Ce texte constitue seulement un outil de documentation et n'a aucun effet juridique. Les institutions de l'Union déclinent toute responsabilité quant à son contenu. Les versions faisant foi des actes concernés, y compris leurs préambules, sont celles qui ont été publiées au Journal officiel de l'Union européenne et sont disponibles sur EUR-Lex. Ces textes officiels peuvent être consultés directement en cliquant sur les liens qui figurent dans ce document

►**B**

RÈGLEMENT DÉLÉGUÉ (UE) 2017/654 DE LA COMMISSION

du 19 décembre 2016

complétant le règlement (UE) 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les prescriptions techniques et générales relatives aux limites d'émissions et à la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers

(JO L 102 du 13.4.2017, p. 1)

Modifié par:

		Journal officiel		
		n°	page	date
►**M1**	Règlement délégué (UE) 2018/236 de la Commission du 20 décembre 2017	L 50	1	22.2.2018
►**M2**	Règlement délégué (UE) 2018/989 de la Commission du 18 mai 2018	L 182	61	18.7.2018
►**M3**	Règlement délégué (UE) 2021/1398 de la Commission du 4 juin 2021	L 299	1	24.8.2021

Rectifié par:

►**C1**	Rectificatif, JO L 300 du 27.11.2018, p. 13 (2018/989)

▼B

RÈGLEMENT DÉLÉGUÉ (UE) 2017/654 DE LA COMMISSION

du 19 décembre 2016

complétant le règlement (UE) 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les prescriptions techniques et générales relatives aux limites d'émissions et à la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers

Article premier

Définitions

Les définitions suivantes s'appliquent:

1) par «indice de Wobbe» ou «W», on entend le rapport 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:

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

2) par «coefficient de recalage λ» ou «Sλ», on entend une expression qui décrit la souplesse 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 est alimenté avec une composition de gaz différente du méthane pur;

3) par «mode carburant liquide», on entend le mode normal de fonctionnement d'un moteur à double carburant pendant lequel celui-ci n'utilise aucun carburant gazeux quelles que soient les conditions;

4) par «mode double carburant», on entend le mode de fonctionnement normal d'un moteur à double carburant pendant lequel le moteur utilise simultanément le carburant liquide et un carburant gazeux dans certaines conditions de fonctionnement;

5) par «système de post-traitement des particules», on entend un système de post-traitement des gaz d'échappement conçu pour réduire les émissions de polluants particulaires par séparation mécanique, aérodynamique, par diffusion ou par inertie;

6) par «régulateur», on entend 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;

7) par «température ambiante», on entend, pour un environnement de laboratoire (par exemple, chambre de pesée de filtre), la température au sein de l'environnement de laboratoire spécifié;

8) par «stratégie de base de limitation des émissions» (BECS), on entend une stratégie de limitation des émissions qui est active quels que soient le régime et la charge du moteur, à moins qu'une stratégie auxiliaire de limitation des émissions (AECS) ne soit activée;

▼B

9) par «réactif», on entend un agent consommable ou non récupérable requis et utilisé pour assurer le bon fonctionnement du système de post-traitement des gaz d'échappement;

10) par «stratégie auxiliaire de limitation des émissions» (AECS), on entend 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

11) par «pratiques techniques reconnues» on entend les évaluations faites en conformité avec les principes scientifiques et techniques généralement admis et les informations techniques disponibles;

12) par «régime haut (n_{hi})», on entend le régime le plus élevé auquel le moteur fournit 70 % de sa puissance maximale;

13) par «régime bas (n_{lo})», on entend le régime le plus bas auquel le moteur fournit 50 % de sa puissance maximale;

14) par «puissance maximale (P_{max})», on entend la puissance maximale, en kW, fournie par le moteur tel qu'il est conçu par le constructeur;

15) par «dilution du flux partiel», on entend la méthode d'analyse des gaz d'échappement qui consiste à séparer une partie du flux de 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;

16) par «dérive», on entend 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;

17) par «réglage de l'étendue», on entend 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;

18) par «gaz de réglage de l'étendue», on entend un mélange de gaz purifiés qui sert à régler les analyseurs de gaz;

19) par «filtre HEPA», on entend un filtre à air antiparticules de grande efficacité qui doit avoir une efficacité initiale minimale d'élimination des particules de 99,97 % sur la base de la norme ASTM F 1471-93;

20) par «étalonnage», on entend 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;

21) par «émissions spécifiques», on entend les émissions massiques exprimées en g/kWh;

22) par «demande de l'opérateur», on entend une action de l'opérateur pour commander la puissance produite par le moteur;

▼B

23) par «régime de couple maximal», on entend le régime du moteur auquel on obtient le couple maximal du moteur, tel que spécifié par le constructeur;

24) par «régime moteur régulé», on entend le régime de fonctionnement du moteur lorsqu'il est réglé par le régulateur en place;

25) par «émissions de gaz de carter», on entend tout flux de gaz provenant du carter ouvert d'un moteur qui est envoyé directement dans l'atmosphère;

26) par «sonde», on entend la première section de la ligne de transfert qui achemine l'échantillon jusqu'à l'élément suivant du système de prélèvement;

27) par «intervalle d'essai», on entend un intervalle de temps pendant lequel sont déterminées les émissions spécifiques au frein;

28) par «gaz de réglage du zéro», on entend un gaz donnant une réponse de zéro dans un analyseur;

29) par «réglage du zéro», on entend 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;

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

31) par «cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins mobiles non routiers à régime constant» («cycle NRSC à régime constant»), on entend l'un des cycles d'essai en conditions stationnaires pour engins mobiles non routiers suivants, définis dans l'annexe IV du règlement (UE) 2016/1628: D2, E2, G1, G2 ou G3;

32) par «mise à jour/enregistrement», on entend la fréquence avec laquelle l'analyseur fournit des valeurs nouvelles, du moment;

33) par «gaz d'étalonnage», on entend un mélange de gaz purifiés utilisé pour étalonner les analyseurs de gaz;

34) par «stoechiométrique», on entend 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;

35) par «support de prélèvement», on entend un filtre à particules, un sac-échantillon, un dispositif de stockage ou tout autre moyen de stockage utilisé pour le prélèvement par lots;

36) par «dilution du flux total», on entend 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;

37) par «tolérance», on entend 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;

▼B

38) par «mode service», on entend un mode spécial de fonctionnement des moteurs à double carburant qui est activé à des fins de réparation ou pour garer l'engin mobile non routier à un endroit sûr lorsque le fonctionnement en mode double carburant n'est pas possible.

Article 2

Prescriptions applicables à tout autre carburant, mélange de carburants ou émulsion de carburants spécifié

Les carburants de référence et autres carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants spécifiés inclus par un constructeur dans une demande de réception UE par type comme indiqué à l'article 25, paragraphe 2, du règlement (UE) 2016/1628 sont conformes aux caractéristiques techniques et sont décrits dans le dossier constructeur comme indiqué dans l'annexe I du présent règlement.

Article 3

Modalités en matière de conformité de la production

Afin de s'assurer que les moteurs en production sont conformes au type réceptionné conformément à l'article 26, paragraphe 1, du règlement (UE) 2016/1628, les autorités compétentes prennent les mesures et suivent les procédures indiquées dans l'annexe II du présent règlement.

▼M2

Article 4

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

Les résultats des essais d'émissions en laboratoire sont adaptés de façon à inclure les facteurs de détérioration, y compris ceux qui concernent la mesure du nombre de particules (PN) et les moteurs fonctionnant au gaz, visés à l'article 25, paragraphe 1, point c), du règlement (UE) 2016/1628, conformément à la méthodologie définie dans l'annexe III du présent règlement.

▼B

Article 5

Prescriptions relatives aux stratégies de limitation des émissions, aux mesures de maîtrise des NO_x et aux mesures de maîtrise des émissions de particules

Les mesures et essais en ce qui concerne les stratégies de limitation des émissions visées à l'article 25, paragraphe 3, point f) i), du règlement (UE) 2016/1628 et les mesures de maîtrise des NO_x visées à l'article 25, paragraphe 3, point f) ii) dudit règlement et les mesures de maîtrise des émissions de particules polluantes, ainsi que les documents requis pour les démontrer, sont effectués conformément aux prescriptions techniques énoncées dans l'annexe IV du présent règlement.

▼B

Article 6

Mesures et essais en ce qui concerne la plage associée au cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins non routiers

Les mesures et essais en ce qui concerne la plage à visée l'article 25, paragraphe 3, point f) iii), du règlement (UE) 2016/1628 sont effectués conformément aux prescriptions techniques détaillées énoncées dans l'annexe V du présent règlement.

Article 7

Conditions et méthodes pour la conduite des essais

Les conditions de déroulement des essais visés à l'article 25, paragraphe 3, points a) et b), du règlement (UE) 2016/1628, les méthodes de détermination des réglages de charge et de régime du moteur visées à l'article 24 dudit règlement, les méthodes de prise en compte des émissions de gaz de carter visées à l'article 25, paragraphe 3, point e) i), dudit règlement et les méthodes de détermination et de prise en compte de la régénération continue ou périodique des systèmes de post-traitement des gaz d'échappement visées à l'article 25, paragraphe 3, point e) ii), dudit règlement satisfont aux prescriptions énoncées dans les sections 5 et 6 de l'annexe VI du présent règlement.

Article 8

Procédures à suivre pour la conduite des essais

Les essais visés aux points a) et f) iv) de l'article 25, paragraphe 3, du règlement (UE) 2016/1628 sont réalisés conformément aux procédures définies dans la section 7 de l'annexe VI et dans l'annexe VIII du présent règlement.

Article 9

Procédures à suivre pour la mesure des émissions et l'échantillonnage

La mesure des émissions et l'échantillonnage visés à l'article 25, paragraphe 3, point b), du règlement (UE) 2016/1628, sont menés en conformité avec les procédures définies dans la section 8 de l'annexe VI du présent règlement et dans l'appendice 1 de ladite annexe.

Article 10

Appareillage pour la réalisation des essais et pour la mesure des émissions et l'échantillonnage

Les appareils pour la réalisation des essais visés à l'article 25, paragraphe 3, point a), du règlement (UE) 2016/1628 et pour la mesure des émissions et l'échantillonnage visés à l'article 25, paragraphe 3, point b), dudit règlement sont conformes aux prescriptions et caractéristiques techniques indiquées dans la section 9 de l'annexe VI du présent règlement.

▼B

Article 11

Méthodes d'évaluation des données et de calcul

Les données visées à l'article 25, paragraphe 3, point c), du règlement (UE) 2016/1628 sont évaluées et calculées conformément à la méthode indiquée dans l'annexe VII du présent règlement.

Article 12

Caractéristiques techniques des carburants de référence

Les carburants de référence visés à l'article 25, paragraphe 2, du règlement (UE) 2016/1628 doivent répondre aux caractéristiques techniques indiquées dans l'annexe IX du présent règlement.

Article 13

Spécifications techniques détaillées et conditions pour la livraison d'un moteur séparément de son système de post-traitement des gaz d'échappement

Lorsqu'un constructeur livre un moteur séparément de son système de post-traitement des gaz d'échappement à un fabricant d'équipements d'origine («FEO») dans l'Union, comme le prévoit l'article 34, paragraphe 3, du règlement (UE) 2016/1628, cette livraison doit respecter les spécifications techniques détaillées et conditions indiquées dans l'annexe X du présent règlement.

