,5 | 35,0 | EN 14517<br>EN 15553 |
| — Benzène | % v/v | — | 1,0 | EN 12177<br>EN 238, EN 14517 |
| — Saturés | % v/v | Rapport | | EN 14517<br>EN 15553 |
| Rapport carbone/hydrogène | | Rapport | | |
| Rapport carbone/oxygène | | Rapport | | |
| Période d'induction (4) | Minutes | 480 | | EN-ISO 7536 |
| Teneur en oxygène (5) | % m/m | 3,3 (8) | 3,7 | EN 1601<br>EN 13132<br>EN 14517 |
| Gommes présentes | mg/ml | — | 0,04 | EN-ISO 6246 |

| Paramètre | Unité | Limites (1) | | Méthode d'essai (2) |
|---|---|---|---|---|
| | | Minimum | Maximum | |
| Teneur en soufre (6) | mg/kg | — | 10 | EN ISO 20846<br>EN ISO 20884 |
| Corrosion du cuivre (3 h à 50 °C) | Évaluation | — | Classe 1 | EN-ISO 2160 |
| Teneur en plomb | mg/l | — | 5 | EN 237 |
| Teneur en phosphore (7) | mg/l | — | 1,3 | ASTM D 3231 |
| Ethanol (4) | % v/v | 9,0 (8) | 10,2 (8) | EN 22854 |

(1) Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des valeurs vraies. Les valeurs limites ont été déterminées conformément à la norme ISO 4259 intitulée «Produits pétroliers — détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai»et pour la fixation d'une valeur minimale, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte; pour la fixation d'une valeur maximale et d'une valeur minimale, la différence minimale est de 4R (R = reproductibilité). Nonobstant cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburants doit néanmoins viser à respecter une valeur zéro, lorsque la valeur maximale stipulée est de 2R, et la valeur moyenne, lorsque des limites maximale et minimale sont spécifiées. Au cas où il serait nécessaire de vérifier le respect des spécifications pour un carburant, les dispositions de la norme ISO 4259 devraient être appliquées.
(2) Des méthodes EN/ISO équivalentes seront adoptées lorsqu'elles auront été publiées pour les caractéristiques susmentionnées.
(3) Un facteur de correction de 0,2 pour MON et RON doit être soustrait pour le calcul du résultat final conformément à EN 228:2008.
(4) Le carburant peut contenir des additifs antioxydants et des inhibiteurs de catalyse métallique normalement utilisés pour stabiliser les flux d'essence en raffinerie; il ne faut cependant pas y ajouter d'additifs détergents ou dispersants ni d'huiles solvantes.
(5) Le seul composé oxygéné pouvant être ajouté délibérément au carburant de référence est l'éthanol conforme à la spécification EN 15376.
(6) Il convient de communiquer la teneur en soufre effective du carburant utilisé pour l'essai du type 1.
(7) Il ne doit y avoir aucune adjonction délibérée de composés contenant du phosphore, du fer, du manganèse ou du plomb à ce carburant de référence.
(8) La teneur en éthanol et la teneur en oxygène correspondante peuvent être nulles pour les moteurs de catégorie SMB, à la discrétion du constructeur. Dans ce cas, tous les essais de la famille de moteurs ou du type de moteurs, en l'absence d'une famille, doivent être effectués à l'aide d'essence d'une teneur en éthanol nulle.

2.2. Type: éthanol (E85)

| Paramètre | Unité | Limites (1) | | Méthode d'essai |
|---|---|---|---|---|
| | | Minimum | Maximum | |
| Indice d'octane recherche (RON) | | 95,0 | — | EN ISO 5164 |
| Indice d'octane moteur (MON) | | 85,0 | — | EN ISO 5163 |
| Masse volumique à 15 °C | kg/m³ | Rapport | | ISO 3675 |
| Pression de vapeur | kPa | 40,0 | 60,0 | EN ISO 13016-1 (DVPE) |
| Teneur en soufre (2) | mg/kg | — | 10 | EN 15485 ou EN 15486 |
| Stabilité à l'oxydation | Minutes | 360 | | EN ISO 7536 |

| Paramètre | Unité | Limites ([1]) | | Méthode d'essai |
|---|---|---|---|---|
| | | Minimum | Maximum | |
| Teneur en gommes présentes (lavées au solvant) | mg/100 ml | — | 5 | EN-ISO 6246 |
| ApparenceDoit être déterminée à température ambiante ou à la température de 15 °C, si celle-ci est supérieure | | Limpide et brillant, visiblement non contaminé par des matières en suspensionou des précipitations | | Inspection visuelle |
| Éthanol et alcools supérieurs ([3]) | % v/v | 83 | 85 | EN 1601<br>EN 13132<br>EN 14517<br>E DIN 51627-3 |
| Alcools supérieurs ($C_3$-$C_8$) | % v/v | — | 2,0 | E DIN 51627-3 |
| Méthanol | % v/v | | 1,00 | E DIN 51627-3 |
| Essence ([4]) | % v/v | Reste | | EN 228 |
| Phosphore | mg/l | 0,20 ([5]) | | EN 15487 |
| Teneur en eau | % v/v | | 0,300 | EN 15489ou EN 15692 |
| Teneur en chlorures inorganiques | mg/l | | 1 | EN 15492 |
| pHe | | 6,5 | 9,0 | EN 15490 |
| Corrosion sur lame de cuivre (3 h à 50 °C) | Évaluation | Classe 1 | | EN ISO 2160 |
| Acidité (sous forme d'acide acétique $CH_3COOH$) | % m/m<br>(mg/l) | — | 0,0050<br>(40) | EN 15491 |
| Conductivité électrique | µS/cm | 1,5 | | DIN 51627-4 ou prEN 15938 |
| Rapport carbone/hydrogène | | Rapport | | |
| Rapport carbone/oxygène | | Rapport | | |

([1]) Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des valeurs vraies. Les valeurs limites ont été déterminées conformément à la norme ISO 4259 intitulée «Produits pétroliers — détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai»et pour la fixation d'une valeur minimale, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte; pour la fixation d'une valeur maximale et d'une valeur minimale, la différence minimale est de 4R (R = reproductibilité). Nonobstant cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburants doit néanmoins viser à respecter une valeur zéro, lorsque la valeur maximale stipulée est de 2R, et la valeur moyenne, lorsque des limites maximale et minimale sont spécifiées. Au cas où il serait nécessaire de vérifier le respect des spécifications pour un carburant, les dispositions de la norme ISO 4259 devraient être appliquées.

([2]) Il convient de communiquer la teneur en soufre effective du carburant utilisé pour les essais d'émissions.

([3]) L'éthanol conforme aux spécifications de la norme EN 15376 est le seul composé oxygéné qui peut être ajouté intentionnellement au carburant de référence.

([4]) La teneur en essence sans plomb peut être déterminée comme 100 moins la somme de la teneur en pourcentage d'eau, d'alcools, de MTBE et de ETBE.

([5]) Il ne doit y avoir aucune adjonction délibérée de composés contenant du phosphore, du fer, du manganèse ou du plomb à ce carburant de référence.

3. Caractéristiques techniques des carburants gazeux à utiliser pour l'essai de moteurs monocarburant et de moteurs à bicarburation

3.1. Type: GPL

| Paramètre | Unité | Carburant A | Carburant B | Méthode d'essai |
|---|---|---|---|---|
| Composition: | | | | EN 27941 |
| Teneur en $C_3$ | % v/v | 30 ± 2 | 85 ± 2 | |
| Teneur en $C_4$ | % v/v | Reste([1]) | Reste ([1]) | |
| $< C_3$, $> C_4$ | % v/v | Maximum 2 | Maximum 2 | |
| Oléfines | % v/v | Maximum 12 | Maximum 15 | |
| Résidu d'évaporation | mg/kg | Maximum 50 | Maximum 50 | EN 15470 |
| Eau à 0 °C | | Exempt | Exempt | EN 15469 |
| Teneur totale en soufre, y compris odorant | mg/kg | Maximum 10 | Maximum 10 | EN 24260,ASTM D 3246, ASTM 6667 |
| Sulfure d'hydrogène | | Néant | Néant | EN ISO 8819 |
| Corrosion du de cuivre (1 h à 40 °C) | Évaluation | Classe 1 | Classe 1 | ISO 6251 ([2]) |

| Paramètre | Unité | Carburant A | Carburant B | Méthode d'essai |
|---|---|---|---|---|
| Odeur | | Caractéristique | Caractéristique | |
| Indice d'octane moteur([3]) | | Minimum 89,0 | Minimum 89,0 | EN 589 Annexe B |

([1]) «Reste»doit être lu comme suit: reste = 100 – $C_3$ – < $C_3$ – > $C_4$.
([2]) Avec cette méthode, il peut être impossible de déterminer de manière exacte la présence de substances corrosives si l'échantillon contient des inhibiteurs de corrosion ou d'autres agents chimiques qui réduisent la corrosivité de l'échantillon à l'égard de la lame de cuivre. L'ajout de tels composés à la seule fin de fausser les résultats est donc interdit.
([3]) À la demande du constructeur du moteur, un indice MON plus élevé pourrait être utilisé pour effectuer les essais d'homologation de type.

3.2. Type: gaz naturel/biométhane

3.2.1. Spécifications pour les carburants de référence fournis avec des propriétés déterminées (à partir d'un récipient scellé, par exemple)

À la place des carburants de référence du présent paragraphe, on peut utiliser les carburants équivalents du paragraphe 3.2.2 de la présente annexe.

| Caractéristiques | Unités | Base | Limites | | Méthode d'essai |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Minimum | Maximum | |
| Carburant de référence $G_R$ | | | | | |
| Composition: | | | | | |
| Méthane | | 87 | 84 | 89 | |
| Éthane | | 13 | 11 | 15 | |
| Reste ([1]) | % mole | — | — | 1 | ISO 6974 |
| Teneur en soufre | mg/m³ ([2]) | — | | 10 | ISO 6326-5 |

([1]) Inertes + $C_{2+}$.
([2]) Valeur à déterminer aux conditions normales [293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa].

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Carburant de référence $G_{23}$ | | | | | |
| Composition: | | | | | |
| Méthane | | 92,5 | 91,5 | 93,5 | |
| Reste ([1]) | % mole | — | — | 1 | ISO 6974 |
| $N_2$ | % mole | 7,5 | 6,5 | 8,5 | |
| Teneur en soufre | mg/m³ ([2]) | — | — | 10 | ISO 6326-5 |

([1]) Inertes (autres que $N_2$) + $C_2$+ $C_{2+}$.
([2]) Valeur à déterminer à 293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa.

| Caractéristiques | Unités | Base | Limites | | Méthode d'essai |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Minimum | Maximum | |
| Carburant de référence $G_{25}$ | | | | | |
| Composition: | | | | | |
| Méthane | % mole | 86 | 84 | 88 | |
| Reste (1) | % mole | — | — | 1 | ISO 6974 |
| $N_2$ | % mole | 14 | 12 | 16 | |
| Teneur en soufre | $mg/m^3$ (2) | — | — | 10 | ISO 6326-5 |

(1) Inertes (autres que $N_2$) + $C_2$+ $C_{2+}$.
(2) Valeur à déterminer à 293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Carburant de référence $G_{20}$ | | | | | |
| Composition: | | | | | |
| Méthane | % mole | 100 | 99 | 100 | ISO 6974 |
| Reste (1) | % mole | — | — | 1 | ISO 6974 |
| $N_2$ | % mole | | | | ISO 6974 |
| Teneur en soufre | $mg/m^3$ (2) | — | — | 10 | ISO 6326-5 |
| Indice de Wobbe (net) | $MJ/m^3$ (3) | 48,2 | 47,2 | 49,2 | |

(1) Inertes (autres que $N_2$) + $C_2$ + $C_{2+}$.
(2) Valeur à déterminer à 293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa.
(3) Valeur à déterminer à 273,2 K (0 °C) et 101,3 kPa.

3.2.2. Spécifications pour les carburants de référence fournis à partir d'une conduite, additionnés d'autres gaz et dont les propriétés sont déterminées par des mesures réalisées sur site

À la place des carburants de référence du présent paragraphe, on peut utiliser les carburants de référence équivalents du paragraphe 3.2.1 de la présente annexe.

3.2.2.1. La base de tous les carburants de référence issus d'une conduite ($G_R$, $G_{20}$, …) doit être constituée de gaz provenant d'un réseau de distribution publique, additionné, si nécessaire aux fins du respect des spécifications relatives au facteur de recalage ($S_\lambda$) figurant au tableau A.6-1, d'un ou plusieurs des gaz disponibles sur le marché suivants (l'utilisation d'un gaz d'étalonnage n'est pas requise à cet effet):

a) dioxyde de carbone;

b) éthane;

c) méthane;

d) azote;

e) propane.

3.2.2.2. La valeur de $S_\lambda$ du mélange de gaz de conduite et de gaz adjoint doit être comprise dans la plage spécifiée au tableau A.6-1 pour le carburant de référence donné.

*Tableau A.6-1*

**Plage de $S_\Lambda$ requise pour chaque carburant de référence**

| Carburant de référence | $S_\lambda$ minimal | $S_\lambda$ maximal |
|---|---|---|
| $G_R$ [1] | 0,87 | 0,95 |
| $G_{20}$ | 0,97 | 1,03 |
| $G_{23}$ | 1,05 | 1,10 |
| $G_{25}$ | 1,12 | 1,20 |

[1] Le moteur ne doit pas être soumis à un essai avec un mélange gazeux présentant un indice de méthane (MN) inférieur à 70. Dans le cas où la plage de $S_\lambda$ requise pour $G_R$ résulterait en un indice de méthane (MN) inférieur à 70, la valeur de $S_\lambda$ pour $G_R$ pourrait être adaptée autant que nécessaire jusqu'à ce que MN atteigne une valeur non inférieure à 70.

3.2.2.3. Le rapport d'essai du moteur pour chaque cycle d'essai inclut les informations suivantes:

a) le ou les gaz adjoints sélectionnés dans la liste figurant au paragraphe 3.2.2.1 de la présente annexe;

b) la valeur de $S_\lambda$ pour le mélange de carburants obtenu;

c) l'indice de méthane (MN) du mélange de carburants obtenu.

3.2.2.4. Les prescriptions figurant aux appendices A.1 et A.2 doivent être respectées pour déterminer les propriétés des gaz de conduite et des gaz adjoints, pour déterminer les valeurs de $S_\lambda$ et MN pour le mélange de gaz obtenu, et pour vérifier si ce mélange est conservé durant l'essai.

3.2.2.5. Dans le cas où un ou plusieurs flux gazeux [gaz de conduite ou gaz adjoint(s)] contiennent du $CO_2$ en quantités dépassant une proportion minimale, le calcul des émissions spécifiques de $CO_2$ figurant à l'annexe 5 doit être corrigé conformément à l'appendice A.3.

*APPENDICE A.1*

**PRESCRIPTIONS SUPPLÉMENTAIRES APPLICABLES AUX ESSAIS D'ÉMISSIONS UTILISANT DES CARBURANTS DE RÉFÉRENCE GAZEUX CONSTITUÉS DE GAZ DE CONDUITE ADDITIONNÉ À D'AUTRES GAZ**

A.1.1. Méthode d'analyse des gaz et mesure du débit de gaz

A.1.1.1. Aux fins du présent appendice, si nécessaire, la composition du gaz doit être déterminée au moyen de l'analyse du gaz par chromatographie en phase gazeuse conformément à la norme EN ISO 6974 ou au moyen d'une autre technique permettant d'atteindre au minimum un niveau similaire de précision et de répétabilité.

A.1.1.2. Aux fins du présent appendice, si nécessaire, la mesure du débit gazeux doit être exécutée au moyen d'un débitmètre massique.

A.1.2. Analyse et débit à l'admission du gaz de distribution publique

A.1.2.1. La composition du gaz de distribution fourni doit être analysée avant le dispositif de mélange des gaz adjoints.

A.1.2.2. Le débit du gaz de distribution doit être mesuré à l'entrée du dispositif de mélange des gaz adjoints.

A.1.3. Analyse et débit des gaz adjoints

A.1.3.1. Lorsqu'un certificat d'analyse applicable est disponible pour un gaz adjoint (par exemple, émanant du fournisseur de gaz), il peut servir de base à l'établissement de la composition de ces gaz adjoints. Dans ce cas, l'analyse sur site de la composition des gaz adjoints est permise mais non obligatoire.

A.1.3.2. Lorsqu'un certificat d'analyse applicable n'est pas disponible pour un gaz adjoint, la composition de ce gaz adjoint doit faire l'objet d'une analyse.

A.1.3.3. Le débit de chaque gaz adjoint doit être mesuré à l'entrée du dispositif de mélange des gaz adjoints.

A.1.4. Analyse du gaz en mélange

A.1.4.1. L'analyse de la composition du gaz alimentant le moteur après la sortie du dispositif de mélange des gaz adjoints doit être permise en complément de l'analyse requise aux paragraphes A.1.2.1 et A.1.3.1, ou à la place de cette dernière, mais elle n'est pas obligatoire.

A.1.5. Calcul de $S_\lambda$ et de l'indice de méthane du gaz en mélange

A.1.5.1. Les résultats de l'analyse du gaz conformément aux paragraphes A.1.2.1, A.1.3.1 ou A.1.3.2 et, le cas échéant, au paragraphe A.1.4.1, en combinaison avec le débit massique du gaz mesuré conformément aux paragraphes A.1.2.2 et A.1.3.3, doivent être utilisés pour calculer l'indice de méthane conformément à la norme EN 16726:2015. Le même jeu de données doit être utilisé pour calculer $S_\lambda$ conformément à la procédure prévue à l'appendice A.2 de la présente annexe.

A.1.6. Contrôle et vérification du mélange gazeux durant l'essai

A.1.6.1. Le contrôle et la vérification du mélange gazeux durant l'essai doivent être effectués au moyen d'un système de contrôle en boucle ouverte ou en boucle fermée.

A.1.6.2. Système de contrôle du mélange en boucle ouverte

A.1.6.2.1. Dans ce cas, l'analyse du gaz, les mesures de débit et les calculs visés aux paragraphes A.1.1, A.1.2, A.1.3 et A.1.4 doivent être effectués avant l'essai d'émissions.

A.1.6.2.2. La proportion du gaz de distribution et du ou des gaz adjoints doit être fixée afin de garantir que $S_\lambda$ se situe dans la plage autorisée pour le carburant de référence concerné, telle que spécifiée dans le tableau A.6-1.

A.1.6.2.3. Lorsque les proportions relatives ont été fixées, elles doivent être conservées tout au long de l'essai d'émissions. Les différents débits peuvent être ajustés afin de maintenir les proportions relatives.

A.1.6.2.4. Lorsque l'essai d'émissions est terminé, l'analyse de la composition du gaz, les mesures de débit et les calculs visés aux paragraphes A.1.2, A.1.3, A.1.4 et A.1.5 sont répétés. Pour que l'essai soit considéré comme valable, la valeur de $S_\lambda$ doit rester dans la plage spécifiée au tableau A.6-1 pour le carburant de référence correspondant.

A.1.6.3. Système de contrôle du mélange en boucle fermée

A.1.6.3.1. Dans ce cas, l'analyse de la composition du gaz, les mesures de débit et les calculs visés aux paragraphes A.1.2, A.1.3, A.1.4 et A.1.5 doivent être effectués régulièrement durant l'essai d'émissions. Les intervalles de vérification doivent être déterminés en tenant compte de la fréquence que permettent le chromatographe en phase gazeuse et le système de calcul correspondant.

A.1.6.3.2. Les résultats obtenus par les mesures et les calculs périodiques doivent être utilisés afin d'adapter les proportions relatives du gaz de distribution et des gaz adjoints pour maintenir la valeur de $S_\lambda$ dans la plage spécifiée au tableau A.6-1 pour le carburant de référence correspondant. La fréquence d'ajustement ne doit pas dépasser la fréquence de mesure.

A.1.6.3.3. Afin que l'essai soit considéré comme valable, la valeur de $S_\lambda$ doit se trouver dans la plage spécifiée au tableau A.6-1 pour le carburant de référence correspondant dans 90 % des points de mesure au minimum.

*APPENDICE A.2*

**CALCUL DU FACTEUR DE RECALAGE λ ($S_\lambda$)**

A.2.1. Calcul

Le facteur de recalage λ ($S_\lambda$)[1] doit être calculé à l'aide de l'équation (A.6-1):

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{inert\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} \quad \text{(A.6-1)}$$

où:

$S_\lambda$ = facteur de recalage λ

*inert%* = % en volume de gaz inertes dans le carburant ($N_2$, $CO_2$, He, etc.)

$O_2^*$ = % en volume d'oxygène initial dans le carburant

n et m = référence au $C_nH_m$ moyen, qui représente les hydrocarbures du carburant, c'est-à-dire:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{C_3\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_4\%}{100}\right] + 5 \times \left[\frac{C_5\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - diluent\%}{100}} \quad \text{(A.6-2)}$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100}\right] + \cdots 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - diluent\%}{100}} \quad \text{(A.6-3)}$$

où:

$CH_4$% = pourcentage en volume de méthane dans le carburant

$C_2$% = pourcentage en volume de tous les hydrocarbures $C_2$ ($C_2H_6$, $C_2H_4$, etc.) dans le carburant

$C_3$% = pourcentage en volume de tous les hydrocarbures $C_3$ ($C_3H_8$, $C_3H_6$, etc.) dans le carburant

$C_4$% = pourcentage en volume de tous les hydrocarbures $C_4$ ($C_4H_{10}$, $C_4H_8$, etc.) dans le carburant

$C_5$% = pourcentage en volume de tous les hydrocarbures $C_5$ ($C_5H_{12}$, $C_5H_{10}$, etc.) dans le carburant

diluent% = pourcentage en volume de gaz de dilution dans le carburant (c'est-à-dire $O_2$*, $N_2$, $CO_2$, He, etc.).

[1] Rapports stœchiométriques air/carburant de carburants automobiles — SAE J1829, juin 1987. John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988, chapitre 3.4 «Combustion stoichiometry »(p. 68 à 72).

A.2.2. Exemples de calcul du facteur de recalage λ ($S_\lambda$):

Exemple 1: $G_{25}$: $CH_4$ = 86 %, $N_2$ = 14 % (en volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4^{\%}}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2^{\%}}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{1 \times 0{,}86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0{,}86}{0{,}86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4^{\%}}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4^{\%}}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}86}{0{,}86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1{,}16$$

Exemple 2: $G_R$: $CH_4$ = 87 %, $C_2H_6$ = 13 % (en volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4^{\%}}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2^{\%}}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{1 \times 0{,}87 + 2 \times 0{,}13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1{,}13}{} = 1{,}13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4^{\%}}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4^{\%}}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}87 + 6 \times 0{,}13}{1} = 4{,}26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1{,}13 + \frac{4{,}26}{4}\right)} = 0{,}911$$

Exemple 3: $CH_4$ = 89 %, $C_2H_6$ = 4,5 %, $C_3H_8$ = 2,3 %, $C_6H_{14}$ = 0,2 %, $O_2$ = 0,6 % et $N_2$ = 4 %

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\,\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\,\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{1\,x\,0{,}89 + 2 \times 0{,}045 + 3 \times 0{,}023 + 4 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}64 + 4}{100}} = 1{,}11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\,\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\,\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\,\%}{100}\right] + \cdots + 8 \times \left[\frac{C_3H_8\,\%}{100}\right]}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}89 + 4 \times 0{,}045 + 8 \times 0{,}023 + 14 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}6 + 4}{100}}$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1{,}11 + \frac{4{,}24}{4}\right) - \frac{0{,}6}{100}} = 0{,}96$$

$S_\lambda$ peut également être calculé à partir du rapport entre la demande stœchiométrique en air du méthane pur et la demande stœchiométrique en air du mélange de carburants fourni au moteur, comme spécifié ci-dessous.

Le facteur de recalage λ ($S_\lambda$) exprime la demande en oxygène de tout mélange de carburants par rapport à la demande en oxygène du méthane pur. La demande en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder le méthane dans une composition stœchiométrique des partenaires réactionnels et obtenir les produits d'une combustion complète (c'est-à-dire du dioxyde de carbone et de l'eau).

Pour la combustion du méthane pur, la réaction est telle qu'elle figure dans l'équation (A.6-4):

$$1 \times CH_4 + 2 \times O_2 \rightarrow 1 \times CO_2 + 2 \times H_2O \qquad \text{(A.6-4)}$$

Dans ce cas, le rapport de molécules dans une composition stœchiométrique des partenaires réactionnels est exactement de 2:

$$\frac{n_{O2}}{n_{CH4}} = 2$$

où:

$n_{O2}$ = nombre de molécules d'oxygène

$n_{CH4}$ = nombre de molécules de méthane.

La demande en oxygène du méthane pur est donc:

$n_{O2} = 2 \cdot n_{CH4}$ avec une valeur de référence de [$nCH_4$]= 1 kmol.

La valeur de $S_\lambda$ peut être déterminée à partir du rapport de la composition stœchiométrique d'oxygène et de méthane divisée par le rapport de la composition stœchiométrique d'oxygène et du mélange de carburants alimentant le moteur, comme indiqué à l'équation (A.6-5):

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)} = \frac{2}{(n_{O2})_{blend}} \quad \text{(A.6-5)}$$

où:

$n_{blend}$ = nombre de molécules du mélange de carburants

$(n_{O2})_{blend}$ = rapport des molécules dans la composition stœchiométrique d'oxygène et du mélange de carburants alimentant le moteur

L'air contenant 21 % d'oxygène, la demande stœchiométrique en air $L_{st}$ de tout carburant doit être calculée au moyen de l'équation (A.6-6):

$$L_{st,\,fuel} = \frac{n_{O2,\ fuel}}{0.21} \quad \text{(A.6-6)}$$

où:

$L_{st,\,fuel}$ = la demande stœchiométrique en air du carburant

$n_{O2,\ fuel}$ = la demande stœchiométrique en oxygène du carburant

Par conséquent, la valeur de $S_\lambda$ peut aussi être déterminée à partir du rapport de la composition stœchiométrique d'air et de méthane divisé par le rapport de la composition stœchiométrique d'air et du mélange de carburants alimentant le moteur, c'est-à-dire le rapport entre la demande stœchiométrique en air du méthane et celle du mélange de carburants alimentant le moteur, comme indiqué à l'équation (A.6-7):

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)/0,21}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)/0,21} = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{0,21}\right)_{CH4}}{\left(\frac{n_{O2}}{0,21}\right)_{blend}} = \frac{L_{st,CH4}}{L_{st,blend}} \quad \text{(A.6-7)}$$

Dès lors, tout calcul tenant compte de la demande stœchiométrique en air peut être utilisé pour exprimer le facteur de recalage λ.

*APPENDICE A.3*

**CORRECTION DE LA PRÉSENCE DE $CO_2$ DANS LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DUE À LA PRÉSENCE DE $CO_2$ DANS LE CARBURANT GAZEUX**

A.3.1. Débit massique instantané de $CO_2$ dans le flux de carburant gazeux

A.3.1.1. La composition et le débit du gaz doivent être déterminés conformément aux prescriptions des paragraphes A.1.1 à A.1.4 de l'appendice A.1 de la présente annexe.

A.3.1.2. Le débit massique instantané de $CO_2$ dans un flux de gaz alimentant le moteur doit être calculé au moyen de l'équation (A.6-8).

$$\dot{m}_{CO2i} = \frac{M_{CO2}}{M_{stream}} \cdot x_{CO2i} \cdot \dot{m}_{streami} \quad \text{(A.6-8)}$$

où:

$\dot{m}_{CO2i}$ = débit massique instantané de $CO_2$ du flux gazeux [g/s]

$\dot{m}_{streami,}$ = débit massique instantané du flux gazeux [g/s]

$x_{CO2i}$ = fraction molaire de $CO_2$ dans le flux gazeux [-]

$M_{CO2}$ = masse molaire du $CO_2$ [g/mol].

$M_{stream}$ = masse molaire du flux gazeux [g/mol]

$M_{stream}$ doit être calculé sur la base de tous les constituants mesurés (1, 2, …, n) au moyen de l'équation (A.6-9).

$$M_{\text{stream}} = x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2 + \ldots + x_n \cdot M_n \quad \text{(A.6-9)}$$

où:

$X_{1, 2, \ldots n}$ = fraction molaire de chaque constituant mesuré dans le flux gazeux ($CH_4$, $CO_2$, …) [-]

$M_{1, 2, \ldots n}$ = masse molaire de chaque constituant mesuré dans le flux gazeux [g/mol]

A.3.1.3. Afin de déterminer le débit massique total du $CO_2$ dans le carburant gazeux à l'entrée du moteur, le calcul de l'équation (A.6-8) doit être exécuté pour chacun des flux gazeux contenant du $CO_2$ entrant dans le dispositif de mélange de gaz et les résultats correspondant à chaque flux gazeux doivent être additionnés, ou le calcul doit être exécuté pour le gaz en mélange à la sortie du dispositif de mélange et à l'entrée du moteur au moyen de l'équation (A.6-10):

$$\dot{m}_{CO2i, fuel} = \dot{m}_{CO2i,\text{a}} + \dot{m}_{CO2i,\text{b}} + \cdots + \dot{m}_{CO2i,\text{n}} \quad \text{(A.6-10)}$$

où:

$\dot{m}_{CO2i, fuel}$ = débit massique combiné instantané du $CO_2$ produit par le $CO_2$ présent dans le carburant gazeux à l'entrée du moteur [g/s]

$\dot{m}_{CO2i, a, b, \ldots, n}$ = débit massique instantané du $CO_2$ provenant du $CO_2$ présent dans chacun des flux gazeux a, b, …, n considérés individuellement [g/s]

A.3.2. Calcul des émissions spécifiques de $CO_2$ pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes raccordés (avec rampe de transition)

A.3.2.1. La masse totale par essai des émissions de $CO_2$ dues au $CO_2$ présent dans le carburant $m_{CO2,fuel}$ [g/essai] doit être calculée par sommation du débit massique instantané du $CO_2$ présent dans le carburant gazeux à l'entrée du moteur $\dot{m}_{CO2i,fuel}$ [g/s] durant le cycle d'essai, au moyen de l'équation (A.6-11):

$$m_{CO2,fuel} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2i,fuel} \quad \text{(A.6-11)}$$

où:

$f$ = fréquence de prélèvement [Hz]

$N$ = nombre de mesures [-].

A.3.2.2. La masse totale des émissions de $CO_2$ $m_{CO2}$ [g/essai] utilisée dans l'équation (A.5-61), (A.5-63), (A.5-128) ou (A.5-130) de l'annexe 5 pour le calcul des émissions spécifiques $e_{CO2}$ [g/kWh] doit être remplacée dans ces équations par la valeur corrigée $m_{CO2,corr}$ [g/essai] obtenue au moyen de l'équation (A.6-12).

$$m_{CO2,corr} = m_{CO2} - m_{CO2,fuel} \quad \text{(A.6-12)}$$

A.3.3. Calcul des émissions spécifiques de $CO_2$ pour le cycle d'essai NRSC en mode discret

A.3.3.1. Le débit massique moyen des émissions de $CO_2$ dues au $CO_2$ dans le carburant par heure $q_{mCO2,fuel}$ ou $\dot{m}_{CO2i,fuel}$ [g/h] doit être calculé au moyen de l'équation (A.6-13) pour chaque mode d'essai sur la base des mesures du débit massique instantané de $co_2\dot{m}_{CO2i,fuel}$ [g/s] obtenu par l'équation (A.6-10) effectuées durant la période d'échantillonnage du mode d'essai considéré:

$$q_{mCO2,fuel} = \dot{m}_{CO2,fuel} = \frac{1}{3600 \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2i,fuel} \quad \text{(A.6-13)}$$

où:

$N$ = nombre de mesures effectuées au cours du mode d'essai [-].