Article 14

Spécifications techniques détaillées et conditions pour la mise temporaire sur le marché pour les besoins d'essais sur le terrain

La mise temporaire sur le marché de moteurs qui n'ont pas fait l'objet d'une réception UE par type conformément au règlement (UE) 2016/1628 est autorisée, conformément à l'article 34, paragraphe 4, dudit règlement, pour les besoins d'essais sur le terrain si lesdits moteurs répondent aux spécifications techniques détaillées et conditions indiquées dans l'annexe XI du présent règlement.

Article 15

Spécifications techniques détaillées et conditions pour les moteurs à usage spécial

Les réceptions UE par type pour les moteurs à usage spécial et les autorisations de mise sur le marché de ces moteurs sont accordées conformément à l'article 34, paragraphes 5, et 6, du règlement (UE) 2016/1628 si lesdits moteurs répondent aux spécifications techniques détaillées et conditions indiquées dans l'annexe XII du présent règlement.

Article 16

Acceptation de réceptions par type de moteurs équivalentes

Les règlements de la CEE-ONU ou leurs amendements, visés à l'article 42, paragraphe 4, point a), du règlement (UE) 2016/1628 et les actes de l'Union visés à l'article 42, paragraphe 4, point b), dudit règlement sont énumérés dans l'annexe XIII du présent règlement.

▼B

Article 17

Détail des informations et instructions pertinentes destinées aux FEO

Le détail des informations et instructions destinées aux FEO visées à l'article 43, paragraphes 2, 3 et 4, du règlement (UE) 2016/1628 figure dans l'annexe XIV du présent règlement.

Article 18

Détail des informations et instructions pertinentes destinées aux utilisateurs finals

Le détail des informations et instructions destinées aux utilisateurs finals visées à l'article 43, paragraphes 3 et 4, du règlement (UE) 2016/1628 figure dans l'annexe XV du présent règlement.

Article 19

Normes de performance et évaluation des services techniques

1. Les services techniques se conforment aux normes de performance énoncées dans l'annexe XVI.

2. Les autorités compétentes en matière de réception évaluent les services techniques conformément à la procédure indiquée dans l'annexe XVI du présent règlement.

Article 20

Caractéristiques des cycles d'essai en conditions stationnaires et transitoires

Les cycles d'essai en conditions stationnaires et transitoires visés à l'article 24 du règlement (UE) 2016/1628 doivent répondre aux caractéristiques indiquées dans l'annexe XVII du présent règlement.

▼M2

Article 20 bis

Dispositions transitoires

1. Sans préjudice de l'application des dispositions du présent règlement, tel que modifié par le règlement délégué (UE) 2018/989 de la Commission, les autorités compétentes en matière de réception continuent également, jusqu'au 31 décembre 2018, d'accorder des réceptions UE par type à des types de moteurs ou à des familles de moteurs conformément au présent règlement, dans sa version applicable le 6 août 2018.

2. Sans préjudice de l'application des dispositions du présent règlement, tel que modifié par le règlement délégué (UE) 2018/989 de la Commission, les États membres autorisent également, jusqu'au 30 juin 2019, la mise sur le marché de moteurs basés sur un type de moteurs réceptionné conformément au présent règlement, dans sa version applicable le 6 août 2018.

▼M3

3. Les réceptions UE par type d'un type de moteurs ou d'une famille de moteurs réceptionné conformément au règlement délégué (UE) 2017/654 avant le 24 août 2021 restent valables.

▼B

Article 21

Entrée en vigueur et application

Le présent règlement entre en vigueur le vingtième jour suivant celui de sa publication au *Journal officiel de l'Union européenne*.

Le présent règlement est obligatoire dans tous ses éléments et directement applicable dans tout État membre.

▼B

ANNEXES

Annexe numéro	Titre	Page
I	Prescriptions relatives aux autres carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants spécifiés	
II	Dispositions relatives à la conformité de la production	
III	Méthodologie pour l'adaptation des résultats des essais d'émissions en laboratoire afin d'inclure les facteurs de détérioration	
IV	Prescriptions relatives aux stratégies de limitation des émissions, aux mesures de maîtrise des émissions de NO_x et aux mesures de maîtrise des émissions de particules	
V	Mesures et essais en ce qui concerne la plage associée au cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins non routiers	
VI	Conditions, méthodes, procédures et appareillage pour la conduite des essais et pour la mesure et le prélèvement des émissions	
VII	Méthode d'évaluation des données et de calcul	
VIII	Prescriptions de performances et procédures d'essai pour les moteurs à double carburant	
IX	Caractéristiques techniques des carburants de référence	
X	Spécifications techniques détaillées et conditions pour la livraison d'un moteur séparément de son système de post-traitement des gaz d'échappement	
XI	Spécifications techniques détaillées et conditions pour la mise temporaire sur le marché pour les besoins d'essais sur le terrain	
XII	Spécifications techniques détaillées et conditions pour les moteurs à usage spécial	
XIII	Acceptation de réceptions par type de moteur équivalentes	
XIV	Détail des informations et instructions pertinentes à l'intention des FEO	
XV	Détail des informations et instructions pertinentes à l'intention des utilisateurs finals	
XVI	Normes de performances et évaluation des services techniques	
XVII	Caractéristiques des cycles d'essai en conditions stationnaires et transitoires	

▼B

ANNEXE I

Prescriptions relatives aux autres carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants spécifiés

1. **Prescriptions applicables aux moteurs alimentés avec des carburants liquides**

1.1. Lorsqu'ils demandent une réception UE par type, les constructeurs peuvent sélectionner l'une des options suivantes en ce qui concerne la gamme de carburants du moteur:

a) moteur à gamme de carburants standard conformément aux prescriptions énoncées au point 1.2; ou

b) moteur à carburant spécifique, conformément aux prescriptions énoncées au point 1.3.

1.2. Prescriptions applicables aux moteurs à gamme de carburants standard (gazole, essence)

Un moteur à gamme de carburant standard doit satisfaire aux prescriptions des points 1.2.1 à 1.2.4.

1.2.1. Le moteur de base doit respecter les valeurs limites applicables énoncées dans l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628 et les prescriptions énoncées dans le présent règlement lorsque le moteur fonctionne avec les carburants de référence spécifiés dans les sections 1.1 ou 2.1 de l'annexe IX.

▼M2

1.2.2. En l'absence d'une norme du Comité européen de normalisation («norme CEN») pour le gasoil non routier ou d'un tableau des propriétés du carburant pour le gasoil non routier dans la directive 98/70/CE du Parlement européen et du Conseil ([1]), le carburant de référence diesel (gasoil non routier) de l'annexe IX représente les gasoils 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 («EMAG») ne dépasse pas 8,0 % v/v. Excepté dans les cas permis conformément aux points 1.2.2.1, 1.2.3 et 1.2.4, le constructeur fait une déclaration correspondante aux utilisateurs finals conformément aux prescriptions de l'annexe XV, selon laquelle le fonctionnement du moteur avec du gasoil 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 EMAG n'excède pas 8,0 % v/v. Le constructeur peut également spécifier d'autres paramètres (par exemple, concernant la lubrifiance).

▼B

1.2.2.1. ►M2 Le constructeur du moteur ne doit indiquer à aucun moment qu'un type ou une famille de moteurs peut être utilisé dans l'Union avec des carburants du commerce autres que ceux qui satisfont aux prescriptions du présent point, à moins que le constructeur ne se conforme, en outre, à la prescription du point 1.2.3. ◄

a) Dans le cas de l'essence, la directive 98/70/CE ou la norme CEN EN 228:2012. Huiles lubrifiantes peuvent être ajoutées conformément aux spécifications du constructeur;

b) dans le cas du carburant diesel (autre que le gasoil non routier), la directive 98/70/CE du Parlement européen et du Conseil ou la norme CEN EN 590:2013;

([1]) Directive 98/70/CE du Parlement européen et du Conseil du 13 octobre 1998 concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel et modifiant la directive 93/12/CEE du Conseil (JO L 350 du 28.12.1998, p. 58).

▼M2

c) dans le cas du carburant diesel (gasoil non routier), la directive 98/70/CE ainsi qu'un indice cétane égal ou supérieur à 45 et une teneur en EMAG égale ou inférieure à 8,0 % v/v.

▼B

1.2.3. Si le constructeur permet que ses moteurs fonctionnent avec d'autres carburants du marché que ceux identifiés au point 1.2.2, tels que B100 (EN 14214:2012+A1:2014), B20 ou B30 (EN16709:2015), ou avec des carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants spécifiques, le constructeur doit également, en plus des prescriptions du point 1.2.2.1, prendre l'ensemble des mesures suivantes:

a) déclarer, dans la fiche de renseignements définie dans le règlement d'exécution (UE) 2017/656 de la Commission ([1]), les spécifications des carburants du commerce, mélanges de carburants ou émulsions de carburants 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 en ce qui concerne les carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants déclarés;

c) satisfaire aux prescriptions en matière de surveillance en service spécifiées dans le règlement délégué (UE) 2017/655 de la Commission ([2]) 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 applicable identifié au point 1.2.2.1.

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. Le pourcentage d'huile dans le mélange carburant/lubrifiant doit être consigné sur la fiche de renseignements définie dans le règlement d'exécution (UE) 2017/656.

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 spécifiées aux points 1.3.1 et 1.3.2.

1.3.1. En ce qui concerne le carburant ED 95, le moteur de base doit respecter les valeurs limites applicables énoncées dans l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628 et les prescriptions énoncées dans le présent règlement lorsque le moteur fonctionne avec le carburant de référence spécifié au point 1.2 de l'annexe IX.

1.3.2. En ce qui concerne le carburant E 85, le moteur de base doit respecter les valeurs limites applicables énoncées dans l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628 et les prescriptions énoncées dans le présent règlement lorsque le moteur fonctionne avec le carburant de référence spécifié au point 2.2 de l'annexe IX.

([1]) Règlement d'exécution (UE) 2017/656 de la Commission du 19 décembre 2016 établissant les prescriptions administratives relatives aux limites d'émissions et à la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers conformément au règlement (UE) 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil (voir page 364 du présent Journal officiel).

([2]) Règlement délégué (UE) 2017/655 de la Commission du 19 décembre 2016 complétant le règlement (UE) 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne la surveillance des émissions de gaz polluants des moteurs à combustion interne en service installés sur des engins mobiles non routiers (voir page 334 du présent Journal officiel).

▼B

2. **Prescriptions applicables aux moteurs alimentés avec du gaz naturel/biométhane (GN) ou du gaz de pétrole liquéfié (GPL), y compris les moteurs à double carburant [dual-fuel]**

2.1. Lorsqu'ils demandent une réception UE par type, les constructeurs peuvent sélectionner 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 point 2.3;

b) moteur à gamme de carburants restreinte conformément aux prescriptions énoncées au point 2.4;

c) moteur à carburant spécifique, conformément aux prescriptions énoncées au point 2.5.

2.2. Des tableaux récapitulatifs des prescriptions pour la réception UE par type des moteurs alimentés au gaz naturel/biométhane, des moteurs alimentés au GPL et des moteurs à double carburant [dual-fuel] sont fournis dans l'appendice 1.

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

2.3.1. Dans le cas des moteurs alimentés au gaz naturel/biométhane, y compris les moteurs à double carburant [dual-fuel], le constructeur doit apporter la preuve que le moteur de base peut s'adapter à toutes les compositions de gaz naturel/biométhane qui peuvent se trouver sur le marché. Cette preuve doit être apportée conformément à la présente section 2 et, dans le cas des moteurs à double carburant [dual-fuel], également conformément aux dispositions supplémentaires relatives à la procédure d'adaptation visées au point 6.4 de l'annexe VIII.

2.3.1.1. Dans le cas des moteurs alimentés au gaz naturel/biométhane comprimé (GNC), 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_λ). 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_λ.

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 IX, ou avec des carburants équivalents créés en utilisant des apports de gaz de gazoduc avec d'autres gaz, comme spécifié dans l'appendice 1 de l'annexe IX, 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 pré-conditionnement pour l'essai d'émissions suivant, conformément au cycle d'essai respectif. Dans le cas de moteurs soumis à l'essai sur les cycles NRSC (cycles d'essai en conditions stationnaires pour engins non routiers), lorsque le cycle de pré-conditionnement est inadéquat pour permettre l'auto-adaptation de l'alimentation du moteur, un autre cycle d'adaptation spécifié par le constructeur peut être accompli avant le pré-conditionnement du moteur.

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_λ) se situe 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.

▼B

2.3.1.2. Dans le cas des moteurs alimentés au gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié (GNL), 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 dans l'annexe IX, ou avec des carburants équivalents créés en utilisant des apports de gaz de gazoduc avec d'autres gaz, comme spécifié dans l'appendice 1 de l'annexe IX, 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 pré-conditionnement pour l'essai d'émissions suivant, conformément au cycle d'essai respectif. Dans le cas de moteurs soumis à l'essai sur le cycle NRSC, lorsque le cycle de pré-conditionnement est inadéquat pour permettre l'auto-adaptation de l'alimentation du moteur, un autre cycle d'adaptation spécifié par le constructeur peut être accompli avant le pré-conditionnement du moteur.

2.3.2. Dans le cas des moteurs alimentés au gaz naturel/biométhane comprimé (GNC) capables de s'adapter automatiquement à la gamme des gaz H d'une part, mais aussi à la gamme des gaz L d'autre part, et qui passe 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 spécifié dans l'annexe IX 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 créés en utilisant des apports de gaz de gazoduc avec d'autres gaz, comme spécifié dans l'appendice 1 de l'annexe IX. 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 pré-conditionnement pour l'essai d'émissions suivant, conformément au cycle d'essai respectif. Dans le cas de moteurs soumis à l'essai sur le cycle NRSC, lorsque le cycle de pré-conditionnement est inadéquat pour permettre l'auto-adaptation de l'alimentation du moteur, un autre cycle d'adaptation spécifié par le constructeur peut être accompli avant le pré-conditionnement du moteur.

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_λ) se situe 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.

2.3.3. Dans le cas des moteurs alimentés au 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

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

▼B

2.3.4. Dans le cas des moteurs alimentés au GPL, le constructeur doit démontrer la capacité des moteurs parents de s'adapter à toute composition du carburant pouvant se trouver sur le marché.

Pour ce gaz, il existe des variations de la composition C_3/C_4. La composition des carburants de référence reflète les variations de ce paramètre. 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 dans l'annexe IX, 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 pré-conditionnement pour l'essai d'émissions suivant, conformément au cycle d'essai respectif. Dans le cas de moteurs soumis à l'essai sur le cycle NRSC, lorsque le cycle de pré-conditionnement est inadéquat pour permettre l'auto-adaptation de l'alimentation du moteur, un autre cycle d'adaptation spécifié par le constructeur peut être accompli avant le pré-conditionnement du moteur.

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

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

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 points 2.4.1 à 2.4.3.

2.4.1. Moteurs alimentés au GNC et conçus pour fonctionner avec soit les gaz de la gamme H, soit les gaz de la gamme L

2.4.1.1. Le moteur parent doit être soumis à l'essai avec le carburant de référence pertinent, comme spécifié dans l'annexe IX 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 créés en utilisant des apports de gaz de gazoduc avec d'autres gaz, comme spécifié dans l'appendice 1 de l'annexe IX. 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 pré-conditionnement pour l'essai d'émissions suivant, conformément au cycle d'essai respectif. Dans le cas de moteurs soumis à l'essai sur le cycle NRSC, lorsque le cycle de pré-conditionnement est inadéquat pour permettre l'auto-adaptation de l'alimentation du moteur, un autre cycle d'adaptation spécifié par le constructeur peut être accompli avant le pré-conditionnement du moteur.

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_λ) se situe 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.

▼B

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

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

▼M2

_____

▼B

2.4.2. Moteurs alimentés au gaz naturel ou au GPL et conçu pour fonctionner avec une composition de carburant spécifique

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 créés en utilisant des apports de gaz de gazoduc avec d'autres gaz comme spécifié dans l'appendice 1 de l'annexe IX dans le cas du GNC, avec les carburants de référence G_R et G_{20} ou avec les carburants équivalents créés en utilisant des apports de gaz de gazoduc avec d'autres gaz comme spécifié dans l'appendice 2 de l'annexe VI dans le cas du GNL ou avec les carburants de référence A et B dans le cas du GPL, comme spécifié dans l'annexe IX. Un réglage précis du système d'alimentation est autorisé entre les essais. Celui-ci consiste en un ré-étalonnage 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.

2.4.2.2. Dans le cas du GNC, à la demande du constructeur, le moteur peut être 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 créés en utilisant des apports de gaz de gazoduc avec d'autres gaz, comme spécifié dans l'appendice 1 de l'annexe IX, auquel cas la réception par type n'est valable que pour les gaz de la gamme H ou de la gamme L, respectivement.

2.4.2.3. À la livraison au client, le moteur doit porter une étiquette sur le modèle spécifié dans l'annexe III du règlement d'exécution (UE) 2017/656, indiquant la gamme de carburants pour laquelle il a été réglé.

2.5. Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à carburant spécifique alimenté en gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié (GNL)

Un moteur à carburant spécifique alimenté au gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié doit satisfaire aux prescriptions des points 2.5.1 à 2.5.2.

2.5.1. Moteur à carburant spécifique alimenté au gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié (GNL)

▼B

2.5.1.1. Le moteur doit être réglé pour une composition de gaz GNL spécifique dont le facteur de recalage ne diffère pas de plus de 3 % du facteur de recalage du carburant G_{20} spécifié dans l'annexe IX et dont la teneur en éthane ne dépasse pas 1,5 %.

2.5.1.2. Si les prescriptions énoncées au point 2.5.1.1 ne sont pas respectées, le constructeur doit demander une réception par type pour moteur à carburant universel conformément aux spécifications du point 2.1.3.2.

▼M2

2.5.2. Moteur à double carburant spécifique alimenté au gaz naturel liquéfié (GNL)

▼B

2.5.2.1. Dans le cas d'une famille de moteurs à double carburant [dual-fuel] dont les moteurs sont réglés pour une composition spécifique de gaz GNL dont le facteur de recalage ne diffère pas de plus de 3 % du facteur de recalage du carburant G_{20} spécifié dans l'annexe IX 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 créé en utilisant un apport de gaz de gazoduc avec d'autres gaz comme spécifié dans l'appendice 1 de l'annexe IX.

2.6. Réception UE par type d'un membre d'une famille

2.6.1. À l'exception du cas mentionné au point 2.6.2, la réception par type d'un moteur de base est étendue à tous les membres de la 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 réception UE par type (dans le cas des moteurs décrits au point 2.5) ou à la même gamme de carburants (dans le cas des moteurs décrits soit au point 2.3, soit au point 2.4) pour laquelle le moteur de base a fait l'objet d'une réception UE par type.

▼M3

2.6.2. Si l'autorité compétente en matière de réception détermine que, pour ce qui concerne le moteur de base sélectionné, la demande soumise ne représente pas entièrement la famille de moteurs définie dans l'annexe IX du règlement d'exécution (UE) 2017/656, un autre moteur et, si nécessaire, un moteur d'essai de référence supplémentaire peuvent être sélectionnés par l'autorité compétente en matière de réception et soumis à l'essai.

▼B

2.7. Prescriptions supplémentaires pour les moteurs à double carburant [dual-fuel]

Pour obtenir la réception UE par type d'un moteur ou d'une famille de moteurs à double carburant [dual-fuel], le constructeur doit:

a) réaliser les essais conformément au tableau 1.3 de l'appendice 1;

b) en plus des prescriptions de la section 2, démontrer que les moteurs à double carburant [dual-fuel] ont été soumis aux essais et sont conformes aux prescriptions indiquées dans l'annexe VIII.

▼B

Appendice 1

Synthèse du processus de réception par type pour les moteurs alimentés au gaz naturel et au GPL, y compris les moteurs à double carburant [dual-fuel]

Les tableaux 1.1 à 1.3 présentent une synthèse du processus de réception pour les moteurs alimentés au gaz naturel et les moteurs alimentés au GPL ainsi que du nombre minimal d'essais requis pour la réception des moteurs à double carburant [dual-fuel].

Tableau 1.1

Réception UE par type de moteurs alimentés au gaz naturel

	Point 2.3: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants universelle	Nombre de cycles d'essai	Calcul de «r»	Point 2.4: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants restreinte	Nombre de cycles d'essai	Calcul de «r»
Voir point 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_λ = 0,89 – 1,19	2 (max. 3)	$r = \frac{\text{carburant 2}(G_{25})}{\text{carburant 1}(G_R)}$ et, si le moteur est soumis à l'essai avec un carburant supplémentaire; $r_a = \frac{\text{carburant 2}(G_{25})}{\text{carburant 3(carburant du marché)}}$ et $r_b = \frac{\text{carburant 1}(G_R)}{\text{carburant 3}(G_{23} \text{ ou carburant du marché})}$			
Voir point 2.3.2. Moteur fonctionnant au gaz naturel qui est auto-adaptable au moyen d'un commutateur	G_R (1) et G_{23} (3) pour 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_λ = 0,89 – 1,19	2 pour la gamme H et 2 pour la gamme L; à la position respective du commutateur	$r_b = \frac{\text{carburant 1}(G_R)}{\text{carburant 3}(G_{23} \text{ ou carburant du marché})}$ et $r_a = \frac{\text{carburant 2}(G_{25})}{\text{carburant 3}(G_{23} \text{ ou carburant du marché})}$			
Voir point 2.4.1. Moteur alimenté au GN 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 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_λ = 0,89 – 1,19	2 pour la gamme H ou 2 pour la gamme L 2	$r_b = \frac{\text{carburant 1}(G_R)}{\text{carburant 3}(G_{23} \text{ ou carburant du marché})}$ pour la gamme H ou $r_a = \frac{\text{carburant 2}(G_{25})}{\text{carburant 3}(G_{23} \text{ ou carburant du marché})}$ pour la gamme L

▼B

	Point 2.3: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants universelle	Nombre de cycles d'essai	Calcul de «r»	Point 2.4: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants restreinte	Nombre de cycles d'essai	Calcul de «r»
Voir point 2.4.2. Moteur alimenté au gaz naturel configuré pour fonctionner avec une composition de carburant spécifique				G_R (1) et G_{25} (2). Un réglage précis entre les essais est autorisé. 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 2 pour la gamme H ou 2 pour la gamme L	

Tableau 1.2

Réception UE par type de moteurs alimentés au GPL

	Point 2.3: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants universelle	Nombre de cycles d'essai	Calcul de «r»	Point 2.4: Prescriptions applicables dans le cas d'un moteur à gamme de carburants restreinte	Nombre de cycles d'essai	Calcul de «r»
Voir point 2.3.4. Moteur fonctionnant au GPL adaptable à toute composition du carburant	Carburant A et carburant B	2	$r = \frac{\text{carburant B}}{\text{carburant A}}$			
Voir point 2.4.2. Moteur alimenté 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 1.3

Nombre minimal d'essais requis pour la réception UE par type de moteurs à double carburant [dual-fuel]

Type de double carburant	Mode carburant liquide	Mode double carburant			
		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)

▼B

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

▼B

ANNEXE II

Dispositions relatives à la conformité de la production

1. **Définitions**

Les définitions suivantes s'appliquent aux fins de la présente annexe:

1.1. par «système de gestion de la qualité», on entend un ensemble d'éléments en corrélation ou en interaction utilisé par des organismes pour orienter et contrôler la mise en œuvre des politiques de qualité et la réalisation des objectifs en la matière;

1.2. par «vérification», on entend un processus de collecte d'éléments de preuve utilisé pour évaluer, de manière objective, impartiale et indépendante, la bonne application des critères de vérification ainsi que leur bonne gestion dans le cadre d'un processus de vérification systématique et documenté;

1.3. par «mesures correctives», on entend un processus de résolution des problèmes composé d'étapes successives visant à éliminer les causes d'un défaut de conformité ou d'une situation indésirable et à éviter toute récurrence.