A.3.3.2. Le débit massique moyen des émissions de $CO_2$ $q_{mCO2}$ ou $\dot{m}_{CO2i,fuel}$ CO2 [g/h] pour chacun des modes d'essai utilisé dans l'équation (A.5-64) ou (A.5-131) de l'annexe 5 pour le calcul des émissions spécifiques $e_{CO2}$ [g/kWh] doit être remplacé dans ces équations par la valeur corrigée $q_{mCO2,corr}$ ou $\dot{m}_{CO2,corr}$ CO2,corr [g/h] pour chaque mode d'essai calculée au moyen de l'équation (A.6-14) ou (A.6-15).

$$q_{mCO2,corr} = q_{mCO2,fuel} \quad \text{(A.6-14)}$$

$$\dot{m}_{CO2,corr} = \dot{m}_{CO2} - \dot{m}_{CO2,fuel} \quad \text{(A.6-15)}$$

*ANNEXE 7*

**PRESCRIPTIONS TECHNIQUES POUR LES MOTEURS À BICARBURATION**

1. CHAMP D'APPLICATION

La présente annexe s'applique aux moteurs à bicarburation tels qu'ils sont définis au paragraphe 2 du présent règlement lorsqu'ils fonctionnent simultanément avec un carburant liquide et un carburant gazeux (mode bicarburation).

La présente annexe ne s'applique pas aux essais sur les moteurs, y compris les moteurs à bicarburation, lorsque ceux-ci fonctionnent uniquement avec des carburants liquides ou uniquement avec des carburants gazeux (c'est-à-dire lorsque le pouvoir énergétique relatif du gaz (GER) est égal à 1 ou à 0 en fonction du type de carburant). Dans ce cas, les prescriptions sont identiques à celles applicables à un moteur monocarburant.

2. DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS

Les définitions qui suivent s'appliquent aux fins de la présente annexe. Pour plus de détails, voir l'appendice A.3 de l'annexe:

2.1. «Pouvoir énergétique relatif du gaz (GER)»a le sens défini au paragraphe 2 du présent règlement, sur la base du pouvoir calorifique inférieur;

2.2. «$GER_{cycle}$»désigne le pouvoir énergétique relatif moyen du gaz lorsque le moteur fonctionne sur le cycle d'essai applicable.

2.3. «Moteur à bicarburation de type 1A»désigne:

a) soit un moteur à bicarburation d'une sous-catégorie d'engin non routier de 19 ≤ kW ≤ 560, qui fonctionne pendant la partie à chaud du cycle d'essai NRTC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRTC}$, hot ≥ 0,9), qui n'utilise pas exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui ne possède pas de mode carburant liquide;

b) soit un moteur à bicarburation de toute (sous-)catégorie d'engins non routiers autre qu'une sous-catégorie de 19 ≤ kW≤ 560, qui fonctionne sur le cycle d'essai NRSC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRSC}$ ≥ 0,9), qui n'utilise pas exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui ne possède pas de mode carburant liquide.

2.4. «Moteur à bicarburation de type 1B»désigne:

a) soit un moteur à bicarburation d'une sous-catégorie d'engins non routiers de 19 ≤ kW ≤ 560, qui fonctionne pendant la partie à chaud du cycle d'essai NRTC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRTC, hot}$ ≥ 0,9), qui n'utilise pas exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui possède un mode carburant liquide;

b) soit un moteur à bicarburation de toute (sous-)catégorie d'engins non routiers autre qu'une sous-catégorie de 19 ≤ kW≤ 560, qui fonctionne sur le cycle d'essai NRSC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRSC}$ ≥ 0,9), qui n'utilise pas exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui possède un mode carburant liquide.

2.5. «Moteur à bicarburation de type 2 A»désigne:

a) soit un moteur à bicarburation d'une sous-catégorie d'engins non routiers de 19 ≤ kW ≤ 560, qui fonctionne pendant la partie à chaud du cycle d'essai NRTC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz compris entre 10 % et 90 % (0,1< $GER_{NRTC, hot}$ < 0,9) et qui ne possède pas de mode carburant liquide ou qui fonctionne sur la partie à chaud du cycle NRTC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRTC, hot}$ ≥ 0,9), mais qui utilise exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui ne possède pas de mode carburant liquide;

b) soit un moteur à bicarburation de toute (sous-)catégorie d'engins non routiers autre qu'une sous-catégorie de 19 ≤ kW≤ 560, qui fonctionne sur le cycle d'essai NRSC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz compris entre 10 % et 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$) et qui ne possède pas de mode carburant liquide ou qui fonctionne sur le cycle d'essai NRSC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0,9$), mais qui utilise exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui ne possède pas de mode carburant liquide.

2.6. «Moteur à bicarburation de type 2 B»désigne:

a) soit un moteur à bicarburation d'une sous-catégorie d'engins non routiers de 19 ≤ kW ≤ 560, qui fonctionne pendant la partie à chaud du cycle d'essai NRTC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz compris entre 10 % et 90 % ($0,1< GER_{NRTC, hot} < 0,9$) et qui possède un mode carburant liquide ou qui fonctionne sur la partie à chaud du cycle NRTC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$), et qui possède un mode carburant liquide mais qui utilise exclusivement le carburant liquide au ralenti en mode bicarburation;

b) soit un moteur à bicarburation de toute (sous-)catégorie d'engins non routiers autre qu'une sous-catégorie de 19 ≤ kW≤ 560, qui fonctionne sur le cycle d'essai NRSC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz compris entre 10 % et 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$) et qui ne possède pas de mode carburant liquide ou qui fonctionne sur le cycle d'essai NRSC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0,9$), et qui possède un mode carburant liquide mais qui utilise exclusivement le carburant liquide au ralenti en mode bicarburation.

2.7. «Moteur à bicarburation de type 3 B»désigne:

a) soit un moteur à bicarburation d'une sous-catégorie d'engins non routiers de 19 ≤ kW ≤ 560, qui fonctionne pendant la partie à chaud du cycle d'essai NRTC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz de 10 % au plus ($GER_{NRTC, hot} \leq 0,1$) et qui possède un mode carburant liquide;

b) soit un moteur à bicarburation de toute (sous-)catégorie d'engins non routiers autre qu'une sous-catégorie de 19 ≤ kW≤ 560, qui fonctionne sur le cycle d'essai NRSC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz de 10 % au plus ($GER_{NRSC} \leq 0,1$) et qui possède un mode carburant liquide.

3. PRESCRIPTIONS D'HOMOLOGATION SUPPLÉMENTAIRES PROPRES AUX MOTEURS À BICARBURATION

3.1. Moteur équipé d'une commande de réglage du cycle $GER_{cycle}$

Dans le cas où, pour un type de moteur donné, l'opérateur dispose d'une commande lui permettant de fixer le pouvoir énergétique relatif du gaz en cours de cycle $GER_{cycle}$ à un niveau inférieur au niveau maximum, le $GER_{cycle}$ minimal ne doit pas faire l'objet d'une limite mais le moteur doit être en mesure de respecter les valeurs limites d'émissions pour n'importe quelle valeur du $GER_{cycle}$ autorisée par le constructeur.

4. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

4.1. Modes de fonctionnement des moteurs à bicarburation

4.1.1. Conditions à remplir par un moteur à bicarburation pour être utilisé en mode carburant liquide

Un moteur à bicarburation ne peut être utilisé en mode carburant liquide que si, pour le fonctionnement en mode carburant liquide, il a été homologué conformément aux prescriptions du présent règlement en ce qui concerne le fonctionnement uniquement avec le carburant liquide spécifié.

Lorsqu'un moteur à bicarburation a été mis au point à partir d'un moteur à carburant liquide déjà homologué, une nouvelle fiche d'homologation de type est exigée pour le mode carburant liquide.

4.1.2. Conditions dans lesquelles un moteur à bicarburation peut fonctionner au ralenti en utilisant exclusivement le carburant liquide

4.1.2.1. Les moteurs à bicarburation de type 1A ne doivent pas fonctionner au ralenti en utilisant exclusivement le carburant liquide, sauf s'il est satisfait aux prescriptions énoncées au paragraphe 4.1.3 de la présente annexe concernant la mise en température et le démarrage.

4.1.2.2. Les moteurs à bicarburation de type 1B ne doivent pas fonctionner au ralenti en utilisant exclusivement le carburant liquide en mode bicarburation.

4.1.2.3. Les moteurs à bicarburation des types 2A, 2B et 3B peuvent fonctionner au ralenti en utilisant exclusivement le carburant liquide.

4.1.3. Conditions dans lesquelles les moteurs à bicarburation peuvent utiliser exclusivement le carburant liquide pour la mise en température ou le démarrage

4.1.3.1. Les moteurs à bicarburation des types 1B, 2B et 3B peuvent utiliser exclusivement le carburant liquide pour la mise en température ou le démarrage. Dans le cas où la stratégie de limitation des émissions durant la mise en température ou le démarrage en mode bicarburation est identique à la stratégie de limitation des émissions en mode carburant liquide, le moteur peut fonctionner en mode bicarburation durant la mise en température ou le démarrage. Si cette condition n'est pas remplie, le moteur en mode carburant liquide doit utiliser exclusivement du carburant liquide durant la mise en température ou le démarrage.

4.1.3.2. Les moteurs à bicarburation des types 1A et 2A peuvent utiliser exclusivement du carburant liquide durant la mise en température ou le démarrage. Cependant, dans ce cas, la stratégie doit être déclarée en tant qu'AECS et les prescriptions ci-dessous doivent être respectées:

4.1.3.2.1. La stratégie doit se désactiver lorsque la température du liquide de refroidissement atteint 343 K (70 °C) ou dans les 15 min qui suivent son activation, si ce second terme intervient plus tôt; et

4.1.3.2.2. Le mode service doit être activé pendant le processus.

4.2. Mode service

4.2.1. Conditions à remplir par les moteurs à bicarburation pour être utilisés en mode service

Les moteurs fonctionnant en mode service sont soumis à une restriction de fonctionnement et sont provisoirement dispensés des prescriptions concernant les émissions d'échappement et la limitation des émissions de $NO_X$ énoncées dans le présent règlement.

4.2.2. Restriction de fonctionnement en mode service

4.2.2.1. Prescription

La restriction de fonctionnement applicable aux engins mobiles non routiers équipés d'un moteur à bicarburation fonctionnant en mode service est le «système d'incitation sévère»spécifié au paragraphe A.1.5.4 de l'annexe 9.

Pour des raisons de sécurité et pour permettre les diagnostics d'autoréparation, le recours à une fonction de désactivation de l'incitation permettant de restituer toute sa puissance au moteur est autorisé conformément au paragraphe A.1.5.5 de l'annexe 9.

La restriction de fonctionnement ne peut être désactivée par ailleurs ni par l'activation ni par la désactivation des systèmes d'alerte et d'incitation spécifiés au paragraphe 5 du présent règlement.

L'activation et la désactivation du mode service ne doivent ni activer ni désactiver les systèmes d'alerte et d'incitation définis à l'annexe 9.

4.2.2.2. Réservé

4.2.2.3. Activation de la restriction de fonctionnement

La restriction de fonctionnement doit s'activer automatiquement lorsque le mode service est activé.

Dans le cas où le mode service est activé conformément au paragraphe 4.2.3 de la présente annexe en raison d'un défaut de fonctionnement du système d'alimentation en gaz, la restriction de fonctionnement doit être activée dans les 30 min de fonctionnement suivant l'activation du mode service.

Dans le cas où le mode service est activé parce que le réservoir de gaz est vide, la restriction de fonctionnement doit être activée dès l'activation du mode service.

4.2.2.4. Désactivation de la restriction de fonctionnement

Le système de restriction de fonctionnement doit être désactivé lorsque le moteur n'est plus en mode service.

4.2.3. Non-disponibilité de carburant gazeux en mode bicarburation

Afin de permettre aux engins mobiles non routiers d'être déplacés vers un endroit sûr lorsqu'il est détecté que le réservoir de gaz est vide ou que le système d'alimentation en gaz est défectueux:

a) les moteurs à bicarburation des types 1A et 2A doivent passer en mode service;

b) les moteurs à bicarburation des types 1B, 2B et 3B doivent fonctionner en mode carburant liquide.

4.2.3.1. Non-disponibilité de carburant gazeux pour cause de réservoir de carburant vide

Dès que le système de gestion moteur détecte que le réservoir de carburant est vide, le mode service ou, si cela est prescrit au paragraphe 4.2.3, le mode carburant liquide, doit être activé.

Lorsque le gaz dans le réservoir atteint le niveau qui déclenche l'activation du système d'alerte conformément au paragraphe 4.3.2, le mode service peut être désactivé ou, le cas échéant, le mode bicarburation peut être réactivé.

4.2.3.2. Non-disponibilité de carburant gazeux en raison d'un défaut de fonctionnement de l'alimentation en gaz

En cas de défaut de fonctionnement du système d'alimentation en gaz entraînant la non-disponibilité de carburant gazeux, le mode service, ou, le cas échéant conformément au paragraphe 4.2.3, le mode carburant liquide, doit être activé lorsque l'alimentation en carburant gazeux est indisponible.

Dès que l'alimentation en carburant gazeux redevient disponible, le mode service peut être désactivé ou, le cas échéant, le mode bicarburation peut être réactivé.

4.3. Indicateurs pour mode bicarburation

4.3.1. Indicateur de fonctionnement en mode bicarburation

Les engins mobiles non routiers doivent disposer d'un signal visuel indiquant à l'opérateur le mode de fonctionnement du moteur (mode bicarburation, mode carburant liquide ou mode service).

Cet indicateur, dont les caractéristiques et l'emplacement sont laissés à la discrétion du fabricant d'équipements d'origine (le «FEO»), peut être intégré à un système d'affichage existant.

L'indicateur peut être complété par l'affichage d'un message. Le système utilisé pour l'affichage des messages visés au présent paragraphe peut être identique à ceux utilisés pour le système de diagnostic de limitation des $NO_X$ ou pour d'autres besoins d'entretien.

L'élément visuel constitutif de l'indicateur du mode de fonctionnement en mode bicarburation ne doit pas être identique à celui utilisé pour le système de diagnostic de limitation des $NO_X$ ou pour d'autres besoins d'entretien.

Les signaux d'alerte relatifs à la sécurité ont toujours la priorité d'affichage sur ceux relatifs au mode de fonctionnement utilisé.

4.3.1.1. L'indicateur de fonctionnement en mode bicarburation doit passer au mode service dès l'activation de ce mode (c'est-à-dire avant même qu'il devienne réellement actif) et cette indication doit demeurer affichée aussi longtemps que le mode service est activé.

4.3.1.2. L'indicateur de fonctionnement en mode bicarburation doit passer pendant au moins une minute au mode bicarburation ou au mode carburant liquide dès que le mode de fonctionnement du moteur passe du mode carburant liquide au mode bicarburation et vice versa. Cette indication doit également s'afficher pendant au moins une minute lorsque le contact est mis ou, à la discrétion du constructeur, au moment du démarrage du moteur. Cette indication doit également s'afficher à la demande de l'opérateur.

4.3.2. Système d'alerte en cas de réservoir de carburant gazeux vide (système d'alerte pour mode bicarburation)

Les engins mobiles non routiers équipés d'un moteur à bicarburation doivent disposer d'un système d'alerte pour mode bicarburation qui prévient l'opérateur que le réservoir de carburant gazeux va bientôt être vide.

Ce système d'alerte pour mode bicarburation doit rester activé tant que le réservoir n'a pas été rempli jusqu'à un niveau supérieur à celui de l'activation du système d'alerte.

Le système d'alerte peut être temporairement désactivé par d'autres signaux d'alerte relatifs à d'importantes informations de sécurité.

Il ne doit pas être possible de désactiver le système d'alerte pour mode bicarburation au moyen d'un outil d'analyse tant que la cause d'activation du signal n'a pas été supprimée.

4.3.2.1. Caractéristiques du système d'alerte pour mode bicarburation

Le système d'alerte pour mode bicarburation doit consister en un système d'alerte visuel (icône, pictogramme, etc.) qui est laissé au choix du constructeur.

Ce dernier peut, s'il le souhaite, l'associer à un signal sonore. Dans ce cas, la désactivation des avertissements sonores par l'opérateur est permise.

L'élément visuel du système d'alerte pour mode bicarburation ne doit pas être identique à celui utilisé pour le système de diagnostic de limitation des $NO_X$ ou pour d'autres besoins d'entretien.

En outre, le système d'alerte pour mode bicarburation peut aussi afficher des messages courts, notamment des messages indiquant clairement la distance ou le temps restant avant l'activation de la restriction de fonctionnement.

Le système utilisé pour l'affichage des messages ou des alertes visés au présent paragraphe peut être identique à celui utilisé pour l'affichage des messages ou des alertes du système de diagnostic de limitation des $NO_X$ ou pour d'autres besoins d'entretien.

Une fonction permettant au conducteur de faire varier l'intensité des alertes visuelles fournies par le système d'alerte peut être fournie sur les engins mobiles non routiers destinés aux services de secours ou sur les engins mobiles non routiers conçus et construits pour les forces armées, la protection civile, les pompiers ou les forces de l'ordre.

4.4. Couple communiqué

4.4.1. Couple communiqué lorsqu'un moteur à bicarburation fonctionne en mode bicarburation

Lorsqu'un moteur à bicarburation fonctionne en mode bicarburation:

a) la courbe de couple de référence relevée doit être celle obtenue lorsque le moteur est soumis à l'essai au banc en mode bicarburation;

b) les couples réels enregistrés (couple indiqué et couple de frottement) doivent être obtenus par fonctionnement en mode bicarburation et pas seulement par fonctionnement en mode carburant liquide exclusivement.

4.4.2. Couple communiqué lorsqu'un moteur à bicarburation fonctionne en mode carburant liquide

Lorsqu'un moteur à bicarburation fonctionne en mode carburant liquide, la courbe de couple de référence relevée doit être celle obtenue lorsque le moteur est soumis à l'essai au banc en mode carburant liquide.

4.5. Prescriptions supplémentaires

4.5.1. Lorsqu'elles sont utilisées pour un moteur à bicarburation, les stratégies d'adaptation doivent satisfaire non seulement aux prescriptions de l'annexe 9, mais aussi aux prescriptions suivantes:

a) le moteur doit toujours être du type moteur à bicarburation (soit du type 1A, 2B, etc.) déclaré pour l'homologation de type; et

b) dans le cas d'un moteur de type 2, la différence entre le $GER_{cycle}$ maximum le plus élevé et le plus bas au sein de la famille de moteurs ne doit jamais dépasser la plage définie au paragraphe 2.4.15 de l'annexe 10 du présent règlement, sauf pour les moteurs équipés d'une commande de réglage du cycle $GER_{cycle}$, comme prévu au paragraphe 3.1 de la présente annexe.

4.6. L'homologation de type est subordonnée à la fourniture au fabricant de l'équipement d'origine et aux utilisateurs finals d'instructions relatives à l'installation et au fonctionnement du moteur à bicarburation, notamment au mode service visé au paragraphe 4.2. et au système d'indicateurs pour mode bicarburation visé au paragraphe 4.3, conformément à l'appendice 6 du présent règlement.

5. PRESCRIPTIONS EN MATIÈRE DE PERFORMANCES

5.1. Les prescriptions de performance, notamment les valeurs limites d'émissions, et les prescriptions pour l'homologation de type applicables aux moteurs à bicarburation sont identiques à celles de n'importe quel moteur de la catégorie de moteurs correspondante, conformément au présent règlement, sauf prescriptions contraires énoncées dans le présent paragraphe.

5.2. La limite des hydrocarbures (HC) pour le fonctionnement en mode bicarburation doit être déterminée au moyen du pouvoir énergétique relatif moyen du gaz (GER) au cours du cycle d'essai spécifié, conformément à l'appendice A.6 de l'annexe 4.

5.3. Les prescriptions techniques en matière de stratégies de limitation des émissions, notamment la documentation requise pour démontrer l'existence de ces stratégies, les dispositions techniques de lutte contre les manipulations frauduleuses et l'interdiction du recours à un dispositif d'invalidation sont identiques à celles s'appliquant à n'importe quel moteur appartenant à la catégorie de moteurs correspondante conformément à l'annexe 9.

5.4. Les prescriptions techniques détaillées concernant la plage associée au cycle d'essai NRSC pertinent dans laquelle est contrôlée la quantité d'émissions pouvant excéder les valeurs limites prévues à l'appendice 2 du présent règlement sont identiques à celles de n'importe quel autre moteur de la catégorie de moteurs correspondante conformément à l'annexe 7.

6. PRESCRIPTIONS EN MATIÈRE DE DÉMONSTRATION

6.1. Les prescriptions en matière de démonstration applicables aux moteurs à bicarburation sont identiques à celles applicables à n'importe quel moteur de la catégorie de moteurs correspondante, conformément au présent règlement, sauf dans les conditions prévues au paragraphe 6 de la présente annexe.

6.2. Le respect des valeurs limites applicables doit être démontré en mode bicarburation.

6.3. Pour les types de moteur à bicarburation disposant d'un mode carburant liquide (par exemple, les types 1B, 2B, 3B), le respect des valeurs limites applicables doit être en outre démontré en mode carburant liquide.

6.4. Prescriptions supplémentaires en matière de démonstration pour les moteurs de type 2

6.4.1. Le constructeur doit présenter à l'autorité d'homologation des éléments démontrant que le $GER_{cycle}$ de tous les membres de la famille de moteurs à bicarburation reste en deçà du pourcentage indiqué au paragraphe 2.4.15 de l'annexe 10 du présent règlement ou, dans le cas des moteurs disposant d'un $GER_{cycle}$ réglable par l'opérateur, qu'il satisfait aux exigences du paragraphe 6.5 (il peut s'agir d'algorithmes, d'analyses fonctionnelles, de calculs, de simulations, de résultats d'essais précédents, etc.).

6.5. Prescriptions supplémentaires en matière de démonstration pour les moteurs disposant d'un $GER_{cycle}$ réglable par l'opérateur

6.5.1. Le respect des valeurs limites applicables doit être démontré pour les valeurs minimales et maximales du $GER_{cycle}$ autorisées par le constructeur.

6.6. Prescriptions relatives à la démonstration de la durabilité d'un moteur à bicarburation

6.6.1. Les dispositions de l'annexe 8 s'appliquent.

6.7. Démonstration du fonctionnement des indicateurs pour mode bicarburation, du système d'alerte et de la restriction de fonctionnement

6.7.1. Dans sa demande d'homologation de type au titre du présent règlement, le constructeur doit apporter la preuve que les indicateurs de fonctionnement du mode bicarburation, ainsi que le système d'alerte et la restriction de fonctionnement fonctionnent conformément aux dispositions de l'appendice A.1 de la présente annexe.

6.8. Documents à l'appui de la démonstration

Un rapport doit être établi à l'appui de la démonstration de conformité aux dispositions du paragraphe 6 de la présente annexe. Ce rapport doit:

a) décrire la démonstration réalisée, y compris le cycle d'essai applicable;

b) être inclus dans le dossier d'information mentionné à l'annexe 1 du présent règlement.

7. PRESCRIPTIONS VISANT À ASSURER LE FONCTIONNEMENT CORRECT DES MESURES DE CONTRÔLE DES $NO_X$

7.1. L'annexe 9 (prescriptions relatives aux mesures de contrôle des émissions de $NO_X$) s'applique aux moteurs à bicarburation, qu'ils fonctionnent en mode bicarburation ou en mode carburant liquide.

7.2. Prescriptions supplémentaires en matière de contrôle des $NO_X$ pour les moteurs à bicarburation des types 1B, 2B et 3B

7.2.1. Le couple considéré comme s'appliquant au système d'incitation sévère défini au paragraphe A.1.5.4 de l'annexe 9 doit être le plus bas des couples obtenus en mode carburant liquide et en mode bicarburation.

7.2.2. Une éventuelle incidence du mode de fonctionnement sur la détection des défauts de fonctionnement ne doit pas justifier la prolongation du délai précédant l'activation du système d'incitation.

7.2.3. Pour les défauts de fonctionnement dont la détection ne dépend pas du mode de fonctionnement du moteur, les mécanismes définis dans l'annexe 9 qui sont liés au statut du code défaut ne dépendent pas du mode de fonctionnement du moteur (par exemple, si un code défaut a le statut «possible»en mode bicarburation, il passera au statut «confirmé et actif»dès que le défaut sera à nouveau détecté, même en mode carburant liquide).

7.2.4. Dans le cas de défauts de fonctionnement dont la détection dépend du mode de fonctionnement du moteur, les codes défaut n'obtiennent pas de statut précédemment actif dans un mode autre que celui dans lequel ils ont obtenu le statut «confirmé et actif».

7.2.5. Un changement de mode de fonctionnement (passage du mode bicarburation au mode carburant liquide ou inversement) ne doit ni arrêter ni remettre à zéro les mécanismes utilisés pour satisfaire aux prescriptions fixées dans l'annexe 9 (compteurs, par exemple). Cependant, si un de ces mécanismes (par exemple un système de diagnostic) dépend du mode de fonctionnement effectif, le compteur associé à ce mécanisme peut, à la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité d'homologation:

a) s'arrêter et, le cas échéant, continuer à afficher la même valeur lorsque le mode de fonctionnement change;

b) redémarrer et, le cas échéant, reprendre le décompte à partir du point où il s'était arrêté lorsque le mode de fonctionnement est revenu au mode précédent.

*APPENDICE A.1*

**INDICATEURS POUR MODE BICARBURATION, SYSTÈME D'ALERTE, RESTRICTION DE FONCTIONNEMENT DES MOTEURS À BICARBURATION — PRESCRIPTIONS EN MATIÈRE DE DÉMONSTRATION**

A.1.1. Indicateurs pour mode bicarburation

A.1.1.1. Indicateur de fonctionnement en mode bicarburation

Au moment de l'homologation de type, l'aptitude du moteur à activer l'indicateur de fonctionnement en mode bicarburation lors du fonctionnement en mode bicarburation doit être démontrée.

A.1.1.2. Indicateur de fonctionnement en mode carburant liquide

Dans les cas de moteurs des types 1B, 2B ou 3B, au moment de l'homologation de type, l'aptitude du moteur à activer l'indicateur de fonctionnement en mode carburant liquide lors du fonctionnement en mode carburant liquide doit être démontrée.

A.1.1.3. Indicateur de fonctionnement en mode service

Au moment de l'homologation de type, l'aptitude du moteur à activer l'indicateur de fonctionnement en mode service lors du fonctionnement en mode service doit être démontrée.

A.1.1.3.1. Lorsque l'équipement le permet, la démonstration relative à l'indicateur de fonctionnement en mode service peut être établie simplement par l'activation d'un commutateur d'activation du mode service et par la présentation à l'autorité chargée de l'homologation de preuves démontrant que l'activation se produit lorsque le mode service est commandé par le moteur lui-même (par exemple, au moyen d'algorithmes, de simulations, de résultats d'essais réalisés en interne, etc.).

A.1.2. Système d'alerte

L'aptitude du moteur à commander l'activation du système d'alerte dans le cas où la quantité de carburant gazeux dans le réservoir de carburant gazeux est inférieure au niveau d'alerte doit être démontrée au moment de l'homologation de type. À cette fin, la quantité réelle de carburant gazeux peut être simulée.

A.1.3. Restrictions de fonctionnement

Dans le cas d'un moteur à bicarburation de type 1A ou de type 2A, l'aptitude du moteur à commander l'activation de la restriction de fonctionnement lorsqu'il est détecté que le réservoir de carburant gazeux est vide ou que le système d'alimentation en gaz est défectueux doit être démontrée au moment de l'homologation de type. À cette fin, les situations de réservoir de carburant gazeux vide et de défaut de fonctionnement de l'alimentation en gaz peuvent être simulées.

A.1.3.1. Il suffit d'établir la démonstration dans un des cas d'utilisation caractéristiques sélectionné avec l'accord de l'autorité d'homologation de type et de présenter des preuves démontrant que la restriction de fonctionnement se produit dans d'autres cas d'utilisation possibles (par exemple, au moyen d'algorithmes, de simulations, de résultats d'essais réalisés en interne, etc.).

*APPENDICE A.2*

**PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX PROCÉDURES D'ESSAI D'ÉMISSIONS DES MOTEURS À BICARBURATION**

A.2.1. Généralités

Le présent appendice définit les prescriptions et les exceptions supplémentaires de la présente annexe pour l'exécution d'essais d'émissions des moteurs à bicarburation, que ces émissions soient uniquement des émissions à l'échappement ou qu'elles soient également des émissions du carter s'ajoutant aux émissions à l'échappement conformément au paragraphe 6.10 de l'annexe 4. Si aucune exigence ou exception supplémentaire n'est mentionnée, les prescriptions du présent règlement doivent s'appliquer aux moteurs à bicarburation de la même façon qu'elles s'appliquent à n'importe quel type de moteur ou à n'importe quelle famille de moteurs faisant l'objet d'une homologation de type.

Le fait que les moteurs à bicarburation puissent utiliser des carburants purement liquides ou un mélange de carburants principalement gazeux avec une très petite quantité de carburant liquide en tant que source d'allumage complique la réalisation des essais d'émissions pour ce type de moteurs. Le rapport entre les carburants utilisés par un moteur à bicarburation peut également changer de manière dynamique en fonction des conditions de fonctionnement du moteur. Par conséquent, des précautions et des restrictions particulières sont nécessaires afin de permettre les essais d'émissions de ces moteurs.

A.2.2. Conditions d'essai

Les dispositions du paragraphe 6 de l'annexe 4 s'appliquent.

A.2.3. Procédures d'essai

Les dispositions du paragraphe 7 de l'annexe 4 s'appliquent.

A.2.4. Méthodes de mesure

Le paragraphe 8 de l'annexe 4 s'applique, sauf prescriptions contraires du présent appendice.

Une méthode de mesure de la dilution en circuit principal pour les moteurs à bicarburation est illustrée à la figure A.4-5 de l'annexe 4 (système CVS).

Cette méthode de mesure garantit que les variations dans la composition du carburant durant l'essai influencent à titre principal les résultats de la mesure des hydrocarbures, ce qui doit être compensé par l'une des méthodes décrites au paragraphe A.2.7 du présent appendice.

La mesure des gaz bruts/du débit partiel illustrée à la figure A.4-6 de l'annexe 4 peut être utilisée avec certaines précautions en ce qui concerne la détermination et les méthodes de calcul du débit massique des gaz d'échappement.

A.2.5. Équipement de mesure

Les dispositions du paragraphe 9 de l'annexe 4 s'appliquent.

A.2.6. Mesure du nombre de particules émises

L'appendice A.1 de l'annexe 4 s'applique.

A.2.7. Calcul des émissions

Le calcul des émissions doit être effectué conformément à l'annexe 5, sauf prescriptions contraires de la présente section. Les exigences supplémentaires énoncées au paragraphe A.2.7.1 s'appliquent aux calculs en masse et les exigences supplémentaires énoncées au paragraphe A.2.7.2 s'appliquent aux calculs en moles.

Pour calculer les émissions, il faut connaître la composition des carburants utilisés. Lorsqu'un carburant gazeux est fourni avec un certificat confirmant les propriétés du carburant (par exemple, du gaz de bouteilles), la composition indiquée par le fournisseur peut être utilisée. Lorsque la composition n'est pas disponible (par exemple, dans le cas du carburant issu d'une conduite), la composition du carburant doit être analysée avant et après l'essai d'émissions du moteur. Des analyses plus fréquentes sont autorisées et les résultats peuvent être utilisés dans le calcul.

Lorsque le pouvoir énergétique relatif du gaz (GER) est utilisé, il doit répondre à la définition figurant au paragraphe 2 du présent règlement, ainsi qu'aux dispositions spécifiques sur les limites d'émissions pour les hydrocarbures (HC) totaux applicables aux moteurs fonctionnant partiellement ou totalement au gaz, qui figurent à l'appendice 2 dudit règlement. La valeur moyenne du GER au cours du cycle doit être calculée par l'une des méthodes suivantes:

Pour la partie démarrage à chaud du cycle d'essai NRTC et pour les essais NRSC à modes raccordés (avec rampe de transition), en divisant la somme des valeurs de GER à chaque point de mesure par le nombre de points de mesure;

Pour le cycle d'essai NRSC à modes discrets, en multipliant la moyenne des valeurs de GER relevées pour chacun des modes d'essai par le facteur de pondération correspondant à ce mode et en calculant la somme pour tous les modes. Les facteurs de pondération applicables à chaque cycle figurent à l'appendice A.6 de l'annexe 4.

A.2.7.1. Calcul des émissions sur une base massique

L'appendice A.1 de l'annexe 5 s'applique, sauf prescriptions contraires dans la présente partie.

A.2.7.1.1. Correction base sèche/base humide

A.2.7.1.1.1. Gaz d'échappement bruts

Les équations (A.5-3) et (A.5-4) de l'appendice A.1 de l'annexe 5 doivent être utilisées pour calculer la correction en conditions sèches/humides.

Les paramètres spécifiques au carburant sont déterminés conformément au paragraphe A.2.7.1.5.

A.2.7.1.1.2. Gaz d'échappement dilués

L'équation (A.5-3), et l'équation (A.5-25) ou l'équation (A.5-26) de l'annexe 5 doivent être utilisées pour calculer la correction en conditions sèches/humides.

Le rapport molaire α pour l'hydrogène de la combinaison des deux carburants doit être utilisé pour calculer la correction en conditions sèches/humides. Ce rapport molaire pour l'hydrogène doit être calculé à partir des valeurs mesurées de consommation de carburant pour les deux carburants conformément au paragraphe A.2.7.1.5.

A.2.7.1.2. Correction des valeurs d'oxyde d'azote pour l'humidité

La correction des valeurs de $NO_X$ pour l'humidité en ce qui concerne les moteurs à allumage par compression doit être effectuée conformément à l'équation (A.5-9) de l'annexe 5.

A.2.7.1.3. Dilution du flux partiel et mesure des émissions gazeuses brutes

A.2.7.1.3.1. Détermination du débit massique des gaz d'échappement

Le débit massique des gaz d'échappement doit être déterminé à l'aide d'un débitmètre pour gaz d'échappement bruts tel qu'il est décrit au paragraphe 9.4.5.3 de l'annexe 5.

La méthode de la mesure du débit d'air et du rapport air/carburant des équations (A.5-17) à (A.5-19) de l'annexe 5 peut être utilisée uniquement dans les cas où les valeurs α, γ, δ et ε sont déterminées conformément au paragraphe A.2.7.1.5.3. L'utilisation d'un capteur du type à oxyde de zirconium pour déterminer le rapport air/carburant n'est pas autorisée.

Dans le cas d'essais de moteurs soumis à des cycles d'essai en conditions stationnaires, seul le débit massique des gaz d'échappement peut être déterminé par la méthode de la mesure du débit d'air et de carburant, conformément à l'équation (A.5-15) de l'annexe 5.

A.2.7.1.3.2. Détermination des constituants gazeux

Les dispositions du paragraphe A.1.1 de l'appendice A.1 de l'annexe 5 s'appliquent, sauf autres dispositions dans la présente partie.

La possible variation de la composition du carburant influencera tous les facteurs $u_{gas}$ et tous les rapports molaires des composants utilisés dans le calcul des émissions. L'une des approches suivantes doit être utilisée pour déterminer les facteurs $u_{gas}$ et les rapports molaires des composants, à la discrétion du constructeur:

a) les équations exactes figurant au paragraphe A.1.1.5.2 ou A.1.2.3 de l'appendice A.1 de l'annexe 5 doivent être appliquées pour calculer les valeurs instantanées de $u_{gas}$ sur la base des proportions instantanées de carburant liquide et de carburant gazeux (déterminées à partir des mesures ou des calculs de la consommation instantanée de carburant) et sur la base des rapports molaires instantanés des composants déterminés conformément au paragraphe 7.1.5; ou

b) lorsque le calcul en masse de l'appendice A.1 de l'annexe 5 est utilisé dans le cas spécifique d'un moteur à bicarburation fonctionnant avec un carburant gazeux et du gazole, les valeurs du tableau peuvent être utilisées pour les rapports molaires des composants et pour les valeurs $u_{gas}$. Les valeurs du tableau s'appliquent comme suit:

   i) pour les moteurs fonctionnant au cours du cycle d'essai applicable avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz supérieur ou égal à 90 % (GER ≥ 0,9), les valeurs requises doivent être celles correspondant au carburant gazeux dans les tableaux A.5-1 ou A.5-2 de l'annexe 5;

   ii) pour les moteurs fonctionnant au cours du cycle d'essai applicable avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz compris entre 10 % et 90 % (0,1 < GER < 0,9), les valeurs requises sont supposées être représentées par celles correspondant à un mélange de 50 % de carburant gazeux et de 50 % de gazole et figurant dans les tableaux A.7-1 et A.7-2;

   iii) pour les moteurs fonctionnant au cours du cycle d'essai applicable avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz inférieur ou égal à 10 % (GER ≤ 0,1), les valeurs requises doivent être celles correspondant au gazole et figurant dans les tableaux A.5-1 ou A.5-2 de l'annexe 5;

   iv) pour le calcul des émissions d'hydrocarbures (HC), la valeur $u_{gas}$ du carburant gazeux doit être utilisée dans tous les cas, quel que soit le pouvoir énergétique relatif moyen du gaz (GER).

*Tableau A.7-1*

**Rapports molaires des composants pour un mélange constitué à 50 % de carburant gazeux et à 50 % de gazole (masse en %)**

| Carburant gazeux | α | γ | δ | ε |
|---|---|---|---|---|
| $CH_4$ | 2,8681 | 0 | 0 | 0,0040 |
| GR | 2,7676 | 0 | 0 | 0,0040 |
| $G_{23}$ | 2,7986 | 0 | 0,0703 | 0,0043 |
| $G_{25}$ | 2,7377 | 0 | 0,1319 | 0,0045 |
| Propane | 2,2633 | 0 | 0 | 0,0039 |
| Butane | 2,1837 | 0 | 0 | 0,0038 |
| GPL | 2,1957 | 0 | 0 | 0,0038 |
| Carburant GPL A | 2,1740 | 0 | 0 | 0,0038 |
| Carburant GPL B | 2,2402 | 0 | 0 | 0,0039 |

A.2.7.1.3.2.1. Masse par essai des émissions gazeuses

Dans le cas où les équations exactes sont appliquées pour calculer les valeurs instantanées de $u_{gas}$ conformément au paragraphe A.2.7.1.3.2 a), alors, lors du calcul de la masse par essai des émissions gazeuses pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et à modes raccordés (avec rampe de transition), les valeurs $u_{gas}$ doivent être incluses dans la somme figurant à l'équation (A.5-2) du paragraphe A.1.1.2 de l'appendice A.1 de l'annexe 5 au moyen de l'équation (A.7-1):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot \sum_{i=1}^{N} \left( u_{gas,i} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \right) \quad \text{(A.7-1)}$$

où:

$u_{gas,i}$ est la valeur instantanée de $u_{gas}$.

Les autres termes de l'équation sont définis au paragraphe A.1.1.2 de l'appendice A.1 de l'annexe 5.

*Tableau A.7-2*

**Valeurs $u_{gas}$ des gaz d'échappement bruts et densités des composants pour les mélanges constitués à 50 % de carburant gazeux et à 50 % de gazole (masse en %)**

| Carburant gazeux | Gaz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\rho_e$ | $NO_X$ | CO | HC | $CO_2$ | $O_2$ | $CH_4$ |
| | | | | $\rho_{gas}$ [kg/m³] | | | |
| | | 2,053 | 1,250 | (a) | 1,9636 | 1,4277 | 0,716 |
| | | | | $u_{gas}$ (b) | | | |
| GNC/GNL (c) | 1,2786 | 0,001606 | 0,000978 | 0,000528 (d) | 0,001536 | 0,001117 | 0,000560 |
| Propane | 1,2869 | 0,001596 | 0,000972 | 0,000510 | 0,001527 | 0,001110 | 0,000556 |
| Butane | 1,2883 | 0,001594 | 0,000971 | 0,000503 | 0,001525 | 0,001109 | 0,000556 |
| GPL (e) | 1,2881 | 0,001594 | 0,000971 | 0,000506 | 0,001525 | 0,001109 | 0,000556 |

(a) En fonction du carburant.
(b) À λ = 2, air sec, 273 K, 101,3 kPa.
(c) u précis à 0,2 % près pour la composition de la masse de: H = 19-25 %; N = 0-14 % ($CH_4$, $G_{20}$, $G_{23}$ et $G_{25}$).
(d) HCNM sur la base de $CH_{2,93}$ (pour les HC totaux, le coefficient $u_{gas}$ de $CH_4$ doit être utilisé).
(e) u précis à 0,2 % près pour la composition de la masse de: $C_3$ = 70-90 %; $C_4$ = 10-73 % (GPL A et B).

A.2.7.1.3.3. Mesure des émissions de particules

Pour la détermination des émissions de particules au moyen de la méthode de mesure par dilution du flux partiel, le calcul doit être effectué selon les équations figurant au paragraphe A.1.3 de l'appendice A.1 de l'annexe 5.

Les exigences du paragraphe 8.2.1.2 de l'annexe 5 doivent s'appliquer pour le contrôle du taux de dilution. En particulier, si le temps de transformation combiné de la mesure du débit des gaz d'échappement et du système de dilution du flux partiel dépasse 0 s, on utilise un réglage prédictif basé sur un essai préenregistré. Dans ce cas, le temps de montée combiné doit être ≤ 1 s et le temps de retard combiné ≤ 10 s. À l'exception du cas où le débit massique des gaz d'échappement est mesuré directement, la détermination du débit massique des gaz d'échappement utilise des valeurs de α, γ, δ et ε déterminées conformément au paragraphe A.2.7.1.5.3.

La vérification de la qualité doit être effectuée pour chaque mesure conformément au paragraphe 8.2.1.2 de l'annexe 4.

A.2.7.1.3.4. Exigences supplémentaires relatives au débitmètre massique pour gaz d'échappement

Le débitmètre visé aux paragraphes 9.4.1.5.3 et 9.4.1.5.4 de l'annexe 4 ne doit pas être sensible aux modifications de composition et de densité des gaz d'échappement. Les petites erreurs de mesure dues aux mesures effectuées, par exemple, à l'aide d'un tube de pitot ou par plaque à orifice (équivalant à la racine carrée de la densité du gaz d'échappement) peuvent être négligées.

A.2.7.1.4. Mesure des émissions par dilution du flux total (système CVS)

Les dispositions du paragraphe A.1.2 de l'appendice A.1 de l'annexe 5 s'appliquent, sauf autres dispositions figurant dans la présente section.

La possible variation de la composition du carburant influencera principalement la valeur $u_{gas}$ figurant dans les tableaux pour les hydrocarbures. Les équations exactes doivent être appliquées pour le calcul des émissions d'hydrocarbures à l'aide des rapports molaires des composants déterminés à partir des mesures de la consommation de carburant pour les deux carburants conformément au paragraphe A.2.7.1.5.

A.2.7.1.4.1. Détermination des concentrations ambiantes corrigées

Afin de déterminer le facteur stœchiométrique, le rapport molaire de l'hydrogène α du carburant doit être calculé comme étant le rapport molaire moyen de l'hydrogène pour le mélange de carburants lors de l'essai effectué conformément au paragraphe A.2.7.1.5.3.

La valeur $F_s$ du carburant gazeux peut également être utilisée dans l'équation (A.5-28) de l'annexe 5.

A.2.7.1.5. Détermination des rapports molaires des composants

A.2.7.1.5.1. Généralités

La présente partie doit être utilisée pour la détermination des rapports molaires des composants lorsque le mélange de carburants est connu (méthode exacte).

A.2.7.1.5.2. Calcul des composants du mélange de carburants

Les équations (A.7-2) à (A.7-7) doivent être utilisées pour calculer la composition élémentaire du mélange de carburants:

$$q_{mf} = q_{mf1} + q_{mf2} \quad \text{(A.7-2)}$$

$$W_{\mathrm{H}} = \frac{W_{H1} \times q_{mf1} + W_{H2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-3)}$$

$$W_{\mathrm{C}} = \frac{W_{C1} \times q_{mf1} + W_{C2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-4)}$$

$$W_{\mathrm{S}} = \frac{W_{S1} \times q_{mf1} + W_{S2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-5)}$$

$$W_{\mathrm{N}} = \frac{W_{N1} \times q_{mf1} + W_{N2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-6)}$$

$$W_{\mathrm{O}} = \frac{W_{O1} \times q_{mf1} + W_{O2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-7)}$$

où:

$q_{mf1}$ est le débit massique du carburant 1, en kg/s

$q_{mf2}$ est le débit massique du carburant 2, en kg/s

$w_H$ est la teneur en hydrogène du carburant, en pourcentage massique

$w_H$ est la teneur en carbone du carburant, en pourcentage massique

$w_S$ est la teneur en soufre du carburant, en pourcentage massique

$w_N$ est la teneur en azote du carburant, en pourcentage massique

$w_O$ est la teneur en oxygène des carburants en pourcentage massique.

A.2.7.1.5.3. Calcul des rapports molaires pour H, C, S, N et O par rapport à C correspondant au mélange de carburants

Le calcul des rapports atomiques (notamment le rapport H/C α) est fourni à l'annexe 5 au moyen des équations (A.7-8) à (A.7-11):

$$\alpha = 11{,}9164 \cdot \frac{w_{\mathrm{H}}}{w_{\mathrm{C}}} \quad \text{(A.7-8)}$$

$$\gamma = 0{,}37464 \cdot \frac{w_{\mathrm{S}}}{w_{\mathrm{C}}} \quad \text{(A.7-9)}$$

$$\delta = 0,85752 \cdot \frac{w_N}{w_C} \quad \text{(A.7-10)}$$

$$\varepsilon = 0,75072 \cdot \frac{w_O}{w_C} \quad \text{(A.7-11)}$$

où:

$w_H$ est la teneur en hydrogène du carburant, en fraction massique [g/g] ou [pourcentage massique]

$w_C$ est la teneur en carbone du carburant, en fraction massique [g/g] ou [pourcentage massique]

$w_S$ est la teneur en soufre du carburant, en fraction massique [g/g] ou [pourcentage massique]

$w_N$ est la teneur en azote du carburant, en fraction massique [g/g] ou [pourcentage massique]

$w_O$ est la teneur en oxygène du carburant, en fraction massique [g/g] ou [pourcentage massique]

$\alpha$ est le rapport molaire de l'hydrogène (H/C)

$\gamma$ est le rapport molaire du soufre (S/C)

$\delta$ est le rapport molaire de l'azote (N/C)

$\varepsilon$ est le rapport molaire de l'hydrogène (H/C)

s'agissant d'un carburant $CH\alpha O\varepsilon N\delta S\gamma$.

A.2.7.2. Calcul des émissions sur une base molaire

L'appendice A.2 de l'annexe 5 s'applique, sauf prescriptions contraires de la présente partie.

A.2.7.2.1. Correction des valeurs d'oxyde d'azote pour l'humidité

L'équation (A.5-102) de l'appendice A.2 de l'annexe 5 (correction pour les moteurs à allumage par compression) doit être utilisée.

A.2.7.2.2. Détermination du débit massique des gaz d'échappement sans utiliser un débitmètre pour gaz d'échappement

L'équation (A.5-112) de l'appendice A.2 de l'annexe 5 (calcul du débit molaire sur la base de l'air d'admission) doit être utilisée. L'équation (A.5-113) de l'appendice A.2 de l'annexe 5 (calcul du débit molaire sur la base du débit massique du carburant) peut être utilisée en remplacement uniquement lors d'un cycle d'essai NRSC.

A.2.7.2.3. Rapports molaires des composants pour la détermination des composants gazeux

L'approche exacte doit être utilisée pour déterminer les rapports molaires des composants sur la base des proportions instantanées des carburants liquides et gazeux définies à partir des mesures instantanées de la consommation de carburant ou à partir de calculs. Les rapports molaires instantanés des composants doivent être utilisés dans les équations (A.5-88), (A.5-90), et (A.5-91) de l'appendice A.2 de l'annexe 5 pour maintenir l'équilibre chimique.

La détermination des rapports doit s'effectuer selon le paragraphe A.2.7.2.3.1 ou selon le paragraphe A.2.7.1.5.3.

Les carburants gazeux, en mélange ou provenant d'une conduite, peuvent contenir des quantités non négligeables de constituants inertes tels que le $CO_2$ et le $N_2$. Le constructeur doit inclure ces constituants dans le calcul des rapports atomiques figurant au paragraphe A.2.7.2.3.1 ou au paragraphe A.2.7.1.5.3, selon le cas, ou exclure les constituants inertes des rapports atomiques et les attribuer comme il convient aux paramètres $x_{O2int}$, $x_{CO2int}$, et $x_{H2Oint}$ correspondant à l'air d'admission à équilibre chimique au paragraphe A.2.4.3 de l'appendice A.2 de l'annexe 5.

A.2.7.2.3.1. Détermination des rapports molaires des composants

Les rapports molaires instantanés des composants correspondant au nombre d'atomes d'hydrogène, d'oxygène, de soufre et d'azote par rapport au nombre d'atomes de carbone dans le mélange de carburants des moteurs à bicarburation peuvent être calculés au moyen des équations (A.7-12) à (A.7-15):

$$\alpha(t)=\frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{H,liquid}}{M_H}+\frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{H,gas}}{M_H}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C}+\frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}}=\frac{M_C\times\left[\left(\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{H,liquid}\right)\right]+\left(\dot{m}_{gas}(t)\times w_{H,gas}\right)}{M_H\times\left[\left(\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}\right)\right]+\left(\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-12)}$$

$$\beta(t)=\frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{O,liquid}}{M_O}+\frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{O,gas}}{M_O}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C}+\frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}}=\frac{M_C\times\left[\left(\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{O,liquid}\right)\right]+\left(\dot{m}_{gas}(t)\times w_{O,gas}\right)}{M_O\times\left[\left(\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}\right)\right]+\left(\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-13)}$$

$$\gamma(t)=\frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{S,liquid}}{M_S}+\frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{S,gas}}{M_S}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C}+\frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}}=\frac{M_C\times\left[\left(\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{S,liquid}\right)\right]+\left(\dot{m}_{gas}(t)\times w_{S,gas}\right)}{M_S\times\left[\left(\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}\right)\right]+\left(\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-14)}$$

$$\delta(t)=\frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{N,liquid}}{M_N}+\frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{N,gas}}{M_N}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C}+\frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}}=\frac{M_C\times\left[\left(\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{N,liquid}\right)\right]+\left(\dot{m}_{gas}(t)\times w_{N,gas}\right)}{M_N\times\left[\left(\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}\right)\right]+\left(\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-15)}$$

où:

$w_{i,fuel}$ = fraction massique de l'élément considéré, C, H, O, S, ou N, du carburant liquide ou gazeux

$\dot{m}_{liquid}(t)$ = débit massique instantané du carburant liquide à l'instant t, [en kg/h]

$\dot{m}_{gas}(t)$ = débit massique instantané du carburant gazeux à l'instant t, [en kg/h]

Dans les cas où le débit massique des gaz d'échappement est calculé sur la base du débit du mélange de carburants, alors $w_C$ dans l'équation (A.5-113) de l'appendice A.2 de l'annexe 5 doit être calculé au moyen de l'équation (A.7-16):

$$w_C=\frac{\dot{m}_{liquid}\times w_{C,liquid}+\dot{m}_{gas}\times w_{C,gas}}{\dot{m}_{liquid}+\dot{m}_{gas}} \quad \text{(A.7-16)}$$

où:

$w_C$ = fraction massique du carbone dans le gazole ou dans le carburant gazeux

$\dot{m}_{liquid}$ = débit massique du carburant liquide, [en kg/h]

$\dot{m}_{gas}$ = débit massique du carburant gazeux, [en kg/h].

A.2.7.3. Détermination du $CO_2$

L'annexe 5 s'applique excepté lorsque le moteur est soumis aux cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) ou à modes raccordés sur la base d'un échantillonnage de gaz bruts.

A.2.7.3.1. Détermination du $CO_2$ lors des cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) ou à modes raccordés sur la base d'un échantillonnage de gaz bruts.

Le calcul des émissions de $CO_2$ à partir de la mesure du $CO_2$ dans les gaz d'échappement conformément à l'annexe 5 ne s'applique pas. En revanche, les prescriptions ci-après s'appliquent.

La consommation mesurée moyenne de carburant durant l'essai doit être déterminée sur la base de la somme des valeurs instantanées relevées au cours du cycle et doit servir de base au calcul des émissions moyennes de $CO_2$ durant l'essai.

Le rapport molaire de l'hydrogène et les fractions massiques du mélange de carburants durant l'essai sont déterminés sur la base de la masse de chaque carburant consommé, conformément au paragraphe A.2.7.1.5.

La masse totale corrigée des deux carburants $m_{fuel,corr}$ [en g/essai] et l'émission de $CO_2$ en masse provenant du carburant $m_{CO2,\,fuel}$ [en g/essai] doivent être déterminées à l'aide des équations (A.7-17) et (A.7-18).

$$m_{\text{fuel,corr}} = m_{\text{fuel}} - \left( m_{\text{THC}} + \frac{A_{\text{C}} + a * A_{\text{H}}}{M_{\text{CO}}} \times m_{\text{CO}} + \frac{W_{GAM} + W_{DEL} + W_{\text{EPS}}}{100} \times m_{\text{fuel}} \right) \quad \text{(A.7-17)}$$

$$m_{\text{CO}_2,\text{fuel}} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{A_{\text{C}} + a * A_{\text{H}}} \times m_{\text{fuel,corr}} \quad \text{(A.7-18)}$$

où:

$m_{fuel}$ = masse totale de carburant pour les deux carburants [en g/essai]

$m_{THC}$ = masse des émissions totales d'hydrocarbures dans les gaz d'échappement [en g/essai]

$m_{CO}$ = masse des émissions de monoxyde de carbone dans les gaz d'échappement [en g/essai]

$w_{GAM}$ = teneur en soufre des carburants [en pourcentage massique]

$w_{DEL}$ = teneur en soufre des carburants [en pourcentage massique]

$w_{EPS}$ = teneur en oxygène des carburants [en pourcentage massique]

$a$ = rapport molaire de l'hydrogène des carburants (H/C) [-]

$A_C$ = masse atomique du carbone: 12,011 [g/mol]

$A_H$ = masse atomique de l'hydrogène: 1,0079 [g/mol]

$M_{CO}$ = masse moléculaire du monoxyde de carbone: 28,011 [g/mol]

$M_{CO2}$ = masse moléculaire du dioxyde de carbone: 44,01 [g/mol].

Les émissions de $CO_2$ résultant de l'urée $m_{CO2,urea}$ [g/essai] doivent être calculées au moyen de l'équation (A.7-19):

$$m_{\text{CO2,urea}} = \frac{c_{\text{urea}}}{100} \times \frac{M_{\text{CO2}}}{M_{\text{CO(NH2)2}}} \times m_{\text{urea}} \quad \text{(A.7-19)}$$

où:

$c_{urea}$ = concentration d'urée [en %]

$m_{urea}$ = consommation massique totale d'urée [en g/essai]

$M_{CO(NH2)2}$ = masse moléculaire de l'urée: 60,056 [g/mol]

Les émissions totales de $CO_2$ $m_{CO2f}$ [en g/essai] doivent alors être calculées au moyen de l'équation (A.7-20):

$$m_{CO2} = m_{CO2,fuel} + m_{CO2,urea} \quad \text{(A.7-20)}$$

Les émissions totales de $CO_2$ calculées au moyen de l'équation (A.7-20) doivent être utilisées dans le calcul des émissions de $CO_2$ spécifiques au frein, $e_{CO2}$ [g/kWh], au paragraphe A.1.4.1.1 de l'appendice A.1 ou au paragraphe A.2.8.1.1 de l'appendice A.2, dans l'annexe 5. Le cas échéant, la correction pour la présence de $CO_2$ dans les gaz d'échappement due à la présence de $CO_2$ dans le carburant gazeux doit être effectuée conformément à l'appendice A.3 de l'annexe 6.

*APPENDICE A.3*

**TYPES DE MOTEURS À BICARBURATION FONCTIONNANT AU GAZ NATUREL/BIOMÉTHANE OU AU GPL ET AVEC UN CARBURANT LIQUIDE — ILLUSTRATION DES DÉFINITIONS ET PRESCRIPTIONS PRINCIPALES**

| Type de moteur à bicarburation | $GER_{cycle}$ | Ralenti (carburant liquide) | Mise en température (carburant liquide) | Fonctionnement (carburant liquide uniquement) | Fonctionnement en l'absence de carburant gazeux | Remarques |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1A | $GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ ou $GER_{NRSC}, \geq 0,9$ | Non autorisé | Autorisé seulement en mode service | Autorisé seulement en mode service | Mode service | |
| 1B | $GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ ou $GER_{NRSC} \geq 0,9$ | Autorisé seulement en mode carburant liquide | Autorisé seulement en mode carburant liquide | Autorisé seulement en modes carburant liquide et service | Mode carburant liquide | |
| 2A | $0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$ ou$0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$ | Autorisé | Autorisé seulement en mode service | Autorisé seulement en mode service | Mode service | $GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ ou $GER_{NRSC} \geq 0,9$ autorisé |
| 2B | $0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$ ou$0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$ | Autorisé | Autorisé | Autorisé | Mode carburant liquide | $GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ ou $GER_{NRSC} \geq 0,9$ autorisé |
| 3A | Ni défini ni autorisé | | | | | |
| 3B | $GER_{NRTC, hot} \leq 0,1$ ou $GER_{NRSC} \leq 0,1$ | Autorisé | Autorisé | Autorisé | Mode carburant liquide | |

*ANNEXE 8*

**MÉTHODOLOGIE POUR L'ADAPTATION DES RÉSULTATS DES ESSAIS D'ÉMISSIONS EN LABORATOIRE AFIN D'INCLURE LES FACTEURS DE DÉTÉRIORATION**

1. DÉFINITIONS

Aux fins de la présente annexe, on entend par:

1.1. «Cycle de vieillissement», le temps de fonctionnement que l'engin mobile non routier ou le moteur (régime, charge, puissance) doit accomplir au cours de la période d'accumulation d'heures de fonctionnement;

1.2. «Composant critique en rapport avec les émissions», le système de traitement aval des gaz d'échappement, l'unité électronique de gestion du moteur et ses capteurs et actuateurs associés et le système de recyclage des gaz d'échappement (EGR), y compris tous les filtres, refroidisseurs, vannes de commande et tuyaux s'y rapportant;

1.3. «Entretien critique en rapport avec les émissions», l'entretien qui doit être effectué sur les composants critiques du moteur en rapport avec les émissions;

1.4. «Entretien en rapport avec les émissions», l'entretien qui affecte sensiblement les émissions ou qui est susceptible d'affecter les performances en matière d'émissions de l'engin mobile non routier ou du moteur pendant son fonctionnement normal en service;

1.5. «Famille de moteurs-systèmes de traitement aval des gaz d'échappement», un groupement, effectué par le constructeur, de moteurs qui répondent à la définition d'une famille de moteurs mais qui sont en outre subdivisés en une ou plusieurs familles de moteurs utilisant un système similaire de traitement aval des gaz d'échappement;

1.6. «Entretien sans rapport avec les émissions», l'entretien qui n'affecte pas sensiblement les émissions et qui n'a pas d'effet durable sur la détérioration des émissions de l'engin mobile non routier ou du moteur lors de son utilisation normale en service une fois que l'entretien est effectué;

1.7. «Programme d'accumulation d'heures de fonctionnement», le cycle de vieillissement et la période d'accumulation d'heures de fonctionnement appliquée pour déterminer les facteurs de détérioration propres à la famille de moteurs-systèmes de traitement aval des gaz d'échappement.

2. GÉNÉRALITÉS

2.1. La présente annexe décrit les procédures pour sélectionner les moteurs à tester selon un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement afin de déterminer les facteurs de détérioration pour les besoins de l'homologation de type du type de moteurs ou de la famille de moteurs et des évaluations de la conformité en service. Les facteurs de détérioration doivent être appliqués, conformément aux prescriptions de l'annexe 4 et calculés conformément aux prescriptions de l'annexe 5, selon la procédure décrite au paragraphe 3.2.7 ou au paragraphe 4.3, respectivement.

2.2. Il n'est pas nécessaire que l'autorité d'homologation assiste aux essais d'accumulation d'heures de fonctionnement ou aux essais d'émissions effectués pour déterminer la détérioration.

2.3. La présente annexe décrit également l'entretien en rapport avec les émissions et l'entretien sans rapport avec les émissions qui devraient ou peuvent être effectués sur les moteurs faisant l'objet d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement. Ces entretiens doivent être conformes aux entretiens effectués sur les moteurs en service et communiqués aux utilisateurs finals de nouveaux moteurs.

3. CATÉGORIES DE MOTEURS NRE, NRG, SMB ET ATS ET SOUS-CATÉGORIES NRS-V-2B ET NRS-V-3

3.1. Sélection de moteurs pour l'établissement des facteurs de détérioration des émissions au cours de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions

3.1.1. Des moteurs doivent être sélectionnés dans la famille de moteurs définie au paragraphe 2 de l'annexe 10 en vue d'établir les facteurs de détérioration des émissions au cours de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions.

3.1.2. Des moteurs de familles de moteurs différentes peuvent être combinés en familles basées sur le type de système de traitement aval des gaz d'échappement utilisé ou, lorsqu'il n'y a pas de traitement aval, selon la similitude des caractéristiques techniques du système de limitation des émissions. Les moteurs qui diffèrent par l'alésage et la course, la configuration, la gestion de l'air ou l'alimentation peuvent être considérés comme équivalents en ce qui concerne les caractéristiques de détérioration des émissions si cette équivalence est étayée par des éléments techniques suffisants, communiqués par le constructeur à l'autorité d'homologation de type. Pour classer dans la même famille de moteurs/systèmes de traitement aval des moteurs ayant des configurations différentes des cylindres mais dont les systèmes de traitement aval des gaz d'échappement ont les mêmes spécifications techniques et la même installation, le constructeur doit fournir à l'autorité d'homologation des données qui démontrent que les performances de ces moteurs en matière de réduction des émissions sont similaires.

3.1.3. Le moteur à l'essai doit représenter les caractéristiques de détérioration des émissions des familles de moteurs appliquant les facteurs de détérioration résultants aux fins de l'homologation de type. Le constructeur du moteur doit sélectionner un moteur représentant la famille de moteurs-systèmes de traitement aval, déterminée conformément au paragraphe 3.1.2 de la présente annexe pour être testé sur le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement visé au paragraphe 3.2.2 de l'annexe et le désigner à l'autorité d'homologation avant le commencement des essais.

3.1.4. Si l'autorité d'homologation décide que la situation la plus défavorable en matière d'émissions de la famille de moteurs/systèmes de traitement aval peut être mieux caractérisée par un autre moteur, alors le moteur d'essai doit être sélectionné conjointement par l'autorité d'homologation et le constructeur de moteurs.

3.2. Détermination des facteurs de détérioration au cours de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions

3.2.1. Généralités

Les facteurs de détérioration applicables à une famille de moteurs/systèmes de traitement aval doivent être établis à partir des moteurs sélectionnés sur la base d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement qui inclut l'essai périodique des émissions gazeuses et particulaires au cours du cycle d'essai applicable à la catégorie de moteurs, comme indiqué dans l'appendice 3 du présent règlement. Dans le cas du cycle d'essai NRTC, seuls les résultats du cycle de démarrage à chaud sont utilisés.

3.2.1.1. À la demande du constructeur, l'autorité d'homologation peut autoriser l'utilisation de facteurs de détérioration qui ont été établis en utilisant d'autres procédures que celles spécifiées aux paragraphes 3.2.2 à 3.2.5 de la présente annexe. Dans ce cas, le constructeur doit démontrer, à la satisfaction de l'autorité d'homologation, que les autres procédures utilisées ne sont pas moins rigoureuses que celles spécifiées auxdits paragraphes 3.2.2 à 3.2.5.

3.2.2. Programme d'accumulation d'heures de fonctionnement

Les programmes d'accumulation d'heures de fonctionnement peuvent être exécutés, au choix du constructeur, en soumettant un engin mobile non routier équipé du moteur sélectionné à un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement sur banc de puissance. Il n'est pas nécessaire que le constructeur utilise le carburant de référence pour les points d'essai de mesure des émissions intermédiaires du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.