2. **Objet**

2.1. Les dispositions en matière de conformité de la production visent à assurer que chaque moteur est conforme aux spécifications, performances et prescriptions de marquage du type ou de la famille de moteurs réceptionné.

2.2. Les procédures comportent deux opérations indissociables l'une de l'autre, à savoir l'évaluation des systèmes de gestion de la qualité, ci-après dénommée «évaluation initiale» et détaillée au point 3, ainsi que la vérification de l'objet de la réception et des contrôles liés à la production, ci-après dénommée «dispositions en matière de conformité des produits» et détaillée au point 4.

3. **Évaluation initiale**

3.1. Avant d'accorder la réception UE par type, l'autorité compétente en matière de réception s'assure de l'existence de mesures et de procédures satisfaisantes mises en place par le constructeur pour garantir un contrôle effectif, de façon à ce que les moteurs, une fois en production, soient conformes au type ou à la famille de moteurs réceptionné.

3.2. Les lignes directrices pour l'audit des systèmes de management de la qualité et/ou de management environnemental énoncées dans la norme EN ISO 19011:2011 s'appliquent à l'évaluation initiale.

3.3. Ladite autorité doit être satisfaite de l'évaluation initiale et des dispositions en matière de conformité de la production visées au point 4, compte tenu, le cas échéant, de l'une des dispositions visées aux points 3.3.1 à 3.3.3 ou, s'il y a lieu, d'une combinaison de tout ou partie de ces dispositions.

3.3.1. L'évaluation initiale et/ou la vérification des dispositions en matière de conformité des produits sont effectuées par l'autorité compétente en matière de réception délivrant la réception ou par un organisme désigné agissant au nom de celle-ci.

3.3.1.1. Pour décider de la portée de l'évaluation initiale, l'autorité compétente en matière de réception peut tenir compte des informations disponibles concernant la certification du constructeur qui n'a pas été acceptée au titre du point 3.3.3.

▼M2

3.3.2. L'évaluation initiale et la vérification des dispositions en matière de conformité des produits peuvent également être effectuées en coopération avec l'autorité compétente en matière de réception d'un autre État membre ou avec l'organisme désigné à cet effet par ladite autorité.

▼B

3.3.2.1. Dans un tel cas, l'autorité compétente en matière de réception de l'autre État membre établit une déclaration de conformité indiquant les domaines et les sites de production couverts qu'elle estime intéresser les véhicules, systèmes, composants ou entités techniques distinctes soumis à la réception UE par type.

3.3.2.2. Dès qu'elle reçoit une demande de déclaration de conformité de l'autorité compétente d'un État membre délivrant la réception UE par type, l'autorité compétente en matière de réception de l'autre État membre envoie la déclaration de conformité ou fait savoir qu'elle n'est pas en situation d'établir une telle déclaration.

3.3.2.3. Sur la déclaration de conformité doivent figurer au moins les renseignements suivants:

3.3.2.3.1. groupe ou société (par exemple, XYZ Automobiles);

3.3.2.3.2. organisation particulière (par exemple, Division Europe);

3.3.2.3.3. usines/ateliers [par exemple, atelier moteurs 1 (Royaume-Uni); ateliers véhicules 2 (Allemagne)];

3.3.2.3.4. Types/familles de moteurs inclus;

3.3.2.3.5. domaines évalués (par exemple, assemblage du moteur, essai du moteur, fabrication après traitement);

3.3.2.3.6. documents examinés (par exemple, manuel et procédures d'assurance de la qualité de la société et de l'usine);

3.3.2.3.7. date de l'évaluation (par exemple, évaluation réalisée du 18 au 30 mai 2013);

3.3.2.3.8. visite d'inspection prévue (par exemple, octobre 2014).

3.3.3. L'autorité compétente en matière de réception accepte également la certification adéquate du constructeur conformément à la norme harmonisée EN ISO 9001:2008 ou à une norme harmonisée équivalente comme satisfaisant aux prescriptions relatives à l'évaluation initiale visées au point 3.3. Le constructeur fournit toutes les informations nécessaires sur la certification et s'engage à informer l'autorité compétente en matière de réception de toute modification de la validité ou du champ de cette certification.

4. **Dispositions en matière de conformité des produits**

4.1. Chaque moteur ayant fait l'objet d'une réception UE par type au titre du règlement (UE) 2016/1628, du présent règlement délégué, du règlement délégué (UE) 2017/655 et du règlement d'exécution (UE) 2017/656 doit être construit de manière à être conforme au type ou à la famille de moteurs réceptionné en satisfaisant aux prescriptions de la présente annexe, du règlement (UE) 2016/1628, des règlements délégués et du règlement d'exécution susmentionnés.

4.2. Avant de délivrer une réception UE par type en vertu du règlement (UE) 2016/1628 et des actes délégués et d'exécution adoptés au titre dudit règlement, l'autorité compétente en matière de réception s'assure de l'existence de dispositions adéquates et de plans de contrôle documentés, à convenir avec le constructeur pour chaque réception, en vue de l'exécution, à intervalles précis, des essais ou des contrôles associés permettant de vérifier la continuité de la conformité au type ou à la famille de moteurs réceptionné, y compris, le cas échéant, les essais prévus dans le règlement (UE) 2016/1628 et les actes délégués et d'exécution adoptés au titre dudit règlement.

▼B

4.3. Le détenteur d'une réception UE par type doit remplir les conditions suivantes:

4.3.1. il s'assure de l'existence et de l'application de procédures permettant un contrôle effectif de la conformité des moteurs au type ou à la famille de moteurs réceptionné;

4.3.2. il a accès aux équipements d'essai ou aux autres équipements appropriés nécessaires pour vérifier la conformité à chaque type ou famille de moteurs réceptionné;

4.3.3. il s'assure que les résultats des essais ou des contrôles sont enregistrés et que les documents annexés demeurent disponibles pendant un délai maximal de 10 ans, à fixer d'un commun accord avec l'autorité compétente en matière de réception;

4.3.4. pour les catégories de moteurs NRSh et NRS, à l'exception des types NRS-v-2b et NRS-v-3, il veille à ce que, pour chaque type de moteurs, soient effectués au moins les contrôles et essais prescrits dans le règlement (UE) 2016/1628 et les actes délégués et d'exécution adoptés au titre dudit règlement. Pour les autres catégories, des essais au niveau d'un composant ou ensemble par rapport à un critère particulier peuvent être convenus entre le constructeur et l'autorité compétente en matière de réception;

4.3.5. il analyse les résultats de chaque type d'essai ou de contrôle, afin de vérifier et d'assurer la stabilité des caractéristiques du produit, moyennant certaines tolérances inhérentes à la production industrielle;

4.3.6. il fait en sorte que tout ensemble d'échantillons ou de pièces d'essai se révélant non conformes au terme du type d'essai en question donne lieu à un nouvel échantillonnage et à de nouveaux essais ou contrôles.

4.4. Si les résultats de la vérification ou du contrôle ultérieur visés au point 4.3.6 ne sont pas satisfaisant de l'avis de l'autorité compétente en matière de réception, le constructeur fait en sorte que la conformité de la production soit rétablie dès que possible en mettant en œuvre des mesures correctives à la satisfaction de l'autorité compétente en matière de réception.

5. **Dispositions en matière de vérification permanente**

5.1. L'autorité qui a délivré la réception UE par type peut, à tout moment, vérifier les méthodes de contrôle de conformité de la production appliquées dans chaque établissement de production par des évaluations périodiques. À cet effet, le constructeur autorise l'accès aux sites de fabrication, d'inspection, d'essai, de stockage et de distribution et fournit toutes les informations requises en ce qui concerne la documentation et les archives relatives au système de gestion de la qualité.

5.1.1. La méthode normale applicable à ces vérifications périodiques vise à vérifier l'efficacité permanente des procédures établies aux points 3 et 4 (évaluation initiale et dispositions en matière de conformité des produits).

5.1.1.1. Les activités de surveillance menées par les services techniques (qualifiés ou reconnus suivant les modalités visées au point 3.3.3) sont considérées comme satisfaisant aux prescriptions du point 5.1.1 en ce qui concerne les procédures établies lors de l'évaluation initiale.

▼B

5.1.1.2. La fréquence normale des vérifications (autres que celles visées au point 5.1.1.1) pour garantir que les contrôles de conformité de la production effectués en vertu des points 3 et 4 sont revus sur une période adaptée au climat de confiance établi par l'autorité compétente en matière de réception est d'au moins une fois tous les deux ans. Toutefois, des vérifications supplémentaires seront effectuées par l'autorité compétente en matière de réception en fonction de la production annuelle, des résultats des évaluations antérieures, de la nécessité de surveiller les mesures correctives ou d'une demande fondée d'une autre autorité compétente en matière de réception ou autorité de surveillance du marché.

5.2. Lors de toute visite de surveillance, les registres d'essais et de contrôles et les registres de production, notamment ceux enregistrant les essais ou contrôles documentés requis au point 4.2, sont mis à la disposition de l'inspecteur.

5.3. L'inspecteur peut choisir des échantillons de façon aléatoire à des fins d'essai dans le laboratoire du constructeur ou dans les installations du service technique, auquel cas seuls des essais physiques sont effectués. Le nombre minimal d'échantillons peut être déterminé en fonction des résultats de la vérification opérée par le constructeur lui-même.

5.4. Lorsque le niveau de contrôle apparaît insuffisant, ou lorsqu'il semble nécessaire de vérifier la validité des essais effectués conformément au point 5.2, ou sur demande fondée d'une autre autorité compétente en matière de réception ou autorité de surveillance du marché, l'inspecteur choisit des échantillons qui seront testés dans le laboratoire du constructeur ou envoyés au service technique afin d'être soumis à des essais physiques conformément aux prescriptions énoncées dans la section 6 du règlement (UE) 2016/1628 et dans les actes délégués et d'exécution adoptés en vertu de ce règlement.

5.5. Lorsqu'une visite d'inspection ou de surveillance de l'autorité compétente en matière de réception, ou d'une autorité compétente d'un autre État membre, conformément à l'article 39, paragraphe 3, du règlement (UE) 2016/1628, met en lumière des résultats non satisfaisants, l'autorité compétente en matière de réception veille à ce que toutes les mesures nécessaires soient prises pour rétablir la conformité de la production dans les plus brefs délais.