3.2.2.1. Accumulation d'heures de fonctionnement en service ou sur banc de puissance

3.2.2.1.1. Le constructeur doit déterminer la configuration et la durée du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement et du cycle de vieillissement des moteurs conformément aux bonnes pratiques en matière d'ingénierie.

3.2.2.1.2. Le constructeur doit fixer de la manière suivante les points d'essai auxquels seront mesurées les émissions gazeuses et particulaires au cours des cycles applicables:

3.2.2.1.2.1. Lorsque le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement exécuté est plus court que la période de durabilité des caractéristiques d'émissions conformément au paragraphe 3.2.2.1.7 de la présente annexe, le nombre minimal de points d'essai doit être de trois, l'une au début, le deuxième approximativement au milieu et le troisième à la fin du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement;

3.2.2.1.2.2. Lorsque le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement dure jusqu'à la fin de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions, le nombre minimum de points d'essai doit être de deux, l'un au début et l'autre à la fin de l'accumulation d'heures de fonctionnement;

3.2.2.1.2.3. Le constructeur peut ajouter des points d'essai intermédiaires uniformément répartis.

3.2.2.1.3. Les valeurs d'émissions au point de commencement et au point de fin de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions, soit calculées conformément au paragraphe 3.2.5.1 de la présente annexe, soit mesurées directement conformément au paragraphe 3.2.2.1.2.2 de ladite annexe, doivent être à l'intérieur des valeurs limites applicables à la famille de moteurs. Toutefois, les résultats d'émissions individuels des points d'essai intermédiaires peuvent dépasser ces valeurs limites.

3.2.2.1.4. Pour les catégories ou sous-catégories de moteurs auxquelles s'applique un cycle NRTC, le constructeur peut demander l'accord de l'autorité d'homologation pour exécuter uniquement un cycle d'essai (soit le cycle NRTC ou LSI-NRTC à chaud, selon le cas, soit le cycle NRSC) à chaque point d'essai et exécuter l'autre cycle d'essai uniquement au commencement et à la fin du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.

3.2.2.1.5. Dans le cas de catégories ou sous-catégories de moteurs pour lesquelles il n'y a pas de cycle transitoire non routier applicable mentionné dans l'appendice A.6 de l'annexe 4, seul le cycle NRSC doit être exécuté à chaque point d'essai.

3.2.2.1.6. Les programmes d'accumulation d'heures de fonctionnement peuvent être différents pour différentes familles de moteurs-systèmes de traitement aval.

3.2.2.1.7. Les programmes d'accumulation d'heures de fonctionnement peuvent être plus courts que la période de durabilité des caractéristiques d'émissions mais ils ne peuvent pas être plus courts que l'équivalent d'au moins un quart de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions pertinente spécifiée dans l'appendice 3 du présent règlement.

3.2.2.1.8. Il est permis d'accélérer le vieillissement en ajustant le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement sur la base d'une consommation de carburant. L'ajustement doit être basé sur le rapport entre la consommation de carburant habituelle en service et la consommation de carburant sur le cycle de vieillissement, mais la consommation de carburant sur le cycle de vieillissement ne doit pas dépasser la consommation de carburant habituelle en service de plus de 30 %.

3.2.2.1.9. À la demande du constructeur, et avec l'accord de l'autorité d'homologation, les défauts faisant l'objet de l'essai peuvent être simulés.

3.2.2.1.10. Le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement doit être entièrement décrit dans la demande d'homologation de type et communiqué à l'autorité d'homologation avant le commencement de tout essai.

3.2.2.2. Si l'autorité d'homologation décide que des mesures supplémentaires doivent être faites entre les points sélectionnés par le constructeur, elle lui notifie sa décision. Le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement doit être préparé par le constructeur et accepté par l'autorité d'homologation.

3.2.3. Essai du moteur

3.2.3.1. Stabilisation du moteur

3.2.3.1.1. Pour chaque famille de moteurs-systèmes de traitement aval, le constructeur doit déterminer le nombre d'heures de fonctionnement de l'engin mobile non routier ou du moteur après lequel le fonctionnement du moteur-système de traitement aval s'est stabilisé. Si l'autorité d'homologation le lui demande, le constructeur doit communiquer les données et analyses ayant servi à effectuer cette détermination. Le constructeur peut opter pour une solution alternative consistant à faire tourner le moteur ou l'engin mobile non routier entre 60 et 125 h ou le temps équivalent sur le cycle de vieillissement pour stabiliser le moteur/système de traitement aval.

3.2.3.1.2. La fin de la période de stabilisation visée au paragraphe 3.2.3.1.1 ci-dessus doit être considérée comme le début du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.

3.2.3.2. Essai d'accumulation d'heures de fonctionnement

3.2.3.2.1. Après stabilisation, on doit faire fonctionner le moteur conformément au programme d'accumulation d'heures de fonctionnement choisi par le constructeur, tel qu'il est décrit au paragraphe 3.2.2 de la présente annexe. À intervalles réguliers pendant le déroulement du programme d'accumulation d'heures déterminé par le constructeur et, le cas échéant, prescrit par l'autorité d'homologation conformément au paragraphe 3.2.2.2 de la présente annexe, le moteur doit être soumis à des essais d'émissions gazeuses et particulaires sur les cycles NRTC à chaud et NRSC, ou les cycles LSI-NRTC et NRSC applicables à la catégorie de moteurs, comme indiqué dans l'appendice 3 du présent règlement.

Le constructeur peut choisir de mesurer les émissions de polluants avant tout système de traitement aval des gaz d'échappement séparément des émissions de polluants après tout système de traitement aval des gaz d'échappement.

Conformément au paragraphe 3.2.2.1.4 de la présente annexe, s'il a été convenu qu'un seul cycle d'essai (NRTC à chaud, LSI-NRTC ou NRSC) devait être effectué à chaque point d'essai, l'autre cycle d'essai (NRTC à chaud, LSI-NRTC ou NRSC) doit être effectué au début et à la fin du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.

Conformément au paragraphe 3.2.2.1.5 de la présente annexe, dans le cas de catégories ou sous-catégories de moteurs pour lesquelles il n'y a pas de cycle transitoire non routier applicable mentionné dans l'appendice A.6 de l'annexe 4, seul le cycle NRSC doit être exécuté à chaque point d'essai.

3.2.3.2.2. Au cours du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, les opérations d'entretien doivent être effectués sur le moteur conformément au paragraphe 3.4 de la présente annexe.

3.2.3.2.3. Au cours du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, des entretiens non programmés peuvent être effectués sur le moteur ou l'engin mobile non routier, par exemple si le système de diagnostic normal du constructeur a détecté un problème qui aurait indiqué à l'opérateur qu'une panne s'est produite.

3.2.4. Rapports

3.2.4.1. Les résultats de l'ensemble des essais d'émissions (NRTC à chaud, LSI-NRTC et NRSC) effectués au cours du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement doivent être communiqués à l'autorité d'homologation. Si l'un des essais d'émissions est déclaré nul, le constructeur doit en expliquer la raison. Dans ce cas, une autre série d'essais d'émissions doit être effectuée au cours des 100 h suivantes d'accumulation d'heures de fonctionnement.

3.2.4.2. Le constructeur est tenu de conserver dans ses archives l'ensemble des informations concernant tous les essais d'émissions et toutes les opérations d'entretien effectués sur le moteur pendant le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement. Ces informations doivent être transmises à l'autorité d'homologation avec les résultats des essais d'émissions réalisés dans le cadre du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.

3.2.5. Détermination des facteurs de détérioration

3.2.5.1. Au cours d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement conformément au paragraphe 3.2.2.1.2.1 ou au paragraphe 3.2.2.1.2.3 de la présente annexe, pour chaque polluant mesuré lors des cycles d'essais NRTC à chaud, LSI-NRTC et NRSC, une analyse de régression linéaire donnant le «meilleur ajustement»est effectuée à chaque point d'essai pendant le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, sur la base de l'ensemble des résultats des essais. Pour chaque polluant, les résultats de chaque essai doivent comporter une décimale de plus que le nombre de décimales de la valeur limite du polluant applicable à la famille de moteurs.

Lorsque, conformément au paragraphe 3.2.2.1.4 ou au paragraphe 3.2.2.1.5 de la présente annexe, un seul cycle d'essai (NRTC à chaud, LSI-NRTC ou NRSC) a été exécuté à chaque point d'essai, l'analyse de régression ne doit se faire que sur la base des résultats du cycle d'essai exécuté à chaque point d'essai.

Le constructeur peut demander l'autorisation préalable de l'autorité d'homologation pour effectuer une analyse de régression non linéaire.

3.2.5.2. Les valeurs d'émissions pour chaque polluant au démarrage du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement et à l'expiration de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions applicable au moteur soumis à l'essai doivent être:

a) soit déterminées par extrapolation de l'équation de régression du paragraphe 3.2.5.1 de la présente annexe, lorsque le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement est exécuté conformément au paragraphe 3.2.2.1.2.1 ou au paragraphe 3.2.2.1.2.3 de la même annexe;

b) soit mesurées directement lorsque le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement est exécuté conformément au paragraphe 3.2.2.1.2.2 de la présente annexe.

Dans le cas où les valeurs d'émissions sont utilisées pour des familles de moteurs appartenant à la même famille de moteurs-systèmes de traitement aval mais ayant des périodes de durabilité des caractéristiques d'émissions différentes, les valeurs d'émissions à l'expiration de la période de durabilité doivent être recalculées pour chaque période de durabilité des caractéristiques d'émissions par extrapolation ou interpolation de l'équation de régression comme déterminé au paragraphe 3.2.5.1 de la présente annexe.

3.2.5.3. Le facteur de détérioration (DF) pour chaque polluant est le rapport entre les valeurs d'émissions appliquées à la fin de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions et les valeurs d'émissions au début du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement (facteur de détérioration multiplicatif).

À la demande du constructeur et sous réserve de l'accord préalable de l'autorité d'homologation, il est possible d'appliquer un facteur de détérioration additif pour chaque polluant. Un facteur de détérioration additif est défini comme étant la différence entre les valeurs d'émissions calculées à l'expiration de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions et au démarrage du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.

Un exemple de détermination de facteurs de détérioration en utilisant la régression linéaire est présenté à la figure A.8-1 pour les émissions de $NO_X$.

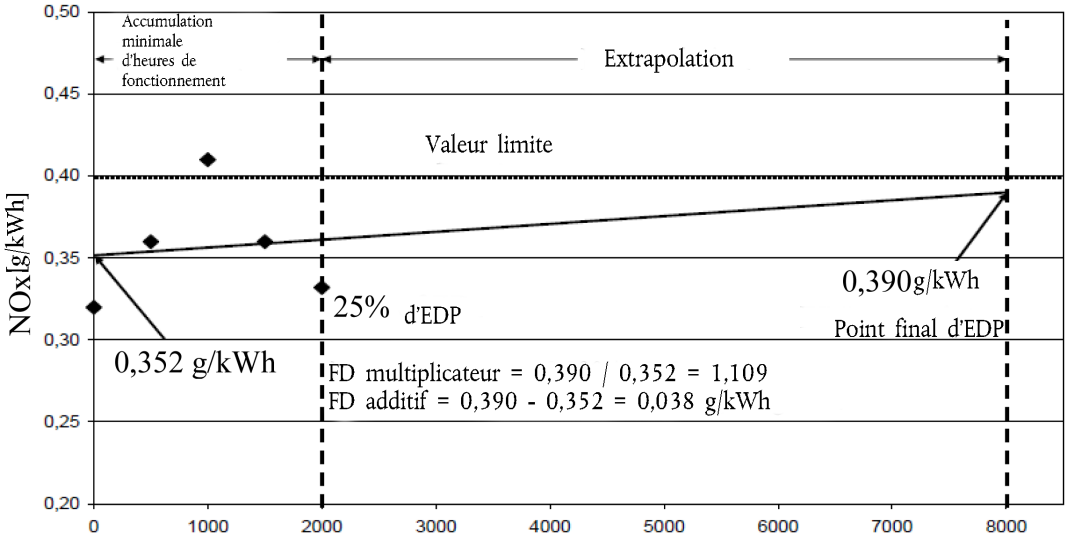
Il n'est pas permis de mélanger les facteurs de détérioration multiplicatifs et additifs au sein d'un même ensemble de polluants.

Si le résultat du calcul est une valeur inférieure à 1,00 pour un facteur de détérioration multiplicatif ou inférieure à 0,00 pour un facteur de détérioration additif, le facteur de détérioration doit être respectivement de 1,0 ou 0,00.

Conformément au paragraphe 3.2.2.1.4 de la présente annexe, s'il a été convenu qu'un seul cycle d'essai (NRTC à chaud, LSI-NRTC ou NRSC) serait exécuté à chaque point d'essai et que l'autre cycle d'essai (NRTC à chaud, LSI-NRTC ou NRSC) ne serait exécuté qu'au début et à la fin du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, le facteur de détérioration calculé pour le cycle d'essai qui a été exécuté à chaque point d'essai est également applicable pour l'autre cycle d'essai.

*Figure A.8-1*

**Exemple De Détermination De Facteurs De Détérioration**



3.2.6. Facteurs de détérioration assignés

3.2.6.1. Au lieu d'avoir recours à un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement pour déterminer les facteurs de détérioration, les constructeurs de moteurs peuvent choisir d'appliquer les facteurs de détérioration multiplicatifs indiqués dans le tableau A.8-1 ci-après:

*Tableau A.8-1*

**Facteurs De Détérioration Assignés**

| Cycle d'essai | CO | HC | $NO_X$ | PM | PN |
|---|---|---|---|---|---|
| NRTC et LSI-NRTC | 1,3 | 1,3 | 1,15 | 1,05 | 1,0 |
| NRSC | 1,3 | 1,3 | 1,15 | 1,05 | 1,0 |

Il n'est pas donné de facteurs de détérioration additifs assignés. Il n'est pas permis de transformer les facteurs de détérioration multiplicatifs assignés en facteurs de détérioration additifs.

3.2.6.1.1. Nonobstant le paragraphe 3.2.6.1 ci-dessus, pour PN, on peut utiliser soit un facteur de détérioration additif de 0,0, soit un facteur de détérioration multiplicatif de 1,0 en conjonction avec les résultats de l'essai de détérioration précédent qui n'a pas établi de valeur pour PN si les deux conditions suivantes sont satisfaites:

a) l'essai de détérioration précédent avait été mené sur une technologie de moteur qui aurait pu être incluse dans la même famille de moteurs-systèmes de traitement aval, comme indiqué au paragraphe 3.1.2 de la présente annexe, que la famille de moteurs à laquelle on prévoit d'appliquer les facteurs de détérioration; et

b) les résultats de l'essai ont été utilisés pour une homologation de type précédente délivrée avant la date officielle de l'entrée en vigueur de la série 05 d'amendements.

3.2.6.2. Lorsque le constructeur utilise des facteurs de détérioration assignés, il doit présenter à l'autorité d'homologation des éléments probants sur la base desquels il est raisonnablement permis de supposer que les composants de limitation des émissions auront la durabilité des caractéristiques d'émissions associée à ces facteurs assignés. Ces éléments probants peuvent s'appuyer sur l'analyse de la conception, sur des essais, ou sur une combinaison des deux.

3.2.7. Application des facteurs de détérioration

3.2.7.1. Les moteurs doivent satisfaire aux limites d'émissions de chaque polluant, applicables à la famille de moteurs, après application des facteurs de détérioration au résultat de l'essai, tel que mesuré conformément à l'annexe 4 (émissions spécifiques pondérées par cycle pour les matières particulaires et chaque gaz individuel). En fonction du type de facteur de détérioration, les dispositions suivantes s'appliquent:

a) multiplicatif: (émissions spécifiques pondérées par le cycle) × DF ≤ limite d'émissions;

b) additif: (émissions spécifiques pondérées par le cycle) + DF ≤ limite d'émissions.

Les émissions spécifiques pondérées par le cycle peuvent inclure l'ajustement pour la régénération périodique, le cas échéant.

3.2.7.2. Dans le cas d'un facteur de détérioration multiplicatif pour les $NO_X$ + HC, des valeurs de détérioration séparées doivent être déterminées pour les HC et les $NO_X$; ces valeurs doivent être appliquées séparément lors du calcul des niveaux d'émission détériorés à partir du résultat d'un essai d'émissions, avant de combiner les valeurs détériorées résultantes pour $NO_X$ et HC afin de déterminer si la limite d'émissions est respectée.

3.2.7.3. Le constructeur peut choisir de reporter les facteurs de détérioration calculés pour une famille de moteurs/systèmes de traitement aval à un moteur n'appartenant pas à la même famille de moteurs/systèmes de traitement aval. Dans de tels cas, le constructeur doit démontrer à l'autorité d'homologation que le moteur pour lequel la famille de moteurs-systèmes de traitement aval avait été initialement soumise à l'essai et le moteur pour lequel les facteurs de détérioration sont reportés ont les mêmes spécifications techniques et prescriptions de montage sur l'engin mobile non routier et que les émissions de ce moteur sont similaires.

Dans le cas où des facteurs de détérioration sont reportés à un moteur ayant une période de durabilité des caractéristiques d'émissions différente, les facteurs de détérioration doivent être recalculés pour la période de durabilité par extrapolation ou par interpolation de l'équation de régression comme déterminé au paragraphe 3.2.5.1 de la présente annexe.

3.2.7.4. Les facteurs de détérioration doivent être consignés pour chaque polluant et pour chaque cycle d'essai applicable dans le document récapitulatif des résultats des essais présenté dans l'appendice A.1 de l'annexe 2.

3.3. Vérification de la conformité de la production

3.3.1. La conformité de la production en ce qui concerne le respect des valeurs d'émissions est vérifiée sur la base de l'appendice 7 du présent règlement.

3.3.2. Le constructeur peut mesurer les émissions de polluants avant tout système de traitement aval des gaz d'échappement au moment où l'essai d'homologation de type est effectué. À cette fin, le constructeur peut calculer des facteurs de détérioration non officiels séparément pour le moteur et pour le système de traitement aval qu'il peut alors utiliser comme aide pour les vérifications en fin de chaîne de production.

3.3.3. Pour les besoins de l'homologation, seuls les facteurs de détérioration déterminés conformément au paragraphe 3.2.5 ou 3.2.6 de la présente annexe doivent être consignés dans le document récapitulatif des résultats des essais présenté dans l'appendice A.1 de l'annexe 2.

3.4. Entretien

Aux fins du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, l'entretien doit être effectué conformément aux instructions du manuel de service et d'entretien du constructeur.

3.4.1. Entretien programmé lié aux émissions

3.4.1.1. Un entretien programmé en rapport avec les émissions, pour les besoins du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, doit être effectué aux mêmes intervalles que ceux qui sont spécifiés dans les instructions du constructeur à l'utilisateur final pour l'entretien de l'engin mobile non routier ou du moteur. Ce programme d'entretien peut être actualisé si nécessaire tout au long du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement pour autant qu'aucune opération d'entretien ne soit supprimée du programme d'entretien après que l'opération a été effectuée sur le moteur soumis aux essais.

3.4.1.2. Tout réglage, réparation, démontage, nettoyage ou échange de composants critiques en rapport avec les émissions, effectué de façon périodique pour prévenir un éventuel dysfonctionnement du moteur, n'est autorisé que s'il est techniquement nécessaire à un bon fonctionnement du système antipollution. La nécessité de remplacements programmés, au cours du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement et après un certain temps de fonctionnement du moteur, de composants critiques en rapport avec les émissions autres que ceux que l'on peut qualifier de remplacements de routine doit être évitée. Dans ce contexte, les éléments d'entretien consommables devant être renouvelés régulièrement ou les éléments qui requièrent un nettoyage après un certain temps de fonctionnement du moteur peuvent être qualifiés de remplacements de routine.

3.4.1.3. Toute opération d'entretien programmée doit être approuvée par l'autorité d'homologation avant qu'une homologation de type soit délivrée et doit être mentionnée dans le manuel d'utilisation. L'autorité d'homologation ne refuse pas les opérations d'entretien programmées qui sont raisonnables et techniquement nécessaires, y compris, mais sans s'y limiter, celles identifiées au paragraphe 3.4.1.4 de la présente annexe.

3.4.1.4. Le constructeur du moteur doit spécifier pour le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, tout réglage, nettoyage et entretien (si nécessaire) ainsi que tout remplacement programmé des éléments suivants:

a) filtres et refroidisseurs du système de recyclage des gaz d'échappement (EGR);

b) soupape de réaspiration des gaz de carter, le cas échéant;

c) têtes d'injecteurs (uniquement nettoyage);

d) injecteurs;

e) turbocompresseur;

f) unité de gestion électronique du moteur; capteurs et actuateurs associés;

g) système de traitement aval des matières particulaires (y compris les composants associés);

h) système de traitement aval des $NO_X$ (y compris les composants associés);

i) système de recyclage des gaz d'échappement, y compris toutes les vannes de régulation et canalisations associées;

j) tout autre système de traitement aval des gaz d'échappement.

3.4.1.5. Un entretien programmé critique en rapport avec les émissions ne peut être effectué que s'il est censé être effectué en service et la nécessité d'effectuer cet entretien doit être signifiée à l'utilisateur final du moteur ou de l'engin mobile non routier.

3.4.2. Changements apportés aux opérations d'entretien programmé

Le constructeur doit soumettre à l'autorité d'homologation une demande d'approbation de toute nouvelle opération d'entretien programmé qu'il souhaite effectuer au cours du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement et recommander ensuite aux utilisateurs finals des engins mobiles non routiers ou moteurs. La demande doit être accompagnée de données étayant la nécessité de la nouvelle opération d'entretien programmé et spécifiant l'intervalle d'entretien.

3.4.3. Entretien programmé non lié aux émissions

Les opérations d'entretien programmé non lié aux émissions qui sont raisonnables et techniquement nécessaires (par exemple, vidange d'huile, remplacement du filtre à huile, remplacement du filtre à carburant, remplacement du filtre à air, entretien du système de refroidissement, réglage du ralenti, régulateur de régime, couple de serrage des boulons du moteur, jeu des soupapes, jeu des injecteurs, réglage des soupapes, ajustement de la tension de la courroie de transmission, etc.) peuvent être effectuées sur des moteurs ou des machines choisis pour le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement aux intervalles les moins fréquents recommandés par le constructeur à l'utilisateur final (par exemple, pas aux intervalles recommandés pour les gros entretiens).

3.5. Réparations

3.5.1. Les composants d'un moteur sélectionné pour subir des essais dans le cadre d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement ne peuvent faire l'objet de réparations qu'en cas de panne du composant ou de mauvais fonctionnement du moteur. Il n'est pas permis de réparer le moteur lui-même, le système de limitation des émissions ou le système d'alimentation en carburant, excepté dans les conditions définies au paragraphe 3.5.2 de la présente annexe.

3.5.2. Si le moteur proprement dit, le système de limitation des émissions ou le système d'alimentation en carburant connaît une défaillance au cours du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, l'essai doit être considéré comme nul et il faut recommencer l'opération avec un nouveau moteur.

Le paragraphe précédent ne s'applique pas lorsque les composants défectueux sont remplacés par des composants équivalents qui ont accumulé un nombre similaire d'heures de fonctionnement.

4. CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DE MOTEURS NRSH ET NRS, EXCEPTÉ NRS-V-2B ET NRS-V-3

4.1. La catégorie de période de durabilité des caractéristiques d'émissions (EDP) applicable et le facteur de détérioration (DF) correspondant sont déterminés conformément au présent paragraphe 4.

4.2. Pour tous les moteurs, si, dans le cas où ils sont mis à l'essai conformément aux procédures du présent règlement, tous ceux qui représentent une même famille de moteurs ont des émissions qui, après ajustement par multiplication par le facteur de détérioration mentionné dans la présente annexe, sont inférieures ou égales à chaque valeur limite pour une sous-catégorie de moteurs donnée, il est admis que la famille en question est conforme aux limites d'émission pour la classe de moteurs correspondante. Si un moteur d'essai représentant une famille de moteurs a des émissions qui, après ajustement par multiplication par le facteur de détérioration mentionné ici, sont supérieures à toute valeur limite pour une sous-catégorie de moteurs donnée, il est admis que la famille en question n'est pas conforme aux limites d'émission pour ladite sous-catégorie.

4.3. Les facteurs de détérioration sont déterminés comme suit:

4.3.1. Sur au moins un moteur d'essai représentant la configuration choisie pour être la plus susceptible de dépasser les limites d'émissions HC + $NO_X$, et construit de manière à être représentatif des moteurs de production, la procédure (complète) d'essai d'émissions doit être appliquée comme décrit dans l'annexe 5 après le nombre d'heures représentant les émissions stabilisées.

4.3.2. Si plus d'un moteur est soumis à l'essai, les résultats doivent être calculés comme la moyenne des résultats pour tous les moteurs soumis à l'essai, arrondis au même nombre de décimales que dans la limite applicable, exprimés avec un chiffre significatif supplémentaire.

4.3.3. Cet essai d'émissions doit être accompli à nouveau après le vieillissement du moteur. La procédure de vieillissement doit être conçue de manière à permettre au constructeur de prédire de façon appropriée la détérioration des émissions en service attendue au cours de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions du moteur, compte tenu du type d'usure et des autres mécanismes de détérioration attendus à la suite d'une utilisation normale qui pourraient affecter les performances en matière d'émissions. Si plus d'un moteur est soumis à l'essai, les résultats doivent être calculés comme la moyenne des résultats pour tous les moteurs soumis à l'essai, arrondis au même nombre de décimales que dans la limite applicable, exprimés avec un chiffre significatif supplémentaire.

4.3.4. Les émissions à la fin de la période de durabilité des caractéristiques d'émission (émissions moyennes, le cas échéant) pour chaque polluant réglementé doivent être divisées par les émissions stabilisées (émissions moyennes, le cas échéant) et arrondis à deux chiffres significatifs. La valeur résultante est le facteur de détérioration, sauf si elle est inférieure à 1,00, auquel cas le facteur de détérioration est 1,00.

4.3.5. Le constructeur peut programmer des points d'essai d'émissions supplémentaires entre le point d'essai des émissions stabilisées et la fin de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions. Si des essais intermédiaires sont programmés, les points d'essai doivent être uniformément répartis sur la période de durabilité des caractéristiques d'émissions (± 2 h) et l'un de ces points d'essai doit se situer à la moitié de la période complète de durabilité des caractéristiques d'émissions (± 2 h).

4.3.6. Pour chaque polluant HC + $NO_X$ et CO, on trace une ligne droite entre les points de données en considérant que les essais initiaux ont lieu à l'heure zéro et en appliquant la méthode des moindres carrés. Le facteur de détérioration correspond aux émissions calculées à la fin de la période de durabilité divisées par les émissions calculées à l'heure zéro.

Les facteurs de détérioration doivent être consignés pour chaque polluant et pour le cycle d'essai applicable dans le document récapitulatif des résultats des essais présenté dans l'appendice A.1 de l'annexe 2.

4.3.7. Les facteurs de détérioration peuvent englober d'autres familles que celles sur la base desquelles ils ont été calculés, à condition que le constructeur démontre, à la satisfaction de l'autorité d'homologation et avant l'homologation de type, qu'on peut raisonnablement s'attendre à ce que les familles de moteurs en question aient des caractéristiques analogues de détérioration des émissions, en fonction de leur conception et de la technologie utilisée.

On trouvera ci-dessous une liste non exhaustive de regroupements en fonction de la conception et de la technologie:

a) moteurs deux temps classiques sans système de traitement aval;

b) moteurs deux temps classiques avec catalyseur du même matériau actif et de même charge, avec le même nombre d'alvéoles par $cm^2$;

c) moteurs deux temps équipés d'un système de balayage stratifié;

d) moteurs deux temps équipés d'un système de balayage stratifié avec catalyseur du même matériau actif et de même charge, avec le même nombre d'alvéoles par $cm^2$;

e) moteurs quatre temps avec catalyseur utilisant la même technologie de soupapes et un système de lubrification identique;

f) moteurs quatre temps sans catalyseur, utilisant la même technologie de soupapes et un système de lubrification identique.

4.4. Catégories de période de durabilité des caractéristiques d'émission (EDP)

4.4.1. Pour les catégories de moteurs du tableau 21 ou 22 de l'appendice 3 du présent règlement qui ont des valeurs différentes pour la période de durabilité des caractéristiques d'émission, les constructeurs doivent déclarer la catégorie EDP applicable pour chaque famille de moteurs au moment de l'homologation de type. Cette catégorie doit être la catégorie du tableau A.8-2 qui se rapproche le plus de la durée de vie utile prévue pour l'équipement sur lequel les moteurs doivent être montés, d'après le constructeur du moteur. Le constructeur conserve les données appropriées justifiant le choix de la catégorie EDP pour chaque famille de moteurs. Ces données sont communiquées sur demande à l'autorité d'homologation.

*Tableau A.8-2*

**Catégories De Périodes De Durabilité Des Caractéristiques D'Émission (Pdce)**

| Catégorie | Application du moteur |
|---|---|
| Catégorie 1 | Produits de consommation |
| Catégorie 2 | Produits semi-professionnels |
| Catégorie 3 | Produits professionnels |

4.4.2. Le constructeur doit démontrer, à la satisfaction de l'autorité d'homologation, que la période EDP déclarée est appropriée. Les données servant à étayer le choix, par le constructeur, d'une catégorie EDP pour une famille de moteurs donnée peuvent comprendre, sans que cette liste soit exhaustive:

a) des enquêtes sur la durée de vie des équipements sur lesquels les moteurs en question sont installés;

b) des évaluations techniques de moteurs vieillis par utilisation normale, afin d'établir le moment où les performances des moteurs se détériorent au point que leur utilité et/ou leur fiabilité est atteinte à un degré suffisant pour nécessiter une révision ou un remplacement;

c) des déclarations de garantie et des périodes de garantie;

d) des documents à caractère commercial concernant la durée de vie des moteurs;

e) des rapports de panne provenant des clients;

f) des évaluations techniques de la durabilité, en heures, de technologies de moteurs spécifiques, de matériaux des moteurs ou de modèles de moteurs.

*ANNEXE 9*

**PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX STRATÉGIES DE LIMITATION DES ÉMISSIONS, AUX MESURES DE LIMITATION DES $NO_X$ ET AUX MESURES DE LIMITATION DES ÉMISSIONS DE PARTICULES**

1. DÉFINITIONS, ABRÉVIATIONS ET PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

1.1. Les définitions et abréviations suivantes sont appliquées aux fins de la présente annexe:

a) par «code défaut»(ci-après «DTC»), on entend un identificateur numérique ou alphanumérique d'un défaut de fonctionnement qui identifie un NCM et/ou un PCM;

b) par «DTC confirmé et actif», on entend un DTC qui est mémorisé pendant le temps que le système NCD et/ou PCD conclut à l'existence d'un défaut de fonctionnement;

c) par «famille de moteurs NCD», on entend un regroupement de moteurs du constructeur qui ont des méthodes communes de surveillance/diagnostic des NCM;

d) par «système de diagnostic de la limitation des $NO_X$ (NCD)», on entend un système monté sur le moteur qui a la capacité:

i) de détecter un défaut de limitation des émissions de $NO_X$;

ii) d'identifier la cause probable des défauts de limitation des émissions de $NO_X$ au moyen d'informations stockées dans une mémoire d'ordinateur et/ou de communiquer ces informations vers l'extérieur;

e) par «défaut de limitation des émissions de $NO_X$ (NCM)», on entend une manipulation visant à fausser le système de limitation des émissions de $NO_X$ ou une défaillance affectant ce système, éventuellement due à une manipulation non autorisée, qui est considérée par le présent règlement comme requérant l'activation d'un système d'avertissement ou d'incitation une fois détectée;

f) par «système de diagnostic de la limitation des émissions de particules (PCD)», on entend un système monté sur le moteur qui a la capacité:

i) de détecter un défaut de limitation des émissions de particules;

ii) d'identifier la cause probable des défauts de limitation des émissions de particules au moyen d'informations stockées dans une mémoire d'ordinateur et/ou de communiquer ces informations vers l'extérieur;

g) par «défaut de limitation des émissions de particules (PCM)», on entend une manipulation visant à fausser le système de traitement aval des émissions de particules d'un moteur ou une défaillance affectant le système de traitement aval des émissions de particules, éventuellement due à une manipulation non autorisée, qui est considérée par le présent règlement comme requérant l'activation d'un système d'avertissement une fois détectée;

h) par «famille de moteurs PCD», on entend un regroupement de moteurs du constructeur qui ont des méthodes communes de surveillance/diagnostic des PCM;

i) par «analyseur», on entend un équipement d'essai externe utilisé pour la communication depuis l'extérieur avec le système NCD et/ou PCD.