6. **Prescriptions en matière d'essais concernant la conformité de la production dans les cas de résultats insatisfaisants lors des contrôles de la conformité de la production visés au point 5.4**

6.1. En cas de résultats insatisfaisants lors des contrôles du niveau de conformité de la production visés au point 5.4 ou au point 5.5, la conformité de la production doit être contrôlée au moyen d'essais d'émissions sur la base de la description des fiches de réception UE par type figurant dans l'annexe IV du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

6.2. Sauf disposition contraire au point 6.3, la procédure suivante est appliquée:

6.2.1. Trois moteurs et, le cas échéant, trois systèmes de post-traitement sont prélevés de façon aléatoire dans la chaîne de production en série du type de moteurs concerné pour être inspectés. Des moteurs supplémentaires pourront être prélevés si nécessaire pour prendre une décision d'acceptation ou de refus. Pour prendre une décision d'acceptation, un minimum de quatre moteurs doit être soumis à l'essai.

6.2.2. Après que l'inspecteur a sélectionné les moteurs, le constructeur ne peut plus effectuer de réglages sur les moteurs sélectionnés.

▼B

6.2.3. Les moteurs doivent faire l'objet d'un essai d'émissions conformément aux prescriptions de l'annexe VI ou, dans le cas de moteurs à double carburant, conformément aux prescriptions de l'appendice 2 de l'annexe VIII et être soumis aux cycle d'essai pertinents pour le type de moteurs conformément à l'annexe XVII.

▼M2

6.2.3.1. Nonobstant le point 6.2.3, dans le cas des moteurs de catégorie RLL, lorsqu'un rapport d'essai existant est utilisé pour la réception par type conformément à l'article 7, paragraphe 2, du règlement d'exécution (UE) 2017/656, le pourcentage de charge et de puissance et le facteur de pondération pour le numéro de mode du cycle d'essai de type F utilisés pour les besoins de la présente annexe peuvent être les mêmes que ceux utilisés pour l'essai de réception par type.

▼B

6.2.4. Les valeurs limites sont celles indiquées dans l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628. Dans le cas d'un moteur équipé d'un système de post-traitement à régénération périodique visé au point 6.6.2 de l'annexe VI, chaque résultat d'émissions de polluants gazeux ou particulaires doit être ajusté par le facteur applicable au type de moteurs. Dans tous les cas, chaque résultat d'émissions de polluants gazeux et particulaires doit être ajusté par l'application des facteurs de détérioration appropriés pour le type de moteurs, ►M2 qui ont été déterminés conformément à l'annexe III ◄.

6.2.5. Les essais doivent être effectués sur des moteurs nouvellement fabriqués.

6.2.5.1. À la demande du constructeur, les essais peuvent être faits sur des moteurs qui ont été rodés pendant une durée maximale correspondant à 2 % de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions ou, s'il s'agit d'une période plus courte, 125 heures. Lorsque la procédure de rodage est accomplie par le constructeur, celui-ci s'engage à n'effectuer aucun réglage sur les moteurs concernés. Lorsque le constructeur a spécifié une procédure de rodage au point 3.3 de la fiche de renseignements, comme indiqué dans l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656, le rodage doit être effectué en utilisant cette procédure.

6.2.6. Sur la base d'essais du moteur sélectionné par échantillonnage comme indiqué dans l'appendice 1, la production en série des moteurs considérés est jugée conforme au type réceptionné lorsqu'une décision d'acceptation est prise pour l'ensemble des polluants et non conforme au type réceptionné lorsqu'une décision de refus est prise pour un polluant, conformément aux critères d'essai appliqués dans l'appendice 1 et comme illustré sur la figure 2.1.

6.2.7. Lorsqu'une décision d'acceptation a été prise pour un polluant, elle n'est pas modifiée par les résultats d'essais complémentaires effectués afin de prendre une décision pour les autres polluants.

Si aucune décision d'acceptation n'est prise pour tous les polluants et qu'aucune décision de refus n'est prise pour aucun des polluant, il est procédé à un essai sur un autre moteur.

6.2.8. Si aucune décision n'est prise, le constructeur peut décider à tout moment d'arrêter les essais. Dans ce cas, une décision de refus est enregistrée.

6.3. Par dérogation au point 6.2.1, la procédure suivante s'applique aux types de moteurs dont le volume des ventes au sein de l'UE est inférieur à 100 unités par an:

6.3.1. un moteur et, le cas échéant, un système de post-traitement des gaz d'échappement doivent être prélevés de façon aléatoire des chaînes de production en série du type de moteur concerné pour inspection.

6.3.2. Si le moteur satisfait aux prescriptions énoncées au point 6.2.4, une décision d'acceptation est prise et aucun autre essai n'est nécessaire.

6.3.3. Si le moteur ne satisfait pas aux prescriptions énoncées au point 6.2.4, la procédure décrite aux points 6.2.6 à 6.2.9 est suivie.

▼B

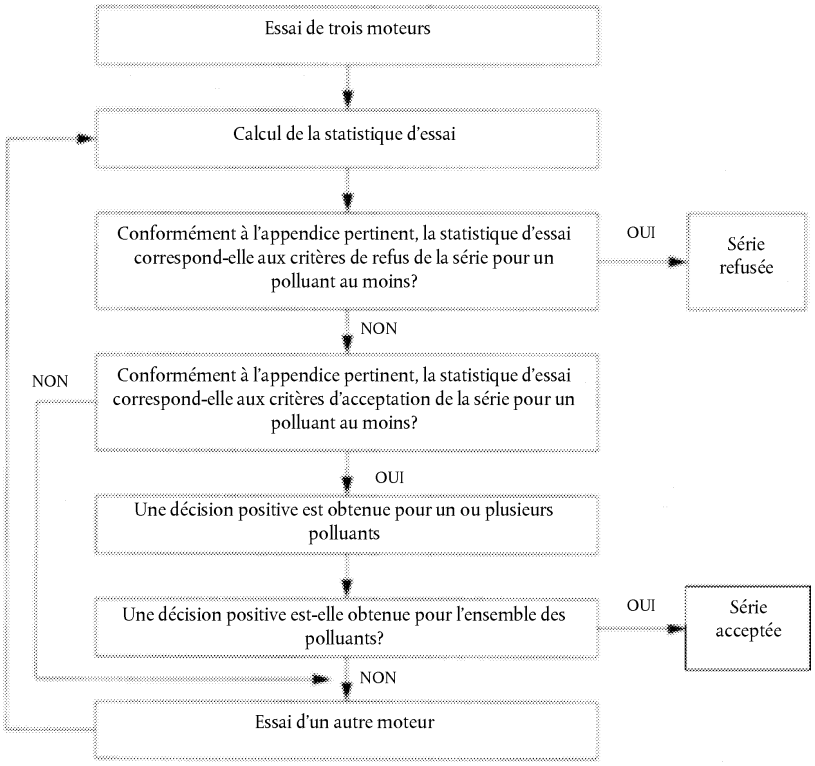
6.4. Tous ces essais peuvent être effectués avec les carburants du commerce applicables. Toutefois, à la demande du constructeur, les carburants de référence indiqués dans l'annexe IX doivent être utilisés. ►M2 Dans le cas des moteurs alimentés au gaz naturel/biométhane (GN) ou au gaz de pétrole liquéfié (GPL), y compris les moteurs à double carburant (dual fuel), les essais sont effectués avec au moins deux des carburants de référence pour chaque moteur alimenté au gaz, sauf dans le cas d'un moteur alimenté au gaz avec une réception par type spécifique au carburant pour lequel un seul carburant de référence est requis, comme décrit dans l'appendice 1 de l'annexe I. ◄ Lorsque plus d'un carburant gazeux de référence est utilisé, les résultats doivent démontrer que le moteur respecte les valeurs limites avec chaque carburant.

6.5. Non-conformité de moteurs alimentés au gaz

En cas de litige concernant la conformité de moteurs alimentés au gaz, y compris les moteurs à double carburant [dual-fuel], lorsqu'un carburant du commerce est utilisé, les essais doivent être effectués avec chaque carburant de référence avec lequel le moteur de base a été soumis à l'essai et, à la demande du constructeur, avec l'éventuel troisième carburant supplémentaire, comme indiqué aux points 2.3.1.1.1, 2.3.2.1 et 2.4.1.2 de l'annexe I, avec lequel le moteur de base peut avoir été essayé. Le cas échéant, les résultats sont convertis par calcul, en appliquant les facteurs appropriés «r», «r_a» ou «r_b» comme décrit aux points 2.3.3, 2.3.4.1 et 2.4.1.3 de l'annexe I. Si r, r_a ou r_b est inférieur à 1, aucune correction ne doit être effectuée. Les résultats mesurés et, le cas échéant, les résultats calculés doivent démontrer que le moteur respecte les valeurs limites avec tous les carburants pertinents (par exemple, les carburants 1 et 2 et, le cas échéant, le troisième carburant dans le cas de moteurs fonctionnant au gaz naturel/biométhane, et les carburants A et B dans le cas de moteurs alimentés au GPL).

Figure 2.1

Représentation schématique de l'essai de contrôle de la conformité de la production



▼B

Appendice 1

Procédure applicable à l'essai de contrôle de la conformité de la production

1. Le présent appendice décrit la procédure à appliquer pour vérifier la conformité de la production en ce qui concerne les émissions de polluants.

2. Avec une taille d'échantillon minimale de trois moteurs, la procédure d'échantillonnage doit être conçue de telle sorte que la probabilité qu'un lot passant un essai avec 30 % de moteurs défectueux soit de 0,90 (risque du producteur = 10 %) tandis que la probabilité qu'un lot soit accepté avec 65 % de moteurs défectueux soit de 0,10 (risque du consommateur = 10 %).

3. La procédure suivante est utilisée pour chacun des polluants d'émissions (voir figure 2.1):

   soit: n = la taille de l'échantillon.

4. Le résultat statistique quantifiant le nombre cumulé d'essais non conformes au $n^{ème}$ essai est déterminé pour l'échantillon.

5. Alors:

   a) si le résultat statistique est inférieur ou égal au nombre de décisions d'acceptation pour la taille d'échantillon indiquée au tableau 2.1, une décision d'acceptation doit être prise pour le polluant;

   b) si le résultat statistique est supérieur ou égal au nombre de décisions de refus pour la taille d'échantillon indiquée au tableau 2.1, une décision de refus doit être prise pour le polluant;

   c) sinon, un moteur supplémentaire est testé conformément au point 6.2 et la procédure de calcul doit être appliquée à l'échantillon incrémenté d'une unité.

Dans le tableau 2.1, les nombres de décisions d'acceptation et de refus doivent être calculés selon la norme internationale ISO 8422/1991.

Tableau 2.1

Statistiques d'essais pour l'essai de contrôle de la conformité de la production

Taille minimale de l'échantillon: 3 — Taille minimale de l'échantillon pour une décision d'acceptation: 4

Nombre cumulé de moteurs testés (taille de l'échantillon)	Seuil d'acceptation	Seuil de refus
3	—	3
4	0	4
5	0	4
6	1	5
7	1	5
8	2	6
9	2	6

▼B

Nombre cumulé de moteurs testés (taille de l'échantillon)	Seuil d'acceptation	Seuil de refus
10	3	7
11	3	7
12	4	8
13	4	8
14	5	9
15	5	9
16	6	10
17	6	10
18	7	11
19	8	9

▼B

ANNEXE III

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 du 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 post-traitement 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 post-traitement 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 post-traitement 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 post-traitement 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 la réception UE par 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 VI et calculés conformément aux prescriptions de l'annexe VII, selon la procédure décrite au point 3.2.7 ou au point 4.3, respectivement.

2.2. Il n'est pas nécessaire que l'autorité compétente en matière de réception assiste aux essais d'accumulation d'heures de fonctionnement ou aux essais d'émissions effectués pour déterminer la détérioration.

▼B

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, IWP, IWA, RLL, RLR, SMB, 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 dans la section 2 de l'annexe IX du règlement d'exécution (UE) 2017/656 pour subir des essais d'émissions visant à établir les facteurs de détérioration des émissions au cours de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions.

▼M2

3.1.2. Des moteurs de différentes familles de moteurs peuvent être recombinés en familles sur la base du type de système de post-traitement des gaz d'échappement utilisé ou, lorsque aucun post-traitement n'est utilisé, sur la base de la similitude des caractéristiques techniques du système de maîtrise des émissions. Des moteurs qui diffèrent par l'alésage et la course, la configuration, les systèmes de gestion de l'air ou les systèmes d'alimentation en carburant peuvent être considérés comme équivalents en ce qui concerne les caractéristiques de détérioration des émissions, si le constructeur fournit à l'autorité compétente en matière de réception des données qui étayent cette équivalence sur la base d'éléments techniques suffisants. Pour classer dans la même famille de moteurs-systèmes de post-traitement des familles de moteurs dont les systèmes de post-traitement des gaz d'échappement ont les mêmes spécifications techniques et la même installation, le constructeur doit fournir à l'autorité compétente en matière de réception des données qui démontrent que les performances de ces moteurs en matière de réduction des émissions sont similaires.

3.1.3. Le moteur d'essai représente les caractéristiques de détérioration des émissions des familles de moteurs qui appliqueront les facteurs de détérioration résultants pour la réception par type. Le constructeur du moteur doit sélectionner un moteur représentant la famille de moteurs, le groupe de familles de moteurs ou la famille de moteurs-systèmes de post-traitement, telle que déterminée conformément au point 3.1.2, pour être testé sur le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement visé au point 3.2.2 et le désigner à l'autorité compétente en matière de réception avant le commencement des essais.

3.1.4. Si l'autorité compétente en matière de réception décide que la situation la plus défavorable en matière d'émissions de la famille de moteurs, du groupe de familles de moteurs ou de la famille de moteurs-systèmes de post-traitement peut être mieux caractérisée par un autre moteur d'essai, alors le moteur d'essai à utiliser doit être sélectionné conjointement par l'autorité compétente en matière de réception et le constructeur de moteurs.

▼B

3.2. Détermination des facteurs de détérioration au cours de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions

▼M2

3.2.1. Généralités

Les facteurs de détérioration applicables à une famille de moteurs, à un groupe de familles de moteurs ou à une famille de moteurs-systèmes de post-traitement 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 de gaz et de particules au cours de chaque cycle d'essai applicable à la catégorie de moteurs, comme indiqué dans l'annexe IV du règlement (UE) 2016/1628. Dans le cas des cycles d'essai en conditions transitoires pour engins non routiers («NRTC») applicables aux moteurs de catégorie NRE, seuls les résultats des essais à chaud doivent être utilisés.

▼B

3.2.1.1. À la demande du constructeur, l'autorité compétente en matière de réception peut autoriser l'utilisation de facteurs de détérioration qui ont été établis en utilisant d'autres procédures que celles spécifiées aux points 3.2.2 à 3.2.5. Dans ce cas, le constructeur doit démontrer, à la satisfaction de l'autorité compétente en matière de réception, que les autres procédures utilisées ne sont pas moins rigoureuses que celles spécifiées aux points 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 point 3.2.2.1.7, 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 point 3.2.5.1, soit mesurées directement conformément au point 3.2.2.1.2.2, 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 ou pour la catégorie ou les sous-catégories de moteurs NRS auxquelles s'applique un cycle d'essai en conditions stationnaires pour gros moteurs à allumage commandé («LSI-NRTC»), le constructeur peut demander l'accord de l'autorité compétente en matière de réception 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'annexe IV du règlement (UE) 2016/1628, 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 post-traitement.

▼B

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 court que l'équivalent d'au moins un quart de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions pertinente spécifiée dans l'annexe V du règlement (UE) 2016/1628.

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. Avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception, le constructeur peut utiliser d'autres méthodes de vieillissement accéléré.

3.2.2.1.10. Le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement doit être entièrement décrit dans la demande de réception UE par type et communiqué à l'autorité compétente en matière de réception avant le commencement de tout essai.

3.2.2.2. Si l'autorité compétente en matière de réception 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 compétente en matière de réception.

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 post-traitement, le constructeur doit détermine le nombre d'heures de fonctionnement de l'engin mobile non routier ou le moteur après lequel le fonctionnement du moteur-système de post-traitement s'est stabilisé. Si l'autorité compétente en matière de réception 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 heures ou le temps équivalent sur le cycle de vieillissement pour stabiliser le moteur/système de post-traitement.

3.2.3.1.2. La fin de la période de stabilisation déterminée au point 3.2.3.1.1 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 point 3.2.2. À intervalles réguliers pendant le déroulement du programme d'accumulation d'heures déterminé par le constructeur et, le cas échéant, prescrit par l'autorité compétente en matière de réception conformément au point 3.2.2.2, 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'annexe IV du règlement (UE) 2016/1628.

Le constructeur peut choisir de mesurer les émissions de polluants avant tout système de post-traitement des gaz d'échappement séparément des émissions de polluants après tout système de post-traitement des gaz d'échappement.

Conformément au point 3.2.2.1.4, 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.

▼B

Conformément au point 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'annexe IV du règlement (UE) 2016/1628, 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 point 3.4.

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 compétente en matière de réception. 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 heures 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 compétente en matière de réception 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 point 3.2.2.1.2.1 ou au point 3.2.2.1.2.3, 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 point 3.2.2.1.4 ou au point 3.2.2.1.5, 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 compétente en matière de réception 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 point 3.2.5.1, lorsque le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement est exécuté conformément au point 3.2.2.1.2.1 ou au point 3.2.2.1.2.3;

b) soit mesurées directement lorsque le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement est exécuté conformément au point 3.2.2.1.2.2.

▼M2

Dans le cas où les valeurs d'émissions sont utilisées pour des familles de moteurs appartenant au même groupe de familles de moteurs ou à la même famille de moteurs-systèmes de post-traitement mais ayant des périodes différentes de durabilité des caractéristiques d'émissions, 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 point 3.2.5.1.

▼B

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 compétente en matière de réception, 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 3.1 pour les émissions de NO_x.

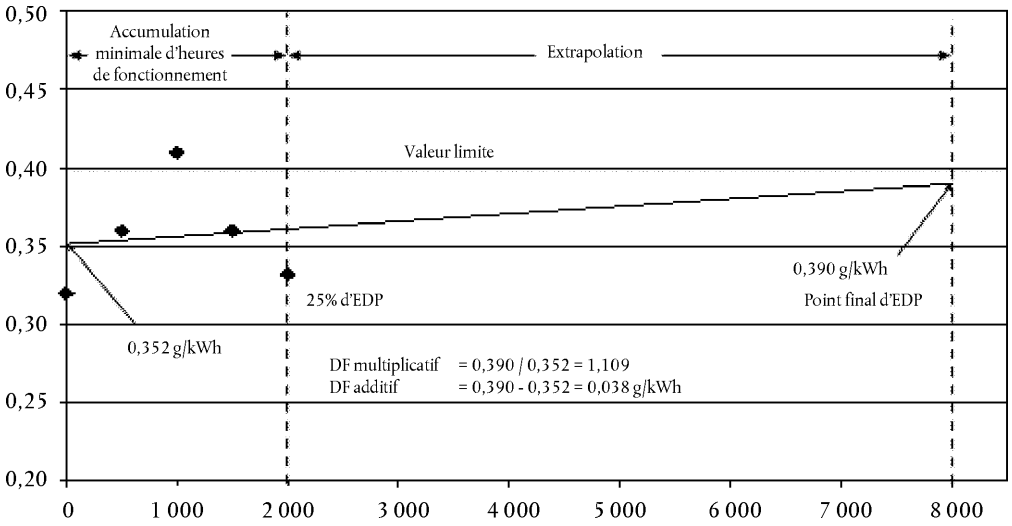
Il n'est pas permis de mélanger les facteurs de détérioration multiplicatifs et additifs au sein d'un même ensemble de polluants.

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 point 3.2.2.1.4, 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 3.1

Exemple de détermination de facteurs de détérioration



▼B

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 3.1 suivant:

Tableau 3.1

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.

▼M2

_____

3.2.6.1.1. Nonobstant le point 3.2.6.1, 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 post-traitement, comme indiqué au point 3.1.2, 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 réception UE par type précédente délivrée avant la date de réception UE par type applicable indiquée dans l'annexe III du règlement (UE) 2016/1628.

▼B

3.2.6.2. Lorsque le constructeur utilise des facteurs de détérioration assignés, il doit présenter à l'autorité compétente en matière de réception des éléments probants sur la base desquels il est raisonnablement permis de supposer que les composants de maîtrise 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 IV (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.

▼B

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'émissions 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 post-traitement à un moteur n'appartenant pas à la même famille de moteurs/systèmes de post-traitement. Dans de tels cas, le constructeur doit démontrer à l'autorité compétente en matière de réception que le moteur pour lequel la famille de moteurs-systèmes de post-traitement 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 point 3.2.5.1.

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 1 de l'annexe VI du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

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 la section 6 de l'annexe II.

3.3.2. Le constructeur peut mesurer les émissions de polluants avant tout système de post-traitement des gaz d'échappement au moment où l'essai de réception UE par 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 post-traitement qu'il peut alors utiliser comme aide pour les vérifications en fin de chaîne de production.

3.3.3. Pour les besoins de la réception UE par type, seuls les facteurs de détérioration déterminés conformément aux points 3.2.5 ou 3.2.6 doivent être consignés dans le document récapitulatif des résultats des essais présenté dans l'appendice 1 de l'annexe VI du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

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.

▼B

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 programmé doit être approuvée par l'autorité compétente en matière de réception avant qu'une réception UE par type soit délivrée et doit être mentionnée dans le manuel d'utilisation. ►**M2** L'autorité compétente en matière de réception ne refuse pas les opérations d'entretien programmées qui sont raisonnables et techniquement nécessaires, y compris, mais sans s'y limiter, celles identifiées au point 3.4.1.4. ◄

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:

— filtres et refroidisseurs du système de recyclage des gaz d'échappement (EGR),

— soupape de réaspiration des gaz de carter, le cas échéant,

— têtes d'injecteurs (uniquement nettoyage),

— injecteurs,

— turbocompresseur,

— unité de gestion électronique du moteur; capteurs et actuateurs associés,

— système de post-traitement des matières particulaires (y compris les composants associés),

— système de post-traitement des NO_x (y compris les composants associés),

— système de recyclage des gaz d'échappement (EGR), y compris toutes les vannes de régulation et canalisations associées,

— tout autre système de post-traitement 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 compétente en matière de réception 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

▼B

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 maîtrise des émissions ou le système d'alimentation en carburant, excepté dans les conditions définies au point 3.5.2.

3.5.2. Si le moteur proprement dit, le système de maîtrise 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 à la présente section 4.

4.2. Toutefois, lorsque les résultats d'émissions d'un ou plusieurs moteurs représentant la famille de moteurs, une fois ajustés par application du facteur de détérioration multiplicatif défini dans la section 2 sont supérieurs à une ou plusieurs des valeurs limites individuelles requises pour cette sous-catégorie de moteurs, la famille de moteurs doit être considérée comme non conforme aux valeurs limites requises pour cette sous-catégorie de moteurs. Une famille de moteurs doit être considérée comme conforme aux valeurs limites requises pour une sous-catégorie de moteurs lorsque les résultats des essais d'émissions de tous les moteurs représentant la famille de moteurs, une fois ajustés par application du facteur de détérioration multiplicatif défini dans la section 2, sont inférieurs ou égaux aux valeurs limites requises pour cette sous-catégorie de moteurs.