1.2. Température ambiante

Lorsqu'il est fait référence à la température ambiante en rapport avec des environnements autres qu'un environnement de laboratoire, les dispositions suivantes s'appliquent.

1.2.1. Pour un moteur installé sur un banc d'essai, la température ambiante est la température de l'air de combustion fourni au moteur, en amont de toute partie du moteur soumis à l'essai.

1.2.2. Pour un moteur installé sur un engin mobile non routier, la température ambiante est la température de l'air immédiatement à l'extérieur du périmètre de l'engin mobile non routier.

2. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX STRATÉGIES DE LIMITATION DES ÉMISSIONS

2.1. La présente section s'applique aux moteurs gérés électroniquement des catégories NRE et NRG, respectant les limites d'émission énoncées dans l'appendice 2 du présent règlement et utilisant l'électronique pour déterminer à la fois la quantité et le calage de l'injection de carburant ou utilisant l'électronique pour activer, désactiver ou moduler le système de limitation des émissions utilisé pour réduire les émissions de $NO_X$.

2.2. Prescriptions relatives à la stratégie de base de limitation des émissions

2.2.1. La stratégie de base de limitation des émissions est conçue de manière à permettre que le moteur, dans des conditions d'utilisation normales, satisfasse aux dispositions du présent règlement. Les conditions d'utilisation normale ne se limitent pas aux conditions de contrôle, comme spécifié au paragraphe 2.4.

2.2.2. Les stratégies de base de limitation des émissions sont, notamment, des cartes ou des algorithmes permettant de gérer:

a) le calage de l'injection de carburant ou l'allumage (calage du moteur);

b) le système de recyclage des gaz d'échappement (EGR);

c) le dosage du réactif pour catalyseur SCR.

2.2.3. Toute stratégie de base de limitation des émissions qui peut faire la distinction entre le fonctionnement du moteur dans le contexte d'un essai d'homologation de type et son fonctionnement dans d'autres conditions et réduire en conséquence le niveau de limitation des émissions lorsque le moteur ne fonctionne pas dans des conditions principalement incluses dans la procédure d'homologation de type est interdite.

2.2.3.1. Indépendamment du paragraphe 2.2.3 de la présente annexe, dans le cas des (sous-)catégories de moteurs qui ne sont pas soumises à un cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins non routiers dans le cadre de l'homologation de type, la stratégie de base de limitation des émissions peut reconnaître les conditions de fonctionnement stationnaires et appliquer la stratégie correspondante. Dans ce cas, le fonctionnement en mode stationnaire doit être mentionné dans la présentation de la stratégie de limitation des émissions requise au paragraphe 1.4 de l'annexe 1 ainsi que dans les informations confidentielles sur ladite stratégie mentionnées dans l'appendice A.2 de l'annexe 1.

2.2.4. Le constructeur doit démontrer au service technique au moment de l'essai d'homologation de type que le fonctionnement de toute stratégie auxiliaire de limitation des émissions est conforme aux dispositions de la présente section. La démonstration consiste en une évaluation des documents visés au paragraphe 2.6 de la présente annexe.

2.3. Prescriptions relatives à la stratégie auxiliaire de limitation des émissions

2.3.1. Une stratégie auxiliaire de limitation des émissions peut être activée par un moteur ou un engin mobile non routier pour autant que la stratégie auxiliaire de limitation des émissions:

2.3.1.1. Ne permette pas de réduire de façon permanente l'efficacité du système de limitation des émissions;

2.3.1.2. Fonctionne uniquement en dehors des conditions de contrôle spécifiées au paragraphe 2.4.1, 2.4.2 ou 2.4.3 de la présente annexe aux fins définies au paragraphe 2.3.5 de la même annexe, et uniquement pour la durée nécessaire à ces fins, exception faite des cas permis par les paragraphes 2.3.1.3, 2.3.2 et 2.3.4 de la présente annexe;

2.3.1.3. N'est activée qu'à titre exceptionnel dans les conditions de contrôle du paragraphe 2.4.1, 2.4.2 ou 2.4.3 de la présente annexe, respectivement, lorsque sa nécessité aux fins visées au paragraphe 2.3.5 de la même annexe a été démontrée, lorsque son activation a été approuvée par l'autorité d'homologation, et pour autant qu'elle ne soit pas activée plus longtemps que nécessaire à ces fins;

2.3.1.4. Assure un niveau de performances du système de limitation des émissions qui est aussi proche que possible de celui fourni par la stratégie de base de limitation des émissions.

2.3.2. Lorsque la stratégie auxiliaire de limitation des émissions est activée pendant l'essai d'homologation de type, son activation ne doit pas être restreinte pour intervenir en dehors des conditions de contrôle visées au paragraphe 2.4 de la présente annexe et sa finalité ne doit pas être restreinte aux critères visés au paragraphe 2.3.5 de la même annexe.

2.3.3. Lorsque la stratégie auxiliaire de limitation des émissions n'est pas activée pendant l'essai d'homologation de type, il doit être démontré qu'elle est active uniquement pendant la durée nécessaire aux fins indiquées au paragraphe 2.3.5 de la présente annexe.

2.3.4. Fonctionnement à basse température

Une stratégie auxiliaire de limitation des émissions peut être activée sur un moteur équipé d'un système de recyclage des gaz d'échappement (EGR) indépendamment des conditions de contrôle du paragraphe 2.4 de la présente annexe si la température ambiante est inférieure à 275 K (2 °C) et qu'elle répond à l'un des deux critères suivants:

a) la température du collecteur d'admission est inférieure ou égale à la température définie par l'équation suivante: $IMT_c = P_{IM}/15{,}75 + 304{,}4$, où: $IMT_c$ désigne la température calculée du collecteur d'admission, K et $P_{IM}$ désigne la pression absolue du collecteur d'admission, en kPa;

b) la température du réfrigérant du moteur est inférieure ou égale à la température définie par l'équation suivante: $ECT_c = P_{IM}/14{,}004 + 325{,}8$, où: $ECT_c$ désigne la température calculée du réfrigérant du moteur, K et $P_{IM}$ désigne la pression absolue du collecteur d'admission, en kPa.

2.3.5. Exception faite de la situation permise par le paragraphe 2.3.2 de la présente annexe, une stratégie auxiliaire de limitation des émissions peut être activée uniquement aux fins suivantes:

a) par des signaux provenant de systèmes embarqués, pour protéger de toute détérioration le moteur (y compris le dispositif de contrôle d'admission d'air) et/ou l'engin mobile non routier sur lequel le moteur est installé;

b) pour assurer la sécurité de fonctionnement;

c) pour prévenir des émissions excessives lors d'un démarrage à froid, d'une mise en température ou d'un arrêt;

d) si elle est utilisée pour atténuer la réduction d'un polluant réglementé dans des conditions ambiantes ou de fonctionnement spécifiques, en vue de maintenir tous les autres polluants réglementés à l'intérieur de valeurs limites d'émissions appropriées pour le moteur concerné. L'objectif à cet égard doit être de compenser des phénomènes survenant naturellement d'une manière qui permette une limitation acceptable de l'ensemble des constituants des émissions.

2.3.6. Le constructeur doit démontrer au service technique au moment de l'essai d'homologation de type que le fonctionnement de toute stratégie auxiliaire de limitation des émissions est conforme aux dispositions de la présente section. La démonstration consiste en une évaluation des documents visés au paragraphe 2.6 de la présente annexe.

2.3.7. Tout fonctionnement d'une stratégie auxiliaire de limitation des émissions non conforme aux paragraphes 2.3.1 à 2.3.5 de la présente annexe est interdit.

2.4. Conditions de contrôle

Les conditions de contrôle spécifient une plage de valeurs d'altitude, de température ambiante et de température du réfrigérant du moteur qui détermine si des stratégies auxiliaires de limitation des émissions peuvent être activées de manière générale ou seulement à titre exceptionnel conformément au paragraphe 2.3 de la présente annexe.

Les conditions de contrôle spécifient une pression atmosphérique qui est mesurée en tant que pression statique atmosphérique absolue (en conditions humides ou sèches) («pression atmosphérique»).

2.4.1. Réservé

2.4.2. Réservé

2.4.3. Conditions de contrôle pour les moteurs des catégories NRE et NRG:

a) la pression atmosphérique supérieure ou égale à 82,5 kPa;

b) la température ambiante à l'intérieur de la plage suivante:

i) égale ou supérieure à 266 K (– 7 °C);

ii) inférieure ou égale à la température déterminée par l'équation suivante à la pression atmosphérique spécifiée: $T_c = – 0{,}4514 \times (101{,}3 – P_b) + 311$, où: $T_c$ désigne la température calculée de l'air ambiant, K et $P_b$ désigne la pression atmosphérique, en kPa;

c) la température du réfrigérant du moteur au-dessus de 343 K (70 °C).

2.5. Lorsque la sonde de température d'air du moteur est utilisée pour estimer la température de l'air ambiant, la différence nominale entre les deux points de mesure doit être évaluée pour un type ou pour une famille de moteurs. Lorsqu'elle est utilisée, la température mesurée de l'air d'admission doit être ajustée d'une valeur égale à la différence nominale utilisée pour estimer la température ambiante pour une installation utilisant le type ou la famille de moteurs spécifié.

L'évaluation de la différence doit être faite en s'appuyant sur une bonne appréciation fondée sur des éléments techniques (calculs, simulation, résultats expérimentaux, données, etc.) comprenant:

a) les catégories typiques d'engins mobiles non routiers sur lesquelles le type ou la famille de moteurs sera normalement installé; et

b) les instructions d'installation fournies au FEO par le constructeur.

Un exemplaire de l'évaluation doit être communiqué sur demande à l'autorité d'homologation.

2.6. Prescriptions en matière de documentation

2.6.1. Le constructeur doit satisfaire aux prescriptions en matière de documentation figurant au paragraphe 1.4 de l'annexe 1 et à l'appendice A.2 de cette même annexe.

2.6.2. Le constructeur doit veiller à ce que tous les documents faisant partie de la documentation pertinente portent un numéro d'identification et une date. Toute modification apportée aux documents doit être signalée clairement sur les pages correspondantes, la nature de la révision étant indiquée avec la date. Une version complète et mise à jour du dossier d'homologation, accompagnée d'une description détaillée des modifications, est considérée comme satisfaisant à l'exigence du présent paragraphe.

3. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX MESURES DE LIMITATION DES ÉMISSIONS DE $NO_X$

3.1. La présente section s'applique aux moteurs gérés électroniquement des catégories NRE et NRG, respectant les limites d'émission énoncées dans l'appendice 2 du présent règlement et utilisant l'électronique pour déterminer à la fois la quantité et le calage de l'injection de carburant ou utilisant l'électronique pour activer, désactiver ou moduler le système de limitation des émissions utilisé pour réduire les émissions de $NO_X$.

3.2. Le constructeur doit fournir des informations complètes sur les caractéristiques opérationnelles fonctionnelles des mesures de limitation des émissions de $NO_X$ en utilisant les documents visés dans l'annexe 1.

3.3. La stratégie de limitation des émissions de $NO_X$ doit être opérationnelle dans toutes les conditions environnementales régulièrement rencontrées sur le territoire des parties contractantes appliquant le présent règlement, en particulier à basses températures ambiantes.

3.4. Le constructeur doit démontrer que les émissions d'ammoniac au cours du cycle d'essai d'émissions applicable de la procédure d'homologation de type, lorsqu'un réactif est utilisé, ne dépassent pas une valeur moyenne de 10 ppm pour toutes les catégories de moteurs.

3.5. Si des réservoirs de réactif sont montés ou connectés sur un engin mobile non routier, un dispositif permettant de prélever un échantillon du réactif dans les réservoirs doit être prévu. Le point de prélèvement doit être facilement accessible sans nécessiter l'utilisation d'un outil ou d'un appareil spécial.

3.6. Outre les prescriptions énoncées dans les paragraphes 3.2 à 3.5 de la présente annexe, les prescriptions techniques de l'appendice A.1 de la même annexe sont applicables pour les moteurs des catégories NRE et NRG.

4. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX MESURES DE LIMITATION DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS PARTICULAIRES

4.1. La présente section s'applique aux moteurs des sous-catégories soumises à une limite pour le nombre de particules (PN), conformément aux limites d'émission indiquées dans l'appendice 2 du présent règlement, équipés d'un système de traitement aval des particules. Dans les cas où le système de limitation des émissions de $NO_X$ et le système de limitation des émissions de particules partagent les mêmes composants physiques [par exemple, le même substrat (SCR sur filtre), la même sonde de température des gaz d'échappement], les prescriptions de la présente section ne doivent s'appliquer à aucun composant ou défaut lorsque, après prise en considération d'une évaluation motivée fournie par le constructeur, l'autorité d'homologation de type conclut qu'un défaut de limitation particulier relevant de la présente section conduirait à un défaut de limitation des émissions de $NO_X$ relevant du paragraphe 3 de la présente annexe.

4.2. Les prescriptions techniques détaillées relatives aux mesures de limitation des émissions de polluants particulaires sont spécifiées dans l'appendice A.2 de la présente annexe.

*APPENDICE A.1*

**PRESCRIPTIONS TECHNIQUES SUPPLÉMENTAIRES RELATIVES AUX MESURES DE LIMITATION DES ÉMISSIONS DE $NO_X$ POUR LES MOTEURS DES CATÉGORIES NRE ET NRG, Y COMPRIS LA MÉTHODE POUR DÉMONTRER CES STRATÉGIES**

A.1.1. Introduction

Le présent appendice énonce les prescriptions supplémentaires pour assurer le fonctionnement correct des mesures de limitation des émissions de $NO_X$. Il comprend des prescriptions pour les moteurs qui s'appuient sur l'utilisation d'un réactif afin de réduire les émissions. L'homologation de type est délivrée moyennant l'application des dispositions pertinentes concernant les instructions communiquées à l'opérateur, les documents d'installation, le système d'avertissement de l'opérateur, le système d'incitation et la protection contre le gel du réactif qui sont énoncées dans le présent appendice.

A.1.2. Prescriptions générales

Le moteur doit être équipé d'un système de diagnostic de la limitation des émissions de $NO_X$ (NCD) capable d'identifier les défauts de limitation des émissions de $NO_X$ (NCM). Tout moteur couvert par la présente section doit être conçu, construit et installé de manière à pouvoir satisfaire à ces prescriptions tout au long de la durée de vie normale du moteur dans des conditions d'utilisation normales. Pour atteindre cet objectif, il est acceptable que les moteurs qui ont été utilisés au-delà de la période de durabilité des caractéristiques d'émission comme spécifié dans l'appendice 3 du présent règlement présentent une certaine détérioration en ce qui concerne les performances et la sensibilité du système de diagnostic de la limitation des émissions de $NO_X$ (NCD), de sorte que les seuils spécifiés dans la présente annexe peuvent être dépassés avant que les systèmes d'avertissement et d'incitation soient activés.

A.1.2.1. Informations requises

A.1.2.1.1. Si le système de limitation des émissions nécessite un réactif, le type de réactif, les informations sur la concentration lorsque le réactif est en solution, ses conditions de température de fonctionnement, les références de normes internationales pour la composition et la qualité et d'autres caractéristiques de ce réactif doivent être spécifiés par le constructeur conformément à l'appendice A.3 de l'annexe 1.

A.1.2.1.2. Des informations écrites détaillées décrivant de façon complète les caractéristiques fonctionnelles du système d'avertissement de l'opérateur visé au paragraphe A.1.4 de la présente annexe et du système d'incitation de l'opérateur visé au paragraphe A.1.5 de la même annexe doivent être fournies à l'autorité d'homologation au moment de l'homologation.

A.1.2.1.3. Le constructeur doit communiquer aux FEO des documents contenant des instructions sur la manière d'installer le moteur sur l'engin mobile non routier ou le véhicule de catégorie T de telle manière que le moteur, son système de limitation des émissions et les pièces de l'engin mobile non routier ou du véhicule fonctionnent conformément aux prescriptions du présent appendice. Cette documentation doit inclure les prescriptions techniques détaillées du moteur (logiciel, matériel et communication) nécessaires à l'installation correcte du moteur sur l'engin mobile non routier ou le véhicule de catégorie T.

A.1.2.2. Conditions d'utilisation

A.1.2.2.1. La présente section ne s'applique pas à la surveillance du niveau de réactif dans le réservoir de stockage pour lequel la surveillance doit se faire dans toutes les conditions où la mesure est techniquement réalisable (par exemple, dans toutes les conditions où un réactif liquide n'est pas gelé).

A.1.2.2.2. La protection du réactif contre le gel doit fonctionner à la température ambiante de 266 K (– 7 °C) ou en deçà de celle-ci.

A.1.2.2.3 Tous les éléments du système de diagnostic de limitation des émissions de $NO_X$ autres que ceux visés aux paragraphes A.1.2.2.1 et A.1.2.2.2 de la présente annexe doivent au minimum être opérationnels dans les conditions applicables énoncées au paragraphe 2.4 de la présente annexe pour chaque catégorie de moteurs. Le système de diagnostic doit demeurer opérationnel en dehors de ces conditions lorsque cela est techniquement possible.

A.1.2.3. Protection du réactif contre le gel

A.1.2.3.1. Il est permis d'utiliser un réservoir de réactif et un système de dosage chauffés ou non chauffés. Un système chauffé doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe A.1.2.3.2.2 de la présente annexe, tandis qu'un système non chauffé doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe A.1.2.3.2.3 de la même annexe.

A.1.2.3.1.1. L'utilisation d'un réservoir de réactif et d'un système de dosage non chauffés doit être mentionnée dans les instructions écrites destinées à l'utilisateur final de l'engin mobile non routier ou du véhicule de catégorie T.

A.1.2.3.2. Réservoir de réactif et système de dosage

A.1.2.3.2.1. Si le réactif a gelé, il doit pouvoir être utilisé dans un délai maximum de 70 min après le démarrage du moteur à une température ambiante de 266 K (– 7 °C).

A.1.2.3.2.2. Critères de conception pour un système chauffé

Un système chauffé doit être conçu de telle façon qu'il satisfasse aux prescriptions de performance du paragraphe A.1.2.3.2 lorsqu'il est soumis à l'essai selon la procédure définie.

A.1.2.3.2.2.1. Le réservoir de réactif et le système de dosage doivent faire l'objet d'une stabilisation thermique à 255 K (– 18 °C) pendant 72 h ou jusqu'à ce que le réactif soit devenu solide, selon ce qui intervient le plus tôt.

A.1.2.3.2.2.2. Au terme de la période de stabilisation thermique visée au paragraphe A.1.2.3.2.2.1 de la présente annexe, on doit faire démarrer l'engin mobile non routier ou le véhicule de catégorie T/moteur et le laisser tourner à une température ambiante de 266 K (– 7 °C) ou moins comme suit:

a) 10 à 20 min au ralenti;

b) suivies de 50 min (au maximum) à 40 % (au maximum) de la charge nominale.

A.1.2.3.2.2.3. À l'issue de la procédure d'essai décrite au paragraphe A.1.2.3.2.2.2 de la présente annexe, le système de dosage du réactif doit être pleinement opérationnel.

A.1.2.3.2.2.4. L'évaluation des critères de conception peut se faire dans une cellule d'essai en chambre froide, en utilisant un engin mobile non routier entier ou un véhicule de catégorie T ou des éléments représentatifs de ceux qui doivent être installés sur un engin mobile non routier ou s'appuyer sur des essais effectués sur le terrain.

A.1.2.3.2.3. Activation du système d'avertissement et d'incitation de l'opérateur dans le cas d'un système non chauffé.

A.1.2.3.2.3.1. Le système d'avertissement de l'opérateur décrit au paragraphe 4 de la présente annexe doit être activé si aucun dosage du réactif ne se produit à une température ambiante ≤ 266 K (– 7 °C).

A.1.2.3.2.3.2. Le système d'incitation sévère décrit au paragraphe A.1.5.4 de la présente annexe doit s'enclencher si aucun dosage de réactif ne se produit dans les 70 min qui suivent le démarrage du moteur à une température ambiante ≤ 266 K (– 7 °C).

A.1.2.4. Prescriptions concernant le diagnostic

A.1.2.4.1. Le système de diagnostic de limitation des émissions de $NO_X$ (NCD) doit être capable de détecter les défauts de limitation des $NO_X$ (NCM) à l'aide des codes défauts (DTC) stockés dans la mémoire de l'ordinateur et, sur demande, de les communiquer vers l'extérieur.

A.1.2.4.2. Prescriptions applicables à l'enregistrement des codes défauts (DTC)

A.1.2.4.2.1. Le système NCD doit enregistrer un code défaut pour chaque défaut distinct du système de limitation des émissions de $NO_X$ (NCM).

A.1.2.4.2.2 Le système NCD doit être capable de détecter une défaillance dans les 60 min qui suivent la mise en marche du moteur. À ce moment-là, un code défaut «confirmé et actif»doit être mis en mémoire et le système d'avertissement être activé conformément au paragraphe A.1.4 de la présente annexe.

A.1.2.4.2.3. Dans les cas où il faut plus de 60 min de fonctionnement aux dispositifs de surveillance pour pouvoir détecter avec précision un NCM et le confirmer (par exemple les dispositifs de surveillance qui utilisent des modèles statistiques ou se basent sur la consommation de l'engin mobile non routier ou du véhicule de catégorie T), l'autorité d'homologation de type peut autoriser une période d'observation plus longue pour autant que le constructeur en justifie la nécessité (par exemple en faisant valoir des arguments techniques, des résultats expérimentaux ou sa propre expérience).

A.1.2.4.3. Prescriptions relatives à l'effacement des codes défauts (DTC)

a) Les codes défauts ne doivent pas être effacés de la mémoire de l'ordinateur par le système NCD tant qu'il n'a pas été remédié à l'anomalie correspondante.

b) Tous les codes défauts du système NCD peuvent être effacés sur commande au moyen d'un analyseur ou d'un outil de maintenance particulier fourni sur demande par le constructeur du moteur ou à l'aide d'un code secret communiqué par le constructeur du moteur.

A.1.2.4.4. Un système NCD ne doit pas pouvoir être programmé ni autrement conçu pour se désactiver partiellement ou totalement en fonction de l'âge de l'engin mobile non routier pendant la durée de service du moteur; il ne doit pas non plus contenir d'algorithme ou de stratégie visant à réduire l'efficacité du système NCD avec le temps.

A.1.2.4.5. Tous les codes informatiques ou paramètres de fonctionnement reprogrammables du système NCD doivent être protégés contre les manipulations frauduleuses.

A.1.2.4.6. Famille de moteurs NCD

Il appartient au constructeur de déterminer la composition d'une famille de moteurs NCD. Le regroupement de moteurs dans une même famille de moteurs NCD requiert de bonnes connaissances techniques et doit être soumis à l'approbation de l'autorité d'homologation.

Des moteurs n'appartenant pas à la même famille de moteurs peuvent néanmoins appartenir à la même famille de moteurs NCD.

A.1.2.4.6.1. Paramètres définissant une famille de moteurs NCD

Une famille de moteurs NCD se caractérise par un certain nombre de paramètres techniques de base communs à tous les moteurs de cette famille.

Pour que les moteurs soient considérés comme appartenant à la même famille de moteurs NCD, il faut que les paramètres de base ci-dessous soient similaires:

a) systèmes de limitation des émissions;

b) méthodes de surveillance du système NCD;

c) critères de surveillance du système NCD;

d) paramètres de surveillance (par exemple, la fréquence).

Ces similitudes doivent être prouvées par le constructeur au moyen de démonstrations techniques ou d'autres procédures appropriées et doivent être soumises à l'approbation de l'autorité d'homologation de type.

Le constructeur peut demander à l'autorité d'homologation d'autoriser des différences mineures entre les méthodes de surveillance et/ou de diagnostic du système NCD en raison de configurations variables du moteur, lorsque ces méthodes sont considérées comme similaires par le constructeur et qu'elles ne diffèrent que pour répondre à des caractéristiques spécifiques des composants examinés (par exemple la taille, le débit des gaz d'échappement, etc.) ou que leurs similitudes sont fondées sur une bonne appréciation technologique.

A.1.3. Prescriptions concernant l'entretien

A.1.3.1. Le FEO doit fournir à tous les utilisateurs finals des engins mobiles non routiers ou des véhicules de la catégorie T des instructions écrites sur le système de limitation des émissions et son bon fonctionnement conformément à l'appendice 6 du présent règlement.

A.1.4. Système d'avertissement de l'opérateur

A.1.4.1. L'engin mobile non routier ou le véhicule de la catégorie T doit être équipé d'un système d'avertissement utilisant des alarmes visuelles pour informer l'opérateur de la détection d'un niveau de réactif bas, d'une qualité de réactif incorrecte, de l'interruption du dosage ou d'une défaillance du type de celles spécifiées au paragraphe A.1.9 de la présente annexe qui entraînera l'activation du système d'incitation de l'opérateur si le problème n'est pas résolu à temps. Le système d'avertissement doit rester actif lorsque le système d'incitation de l'opérateur décrit au paragraphe A.1.5 de la présente annexe a été activé.

A.1.4.2. L'avertissement ne doit pas être le même que celui qui sert à signaler les pannes ou la nécessité d'autres interventions d'entretien du moteur, bien que le même système d'avertissement puisse être utilisé.

A.1.4.3. Le système d'avertissement de l'opérateur peut consister en une ou plusieurs lampes ou afficher des messages succincts indiquant clairement, par exemple:

a) le temps restant avant l'activation des incitations «de bas niveau»et/ou «sévère»;

b) l'effet de ces incitations «de bas niveau»ou «sévère», par exemple l'ampleur de la réduction de couple;

c) les conditions dans lesquelles la neutralisation de l'engin mobile non routier ou du véhicule de catégorie T peut être levée.

Lorsque des messages sont affichés, le système par lequel ils le sont peut être le même que celui qui est utilisé à d'autres fins d'entretien.

A.1.4.4. Au choix du constructeur, le système d'avertissement peut inclure une composante sonore pour alerter l'opérateur. L'opérateur a le droit de supprimer les avertissements sonores.

A.1.4.5. Le système d'avertissement de l'opérateur doit être activé de la manière décrite aux paragraphes A.1.2.3.3.1, A.1.6.2, A.1.7.2, A.1.8.4 et A.1.9.3 de la présente annexe respectivement.

A.1.4.6. Le système d'avertissement de l'opérateur doit être désactivé lorsque les conditions de son activation ont cessé d'exister. Il ne doit pas être désactivé automatiquement sans qu'il ait été remédié à la cause de son activation.

A.1.4.7. Le système d'avertissement peut être temporairement interrompu par d'autres signaux donnant des messages importants liés à la sécurité.

A.1.4.8. Les procédures d'activation et de désactivation du système d'avertissement de l'opérateur sont décrites en détail au paragraphe A.1.11 de la présente annexe.

A.1.4.9. Dans sa demande d'homologation de type au titre du présent règlement, le constructeur doit démontrer le fonctionnement du système d'avertissement de l'opérateur comme spécifié au paragraphe A.1.10 de la présente annexe.

A.1.5. Système d'incitation de l'opérateur

A.1.5.1. Le moteur doit être équipé d'un système d'incitation de l'opérateur basé sur l'un des principes suivants:

A.1.5.1.1. Un système d'incitation en deux phases, commençant par une incitation «de bas niveau»(réduction des performances) suivie d'une incitation «sévère»(neutralisation de l'engin mobile non routier ou du véhicule de catégorie T);

A.1.5.1.2. Un système d'incitation «sévère»en une phase (neutralisation de l'engin mobile non routier ou du véhicule de catégorie T) activé dans les conditions d'un système d'incitation «de bas niveau»comme spécifié aux paragraphes A.1.6.3.1, A.1.7.3.1, A.1.8.4.1 et A.1.9.4.1 de la présente annexe.

Lorsque le constructeur choisit de couper le moteur pour satisfaire à la prescription relative au système d'indication «sévère»en une étape, l'incitation concernant le niveau de réactif peut, au choix du constructeur, être activée dans les conditions du paragraphe A.1.6.3.2 au lieu des conditions du paragraphe A.1.6.3.1 de la présente annexe.

A.1.5.2. Le moteur peut être pourvu d'un moyen de désactiver l'incitation de l'opérateur à condition qu'il soit conforme aux prescriptions du paragraphe A.1.5.2.1 de la présente annexe.

A.1.5.2.1. Le moteur peut être pourvu d'un moyen de désactiver l'incitation de l'opérateur en cas d'urgence déclarée par des pouvoirs publics nationaux ou régionaux, leurs services d'urgence ou leurs forces armées.

A.1.5.2.1.1. Toutes les conditions suivantes doivent être réunies lorsqu'un moteur est équipé d'un moyen de désactiver temporairement l'incitation de l'opérateur dans une situation d'urgence:

a) la durée maximale de fonctionnement pendant laquelle l'incitation peut être désactivée par l'opérateur est de 120 h;

b) la méthode d'activation doit être conçue pour éviter l'enclenchement accidentel en exigeant une double action volontaire et la commande doit être clairement marquée, au minimum, de l'avertissement «EMERGENCY USE ONLY»;

c) la désactivation doit s'interrompre automatiquement après que la période de 120 h a expiré et il doit exister un moyen pour l'opérateur d'interrompre manuellement la désactivation si la situation d'urgence a pris fin;

d) après l'expiration des 120 h de fonctionnement, il ne doit plus être possible de désactiver l'incitation à moins que le moyen de désactivation ait été réarmé par la saisie d'un code de sécurité temporaire du constructeur ou la reconfiguration de l'ECU du moteur par un technicien de maintenance qualifié ou par une fonction de sécurité équivalente qui est unique à chaque moteur;

e) le nombre total et la durée des désactivations doivent être mémorisés dans une mémoire électronique non volatile de manière à assurer que l'information ne puisse être effacée intentionnellement. Il doit être possible aux autorités nationales d'inspection de lire ces informations au moyen d'un analyseur;

f) une description de la connexion et de la méthode requises pour lire les enregistrements visés au point e) doit être fournie dans le dossier d'information dont il est question à l'annexe 1;

g) le constructeur doit conserver un enregistrement de chaque demande de réarmement du moyen de désactiver temporairement l'incitation de l'opérateur et communiquer ces enregistrements aux autorités de la partie contractante sur demande.

A.1.5.3. Système d'incitation de bas niveau

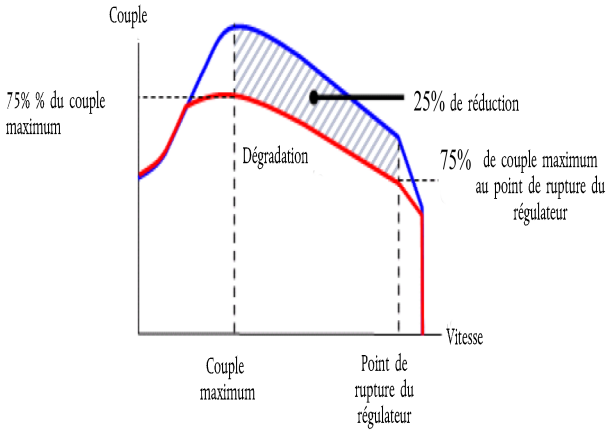
A.1.5.3.1. Le système d'incitation «de bas niveau»doit être activé quand l'une ou l'autre des conditions décrites aux paragraphes A.1.6.3.1, A.1.7.3.1, A.1.8.4.1 et A.1.9.4.1 de la présente annexe est remplie.

A.1.5.3.2. Le système d'incitation «de bas niveau»doit réduire progressivement le couple maximal disponible à tous les régimes moteurs d'au moins 25 % entre le couple maximum et le point de rupture du régulateur, comme le montre la figure A.9-1. Le taux de réduction du couple doit être d'au moins 1 % par minute.