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 VI après le nombre d'heures représentant les émissions stabilisées.

▼B

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'émissions (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 sera le facteur de détérioration, sauf si elle est inférieure à 1,00, auquel cas le facteur de détérioration sera 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 (plus ou moins deux heures) et l'un de ces points d'essai doit se situer à la moitié de la période complète de durabilité des caractéristiques d'émissions (plus ou moins deux heures).

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 1 de l'annexe VII du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

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 compétente en matière de réception et avant la réception UE par 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:

— moteurs deux temps classiques sans système de post-traitement,

— moteurs deux temps classiques avec catalyseur du même matériau actif et de même charge, avec le même nombre d'alvéoles par cm^2,

— moteurs deux temps équipés d'un système de balayage stratifié,

▼B

— 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,

— moteurs quatre temps avec catalyseur utilisant la même technologie de soupapes et un système de lubrification identique,

— 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'émissions

4.4.1. Pour les catégories de moteurs du tableau V-3 ou V-4 de l'annexe V du règlement (UE) 2016/1628 qui ont des valeurs alternatives pour la période de durabilité des caractéristiques d'émissions (EDP), les constructeurs doivent déclarer la catégorie EDP applicable pour chaque famille de moteurs au moment de la réception UE par type. Cette catégorie doit être la catégorie du tableau 3.2 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 compétente en matière de réception.

Tableau 3.2

Catégories de période de durabilité des caractéristiques d'émissions (EDP)

Catégorie EDP	Application du moteur
Cat. 1	Produits de consommation
Cat. 2	Produits semi-professionnels
Cat. 3	Produits professionnels

4.4.2. Le constructeur doit démontrer, à la satisfaction de l'autorité compétente en matière de réception, 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:

— des enquêtes sur la durée de vie des équipements sur lesquels les moteurs en question sont installés,

— 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,

— des déclarations de garantie et des périodes de garantie,

— des documents à caractère commercial concernant la durée de vie des moteurs,

— des rapports de panne provenant des clients,

— des évaluations techniques de la durabilité, en heures, de technologies de moteurs spécifiques, de matériaux des moteurs ou de modèles de moteurs.

▼B

ANNEXE IV

Prescriptions relatives aux stratégies de limitation des émissions, aux mesures de maîtrise des émissions de NO_x et aux mesures de maîtrise 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:

1) 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;

2) 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;

3) par «famille de moteurs NCD», on entend un regroupement de moteurs du constructeur qui ont des méthodes communes de surveillance/diagnostic des NCM;

4) par «système de diagnostic de la maîtrise des NO_x (NCD)», on entend un système monté sur le moteur qui a la capacité:

a) de détecter un défaut de maîtrise des émissions de NO_x;

b) d'identifier la cause probable des défauts de maîtrise des émissions de NO_x au moyen d'informations stockées dans une mémoire d'ordinateur et/ou de communiquer ces informations vers l'extérieur;

5) par «défaut de maîtrise des émissions de NO_x (NCM)», on entend une manipulation visant à fausser le système de maîtrise 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;

6) par «système de diagnostic de la maîtrise des émissions de particules (PCD)», on entend un système monté sur le moteur qui a la capacité:

a) de détecter un défaut de maîtrise des émissions de particules;

b) d'identifier la cause probable des défauts de maîtrise des émissions de particules au moyen d'informations stockées dans une mémoire d'ordinateur et/ou de communiquer ces informations vers l'extérieur;

7) par «défaut de maîtrise des émissions de particules (PCM)», on entend une manipulation visant à fausser le système de post-traitement des émissions de particules d'un moteur ou une défaillance affectant le système de post-traitement 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;

8) par «famille de moteurs PCD», on entend un regroupement de moteurs du constructeur qui ont des méthodes communes de surveillance/diagnostic des PCM;

9) par «analyseur», on entend un équipement d'essai externe utilisé pour la communication depuis l'extérieur avec le système NCD et/ou PCD.

▼B

1.2. Température ambiante

Nonobstant l'article 2, paragraphe 7, 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 2 s'applique aux moteurs gérés électroniquement des catégories NRE, NRG, IWP, IWA, RLL et RLR, respectant les limites d'émissions de la phase V énoncées dans l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628 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 point 2.4.

2.2.2. Les stratégies de base de limitation des émissions sont, mais pas uniquement, 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 de réception UE par 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 de réception UE par type est interdite.

▼M2

2.2.3.1. Nonobstant le point 2.2.3, dans le cas de (sous-)catégories de moteurs qui ne sont pas soumises aux cycles d'essais en conditions transitoires non routiers pour les besoins de la réception UE par type, la stratégie de base de limitation des émissions peut identifier quand des conditions de fonctionnement transitoires interviennent et appliquer la stratégie de limitation des émissions correspondantes. Dans ce cas, la stratégie de limitation des émissions doit être incluse dans l'aperçu de la stratégie de base de limitation des émissions requis par le point 1.4 de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656 et dans les informations confidentielles concernant la stratégie de limitation des émissions visées dans l'appendice 2 de ladite annexe.

2.2.4. Le constructeur doit démontrer au service technique, au moment de l'essai de réception UE par type, que le fonctionnement de la stratégie de base de limitation des émissions satisfait aux dispositions de la présente section sur la base de la documentation visée au point 2.6.

▼B

2.3. Prescriptions relatives à la stratégie auxiliaire de limitation des émissions

▼M2

2.3.1. Une stratégie auxiliaire de limitation des émissions peut être activée par un moteur ou un engin mobile non routier, pour autant qu'une telle stratégie:

▼B

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 aux points 2.4.1, 2.4.2 ou 2.4.3 aux fins définies au point 2.3.5, et uniquement pour la durée nécessaire à ces fins, exception faite des cas permis par les points 2.3.1.3, 2.3.2 et 2.3.4;

2.3.1.3. n'est activée qu'à titre exceptionnel dans les conditions de contrôle des points 2.4.1, 2.4.2 ou 2.4.3, respectivement, lorsque sa nécessité aux fins identifiées au point 2.3.5 a été démontrée, lorsque son activation a été approuvée par l'autorité compétente en matière de réception 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 de réception UE par type, sont activation ne doit pas être restreinte pour intervenir en dehors des conditions de contrôle visées au point 2.4 et sa finalité ne doit pas être restreinte aux critères visés au point 2.3.5.

2.3.3. Lorsque la stratégie auxiliaire de limitation des émissions n'est pas activée pendant l'essai de réception UE par type, il doit être démontré que la stratégie auxiliaire de limitation des émissions est active uniquement pendant la durée nécessaire aux fins indiquées au point 2.3.5.

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 point 2.4 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 point 2.3.2, 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;

▼B

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 de réception UE par 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 point 2.6.

2.3.7. Tout fonctionnement d'une stratégie auxiliaire de limitation des émissions non conforme aux points 2.3.1 à 2.3.5 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 point 2.3.

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. Conditions de contrôle pour les moteurs des catégories IWP et IWA;

a) une altitude ne dépassant pas 500 mètres (ou pression atmosphérique équivalente de 95,5 kPa);

b) une température ambiante dans la plage de 275 K à 303 K (2 °C à 30 °C);

c) la température du réfrigérant du moteur au-dessus de 343 K (70 °C).

2.4.2. Conditions de contrôle pour les moteurs de la catégorie RLL;

a) une altitude ne dépassant pas 1 000 mètres (ou pression atmosphérique équivalente de 90 kPa);

b) une température ambiante dans la plage de 275 K à 303 K (2 °C à 30 °C);

c) la température du réfrigérant du moteur au-dessus de 343 K (70 °C).

2.4.3. Conditions de contrôle pour les moteurs des catégories NRE, NRG et RLR;

a) la pression atmosphérique supérieure ou égale à 82,5 kPa;

b) la température ambiante à l'intérieur de la plage suivante:

— égale ou supérieure à 266 K (– 7 °C),

— inférieure ou égale à la température déterminée par l'équation suivante à la pression atmosphérique spécifiée: $T_c = – 0{,}4514 × (101{,}3 – P_b) + 311$, 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.

▼B

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 compétente en matière de réception.

2.6. Prescriptions en matière de documentation

▼M2

_____

2.6.1. Le constructeur doit satisfaire aux prescriptions en matière de documentation figurant au point 1.4 de la partie A de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656 et dans l'appendice 2 de ladite annexe.

2.6.2. Le constructeur veille à ce que tous les documents utilisés à cette fin soient marqués d'un numéro d'identification et de la date d'émission. Le constructeur informe l'autorité compétente en matière de réception chaque fois que les renseignements enregistrés sont modifiés. Dans ce cas, il émet soit une version actualisée des documents concernés dans laquelle les pages pertinentes sont clairement marquées en indiquant la date de révision et la nature de la modification ou, à titre d'alternative, une nouvelle version consolidée accompagnée d'un index contenant une description détaillée et la date de chaque modification.

▼B

3. **Prescriptions techniques relatives aux mesures de maîtrise des émissions de NO_x**

3.1. La présente section 3 s'applique aux moteurs gérés électroniquement des catégories NRE, NRG, IWP, IWA, RLL et RLR, respectant les limites d'émissions de la phase V énoncées dans l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628 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 I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

3.3. La stratégie de limitation des émissions de NO_x doit être opérationnelle dans toutes les conditions environnementales régulièrement rencontrées sur le territoire de l'Union, 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 de réception UE par type, lorsqu'un réactif est utilisé, ne dépassent pas une valeur moyenne de 25 ppm pour les moteurs de la catégorie RLL et de 10 ppm pour les moteurs de toutes les autres catégories applicables.

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. Les prescriptions suivantes s'appliquent en plus de celles énoncées aux points 3.2 à 3.5:

▼B

a) pour les moteurs de la catégorie NRG, les prescriptions techniques énoncées dans l'appendice 1;

b) pour les moteurs de la catégorie NRE:

i) les prescriptions énoncées dans l'appendice 2 lorsque le moteur est exclusivement destiné à être utilisé à la place de moteurs «Stage V» des catégories IWP et IWA, conformément à l'article 4, paragraphe 1, point 1) b), du règlement (UE) 2016/1628; ou

ii) les prescriptions énoncées dans l'appendice 1 pour les moteurs non couverts par l'alinéa i);

c) pour les moteurs des catégories IWP, IWA et RLR, les prescriptions techniques énoncées dans l'appendice 2;

d) pour les moteurs de la catégorie RLL, les prescriptions techniques énoncées dans l'appendice 3.

4. **Prescriptions techniques relatives aux mesures de maîtrise 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'émissions «Stage V» indiquées dans l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628, équipés d'un système de post-traitement des particules. Dans les cas où le système de maîtrise des émissions de NO_x et le système de maîtrise 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 compétente en matière de réception par type conclut qu'un défaut de maîtrise particulier relevant de la présente section conduirait à un défaut de maîtrise des émissions de NO_x relevant de la section 3.

4.2. Les prescriptions techniques détaillées relatives aux mesures de maîtrise des émissions de polluants particulaires sont spécifiées dans l'appendice 4.

▼B

Appendice 1

Prescriptions techniques supplémentaires relatives aux mesures de maîtrise des émissions de NO_x pour les moteurs des catégories NRE et NRG, y compris la méthode pour démontrer ces stratégies

1. **Introduction**

Le présent appendice énonce les prescriptions supplémentaires pour assurer le fonctionnement correct des mesures de maîtrise 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. La réception UE par 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.