A.1.5.3.3. Il est permis d'utiliser d'autres mesures d'incitation dont il a été démontré à l'autorité d'homologation qu'elles présentent un niveau de sévérité équivalent ou supérieur.

*Figure A.9-1*

**Schéma de réduction du couple (incitation «de bas niveau»)**




A.1.5.4. Système d'incitation «sévère»

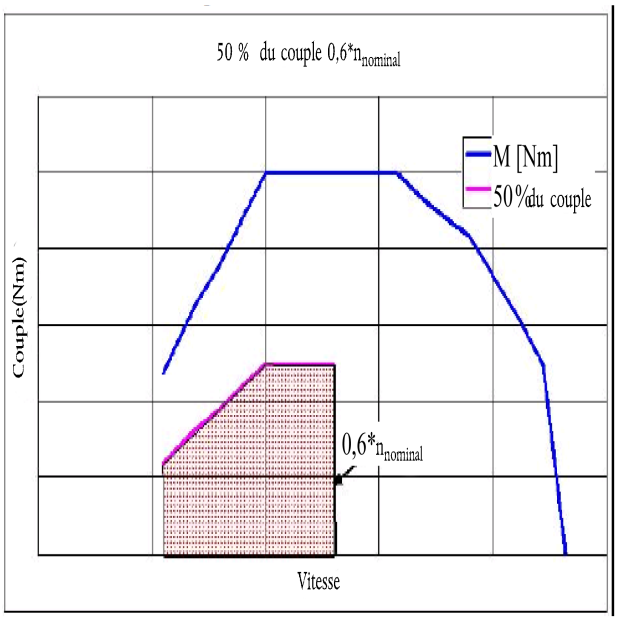
A.1.5.4.1. Le système d'incitation «sévère»doit être activé quand l'une ou l'autre des conditions décrites aux paragraphes A.1.2.3.3.2, A.1.6.3.2, A.1.7.3.2, A.1.8.4.2 et A.1.9.4.2 est remplie.

A.1.5.4.2. Le système d'incitation «sévère»réduit l'utilité de l'engin mobile non routier à un niveau qui est suffisamment gênant pour inciter l'opérateur à remédier aux problèmes correspondant à ce qui est décrit aux paragraphes A.1.6 à A.1.9 de la présente annexe. Les stratégies suivantes sont acceptables.

A.1.5.4.2.1. Le couple du moteur entre le régime du couple maximum et le point de rupture du régulateur doit être progressivement réduit à partir du couple correspondant à l'incitation «de bas niveau»de la figure A.9-1 d'au moins 1 % par minute jusqu'à atteindre 50 % ou moins du couple maximum, et, pour les moteurs à régime variable, le régime du moteur doit être progressivement réduit à 60 % ou moins du régime nominal dans le même temps que la réduction du couple, comme le montre la figure A.9-2.

*Figure A.9-2*

**Schéma de réduction du couple (incitation «sévère»)**




A.1.5.4.2.2. Il est permis d'utiliser d'autres mesures d'incitation dont il a été démontré à l'autorité d'homologation qu'elles présentent un niveau de sévérité équivalent ou supérieur.

A.1.5.5. Pour des raisons de sécurité et pour permettre des diagnostics d'autoréparation, on peut utiliser une fonction prioritaire permettant de restituer toute sa puissance au moteur à condition:

a) qu'elle ne soit pas active pendant plus de 30 min;

b) qu'elle se limite à trois activations par période au cours de laquelle le système d'incitation de l'opérateur est actif.

A.1.5.6. Le système d'incitation de l'opérateur doit être désactivé lorsque les conditions de son activation ont cessé d'exister. Il ne doit pas être désactivé automatiquement sans qu'il ait été remédié à la cause de son activation.

A.1.5.7. Les procédures d'activation et de désactivation du système d'incitation de l'opérateur sont détaillées au paragraphe A.1.11 de la présente annexe.

A.1.5.8. Dans sa demande d'homologation de type au titre du présent règlement, le constructeur doit démontrer le fonctionnement du système d'incitation de l'opérateur comme spécifié au paragraphe A.1.10 de la présente annexe.

A.1.6. Disponibilité du réactif

A.1.6.1. Indicateur de niveau de réactif

L'engin mobile non routier doit être équipé d'un indicateur qui informe clairement l'opérateur du niveau de réactif dans le réservoir. Cet indicateur doit au minimum pouvoir indiquer le niveau du réactif de manière continue tant que le système d'avertissement visé au paragraphe A.1.4 de la présente annexe est activé. Le témoin de niveau de réactif peut prendre la forme d'un affichage analogique ou numérique et peut indiquer le niveau en proportion de la capacité du réservoir, la quantité de réactif restante ou une estimation du nombre d'heures de fonctionnement restantes.

A.1.6.2. Activation du système d'avertissement de l'opérateur

A.1.6.2.1. Le système d'avertissement de l'opérateur visé au paragraphe A.1.4 de la présente annexe doit être activé lorsque le niveau de réactif passe au-dessous de 10 % de la capacité du réservoir ou d'un pourcentage plus élevé, au choix du constructeur.

A.1.6.2.2. L'avertissement fourni doit être suffisamment clair, en conjonction avec l'indicateur du niveau de réactif, pour que l'opérateur comprenne que le niveau de réactif est bas. Lorsque le système d'avertissement inclut l'affichage de messages, l'avertissement visuel doit afficher un message indiquant que le niveau du réservoir de réactif est bas (par exemple, «niveau urée bas», «niveau AdBlue bas»ou «niveau réactif bas»).

A.1.6.2.3. Le système d'avertissement de l'opérateur ne doit pas initialement être activé en continu (par exemple un message ne doit pas être affiché de manière continue), mais le signal doit monter en intensité jusqu'à devenir permanent lorsque le niveau du réservoir de réactif est presque vide et approche du point d'activation du système d'incitation de l'opérateur (par exemple, la fréquence à laquelle une lampe clignote). Le processus doit aboutir à une notification à l'opérateur, dont le niveau est laissé au choix du constructeur mais qui doit être suffisamment plus perceptible au point où le système d'incitation de l'opérateur visé au paragraphe A.1.6.3 de la présente annexe entre en action que lors de son activation initiale.

A.1.6.2.4. L'avertissement continu ne doit pas pouvoir être facilement invalidé ou ignoré. Lorsque le système d'avertissement inclut l'affichage de messages, un message explicite doit être affiché (par exemple, «recharger urée», «recharger AdBlue»ou «recharger réactif»). Le système d'avertissement continu peut être temporairement interrompu par d'autres signaux donnant des messages importants liés à la sécurité.

A.1.6.2.5. Il ne doit pas être possible de désactiver le système d'avertissement avant que le réservoir de réactif ait été rechargé jusqu'à un niveau ne nécessitant pas l'activation du système.

A.1.6.3. Activation du système d'incitation de l'opérateur

A.1.6.3.1. Le système d'incitation «de bas niveau»décrit au paragraphe A.1.5.3 de la présente annexe doit être activé si le niveau du réservoir de réactif tombe au-dessous de 2,5 % de sa capacité totale ou d'un pourcentage plus élevé, au choix du constructeur.

A.1.6.3.2. Le système d'incitation «sévère»décrit au paragraphe A.1.5.4 de la présente annexe doit être activé si le réservoir de réactif est vide (c'est-à-dire quand le système de dosage n'est plus capable de puiser du réactif dans le réservoir) ou si le niveau du réservoir de réactif tombe au-dessous de 2,5 % de sa pleine capacité ou à un niveau plus bas, au choix du constructeur.

A.1.6.3.3. Sauf dans la mesure où le paragraphe A.1.5.5 de la présente annexe le permet, il ne doit pas être possible d'éteindre le système d'incitation «de bas niveau»ou «sévère»avant que l'appoint de réactif ait été fait à un niveau ne requérant pas leur activation respective.

A.1.7. Contrôle de la qualité du réactif

A.1.7.1. Le moteur, l'engin mobile non routier ou le véhicule de catégorie T doit être doté d'un moyen de détecter la présence d'un réactif inadapté.

A.1.7.1.1. Le constructeur doit préciser la concentration minimale acceptable de réactif $CD_{min}$, pour laquelle les émissions de $NO_X$ à l'échappement ne dépassent pas la plus basse des deux valeurs suivantes: la limite applicable pour les $NO_X$ multipliée par 2,25 ou la limite applicable pour les $NO_X$ plus 1,5 g/kWh. Pour les sous-catégories de moteurs ayant une limite combinée pour HC et $NO_X$, la valeur limite $NO_X$ applicable pour les besoins du présent paragraphe doit être la valeur limite combinée pour HC et $NO_X$ réduite de 0,19 g/kWh;

A.1.7.1.1.1. La valeur de $CD_{min}$ spécifiée par le constructeur doit être appliquée au cours de la démonstration dont il est question au paragraphe A.1.13 de la présente annexe et consignée dans le dossier de documentation détaillé comme il est indiqué à l'appendice A.3 de l'annexe 1.

A.1.7.1.2. Toute concentration de réactif inférieure à $CD_{min}$ doit être détectée et considérée comme réactif incorrect selon le paragraphe A.1.7.1 de la présente annexe.

A.1.7.1.3. Un compteur spécifique («le compteur de qualité du réactif») doit être attribué à la qualité du réactif. Ce compteur doit comptabiliser les heures de fonctionnement du moteur avec un réactif incorrect.

A.1.7.1.3.1. Le constructeur peut, s'il le souhaite, grouper sur un même compteur le défaut de qualité du réactif avec un ou plusieurs défauts énumérés aux paragraphes A.1.8 et A.1.9 de la présente annexe.

A.1.7.1.4. Les critères et les mécanismes d'activation et de désactivation du compteur de qualité du réactif sont décrits en détail dans le paragraphe A.1.11 de la présente annexe.

A.1.7.2. Activation du système d'avertissement de l'opérateur

Lorsque le système de surveillance confirme que la qualité du réactif est incorrecte, le système d'avertissement de l'opérateur décrit au paragraphe A.1.4 doit s'enclencher. Lorsque le système d'avertissement inclut l'affichage de messages, l'avertissement visuel doit afficher un message indiquant la raison de l'avertissement (par exemple, «urée incorrecte détectée», «AdBlue incorrect détecté»ou «réactif incorrect détecté»).

A.1.7.3. Activation du système d'incitation de l'opérateur

A.1.7.3.1. Le système d'incitation «de bas niveau»décrit au paragraphe A.1.5.3 de la présente annexe doit s'enclencher si la qualité du réactif n'est pas rectifiée dans les 10 h de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au paragraphe A.1.7.2 de la même annexe.

A.1.7.3.2. Le système d'incitation «sévère»décrit au paragraphe A.1.5.4 de la présente annexe doit s'enclencher si la qualité du réactif n'est pas rectifiée dans les 20 h de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au paragraphe A.1.7.2 de la même annexe.

A.1.7.3.3. Le nombre d'heures avant l'enclenchement des systèmes d'incitation doit être réduit en cas d'occurrence répétée de la défaillance, selon le mécanisme décrit dans le paragraphe A.1.11 de la présente annexe.

A.1.8. Activité de dosage du réactif

A.1.8.1. Le moteur doit être doté d'un moyen de détecter l'interruption du dosage.

A.1.8.2. Compteur de dosage du réactif

A.1.8.2.1. Un compteur spécifique («le compteur d'activité de dosage») doit être attribué à l'activité de dosage du réactif. Ce compteur doit comptabiliser le nombre d'heures de fonctionnement du moteur passées avec une interruption de l'activité de dosage du réactif. Ce n'est pas nécessaire lorsque l'interruption est demandée par l'ECU (module électronique de gestion du moteur) parce que les conditions de fonctionnement de l'engin mobile non routier ou du véhicule de catégorie T sont telles que ses performances en matière de limitation des émissions ne requièrent pas de dosage du réactif.

A.1.8.2.1.1. Le constructeur peut, s'il le souhaite, grouper sur un même compteur le défaut de dosage du réactif avec un ou plusieurs défauts énumérés aux paragraphes A.1.7 et A.1.9 de la présente annexe.

A.1.8.2.2. Les critères et mécanismes d'activation et de désactivation du compteur de dosage du réactif sont exposés en détail dans le paragraphe A.1.11 de la présente annexe.

A.1.8.3. Activation du système d'avertissement de l'opérateur

Le système d'avertissement de l'opérateur décrit au paragraphe A.1.4 de la présente annexe doit s'enclencher dans le cas d'une interruption du dosage qui incrémente le compteur d'activité de dosage conformément au paragraphe A.1.8.2.1 de la même annexe. Lorsque le système d'avertissement inclut l'affichage de messages, l'avertissement visuel doit afficher un message indiquant la raison de l'avertissement (par exemple, «défaut dosage urée», «défaut dosage AdBlue»ou «défaut dosage réactif»).

A.1.8.4. Activation du système d'incitation de l'opérateur

A.1.8.4.1. Le système d'incitation «de bas niveau»décrit au paragraphe A.1.5.3 de la présente annexe doit s'enclencher si une interruption du dosage du réactif n'est pas rectifiée dans les 10 h de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au paragraphe A.1.8.3 de la même annexe.

A.1.8.4.2. Le système d'incitation «sévère»décrit au paragraphe A.1.5.4 de la présente annexe doit s'enclencher si une interruption du dosage du réactif n'est pas rectifiée dans les 20 h de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au paragraphe A.1.8.3 de la même annexe.

A.1.8.4.3. Le nombre d'heures avant l'enclenchement des systèmes d'incitation doit être réduit en cas d'occurrence répétée de la défaillance, selon le mécanisme décrit dans le paragraphe A.1.11 de la présente annexe.

A.1.9. Surveillance des défauts susceptibles d'être dus à des manipulations frauduleuses

A.1.9.1. Outre le niveau de réactif dans le réservoir, la qualité du réactif et l'interruption du dosage, il convient de surveiller les défauts suivants, car ils peuvent être dus à des manipulations frauduleuses:

a) défauts de fonctionnement du système NCD de diagnostic de limitation des émissions de $NO_X$, tels que décrits au paragraphe A.1.9.2.1 de la présente annexe;

b) défauts de fonctionnement de la vanne EGR, tels que décrits au paragraphe A.1.9.2.2 de la présente annexe.

A.1.9.2. Prescriptions en matière de surveillance et compteurs

A.1.9.2.1. Système NCD

A.1.9.2.1.1. Le système NCD de diagnostic de limitation des émissions de $NO_X$ doit faire l'objet d'une surveillance visant à détecter les pannes électriques et le retrait ou la désactivation d'un capteur, qui empêcheraient le système de diagnostiquer les autres défauts mentionnés aux paragraphes A.1.6 à A.1.8 (surveillance des composants) de la présente annexe.

Parmi les capteurs qui affectent la capacité de diagnostic figurent ceux mesurant directement la concentration de $NO_X$, les capteurs de qualité de l'urée, les capteurs de conditions ambiantes et les capteurs utilisés pour contrôler l'activité de dosage du réactif, le niveau du réactif ou la consommation de réactif.

A.1.9.2.1.2. Un compteur doit être attribué à chacun des défauts du système de surveillance. Les compteurs du système NCD doivent comptabiliser le nombre d'heures de fonctionnement du moteur alors que le code défaut associé à un défaut du système NCD est confirmé à l'état actif. Plusieurs défauts du système NCD peuvent être groupés sur un même compteur.

A.1.9.2.1.2.1. Le constructeur peut, s'il le souhaite, grouper sur un même compteur le défaut de fonctionnement du système NCD avec un ou plusieurs défauts énumérés aux paragraphes A.1.7, A.1.8 et A.1.9.2.2 de la présente annexe.

A.1.9.2.1.3. Les critères et les mécanismes d'activation et de désactivation du ou des compteurs du système NCD sont décrits en détail dans le paragraphe A.1.11 de la présente annexe.

A.1.9.2.2. Vanne EGR

A.1.9.2.2.1. Le système EGR doit être surveillé sachant qu'une vanne EGR pourrait être entravée.

A.1.9.2.2.2. Un compteur spécifique doit être attribué à une vanne EGR entravée. Le compteur de vanne EGR doit comptabiliser le nombre d'heures de fonctionnement du moteur avec un code défaut confirmé et actif associé à une vanne EGR entravée.

A.1.9.2.2.2.1. Le constructeur peut, s'il le souhaite, grouper sur un même compteur le défaut de vanne EGR entravée avec un ou plusieurs des défauts énumérés aux paragraphes A.1.7, A.1.8 et A.1.9.2.1 de la présente annexe.

A.1.9.2.2.3. Les critères et les mécanismes d'activation et de désactivation du compteur de qualité du réactif sont décrits en détail dans le paragraphe A.1.11 de la présente annexe.

A.1.9.3. Activation du système d'avertissement de l'opérateur

Le système d'avertissement de l'opérateur décrit au paragraphe 4 doit être activé pour toute défaillance mentionnée au paragraphe A.1.9.1 de la présente annexe. Il doit indiquer qu'une réparation urgente est nécessaire. Lorsque le système d'avertissement inclut l'affichage de messages, l'alerte visuelle doit afficher un message précisant la raison de l'avertissement (par exemple, «soupape dosage réactif déconnectée»ou «défaut critique émissions»).

A.1.9.4. Activation du système d'incitation de l'opérateur

A.1.9.4.1. Le système d'incitation «de bas niveau»décrit au paragraphe A.1.5.3 de la présente annexe doit s'enclencher si une défaillance mentionnée au paragraphe A.1.9.1 de la même annexe n'est pas corrigée au plus tard dans les 36 h de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au paragraphe A.1.9.3 de cette annexe.

A.1.9.4.2. Le système d'incitation «sévère»décrit au paragraphe A.1.5.4 de la présente annexe doit s'enclencher si une défaillance mentionnée au paragraphe A.1.9.1 de la même annexe n'est pas corrigée au plus tard dans les 100 h de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au paragraphe A.1.9.3 de cette annexe.

A.1.9.4.3. Le nombre d'heures avant l'enclenchement des systèmes d'incitation doit être réduit en cas d'occurrence répétée de la défaillance, selon le mécanisme décrit au paragraphe A.1.11 de la présente annexe.

A.1.9.5. Au lieu d'appliquer les prescriptions du paragraphe A.1.9.2 de la présente annexe, le constructeur peut utiliser un capteur de $NO_X$ situé dans le système d'échappement. Dans ce cas:

a) la valeur $NO_X$ ne doit pas dépasser la plus basse des deux valeurs suivantes: la limite $NO_X$ applicable multipliée par 2,25 ou la limite $NO_X$ applicable plus 1,5 g/kWh. Pour les sous-catégories de moteurs ayant une limite combinée pour HC et $NO_X$, la valeur limite $NO_X$ applicable pour les besoins du présent paragraphe doit être la valeur limite combinée pour HC et $NO_X$ réduite de 0,19 g/kWh;

b) il est permis de communiquer un simple avertissement, y compris sous la forme d'un message tel que «$NO_X$ élevé — cause inconnue»;

c) au paragraphe A.1.9.4.1 de la présente annexe, le nombre maximal d'heures de fonctionnement du moteur entre l'activation du système d'avertissement de l'opérateur et l'activation du système d'incitation «de bas niveau»doit être réduit à 10;

d) au paragraphe A.1.9.4.2 de la présente annexe, le nombre maximal d'heures de fonctionnement du moteur entre l'activation du système d'avertissement de l'opérateur et l'activation du système d'incitation «sévère»doit être réduit à 20.

A.1.10. Prescriptions en matière de démonstration

A.1.10.1. Généralités

Lors de l'homologation de type, la conformité aux prescriptions du présent appendice doit être établie à l'aide, comme l'illustre le tableau A.9-1 et le précise le paragraphe A.1.10 de la présente annexe:

a) d'une démonstration de l'activation du système d'avertissement;

b) d'une démonstration de l'activation du système d'incitation «de bas niveau», le cas échéant;

c) d'une démonstration de l'activation du système d'incitation «sévère».

A.1.10.2. Familles de moteurs et familles de moteurs NCD

La conformité d'une famille de moteurs ou d'une famille de moteurs NCD aux prescriptions du paragraphe A.1.10 de la présente annexe peut être démontrée en soumettant à l'essai un des membres de la famille considérée, pour autant que le constructeur prouve à l'autorité d'homologation que les systèmes de surveillance nécessaires pour satisfaire aux prescriptions du présent appendice sont similaires au sein de la famille.

A.1.10.2.1. La démonstration que les systèmes de surveillance pour les autres membres de la famille NCD sont similaires peut être faite en présentant aux autorités d'homologation des éléments tels que des algorithmes, des analyses fonctionnelles, etc.

A.1.10.2.2. Le moteur soumis aux essais est sélectionné par le constructeur en accord avec l'autorité d'homologation. Il peut ou non être le moteur de base de la famille.

A.1.10.2.3. Dans le cas où des moteurs d'une famille de moteurs appartiennent à une famille de moteurs NCD qui a déjà fait l'objet d'une homologation de type conformément aux dispositions du paragraphe A.1.10.2.1 (voir figure A.9-3), la conformité de cette famille de moteurs est considérée comme étant démontrée, sans autres essais, pour autant que le constructeur démontre à l'autorité que les systèmes de surveillance nécessaires pour satisfaire aux prescriptions du présent appendice sont similaires au sein des familles de moteurs et de moteurs NCD considérées.

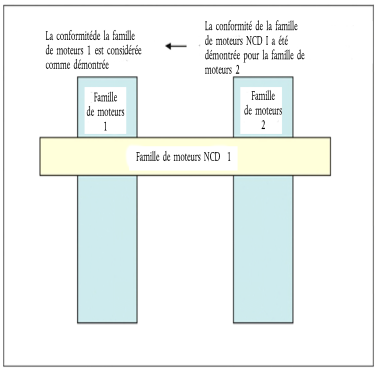
*Tableau A.9-1*

**Illustration du processus de démonstration conformément aux dispositions des paragraphes A.1.10.3 et A.1.10.4**

| Mécanisme | Éléments de la démonstration |
|---|---|
| Activation du système d'avertissement comme indiqué au paragraphe A.1.10.3 de la présente annexe | — 2 essais d'activation (y compris manque de réactif)<br>— Éléments supplémentaires de la démonstration, le cas échéant |
| Activation de l'incitation «de bas niveau»comme indiqué au paragraphe A.1.10.4 de la présente annexe | — 2 essais d'activation (y compris manque de réactif)<br>— Éléments supplémentaires de la démonstration, le cas échéant<br>— 1 essai de réduction du couple |
| Activation de l'incitation «sévère»comme indiqué au paragraphe A.1.10.4 de la présente annexe | — 2 essais d'activation (y compris manque de réactif)<br>— Éléments supplémentaires de la démonstration, le cas échéant |

*Figure A.9-3*

**Conformité précédemment démontrée d'une famille de moteurs ncd**




A.1.10.3. Démonstration de l'activation du système d'avertissement

A.1.10.3.1. La conformité de l'activation du système d'avertissement doit être démontrée en effectuant deux essais: un manque de réactif et une catégorie de défauts examinée au paragraphe A.1.7, A.1.8 ou A.1.9 de la présente annexe.

A.1.10.3.2. Sélection d'une catégorie de défauts examinée au paragraphe A.1.7, A.1.8 ou A.1.9 de la présente annexe.

A.1.10.3.2.1. L'autorité d'homologation sélectionne une catégorie de défauts. Si un défaut est sélectionné dans le paragraphe A.1.7 ou A.1.9 de la présente annexe, les prescriptions supplémentaires du paragraphe A.1.10.3.2.2 ou A.1.10.3.2.3 de la même annexe sont respectivement applicables.

A.1.10.3.2.2. Afin de démontrer l'activation du système d'avertissement dans le cas d'une mauvaise qualité de réactif, on doit sélectionner un réactif dans lequel l'ingrédient actif est au moins aussi dilué que dans celui préconisé par le constructeur, selon les prescriptions du paragraphe A.1.7 de la présente annexe.

A.1.10.3.2.3. Pour démontrer l'activation du système d'avertissement dans le cas de défauts pouvant être attribués à des manipulations non conformes et définis au paragraphe A.1.9 de la présente annexe, la sélection doit s'effectuer conformément aux prescriptions suivantes:

A.1.10.3.2.3.1. Le constructeur doit fournir à l'autorité d'homologation une liste de ces défauts potentiels.

A.1.10.3.2.3.2. Le défaut à examiner lors de l'essai est sélectionné par l'autorité d'homologation à partir de la liste visée au paragraphe A.1.10.3.2.2.1 de la présente annexe.

A.1.10.3.3. Démonstration

A.1.10.3.3.1. Pour les besoins de cette démonstration, un essai distinct doit être effectué pour chacun des défauts considérés au paragraphe A.1.10.3.2 de la présente annexe.

A.1.10.3.3.2. Au cours d'un essai, aucun défaut autre que celui examiné par l'essai ne doit être présent.

A.1.10.3.3.3. Avant le début d'un essai, tous les codes DTC doivent avoir été effacés.

A.1.10.3.3.4. À la demande du constructeur, et avec l'accord de l'autorité d'homologation, les défauts faisant l'objet de l'essai peuvent être simulés.

A.1.10.3.3.5. Détection des défauts autres que le manque de réactif

Pour les défauts autres que le manque de réactif, une fois que le défaut est provoqué ou simulé, la détection de ce défaut doit s'effectuer comme suit:

A.1.10.3.3.5.1. Le système NCD doit répondre à l'introduction d'un défaut sélectionné comme approprié par l'autorité d'homologation conformément aux dispositions du présent appendice. Ceci est considéré comme démontré si l'activation intervient lors de deux cycles d'essai NCD consécutifs conformément au paragraphe A.1.10.3.3.7 de la présente annexe.

Lorsqu'il a été spécifié dans la description de la surveillance et accepté par l'autorité d'homologation qu'un dispositif de surveillance spécifique a besoin de plus de deux cycles d'essai NCD pour effectuer sa surveillance, le nombre de cycles d'essai NCD peut être porté à trois.

Chaque cycle d'essai NCD individuel dans l'essai de démonstration peut être séparé par une coupure du moteur. Le délai jusqu'au démarrage suivant doit prendre en considération toute surveillance qui pourrait intervenir après la coupure du moteur et toute condition nécessaire qui doit exister pour que la surveillance entre en action au démarrage suivant.

A.1.10.3.3.5.2. L'activation du système d'avertissement est considérée comme démontrée si, à la fin de chaque essai de démonstration effectué conformément au paragraphe A.1.10.3.3 de la présente annexe, le système d'avertissement s'est enclenché correctement et le code défaut correspondant au défaut sélectionné est passé à l'état «confirmé et actif».

A.1.10.3.3.6. Détection en cas de manque de réactif

Pour démontrer l'activation du système d'avertissement en cas de manque de réactif, le moteur est soumis à un ou plusieurs cycles d'essai NCD à la discrétion du constructeur.

A.1.10.3.3.6.1. La démonstration doit commencer avec un niveau de réactif dans le réservoir à convenir entre le constructeur et l'autorité d'homologation mais représentant au moins 10 % de la capacité du réservoir.

A.1.10.3.3.6.2. Le système d'avertissement est censé avoir fonctionné de manière correcte si les conditions suivantes sont remplies simultanément:

a) le système d'avertissement a été activé avec une disponibilité de réactif supérieure ou égale à 10 % de la capacité du réservoir;

b) le système d'avertissement «continu»a été activé avec une disponibilité de réactif supérieure ou égale à la valeur déclarée par le constructeur conformément aux dispositions du paragraphe A.1.6 de la présente annexe.

A.1.10.3.3.7. Cycle d'essai NCD

A.1.10.3.3.7.1. Le cycle d'essai NCD considéré au paragraphe A.1.10 de la présente annexe pour démontrer le fonctionnement correct du système NCD est le cycle NRTC à chaud pour les moteurs des sous-catégories NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5 et NRE-v-6 et le cycle NRSC applicable pour toutes les autres catégories.

A.1.10.3.3.7.2. À la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité d'homologation, un autre cycle d'essai NCD peut être utilisé (par exemple, autre que le cycle NRTC ou le cycle NRSC) pour un dispositif de surveillance spécifique. La demande doit être accompagnée d'éléments (considérations techniques, résultats de simulations ou d'essais, etc.) démontrant:

a) les résultats du cycle d'essai demandé dans un dispositif de surveillance qui sera utilisé dans des conditions de conduite réelle;

b) que le cycle d'essai NCD applicable visé au paragraphe A.1.10.3.3.7.1 de la présente annexe est moins valable pour la surveillance considérée.

A.1.10.3.4. L'activation du système d'avertissement est considérée comme démontrée si, à la fin de chaque essai de démonstration effectué conformément au paragraphe A.1.10.3.3 de la présente annexe, le système d'avertissement s'est enclenché correctement.

A.1.10.4. Démonstration de l'activation du système d'incitation

A.1.10.4.1. La démonstration de l'activation du système d'incitation se fait au moyen d'essais effectués sur un banc d'essai moteur.

A.1.10.4.1.1. Tous les composants ou sous-systèmes qui ne sont pas physiquement montés sur le moteur tels que, notamment, les sondes de température ambiante, les sondes de niveau et les systèmes d'information et d'avertissement de l'opérateur, mais qui sont nécessaires pour effectuer les démonstrations doivent être connectés au moteur à cette fin, ou simulés, à la satisfaction de l'autorité d'homologation.

A.1.10.4.1.2. Au choix du constructeur, et pour autant que l'autorité d'homologation y consente, les essais de démonstration peuvent être effectués sur un engin mobile non routier complet en montant l'engin mobile non routier sur un banc d'essai approprié ou, nonobstant le paragraphe A.1.10.4.1 de la présente annexe, en le faisant fonctionner sur une piste d'essai dans des conditions contrôlées.

A.1.10.4.2. La séquence d'essais doit démontrer l'activation du système d'incitation en cas de manque de réactif et dans le cas du défaut sélectionné par l'autorité d'homologation conformément au paragraphe A.1.10.3.2.1 de la présente annexe pour l'essai du système d'avertissement.

A.1.10.4.3. Pour les besoins de cette démonstration:

a) avec l'accord de l'autorité d'homologation, le constructeur peut accélérer l'essai en simulant l'atteinte d'un certain nombre d'heures de fonctionnement;

b) la réalisation de la réduction de couple requise pour l'incitation «de bas niveau»peut être démontrée en même temps que le processus d'homologation des performances générales du moteur effectué conformément au présent règlement. La mesure séparée du couple durant la démonstration du système d'incitation n'est pas requise dans ce cas;

c) l'incitation «de bas niveau»doit être démontrée conformément aux prescriptions du paragraphe A.1.10.4.5 de la présente annexe;

d) l'incitation «sévère»doit être démontrée conformément aux prescriptions du paragraphe A.1.10.4.6 de la présente annexe.

A.1.10.4.4. Le constructeur doit en outre démontrer le fonctionnement du système d'incitation dans les conditions de défaut définies au paragraphe A.1.7, A.1.8 ou A.1.9 de la présente annexe qui n'ont pas été choisies pour être utilisées dans les essais de démonstration décrits aux paragraphes A.1.10.4.1 à A.1.10.4.3 de la même annexe.

Ces démonstrations supplémentaires peuvent être faites par la présentation à l'autorité d'homologation d'un cas technique en utilisant des éléments de preuve tels que des algorithmes, des analyses fonctionnelles et les résultats d'essais antérieurs.

A.1.10.4.4.1. En particulier, ces démonstrations supplémentaires doivent démontrer, à la satisfaction de l'autorité d'homologation, l'inclusion du mécanisme de réduction du couple correct dans le module ECU du moteur.

A.1.10.4.5. Essai de démonstration du système d'incitation «de bas niveau»

A.1.10.4.5.1. Cette démonstration commence lorsque le système d'avertissement ou, le cas échéant, le système d'avertissement «continu»a été activé à la suite de la détection d'un défaut sélectionné par l'autorité d'homologation.

A.1.10.4.5.2. Lorsque le système est contrôlé pour vérifier sa réaction en cas de manque de réactif dans le réservoir, on doit laisser fonctionner le moteur jusqu'à ce que la disponibilité du réactif ait atteint une valeur de 2,5 % de la capacité totale du réservoir ou la valeur, déclarée par le constructeur conformément au paragraphe A.1.6.3.1 de la présente annexe, à laquelle le système d'incitation «de bas niveau»est censé s'enclencher.

A.1.10.4.5.2.1. Avec l'accord de l'autorité d'homologation, le constructeur peut simuler un fonctionnement continu en extrayant du réactif du réservoir, alors que le moteur tourne ou qu'il est arrêté.

A.1.10.4.5.3. Lorsque le système est contrôlé pour vérifier sa réaction dans le cas d'un défaut autre qu'un manque de réactif dans le réservoir, on doit laisser fonctionner le moteur pendant le nombre pertinent d'heures de fonctionnement indiqué dans le tableau A.9-3 ou, au choix du constructeur, jusqu'à ce que le compteur correspondant ait atteint la valeur à laquelle le système d'incitation «de bas niveau»est activé.

A.1.10.4.5.4. La démonstration du système d'incitation «de bas niveau»doit être considérée comme réalisée si, à la fin de chaque essai de démonstration effectué conformément aux paragraphes A.1.10.4.5.2 et A.1.10.4.5.3 de la présente annexe, le constructeur a démontré à l'autorité d'homologation que le module ECU du moteur a activé le mécanisme de réduction du couple.

A.1.10.4.6. Essai de démonstration de l'activation du système d'incitation «sévère»

A.1.10.4.6.1. Cette démonstration doit avoir pour point de départ une situation où le système d'incitation «de bas niveau»a été précédemment activé et peut être faite à la suite des essais effectués pour démontrer le bon fonctionnement du système d'incitation «de bas niveau».

A.1.10.4.6.2. Lorsque le système est contrôlé pour vérifier sa réaction dans le cas d'un manque de réactif dans le réservoir, on doit laisser fonctionner le moteur jusqu'à ce que le réservoir de réactif soit vide ou ait atteint le niveau inférieur à 2,5 % de la capacité totale du réservoir auquel le constructeur a déclaré que le système d'incitation «sévère»devait s'enclencher.

A.1.10.4.6.2.1. Avec l'accord de l'autorité d'homologation, le constructeur peut simuler un fonctionnement continu en extrayant du réactif du réservoir, alors que le moteur tourne ou qu'il est arrêté.

A.1.10.4.6.3. Lorsque le système est contrôlé pour vérifier sa réaction dans le cas d'un défaut qui n'est pas un manque de réactif dans le réservoir, on laisse fonctionner le moteur pendant le nombre approprié d'heures de fonctionnement indiqué dans le tableau A.9-4 ou, au choix du constructeur, jusqu'à ce que le compteur concerné ait atteint la valeur à laquelle le système d'incitation «sévère»est activé.

A.1.10.4.6.4. La démonstration du système d'incitation «sévère»doit être considérée comme réalisée si, à la fin de chaque essai de démonstration effectué conformément aux paragraphes A.1.10.4.6.2 et A.1.10.4.6.3 de la présente annexe, le constructeur a démontré à l'autorité d'homologation que le mécanisme d'incitation «sévère»considéré dans le présent appendice a été activé.

A.1.10.4.7. Pour autant que l'autorité d'homologation l'accepte, le constructeur peut choisir de faire la démonstration des mécanismes d'incitation sur un engin mobile non routier complet conformément aux prescriptions des paragraphes A.1.5.4 et A.1.10.4.1.2 de la présente annexe, soit en montant l'engin mobile non routier ou le véhicule de catégorie T sur un banc d'essai approprié, soit en le faisant fonctionner sur une piste d'essai dans des conditions contrôlées.

A.1.10.4.7.1. On doit faire fonctionner l'engin mobile non routier jusqu'à ce que le compteur associé au défaut sélectionné ait atteint le nombre approprié d'heures de fonctionnement indiqué dans le tableau A.9-4 ou, le cas échéant, jusqu'à ce que le réservoir de réactif soit vide ou ait atteint le niveau inférieur à 2,5 % de la capacité totale du réservoir auquel le constructeur a choisi d'activer le système d'incitation «sévère».

A.1.10.5. Documentation relative à la démonstration

A.1.10.5.1. La démonstration du fonctionnement du système NCD doit s'appuyer sur un rapport. Celui-ci doit:

a) mentionner les défauts examinés;

b) décrire la démonstration réalisée, y compris le cycle d'essai applicable;

c) confirmer que les avertissements et incitations applicables ont été activés comme prévu par le présent règlement;

d) être inclus dans le dossier d'information visé à l'annexe 1.

A.1.11. Description des mécanismes d'activation et de désactivation des systèmes d'avertissement et d'incitation de l'opérateur

A.1.11.1. Afin de compléter les prescriptions du présent appendice concernant les mécanismes d'activation et de désactivation des systèmes d'avertissement et d'incitation, le paragraphe A.1.11 de la présente annexe expose les prescriptions techniques pour les mécanismes d'activation et de désactivation.

A.1.11.2. Mécanismes d'activation et de désactivation du système d'avertissement

A.1.11.2.1. Le système d'avertissement de l'opérateur doit s'enclencher lorsque le code DTC associé à une situation NCM justifiant son activation a le statut défini dans le tableau A.9-2.

*Tableau A.9-2*

**Activation du système d'avertissement de l'opérateur**

| Type de défaut | Statut DTC pour l'activation du système d'avertissement |
|---|---|
| Réactif de mauvaise qualité | Confirmé et actif |
| Interruption du dosage | Confirmé et actif |
| Vanne EGR entravée | Confirmé et actif |
| Défaillance du système de surveillance | Confirmé et actif |
| Seuil $NO_X$, le cas échéant | Confirmé et actif |

A.1.11.2.2. Le système d'avertissement de l'opérateur doit être désactivé lorsque le système de diagnostic conclut que le défaut correspondant à cet avertissement n'est plus présent ou lorsque l'information, y compris les codes DTC associés aux défauts justifiant son activation, est effacée au moyen d'un analyseur.

A.1.11.2.2.1. Prescriptions concernant l'effacement des «informations relatives à la limitation des émissions de $NO_X$».

A.1.11.2.2.1.1. Effacement/réinitialisation des «informations relatives à la limitation des émissions de $NO_X$»au moyen d'un analyseur

À la demande de l'analyseur, les données ci-après doivent être effacées de la mémoire de l'ordinateur ou réinitialisées à la valeur spécifiée dans le présent appendice (voir le tableau A.9-3).

*Tableau A.9-3*

**Effacement/réinitialisation des «informations relatives à la limitation des émissions de $NO_X$»au moyen d'un analyseur**

| Informations relatives à la limitation des émissions de $NO_X$ | Effaçables | Réinitialisables |
|---|---|---|
| Tous les codes DTC | X | |
| La valeur du compteur totalisant le nombre le plus élevé d'heures de fonctionnement du moteur | | X |
| Le nombre d'heures de fonctionnement du moteur indiqué par le ou les compteurs NCD | | X |

A.1.11.2.2.1.2. Les informations relatives à la limitation des émissions de $NO_X$ ne doivent pas s'effacer lorsque la ou les batteries de l'engin mobile non routier ou du véhicule de catégorie T sont déconnectées.

A.1.11.2.2.1.3. L'effacement des «informations relatives à la limitation des émissions de $NO_X$»ne doit être possible que lorsque le moteur est à l'arrêt («engine-off»).

A.1.11.2.2.1.4. Lorsque des «informations relatives à la limitation des émissions de $NO_X$», y compris des codes DTC, sont effacées, les indications de tout compteur associé à ces défauts qui sont spécifiées dans le présent appendice ne doivent pas être effacées mais réinitialisées à la valeur spécifiée dans la section appropriée du présent appendice.

A.1.11.3. Mécanisme d'activation et de désactivation du système d'incitation de l'opérateur

A.1.11.3.1. Le système d'incitation de l'opérateur s'enclenche lorsque le système d'avertissement est actif et que le compteur correspondant au type de situation NCM justifiant son activation a atteint la valeur spécifiée dans le tableau A.9-4.

A.1.11.3.2. Le système d'incitation de l'opérateur doit être désactivé lorsque le système ne détecte plus de défaut justifiant son activation ou si les informations, y compris les codes DTC, relatives aux situations NCM justifiant son activation ont été effacées par un analyseur ou un outil de maintenance.

A.1.11.3.3. Les systèmes d'avertissement et d'incitation de l'opérateur doivent être immédiatement activés ou désactivés, selon le cas, conformément aux dispositions du paragraphe A.1.6 de la présente annexe après évaluation de la quantité de réactif dans le réservoir de réactif. Dans ce cas, les mécanismes d'activation ou de désactivation ne dépendent pas du statut d'un éventuel code DTC associé.

A.1.11.4. Mécanisme de comptage

A.1.11.4.1. Généralités

A.1.11.4.1.1. Pour satisfaire aux prescriptions du présent appendice, le système doit comporter au moins quatre compteurs pour enregistrer le nombre d'heures durant lesquelles on a fait fonctionner le moteur alors que le système avait détecté l'une des situations suivantes:

a) une qualité de réactif inappropriée;

b) une interruption de l'activité de dosage du réactif;

c) une vanne EGR entravée;

d) un défaut du système NCD.

A.1.11.4.1.1.1. Le constructeur peut utiliser un ou plusieurs compteurs pour grouper les défauts visés au paragraphe A.1.11.4.1.1 de la présente annexe.

A.1.11.4.1.2. Chacun de ces compteurs doit compter jusqu'à la valeur maximale prévue dans un compteur à deux octets avec une résolution d'une heure et mémoriser cette valeur à moins que les conditions permettant la réinitialisation du compteur soient remplies.

A.1.11.4.1.3. Un constructeur peut utiliser un ou plusieurs compteurs pour le système NCD. Un compteur unique peut additionner le nombre d'heures de deux ou plusieurs défauts différents pertinents pour ce type de compteur, sans qu'aucun d'entre eux n'ait atteint le temps indiqué par le compteur unique.

A.1.11.4.1.3.1. Lorsque le constructeur décide d'utiliser plusieurs compteurs pour le système NCD, le système doit être capable d'assigner un compteur spécifique du système de surveillance à chaque défaut pertinent, conformément au présent appendice, pour ce type de compteur.

A.1.11.4.2 Principe du mécanisme de comptage

A.1.11.4.2.1. Chacun des compteurs fonctionne de la manière suivante:

A.1.11.4.2.1.1. À partir de zéro, le compteur doit commencer à comptabiliser les heures de fonctionnement dès qu'un défaut pertinent pour ce compteur est détecté et que le code de défaut DTC correspondant a le statut défini dans le tableau A.9-2.

A.1.11.4.2.1.2. En cas de défauts répétés, le constructeur a le choix entre les deux procédures suivantes:

a) si un événement de surveillance unique survient et que le défaut qui a initialement activé le compteur n'est plus détecté ou que le défaut a été effacé par un analyseur ou un outil de maintenance, le compteur doit être figé et conserver sa valeur du moment. Si la comptabilisation s'arrête lorsque le système d'incitation «sévère»est actif, le compteur doit rester figé à la valeur définie dans le tableau A.9-4 ou à une valeur supérieure ou égale à la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère»moins 30 min;

b) le compteur doit être maintenu figé à la valeur définie dans le tableau A.9-4 ou à une valeur supérieure ou égale à la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère»moins 30 min.

A.1.11.4.2.1.3. Dans le cas d'un compteur unique pour le système de surveillance, ce compteur doit continuer à compter si une situation NCM pertinente pour ce compteur a été détectée et son code de défaut DTC correspondant a le statut «confirmé et actif». Il doit se figer et conserver l'une des valeurs spécifiées au paragraphe A.1.11.4.2.1.2 si aucune situation NCM qui justifierait l'activation du compteur n'est détectée ou si tous les défauts pertinents pour ce compteur ont été effacés au moyen d'un analyseur ou d'un outil de maintenance.

*Tableau A.9-4*

**Compteurs et incitation**

| | Statut DTC pour la première activation du compteur | Valeur du compteur pour l'incitation «de bas niveau» | Valeur du compteur pour l'incitation «sévère» | Compteur de dosage |
|---|---|---|---|---|
| Compteur de qualité du réactif | Confirmé et actif | ≤ 10 h | ≤ 20 h | ≥ 90 % de la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère» |
| Compteur de dosage | Confirmé et actif | ≤ 10 h | ≤ 20 h | ≥ 90 % de la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère» |
| Compteur de vanne EGR | Confirmé et actif | ≤ 36 h | ≤ 100 h | ≥ 95 % de la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère» |
| Compteur du système de surveillance | Confirmé et actif | ≤ 36 h | ≤ 100 h | ≥ 95 % de la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère» |
| Seuil $NO_X$, le cas échéant | Confirmé et actif | ≤ 10 h | ≤ 20 h | ≥ 90 % de la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère» |

A.1.11.4.2.1.4. Une fois figé, le compteur doit être réinitialisé lorsque les dispositifs de surveillance pertinents pour ce compteur ont effectué au moins une fois jusqu'au bout leur cycle de surveillance sans avoir détecté de défaut et qu'aucun défaut pertinent pour ce compteur n'a été détecté au cours d'une période de 40 h de fonctionnement du moteur depuis que la valeur du compteur a été mise en mémoire pour la dernière fois (voir figure A.9-4).

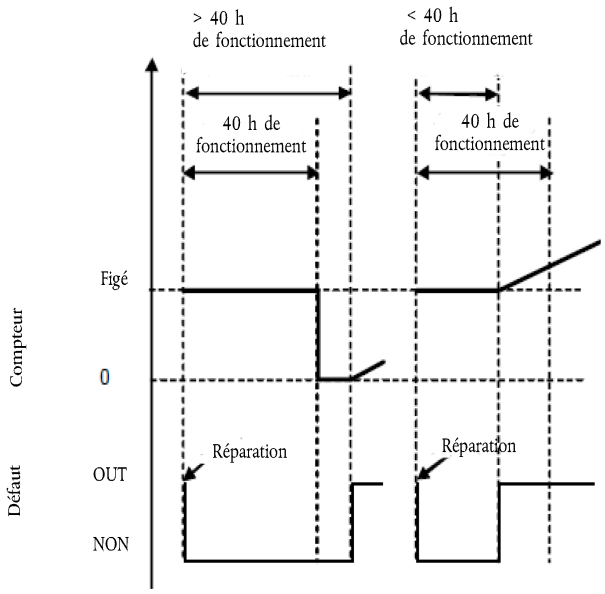
A.1.11.4.2.1.5. Le compteur doit continuer à compter depuis le point auquel sa valeur a été mise en mémoire si un défaut pertinent pour ce compteur est détecté durant une période où le compteur est figé (voir figure A.9-4).

A.1.12. Illustration des mécanismes d'activation et de désactivation et du fonctionnement des compteurs

A.1.12.1 La présente section illustre les mécanismes d'activation et de désactivation et le fonctionnement des compteurs pour quelques cas typiques. Les chiffres et descriptions figurant aux paragraphes A.1.12.2, A.1.12.3 et A.1.12.4 sont fournis uniquement à titre d'illustration dans le présent appendice et ne doivent pas être considérés comme des exemples des prescriptions du présent règlement ni comme des positions définitives concernant les processus visés. Les heures des compteurs dans les figures A.9-6 et A.9-7 se rapportent aux valeurs d'incitation «sévère»maximales dans le tableau A.9-4. Par exemple, par souci de simplification, le fait que le système d'avertissement sera également actif si le système d'incitation est actif n'a pas été mentionné dans les illustrations données.

*Figure A.9-4*

**Réactivation et remise à zéro d'un compteur après une période au cours de laquelle sa valeur a été figée**




A.1.12.2 La figure A.9-5 illustre le fonctionnement des mécanismes d'activation et de désactivation lors du contrôle de la disponibilité du réactif dans quatre cas:

a) cas d'utilisation 1: l'opérateur continue à utiliser l'engin mobile non routier malgré l'avertissement jusqu'à ce que l'engin soit mis hors d'état de fonctionner;

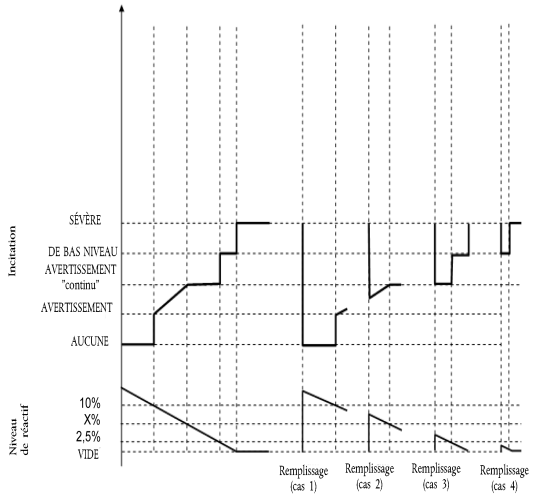
b) cas de remplissage 1 (remplissage «adéquat»): l'opérateur remplit le réservoir de réactif de façon à atteindre un niveau supérieur au seuil de 10 %. Les systèmes d'avertissement et d'incitation sont désactivés;

c) cas de remplissage 2 et 3 (remplissage «inadéquat»): le système d'avertissement est activé. Le niveau d'avertissement dépend de la quantité de réactif disponible;

d) cas de remplissage 4 (remplissage «très inadéquat»): l'incitation «de bas niveau»est activée immédiatement.

*Figure A.9-5*

**Disponibilité du réactif**




A.1.12.3. La figure A.9-6 illustre trois cas de mauvaise qualité du réactif:

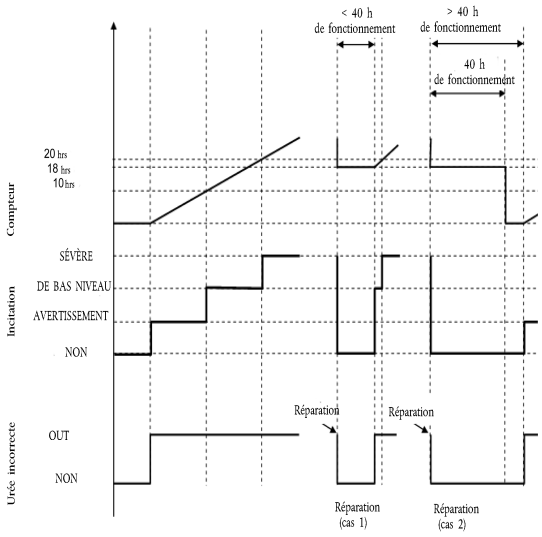
a) cas d'utilisation 1: l'opérateur continue à utiliser l'engin mobile non routier malgré l'avertissement jusqu'à ce que l'engin mobile non routier soit mis hors d'état de fonctionner;

b) cas de réparation 1 (réparation «mauvaise»ou «malhonnête»): après que l'engin mobile non routier a été mis hors d'état de fonctionner, l'opérateur rectifie la qualité du réactif mais, peu de temps après, remplace à nouveau le réactif par un autre de mauvaise qualité. Le système d'incitation est immédiatement réactivé et l'engin mobile non routier est mis hors d'état de fonctionner après 2 h de fonctionnement du moteur;

c) cas de réparation 2 («bonne»réparation): après que l'engin mobile non routier a été mis hors d'état de fonctionner, l'opérateur rectifie la qualité du réactif. Cependant, quelque temps plus tard, il ajoute à nouveau du réactif de mauvaise qualité. Les processus d'avertissement, d'incitation et de comptage sont remis à zéro.

*Figure A.9-6*

**Remplissage avec un réactif de mauvaise qualité**



A.1.12.4. La figure A.9-7 illustre trois cas de défaut du système de dosage de l'urée. Cette figure illustre également le processus qui s'applique en cas de défaut du système de surveillance décrit au paragraphe A.1.9 de la présente annexe:

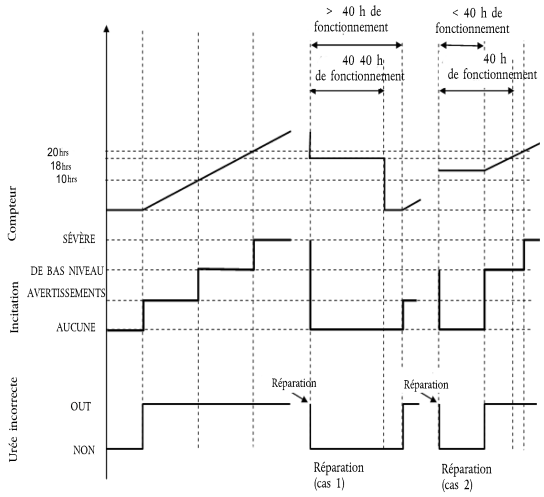
a) cas d'utilisation 1: l'opérateur continue à utiliser l'engin mobile non routier malgré l'avertissement jusqu'à ce que l'engin mobile non routier soit mis hors d'état de fonctionner;

b) cas de réparation 1 («bonne»réparation): après que l'engin mobile non routier a été mis hors d'état de fonctionner, l'opérateur répare le système de dosage. Cependant, quelque temps plus tard, le système de dosage tombe à nouveau en panne. Les processus d'avertissement, d'incitation et de comptage sont remis à zéro;

c) cas de réparation 2 («mauvaise»réparation): alors que l'incitation «de bas niveau»(réduction de couple) est active, l'opérateur répare le système de dosage. Peu après, cependant, le système de dosage tombe à nouveau en panne. Le système d'incitation «de bas niveau»est immédiatement réactivé et le compteur recommence à compter à partir de la valeur enregistrée au moment de la réparation.

*Figure A.9-7*

**Défaillance du système de dosage du réactif**




A.1.13. Démonstration de la concentration minimale acceptable de réactif $CD_{min}$

A.1.13.1. Le constructeur doit démontrer la valeur correcte de $CD_{min}$ au moment de l'homologation de type en exécutant le cycle NRTC à chaud pour les moteurs des sous-catégories NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5 et NRE-v-6 et le cycle NRSC applicable pour toutes les autres catégories utilisant un réactif avec la concentration $CD_{min}$.

A.1.13.2. L'essai doit suivre le(s) cycle(s) NCD approprié(s) définis par le constructeur, permettant à un système de limitation des émissions de $NO_X$ en circuit fermé d'effectuer l'adaptation à la qualité du réactif avec la concentration $CD_{min}$.

A.1.13.3. Les émissions de polluants résultant de cet essai doivent être inférieures au seuil pour les $NO_X$ spécifié au paragraphe A.1.7.1.1 de la présente annexe.

A.1.13.4. Documentation relative à la démonstration

A.1.13.4.1. La démonstration de la concentration de réactif minimale acceptable doit s'appuyer sur un rapport. Celui-ci doit:

a) mentionner les défaillances examinées;

b) décrire la démonstration réalisée, y compris le cycle d'essai applicable;

c) confirmer que les émissions de polluants dues à la démonstration n'ont pas dépassé le seuil de $NO_X$ indiqué au paragraphe A.1.7.1.1 de la présente annexe;

d) être inclus dans le dossier d'information visé à l'annexe 1.

*APPENDICE A.2*

**PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX MESURES DE LIMITATION DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS PARTICULAIRES, Y COMPRIS LA MÉTHODE POUR DÉMONTRER CES MESURES**

A.2.1. Introduction

Le présent appendice décrit les prescriptions visant à assurer le fonctionnement correct des mesures de limitation des émissions de particules.

A.2.2. Prescriptions générales

Le moteur doit être équipé d'un système de diagnostic de la limitation des émissions de particules (PCD) capable d'identifier les défauts du système de traitement aval des émissions de particules examinés dans la présente annexe. Tout moteur visé ici doit être conçu, construit et installé de manière à pouvoir satisfaire à ces prescriptions tout au long de la durée de vie normale du moteur dans des conditions d'utilisation normales. Pour atteindre cet objectif, il est acceptable que des moteurs ayant été utilisés au-delà de la période de durabilité des caractéristiques d'émission spécifiée à l'appendice 3 du présent règlement puissent présenter une certaine détérioration de l'efficacité et de la sensibilité du PCD.

A.2.2.1. Informations requises

A.2.2.1.1. Si le système de limitation des émissions nécessite l'utilisation d'un réactif (par exemple, un catalyseur dissout dans le carburant), les caractéristiques de ce réactif, y compris le type de réactif, les informations concernant la concentration lorsque le réactif est en solution, les conditions de température de fonctionnement et les références de normes internationales pour la composition et la qualité doivent être spécifiées par le constructeur, dans la fiche de renseignements visée à l'annexe 1.

A.2.2.1.2. Des informations écrites détaillées décrivant de façon complète les caractéristiques fonctionnelles du système d'avertissement de l'opérateur visé au paragraphe A.2.4 de la présente annexe doivent être fournies à l'autorité d'homologation au moment de l'homologation.

A.2.2.1.3 Le constructeur doit fournir des instructions de montage à l'usage des fabricants d'équipements d'origine qui assureront qu'une fois monté sur l'engin mobile non routier ou le véhicule de catégorie T, le moteur, y compris le système de limitation des émissions qui fait partie du type ou de la famille de moteurs homologué, fonctionnera, en conjonction avec les pièces mécaniques nécessaires, d'une manière conforme aux prescriptions de la présente annexe. Cette documentation doit inclure les prescriptions techniques détaillées et les dispositions applicables au moteur (logiciels, matériel et communication) nécessaires à un montage correct du moteur sur l'engin mobile non routier ou le véhicule de catégorie T.

A.2.2.2. Conditions d'utilisation

A.2.2.2.1. Le système PCD doit au minimum être fonctionnel dans les conditions applicables spécifiées au paragraphe 2.4 de la présente annexe pour chaque catégorie de moteurs. Il doit demeurer fonctionnel au-delà des limites de ces conditions lorsque cela est possible sur le plan technique.

A.2.2.3. Prescriptions concernant le diagnostic

A.2.2.3.1. Le système PCD doit être capable de détecter les défauts de limitation des émissions de particules abordés dans la présente annexe à l'aide des codes défauts (DTC) mémorisés par l'ordinateur de bord et, sur demande, de les communiquer vers l'extérieur.

A.2.2.3.2. Prescriptions applicables à l'enregistrement des codes défauts (DTC)

A.2.2.3.2.1. Le système PCD doit enregistrer un code DTC pour chaque PCM distinct.

A.2.2.3.2.2. Le système PCD doit être capable de détecter un défaut dans le délai indiqué au tableau A.9-5 après la mise en marche du moteur. À ce moment-là, un code défaut «confirmé et actif»doit être mis en mémoire et le système d'avertissement visé au paragraphe A.2.4 de la présente annexe doit être activé.

A.2.2.3.2.3. Dans les cas où il faut aux dispositifs de surveillance plus de temps de fonctionnement qu'il n'est indiqué dans le tableau A.9-5 pour pouvoir détecter avec précision un PCM et le confirmer (par exemple les dispositifs de surveillance qui utilisent des modèles statistiques ou se basent sur la consommation de l'engin mobile non routier), l'autorité d'homologation de type peut autoriser une période d'observation plus longue pour autant que le constructeur en justifie la nécessité (par exemple en faisant valoir des arguments techniques, des résultats expérimentaux ou sa propre expérience).

*Tableau A.9-5*

**Types de dispositifs de surveillance et délais correspondants dans lesquels un dtc «confirmé et actif»doit être mémorisé**

| Type de dispositif de surveillance | Temps de fonctionnement cumulé durant lequel un DTC «confirmé et actif»doit être mémorisé |
|---|---|
| Retrait du système de traitement aval des émissions de particules | 60 min de fonctionnement du moteur autre qu'au ralenti |
| Perte de fonction du système de traitement aval des particules | 240 min de fonctionnement du moteur autre qu'au ralenti |
| Défaillances du système PCD | 60 min de fonctionnement du moteur |

A.2.2.3.3. Prescriptions relatives à l'effacement des codes défauts (DTC)

a) Les codes défauts ne doivent pas être effacés de la mémoire de l'ordinateur par le système PCD tant qu'il n'a pas été remédié au DTC correspondant.

b) Tous les codes défauts du système PCD peuvent être effacés sur commande au moyen d'un analyseur ou d'un outil de maintenance particulier fourni sur demande par le constructeur du moteur ou à l'aide d'un code secret communiqué par le constructeur du moteur.

c) Les enregistrements d'incidents de fonctionnement avec un DTC confirmé et actif qui sont stockés en mémoire non volatile comme prévu au paragraphe A.2.5.2 de la présente annexe ne doivent pas être effacés.

A.2.2.3.4. Un système PCD ne doit pas pouvoir être programmé ni autrement conçu pour se désactiver partiellement ou totalement en fonction de l'âge de l'engin mobile non routier pendant la durée de service du moteur; il ne doit pas non plus contenir d'algorithme ou de stratégie visant à réduire l'efficacité du système PCD avec le temps.

A.2.2.3.5. Tous les codes informatiques ou paramètres de fonctionnement reprogrammables du système PCD doivent être protégés contre les manipulations frauduleuses.

A.2.2.3.6. Famille de moteurs PCD

Il appartient au constructeur de déterminer la composition d'une famille de moteurs PCD. Le regroupement de moteurs dans une même famille de moteurs PCD requiert de bonnes connaissances techniques et doit être soumis à l'approbation de l'autorité d'homologation.

Des moteurs n'appartenant pas à la même famille de moteurs peuvent néanmoins appartenir à la même famille de moteurs PCD.

A.2.2.3.6.1. Paramètres définissant une famille de moteurs PCD

Une famille de moteurs PCD se caractérise par un certain nombre de paramètres techniques de base communs à tous les moteurs de cette famille.

Pour que les moteurs soient considérés comme appartenant à la même famille de moteurs PCD, il faut que les paramètres de base ci-dessous soient similaires:

a) principe de fonctionnement du système de traitement aval des émissions de particules (par exemple, procédé de séparation mécanique ou aérodynamique, par diffusion ou par inertie, régénération périodique, régénération permanente, etc.);

b) méthode de surveillance PCD;

c) critères pour la surveillance PCD;

d) paramètres de surveillance (par exemple, la fréquence).

Ces similitudes doivent être prouvées par le constructeur au moyen de démonstrations techniques ou d'autres procédures appropriées et doivent être soumises à l'approbation de l'autorité d'homologation de type.

Le constructeur peut demander à l'autorité d'homologation d'autoriser des différences mineures entre les méthodes de surveillance et/ou de diagnostic du système de surveillance PCD en raison de configurations variables du moteur, lorsque ces méthodes sont considérées comme similaires par le constructeur et qu'elles ne diffèrent que pour répondre à des caractéristiques spécifiques des composants examinés (par exemple la taille, le débit de gaz d'échappement, etc.) ou que ces similitudes sont fondées sur une bonne appréciation technique.

A.2.3. Prescriptions concernant l'entretien

A.2.3.1. Le FEO doit fournir aux utilisateurs finals des engins mobiles non routiers ou des véhicules de la catégorie T des instructions écrites sur le système de limitation des émissions et son fonctionnement convenable, comme prévu à l'appendice 6 du présent règlement.

A.2.4. Système d'avertissement de l'opérateur

A.2.4.1. L'engin mobile non routier doit être équipé d'un système d'avertissement de l'opérateur utilisant des alarmes visuelles.

A.2.4.2. Le système d'avertissement de l'opérateur peut consister en une ou plusieurs lampes ou afficher des messages succincts

Le système utilisé pour afficher ces messages peut être le même que celui utilisé à d'autres fins d'entretien ou de diagnostic NCD

Le système d'avertissement doit indiquer qu'une réparation urgente est nécessaire. Lorsque le système d'avertissement inclut l'affichage de messages, l'alerte visuelle doit afficher un message précisant la raison de l'avertissement (par exemple, «capteur déconnecté»ou «défaut critique émissions»).

A.2.4.3. Au choix du constructeur, le système d'avertissement peut inclure une composante sonore pour alerter l'opérateur. L'opérateur a le droit de supprimer les avertissements sonores.

A.2.4.4. Le système d'avertissement de l'opérateur doit être activé comme spécifié au paragraphe A.2.2.3.2.2 de la présente annexe.

A.2.4.5. Le système d'avertissement de l'opérateur doit être désactivé lorsque les conditions de son activation ont cessé d'exister. Il ne doit pas être désactivé automatiquement sans qu'il ait été remédié à la cause de son activation.

A.2.4.6. Le système d'avertissement peut être temporairement interrompu par d'autres signaux donnant des messages importants liés à la sécurité.

A.2.4.7. Dans sa demande d'homologation de type au titre du présent règlement, le constructeur doit démontrer le fonctionnement du système d'avertissement de l'opérateur comme prévu au paragraphe A.2.9 de la présente annexe.

A.2.5. Système pour stocker l'information sur l'activation du système d'avertissement de l'opérateur

A.2.5.1. Le système PCD doit inclure une mémoire informatique non volatile ou des compteurs pour consigner les incidents de fonctionnement du moteur avec un DTC confirmé et actif d'une manière garantissant que l'information ne peut pas être effacée intentionnellement.

A.2.5.2. Le PCD doit stocker dans une mémoire non volatile le nombre total et la durée de tous les incidents de fonctionnement du moteur avec un DTC confirmé et actif lorsque le système d'avertissement de l'opérateur a été actif pendant 20 h de fonctionnement du moteur, ou pendant une période plus courte au choix du constructeur.

A.2.5.3. Il doit être possible aux autorités nationales de lire ces informations au moyen d'un analyseur.

A.2.5.4. Une description de la connexion et de la méthode requises pour lire lesdites informations doit être fournie dans le dossier d'information dont il est question à l'annexe 1.

A.2.6. Surveillance en ce qui concerne le retrait du système de traitement aval des émissions de particules

A.2.6.1. Le PCD doit détecter le retrait complet du système de traitement aval des émissions de particules, y compris le retrait de tout capteur utilisé pour surveiller, activer, désactiver ou moduler son fonctionnement.

A.2.7. Prescriptions supplémentaires dans le cas d'un système de traitement aval des émissions de particules qui utilise un réactif (par exemple, catalyseur dissout dans le carburant)

A.2.7.1. Dans le cas d'un DTC confirmé et actif motivé soit par le retrait du système de traitement aval des particules, soit par la perte de fonction du système de traitement aval des particules, le dosage du réactif doit être immédiatement interrompu. Le dosage doit recommencer lorsque le DTC n'est plus actif.

A.2.7.2. Le système d'avertissement doit être désactivé si le niveau de réactif dans le réservoir d'additif tombe en dessous de la valeur minimale spécifiée par le constructeur.

A.2.8. Surveillance des défauts susceptibles d'être dus à des manipulations frauduleuses

A.2.8.1. En plus de la surveillance concernant le retrait du système de traitement aval des particules, les défauts suivants doivent faire l'objet d'une surveillance parce qu'ils pourraient être dus à de manipulations frauduleuses:

a) perte de fonction du système de traitement aval des particules;

b) défauts du système PCD, comme décrit au paragraphe A.2.8.3 de la présente annexe.

A.2.8.2. Surveillance de la perte de fonction du système de traitement aval des particules

Le PCD doit détecter le retrait complet du substrat du système de traitement aval des particules («boîte vide») Dans ce cas, le logement du système de traitement aval des particules et les capteurs utilisés pour surveiller, activer, désactiver ou moduler son fonctionnement restent présents.

A.2.8.3. Surveillance des défauts du système PCD

A.2.8.3.1. Le système PCD doit faire l'objet d'une surveillance en ce qui concerne les défauts électriques et le retrait ou la désactivation de tout capteur ou actuateur qui l'empêche de diagnostiquer l'un des autres défauts mentionnés aux paragraphes A.2.6.1 et A.2.8.1 a) (surveillance des composants) de la présente annexe.

Une liste non exhaustive de capteurs qui affectent la capacité de diagnostic comprend ceux qui mesurent directement des pressions différentielles sur le système de traitement aval des particules et les sondes de température des gaz d'échappement qui commandent la régénération du système de traitement aval des particules.

A.2.8.3.2. Lorsque le défaut, le retrait ou la désactivation d'un seul capteur ou actuateur du système PCD n'empêche pas le diagnostic dans le délai requis pour les défauts mentionnés aux paragraphes A.1.6.1 et A.1.8.1 a) (système redondant), l'activation du système d'avertissement et le stockage de l'information concernant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur ne sont pas requis, à moins que des défauts de capteur ou actuateur supplémentaires ne soient confirmés et actifs.

A.2.9. Prescriptions en matière de démonstration

A.2.9.1. Généralités

Lors de l'homologation de type, la conformité aux prescriptions de la présente annexe doit être établie à l'aide d'une démonstration de l'activation du système d'avertissement, comme l'illustre le tableau A.9-6 et le précise le paragraphe A.2.9 de la présente annexe.

*Tableau A.9-6*

**ILLUSTRATION DU PROCESSUS DE DÉMONSTRATION CONFORMÉMENT AUX DISPOSITIONS DU PARAGRAPHE A.2.9.3 DE LA PRÉSENTE ANNEXE**

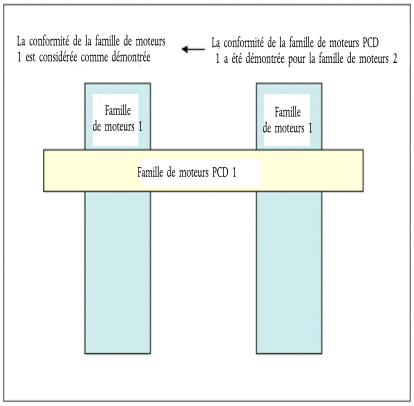
| Mécanisme | Éléments de la démonstration |
|---|---|
| Activation du système d'avertissement, décrite au paragraphe A.2.4.4 de la présente annexe | — 2 essais d'activation (y compris la perte de fonction du système de traitement aval des particules)<br>— Éléments supplémentaires de la démonstration, le cas échéant |

A.2.9.2. Familles de moteurs et familles de moteurs PCD

A.2.9.2.1. Dans le cas où des moteurs d'une famille de moteurs appartiennent à une famille de moteurs PCD qui a déjà fait l'objet d'une homologation de type conformément aux dispositions du paragraphe A.2.2.3.6 de la présente annexe (figure A.9-8), la conformité de cette famille de moteurs est considérée comme étant démontrée, sans autres essais, pour autant que le constructeur démontre à l'autorité que les systèmes de surveillance nécessaires pour satisfaire aux prescriptions du présent appendice sont similaires au sein des familles de moteurs et de moteurs PCD considérées.

*Figure A.9-8*

**Conformité précédemment démontrée d'une famille de moteurs PCD**



A.2.9.3. Démonstration de l'activation du système d'avertissement

A.2.9.3.1. La conformité de l'activation du système d'avertissement doit être démontrée en effectuant deux essais: la perte de fonction du système de traitement aval des particules et une catégorie de défauts mentionnée au paragraphe A.2.6 ou au paragraphe A.2.8.3 de la présente annexe.

A.2.9.3.2. Sélection des défauts pour l'essai

A.2.9.3.2.1. Le constructeur doit fournir à l'autorité d'homologation une liste de ces défauts potentiels.

A.2.9.3.2.2. Le défaut à examiner lors de l'essai est sélectionné par l'autorité d'homologation à partir de la liste visée au paragraphe A.2.9.3.2.1 de la présente annexe.

A.2.9.3.3. Démonstration

A.2.9.3.3.1. Pour les besoins de cette démonstration, un essai distinct doit être effectué pour la perte de fonction du système de traitement aval des particules visée au paragraphe A.2.8.2 de la présente annexe et pour les défauts indiqués aux paragraphes A.2.6 et A.2.8.3 de la même annexe. La perte de fonction du système de traitement aval des particules doit être provoquée par un retrait complet du substrat du logement du système de traitement aval des particules.

A.2.9.3.3.2. Au cours d'un essai, aucun défaut autre que celui examiné par l'essai ne doit être présent.

A.2.9.3.3.3. Avant le début d'un essai, tous les codes DTC doivent avoir été effacés.

A.2.9.3.3.4. À la demande du constructeur, et avec l'accord de l'autorité d'homologation, les défauts faisant l'objet de l'essai peuvent être simulés.

A.2.9.3.3.5. Détection des défauts

A.2.9.3.3.5.1. Le système PCD doit répondre à l'introduction d'un défaut jugé approprié par l'autorité d'homologation conformément aux dispositions du présent appendice. Ceci est considéré comme démontré si l'activation intervient au cours du nombre de cycles d'essai PCD consécutifs indiqué dans le tableau A.9-7.

Lorsqu'il a été spécifié dans la description de la surveillance et admis par l'autorité d'homologation qu'un dispositif de surveillance spécifique a besoin de davantage de cycles d'essai PCD qu'indiqué dans le tableau A.9-7 pour accomplir sa surveillance, le nombre de cycles d'essai PCD peut être augmenté à concurrence de maximum 50 %.

Chaque cycle d'essai PCD individuel dans l'essai de démonstration peut être séparé par une coupure du moteur. Le délai jusqu'au démarrage suivant doit prendre en considération toute surveillance qui pourrait intervenir après la coupure du moteur et toute condition nécessaire qui doit exister pour que la surveillance entre en action au démarrage suivant.

*Tableau A.9-7*

**Types De Dispositifs De Surveillance Et Nombres Correspondants De Cycles D'Essai Pcd Au Cours Desquels Un Dtc «Confirmé Et Actif»Doit Être Mémorisé**

| Type de dispositif de surveillance | Nombre de cycles d'essai PCD au cours duquel un DTC «confirmé et actif»doit être mémorisé |
|---|---|
| Retrait du système de traitement aval des émissions de particules | 2 |
| Perte de fonction du système de traitement aval des particules | 8 |
| Défaillances du système PCD | 2 |

A.2.9.3.3.6. Cycle d'essai PCD

A.2.9.3.3.6.1. Le cycle d'essai PCD considéré au paragraphe A.2.9 de la présente annexe pour démontrer le fonctionnement correct du système de surveillance du système de traitement aval des particules est le cycle NRTC à chaud pour les moteurs des sous-catégories NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5 et NRE-v-6 et le cycle NRSC applicable pour toutes les autres catégories.

A.2.9.3.3.6.2. À la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité d'homologation, un cycle d'essai PCD autre (par exemple, autre que le cycle NRTC ou le cycle NRSC) peut être utilisé pour un dispositif de surveillance spécifique. La demande doit être accompagnée d'éléments (considérations techniques, résultats de simulations ou d'essais, etc.) démontrant:

a) les résultats du cycle d'essai demandé dans un dispositif de surveillance qui sera utilisé dans des conditions de conduite réelle;

b) que le cycle d'essai PCD applicable visé au paragraphe A.2.9.3.3.6.1 de la présente annexe est moins valable pour la surveillance considérée.

A.2.9.3.3.7. Configuration pour la démonstration de l'activation du système d'avertissement

A.2.9.3.3.7.1. La démonstration de l'activation du système d'avertissement se fait au moyen d'essais effectués sur un banc d'essai moteur.

A.2.9.3.3.7.2. Tous les composants ou sous-systèmes qui ne sont pas physiquement montés sur le moteur tels que, notamment, les sondes de température ambiante, les sondes de niveau et les systèmes d'information et d'avertissement de l'opérateur, mais qui sont nécessaires pour effectuer les démonstrations doivent être connectés au moteur à cette fin, ou simulés, à la satisfaction de l'autorité d'homologation.

A.2.9.3.3.7.3. Au choix du constructeur, et pour autant que l'autorité d'homologation y consente, les essais de démonstration peuvent être effectués, nonobstant le paragraphe A.2.9.3.3.7.1 de la présente annexe, sur un engin mobile non routier complet en montant celui-ci sur un banc d'essai approprié ou en le faisant fonctionner sur une piste d'essai dans des conditions contrôlées.

A.2.9.3.4. L'activation du système d'avertissement est considérée comme démontrée si, à la fin de chaque essai de démonstration effectué conformément au paragraphe A.2.9.3.3 de la présente annexe, le système d'avertissement s'est enclenché correctement et le DTC correspondant au défaut sélectionné a reçu le statut «confirmé et actif».

A.2.9.3.5. Lorsqu'un système de traitement aval des particules qui utilise un réactif est soumis à un essai de démonstration portant sur la perte de fonction du système de traitement aval des particules ou le retrait du système de traitement aval des particules, il doit également être confirmé que le dosage du réactif a été interrompu.

A.2.9.3.6. Documentation relative à la démonstration

A.2.9.3.6.1. La démonstration du système PCD doit s'appuyer sur un rapport. Celui-ci doit:

a) mentionner les défauts examinés;

b) décrire la démonstration réalisée, y compris le cycle d'essai applicable;

c) confirmer que les avertissements applicables ont été produits comme prévu par le présent règlement;

d) être inclus dans le dossier d'information visé à l'annexe 1.

*APPENDICE A.3*

**MODALITÉS TECHNIQUES DESTINÉES À PRÉVENIR LES MANIPULATIONS**

A.3.1. Pour les types de moteurs et les familles de moteurs qui utilisent une ECU faisant partie du système de contrôle des émissions, le constructeur doit fournir à l'autorité d'homologation une description des mesures prises pour empêcher toute manipulation et modification de l'ECU, y compris la fonction de mise à jour, en utilisant un programme ou une procédure d'étalonnage approuvés par le constructeur.

A.3.2. Pour les types de moteurs et les familles de moteurs qui utilisent des dispositifs mécaniques faisant partie du système de contrôle des émissions, le constructeur doit fournir à l'autorité d'homologation une description des mesures prises pour empêcher toute manipulation et modification des paramètres réglables du système de contrôle des émissions, et notamment les composants inviolables, tels que couvercles du limiteur du carburateur, vis scellées ou vis spéciales non réglables par l'utilisateur.

A.3.2.1. Le constructeur doit démontrer au service technique que les paramètres réglables du système de contrôle des émissions ne peuvent pas être manipulés aisément en exerçant une force raisonnable:

a) soit à l'aide des outils fournis avec le moteur;

b) soit à l'aide d'outils ordinaires tels qu'un tournevis, des pinces (même coupantes) ou des clefs.

Les outils ordinaires n'incluent pas la plupart des outils de coupe ou de meulage, les perceuses et les cutters rotatifs, ni les outils produisant une chaleur excessive ou une flamme.

A.3.3. Aux fins du présent appendice, les moteurs appartenant à des familles de moteurs différentes peuvent être regroupés en familles en fonction du type et de la conception des mesures antimanipulations utilisées. Afin de classer des moteurs appartenant à des familles de moteurs différentes dans la même famille pour ce qui est des mesures antimanipulations, le constructeur fournit à l'autorité d'homologation une confirmation du fait que les mesures utilisées pour empêcher toute manipulation sont similaires. Dans ce cas, les dispositions des paragraphes A.3.1 et A.3.2 de la présente annexe peuvent être appliquées à un moteur représentatif et les documents correspondants peuvent être utilisés pour l'homologation de type de tous les moteurs appartenant à la même famille de moteurs pour ce qui est des mesures antimanipulations.

A.3.4. Les constructeurs font figurer dans le manuel d'utilisation un avertissement indiquant que toute manipulation du moteur entraîne l'annulation de l'homologation de type du moteur concerné.

*ANNEXE 10*

**PARAMÈTRES POUR LA DÉFINITION DES TYPES DE MOTEURS ET DES FAMILLES DE MOTEURS, AINSI QUE DE LEURS MODES DE FONCTIONNEMENT**

1. TYPE DE MOTEUR

Les caractéristiques techniques d'un type de moteur doivent être celles qui sont indiquées dans la fiche de renseignements établie conformément au modèle figurant à l'annexe 1.

1.1. Mode de fonctionnement (régime)

Un type de moteur peut faire l'objet d'une homologation de type en tant que moteur à régime constant ou en tant que moteur à régime variable, selon les définitions données respectivement aux paragraphes 2.1.11 et 2.1.95 du présent règlement.

1.1.1. Moteurs à régime variable

1.1.1.1. Dans le cas où, comme l'autorise le paragraphe 1.1.7 du présent règlement, un moteur à régime variable d'une catégorie spécifique est utilisé en lieu et place d'un moteur à régime constant de la même catégorie, le moteur parent (aux fins de l'homologation de type) et tous les types de moteurs appartenant à la famille de moteurs (aux fins de la conformité de la production) doivent faire l'objet d'essais selon le cycle NRSC à régime variable applicable et, si cela est requis, également selon le cycle d'essai en conditions transitoires applicable. Un moteur à régime variable d'une catégorie spécifique utilisé pour un fonctionnement à régime constant dans la même catégorie ne doit pas faire l'objet d'essais supplémentaires selon le cycle d'essai NRSC pour régime constant applicable.

1.1.2. Moteurs à régime constant

1.1.2.1. La fonction de régime constant doit être activée au cours du fonctionnement à régime constant. Les régulateurs des moteurs à régime constant ne doivent pas nécessairement maintenir exactement le même régime en permanence. Le régime peut passer au-dessous du régime à charge nulle, de telle sorte que le régime minimal soit situé près du point de puissance maximale du moteur, généralement entre 0,1 % et 10 %.

1.1.2.2. Si le type de moteur est équipé d'un régime de ralenti pour le démarrage et l'arrêt, le moteur doit être installé de manière à ce que la fonction de régime constant soit activée avant l'augmentation de la charge du moteur à partir de l'absence de charge.

1.1.2.3. Types de moteurs à régime constant équipés d'un régulateur pouvant être réglé à un régime alternatif

Un moteur à régime constant ne doit pas être conçu pour fonctionner à régime variable. Si le type de moteur est équipé d'un régulateur pouvant être réglé à un régime alternatif, les prescriptions du présent paragraphe doivent en outre être respectées.

1.1.2.3.1. Si le type de moteur est le moteur parent, le moteur doit satisfaire aux valeurs limites applicables lorsqu'il fait l'objet du cycle d'essai NRSC applicable à chaque régime constant du type de moteur. Des rapports d'essai distincts doivent être établis et inclus dans le dossier d'homologation pour chaque essai NRSC.

1.1.2.3.2. Tous les types de moteurs appartenant à la famille de moteurs, lorsqu'ils sont soumis à un essai de mesure des émissions dans le cadre de la conformité de la production, doivent satisfaire aux valeurs limites applicables lorsqu'ils font l'objet du cycle d'essai NRSC applicable à chaque régime constant du type de moteur.

1.1.2.3.3. Chaque régime constant applicable au type de moteur qui est autorisé par le constructeur doit être indiqué au point 3.2.1 de l'appendice A.3 de l'annexe 1.

1.1.2.3.4. Le moteur doit être monté de telle sorte que:

a) le moteur soit arrêté avant la sélection d'un autre régime par le régulateur de régime constant; et

b) le régulateur de régime constant ne puisse sélectionner qu'un autre régime autorisé par le constructeur du moteur.

1.1.2.3.5. Les instructions pour les FEO et les utilisateurs finals figurant dans l'appendice 6 du présent règlement doivent inclure des informations sur l'installation correcte et le bon fonctionnement du moteur conformément aux prescriptions des paragraphes 1.1.2.2 et 1.1.2.3 de la présente annexe.

2. CRITÈRES RELATIFS AUX FAMILLES DE MOTEURS

2.1. Généralités

Une famille de moteurs est caractérisée par ses paramètres de conception. Ceux-ci doivent être communs à tous les moteurs de la famille. Le constructeur de moteurs peut décider quels moteurs appartiennent à une famille, pour autant que les critères d'appartenance énumérés au paragraphe 2.4 de la présente annexe soient respectés. La famille de moteurs doit être agréée par l'autorité d'homologation. Le constructeur doit fournir à cette autorité les informations utiles relatives aux niveaux d'émission des membres de cette famille.

2.2. Catégories de moteurs, mode de fonctionnement (régime) et plage de puissance

2.2.1. Une famille de moteurs ne peut comprendre que des types de moteurs appartenant à la même catégorie, telle que définie au paragraphe 1.1 du présent règlement.

2.2.2. La famille de moteurs ne peut en outre comprendre que des types de moteurs ayant le même régime, tel que précisé à l'appendice 1 du présent règlement.

2.2.3. Familles de moteurs comprenant plusieurs plages de puissance

2.2.3.1. Une famille de moteurs peut comprendre plusieurs plages de puissance pour le même régime au sein de la même sous-catégorie de moteurs. Dans ce cas, conformément au paragraphe 5.1.1 du présent règlement, le moteur parent (aux fins de l'homologation de type) et tous les types de moteurs appartenant à la même famille (aux fins de la conformité de la production) doivent, en ce qui concerne les plages de puissance applicables:

a) respecter les valeurs limites d'émission les plus strictes;

b) être testés sur la base des cycles d'essai qui correspondent aux valeurs limites d'émission les plus strictes;

c) être soumis aux premières dates applicables pour l'homologation de type et la mise sur le marché, indiquées au paragraphe 1 2 du présent règlement.

Conformément au principe énoncé au paragraphe 5.1.1 du présent règlement lorsque le moteur est installé dans l'engin mobile non routier, les instructions pour les FEO énoncées dans l'appendice 6 du présent règlement doivent indiquer que l'installation ne doit pas définitivement limiter un moteur pour qu'il ne fournisse que la puissance relevant de la plage de puissance d'une sous-catégorie ayant une limite d'émission plus stricte que la sous-catégorie dans laquelle le moteur est homologué.

2.2.3.2. Afin de classer une sous-catégorie pour l'homologation de type dans une famille de moteurs comprenant plusieurs plages de puissance, le constructeur et l'autorité d'homologation doivent déterminer la sous-catégorie qui répond le mieux aux critères énoncés au paragraphe 2.2.3.1 de la présente annexe.

2.3. Cas particuliers

2.3.1. Interactions entre paramètre

Dans certains cas, des interactions entre divers paramètres peuvent influer sur les émissions. Il faut en tenir compte pour faire en sorte que seuls les moteurs ayant des caractéristiques semblables en matière d'émissions de gaz d'échappement soient compris dans la même famille. Ces cas doivent être recensés par le constructeur et notifiés à l'autorité d'homologation. Ils doivent ensuite être pris en compte comme critères pour l'établissement d'une nouvelle famille de moteurs.

2.3.2. Les dispositifs ou les caractéristiques qui ne sont pas répertoriés au paragraphe 2.4 de la présente annexe mais qui ont une forte incidence sur le niveau des émissions doivent être recensés par le constructeur conformément aux pratiques reconnues et doivent être notifiés à l'autorité d'homologation. Ils doivent ensuite être pris en compte comme critères pour l'établissement d'une nouvelle famille de moteurs.

2.3.3. Critères additionnels

Outre les paramètres énumérés au paragraphe 2.4 de la présente annexe, le constructeur peut prendre en compte d'autres critères permettant de définir plus précisément les familles. Ces paramètres ne sont pas nécessairement des paramètres qui influent sur le niveau des émissions.

2.4. Paramètres définissant la famille de moteurs

2.4.1. Cycle de combustion:

a) cycle deux temps;

b) cycle quatre temps;

c) moteur à piston rotatif;

d) autres.

2.4.2. Configuration des cylindres

2.4.2.1. Disposition des cylindres dans le bloc:

a) monocylindre;

b) en V;

c) en ligne;

d) opposés;

e) en étoile;

f) autres (en F, en W, etc.).

2.4.2.2. Entraxe entre cylindres

Les moteurs ayant un même bloc peuvent appartenir à la même famille de moteurs pour autant que l'entraxe entre cylindres soit le même.

2.4.3. Moyen principal de refroidissement:

a) air;

b) eau;

c) huile.

2.4.4. Cylindrée unitaire

2.4.4.1. Moteurs ayant une cylindrée unitaire supérieure ou égale à 750 $cm^3$

Pour que des moteurs ayant une cylindrée unitaire supérieure ou égale à 750 $cm^3$ soient considérés comme appartenant à la même famille, la plage de variation de leurs cylindrées unitaires ne doit pas dépasser 15 % de la plus forte cylindrée unitaire dans la famille de moteurs.

2.4.4.2. Moteurs ayant une cylindrée unitaire inférieure à < 750 $cm^3$

Pour que des moteurs ayant une cylindrée unitaire inférieure à 750 $cm^3$ soient considérés comme appartenant à la même famille, la plage de variation de leurs cylindrées unitaires ne doit pas dépasser 30 % de la plus forte cylindrée unitaire dans la famille de moteurs.

2.4.4.3. Moteurs pour lesquels la plage de variation de la cylindrée unitaire est plus grande

Nonobstant les paragraphes 2.4.4.1 et 2.4.4.2 de la présente annexe, les moteurs pour lesquels la plage de variation de la cylindrée unitaire est plus grande que celles indiquées ci-dessus peuvent être considérés comme des membres d'une même famille de moteurs sous réserve de l'accord de l'autorité d'homologation. Cet accord doit se fonder sur des éléments techniques (calculs, simulations, résultats d'essais, etc.) démontrant que le dépassement des limites n'a pas d'incidence notable sur les émissions d'échappement.

2.4.5. Modes d'aspiration:

a) aspiration naturelle;

b) suralimentation;

c) suralimentation avec refroidisseur intermédiaire.

2.4.6. Type de carburant:

a) diesel (gazole non routier);

b) éthanol pour moteurs à allumage par compression dédiés (ED95);

c) essence (E10);

d) éthanol (E85);

e) gaz naturel/biométhane:

i) tous carburants — carburant à haut pouvoir calorifique (gaz H) et carburant à faible pouvoir calorifique (gaz L);

ii) gamme restreinte de carburants — carburant à haut pouvoir calorifique (gaz H);

iii) gamme restreinte de carburants — carburant à faible pouvoir calorifique (gaz L);

iv) GNL spécifique;

f) gaz de pétrole liquéfié (GPL).

2.4.7. Alimentation en carburant:

a) carburant liquide uniquement;

b) carburant gazeux uniquement;

c) bicarburant de type 1A;

d) bicarburant de type 1B;

e) bicarburant de type 2A;

f) bicarburant de type 2B;

g) bicarburant de type 3B.

2.4.8. Type/conception de la chambre de combustion:

a) chambre ouverte;

b) chambre fractionnée;

c) autres types.

2.4.9. Modes d'allumage:

a) allumage commandé;

b) allumage par compression.

2.4.10. Soupapes et conduits:

a) configuration;

b) nombre de soupapes par cylindre.

2.4.11. Système d'alimentation en carburant:

a) pompe, tuyauterie (haute pression) et injecteur;

b) pompe en ligne ou pompe à distributeur;

c) injecteur unitaire;

d) rampe haute pression;

e) carburateur;

f) injection dans l'orifice d'admission;

g) injection directe;

h) unité de mélange;

i) autre.

2.4.12. Dispositifs divers:

a) système de recyclage des gaz d'échappement (EGR);

b) injection d'eau;

c) injection d'air;

d) autres.

2.4.13. Stratégie de gestion électronique

La présence ou l'absence d'une ECU sur le moteur est considérée comme un paramètre de base de la famille de moteurs.

Dans le cas des moteurs à gestion électronique, le constructeur doit exposer les arguments techniques justifiant de regrouper ces moteurs dans une même famille de moteurs, c'est-à-dire les raisons pour lesquelles il est prévisible que ces moteurs répondent aux mêmes exigences en matière d'émissions.

Dans le cas d'une régulation électronique de la vitesse, il n'est pas forcément nécessaire de classer un moteur dans une autre famille que des moteurs à régulation mécanique. Ce classement séparé sera seulement nécessaire en cas de différences des caractéristiques de l'injection de carburant, telles que point d'injection, pression, courbe de variation, etc.

2.4.14. Systèmes de traitement aval des gaz d'échappement

La présence d'un ou de plusieurs des dispositifs ci-après est considérée comme un critère d'appartenance à une famille de moteurs:

a) catalyseur d'oxydation;

b) système réducteur de $NO_X$ avec réduction sélective des $NO_X$ (adjonction d'un agent réducteur);

c) autre système réducteur de $NO_X$;

d) système de traitement aval des particules avec régénération passive:

i) filtre à paroi filtrante;

ii) sans filtre à paroi filtrante;

e) système de traitement aval des particules avec régénération active:

i) filtre à paroi filtrante;

ii) sans filtre à paroi filtrante;

f) autres systèmes de traitement aval des particules;

g) autres dispositifs.

Lorsqu'un moteur a été homologué sans système de traitement aval des gaz d'échappement, que ce soit en tant que moteur parent ou en tant que membre d'une famille de moteurs, ce moteur, lorsqu'il est équipé d'un catalyseur d'oxydation (sans système de traitement aval des particules), peut être inclus dans la même famille s'il n'exige pas de carburant ayant des caractéristiques différentes.

S'il utilise un carburant ayant des caractéristiques différentes (cas par exemple des systèmes de traitement aval des particules nécessitant la présence d'additifs spéciaux dans le carburant pour le processus de régénération), la décision de l'inclure ou non dans la famille de moteurs se fondera sur les éléments techniques communiqués par le constructeur. Ces éléments doivent indiquer que le niveau d'émissions prévu du moteur équipé respecte les valeurs limites s'appliquant aux moteurs non équipés.

Lorsqu'un moteur a été homologué avec un système de traitement aval des gaz d'échappement, que ce soit en tant que moteur parent ou en tant que membre d'une famille de moteurs dont le moteur parent est équipé du même système de traitement aval des gaz d'échappement, ce moteur, lorsqu'il n'est pas équipé du système de traitement aval, ne doit pas être inclus dans la même famille.

2.4.15. Moteurs à bicarburation

Tous les types de moteurs appartenant à une famille de moteurs à bicarburation doivent être du même type que les moteurs définis au paragraphe 2 de l'annexe 7 du présent règlement (par exemple de type 1A, de type 2B, etc.) et fonctionner avec le même type de carburant ou, si nécessaire, avec des carburants considérés au regard du présent règlement comme relevant de la même gamme.

Outre qu'ils appartiennent au même type de moteur bicarburant, ils doivent présenter un rapport maximum gaz/énergie pendant le cycle d'essai applicable ($GER_{cycle}$) compris entre 70 et 100 % de celui du type de moteur possédant le $GER_{cycle}$ le plus élevé.

2.4.16. Réservé

2.4.17. Catégorie relative à la période de durabilité des caractéristiques d'émission (EDP)

Dans le cas des catégories de moteurs visées au tableau 21 ou 22 de l'appendice 3 du présent règlement, pour lesquelles plusieurs valeurs sont fixées pour l'EDP, la catégorie EDP déclarée par le constructeur est:

a) catégorie 1 (produits de consommation);

b) catégorie 2 (produits semi-professionnels);

c) catégorie 3 (produits professionnels).

3. CHOIX DU MOTEUR PARENT

3.1. Généralités

3.1.1. Une fois la famille de moteurs reconnue par l'autorité d'homologation, le moteur parent de la famille doit être sélectionné sur la base du critère primaire de la plus grande quantité de carburant injectée par course par cylindre au régime de couple maximal déclaré. Si plusieurs moteurs répondent à ce critère primaire, le moteur parent doit être choisi en fonction du critère secondaire de la plus grande quantité de carburant injectée par course au régime nominal.

3.1.2. L'autorité d'homologation peut conclure que la meilleure manière de déterminer les caractéristiques d'émission de la famille de moteurs dans le cas le plus défavorable est d'essayer un moteur différent ou supplémentaire. Dans ce cas, les parties concernées doivent disposer des informations nécessaires pour permettre de déterminer les moteurs de la famille susceptibles d'avoir les niveaux d'émission les plus élevés.

3.1.3. Si les moteurs d'une famille de moteurs possèdent d'autres caractéristiques variables qui pourraient être considérées comme ayant une incidence sur les émissions d'échappement, ces caractéristiques devront également être définies et prises en compte dans la sélection du moteur parent.

3.1.4. Si les moteurs de la même famille de moteurs satisfont aux mêmes valeurs d'émission sur des périodes de durabilité des caractéristiques d'émission différentes, ce point doit être pris en compte dans le choix du moteur parent.

3.2. Cas particuliers

Afin de sélectionner le moteur parent dans le cas d'une famille de moteurs à régime constant comprenant un ou plusieurs types de moteurs à régime constant alternatif, comme indiqué au paragraphe 1.1.2.3 de la présente annexe, l'évaluation de la conformité aux prescriptions du paragraphe 3.1 de la même annexe doit être réalisée pour chaque régime constant de chaque type de moteur.