2. **Prescriptions générales**

Le moteur doit être équipé d'un système de diagnostic de la maîtrise des émissions de NO_x (NCD) capable d'identifier les défauts de maîtrise des émissions de NO_x (NCM). Tout moteur couvert par la présente section 2 doit être conçu, construit et installé de manière être 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'émissions comme spécifié dans l'annexe V du règlement (UE) 2016/1628 présentent une certaine détérioration en ce qui concerne les performances et la sensibilité du système de diagnostic de la maîtrise 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.

2.1. Informations requises

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 la partie B de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

2.1.2. Des informations écrites détaillées décrivant de façon complète les caractéristiques fonctionnelles du système d'avertissement de l'opérateur visées dans la section 4 et du système d'incitation de l'opérateur visé dans la section 5 doivent être fournies à l'autorité compétente en matière de réception au moment de la réception UE par type.

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 de telle manière que le moteur, son système de limitation des émissions et les pièces de l'engin mobile non routier 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.

2.2. Conditions d'utilisation

▼M2

2.2.1. La surveillance du niveau de réactif dans le réservoir de stockage 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).

▼M2

2.2.2. La protection du réactif contre le gel s'applique à des températures ambiantes égales ou inférieures à 266 K (– 7 °C).

2.2.3. Tous les éléments du système de diagnostic de maîtrise des NOx autres que ceux énumérés aux points 2.2.1 et 2.2.2 doivent, au minimum, être opérationnels dans les conditions de contrôle applicables énoncées au point 2.4 de la présente annexe pour chaque catégorie de moteurs. Le système de diagnostic doit rester opérationnel en dehors de cette plage lorsque cela est techniquement possible.

▼B

2.3. Protection du réactif contre le gel

▼M2

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 des points 2.3.2.2 à 2.3.2.2.4. Un système non chauffé doit satisfaire aux prescriptions du point 2.3.2.3.

▼B

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.

2.3.2. Réservoir de réactif et système de dosage

2.3.2.1. Si le réactif a gelé, il doit pouvoir être utilisé dans un délai maximum de 70 minutes après le démarrage du moteur à une température ambiante de 266 K (– 7 °C).

▼M2

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 performances des points 2.3.2 à 2.3.2.2.4 lorsqu'il est soumis à l'essai selon la procédure définie.

▼B

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 heures ou jusqu'à ce que le réactif soit devenu solide, selon ce qui intervient le plus tôt.

2.3.2.2.2. Au terme de la période de stabilisation thermique visée au point 2.3.2.2.1, on doit faire démarrer l'engin mobile non routier /le moteur et le laisser tourner à une température ambiante de 266 K (– 7 °C) ou moins de la manière suivante:

a) 10 à 20 minutes au ralenti;

b) suivies de 50 minutes (au maximum) à 40 % (au maximum) de la charge nominale.

2.3.2.2.3. À l'issue de la procédure d'essai décrite au point 2.3.2.2.2, le système de dosage du réactif doit être pleinement opérationnel.

▼M2

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 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.

2.3.2.3. Activation du système d'avertissement et d'incitation de l'opérateur dans le cas d'un système non chauffé

▼M2

2.3.2.3.1. Le système d'avertissement de l'opérateur décrit aux points 4 à 4.9 doit être activé si aucun dosage du réactif ne se produit à une température ambiante ≤ 266 K (– 7 °C).

2.3.2.3.2. Le système d'incitation «sévère» tel que visé au point 5.4 doit s'enclencher si aucun dosage de réactif ne se produit dans les 70 minutes qui suivent le démarrage du moteur à une température ambiante ≤ 266 K (– 7 °C).

———————

▼B

2.4. Prescriptions concernant le diagnostic

2.4.1. Le système de diagnostic de maîtrise des émissions de NO_x (NCD) doit être capable de détecter les défauts de maîtrise des NO_x (NCM) abordés dans la présente annexe à l'aide des codes défauts (DTC) stockés dans la mémoire de l'ordinateur et, sur demande, de les communiquer vers l'extérieur.

2.4.2. Prescriptions applicables à l'enregistrement des codes défauts (DTC)

2.4.2.1. Le système NCD doit enregistrer un code défaut pour chaque défaut distinct du système de maîtrise des émissions de NO_x (NCM).

2.4.2.2. Le système NCD doit être capable de détecter une défaillance dans les 60 minutes 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 à la section 4.

2.4.2.3. Dans les cas où il faut plus de 60 minutes 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), l'autorité compétente en matière de réception par 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).

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.

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.

2.4.5. Tous les codes informatiques ou paramètres de fonctionnement reprogrammables du système NCD doivent être protégés contre les manipulations frauduleuses.

▼B

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 compétente en matière de réception.

Des moteurs n'appartenant pas à la même famille de moteurs peuvent néanmoins appartenir à la même famille de moteurs NCD.

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 compétente en matière de réception par type.

Le constructeur peut demander à l'autorité compétente en matière de réception 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.

3. **Prescriptions concernant l'entretien**

▼M2

3.1. Le FEO doit fournir à tous les utilisateurs finals de nouveaux engins mobiles non routiers des instructions écrites concernant le système de maîtrise des émissions et son fonctionnement correct conformément à l'annexe XV.

▼B

4. **Système d'avertissement de l'opérateur**

4.1. L'engin mobile non routier 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 dans la section 9 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 dans la section 5 a été activé.

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.

▼B

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 «sévères»;

b) l'effet de ces incitations «de bas niveau» ou «sévères», par exemple l'ampleur de la réduction de couple;

c) les conditions dans lesquelles la neutralisation de l'engin mobile non routier 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.

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.

4.5. Le système d'avertissement de l'opérateur doit être activé de la manière décrite aux points 2.3.3.1, 6.2, 7.2, 8.4 et 9.3 respectivement.

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.

4.7. Le système d'avertissement peut être temporairement interrompu par d'autres signaux donnant des messages importants liés à la sécurité.

4.8. Les procédures d'activation et de désactivation du système d'avertissement de l'opérateur sont décrites en détail dans la section 11.

4.9. Dans sa demande de réception UE par type au titre du présent règlement, le constructeur doit démontrer le fonctionnement du système d'avertissement de l'opérateur, comme spécifié dans la section 10.

5. **Système d'incitation de l'opérateur**

5.1. Le moteur doit être équipé d'un système d'incitation de l'opérateur basé sur l'un des principes suivants:

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);

5.1.2. un système d'incitation «sévère» en une phase (neutralisation de l'engin mobile non routier) activé dans les conditions d'un système d'incitation «de bas niveau» comme spécifié aux points 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 et 9.4.1.

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 point 6.3.2 au lieu des conditions du point 6.3.1.

▼B

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 point 5.2.1.

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.

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 heures;

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 heures 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 heures 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 pas être effacée intentionnellement. Il doit être possible aux autorités nationales d'inspection de lire ces informations au moyen d'un analyseur;

▼M2

e *bis*) Une description de la connexion, et de la méthode de lecture, pour les enregistrements visés au point e) doit être incluse dans le dossier constructeur défini dans la partie A de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656;

▼B

f) 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 à la Commission ou aux autorités nationales sur demande.

5.3. Système d'incitation de bas niveau

5.3.1. Le système d'incitation «de bas niveau» doit être activé quand l'une ou l'autre des conditions décrites aux points 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 et 9.4.1 est remplie.

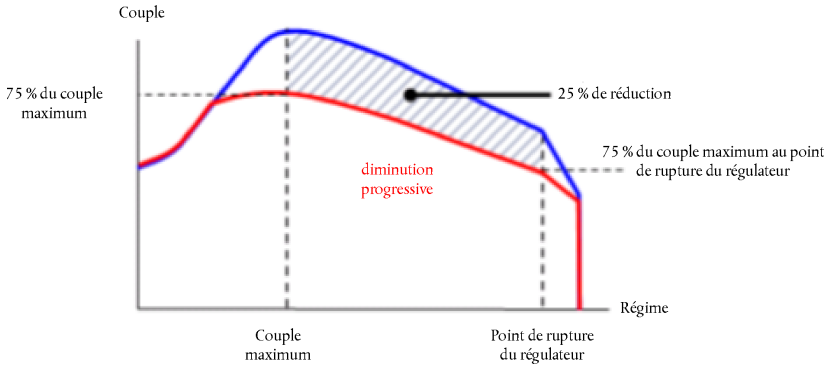
5.3.2. Le système d'incitation «de bas niveau» doit réduire progressivement le couple maximal disponible à tous les régimes moteurs d'au moins 25 % entre le couple maximum et le point de rupture du régulateur, comme le montre la figure 4.1. Le taux de réduction du couple doit être d'au moins 1 % par minute.

▼B

5.3.3. Il est permis d'utiliser d'autres mesures d'incitation dont il a été démontré à l'autorité compétente en matière de réception qu'elles présentent un niveau de sévérité équivalent ou supérieur.

Figure 4.1

Schéma de réduction du couple (incitation «de bas niveau»)



5.4. Système d'incitation «sévère»

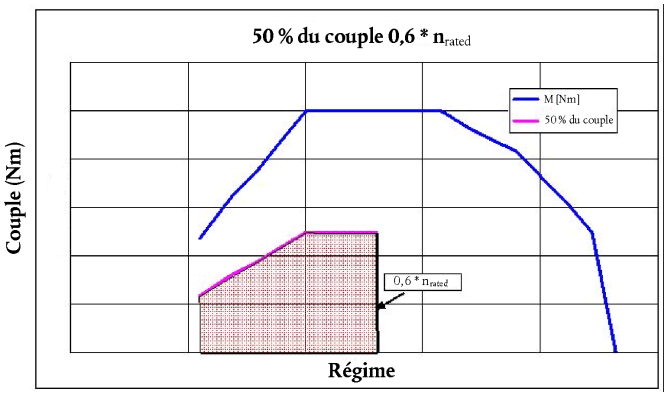
5.4.1. Le système d'incitation «sévère» doit être activé quand l'une ou l'autre des conditions décrites aux points 2.3.3.2, 6.3.2, 7.3.2, 8.4.2, et 9.4.2 est remplie.

5.4.2. Le système d'incitation «sévère» doit réduire l'utilité de la machine à un niveau suffisamment gênant pour inciter l'opérateur à remédier à tout problème visé dans les sections 6 à 9. Les stratégies suivantes sont acceptables:

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 4.1, d'au moins 1 % par minute jusqu'à atteindre 50 % ou moins du couple maximum et 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 4.2.

Figure 4.2

Schéma de réduction du couple (incitation «sévère»)



5.4.2.2. Il est permis d'utiliser d'autres mesures d'incitation dont il a été démontré à l'autorité compétente en matière de réception qu'elles présentent un niveau de sévérité équivalent ou supérieur.

▼B

5.5. Pour des raisons de sécurité et pour permettre des diagnostics d'auto-réparation, 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 minutes; et

b) qu'elle se limite à trois activations par période au cours de laquelle le système d'incitation de l'opérateur est actif.

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.

5.7. Les procédures d'activation et de désactivation du système d'incitation de l'opérateur sont détaillées dans la section 11.

5.8. Dans sa demande de réception UE par type au titre du présent règlement, le constructeur doit démontrer le fonctionnement du système d'incitation de l'opérateur, comme spécifié dans la section 11.

6. **Disponibilité du réactif**

6.1. Indicateur de niveau de réactif

L'engin mobile non routier doit comporter un indicateur qui informe clairement l'opérateur du niveau de réactif dans le réservoir. Cet indicateur doit au minimum être capable d'indiquer le niveau du réactif de manière continue tant que le système d'avertissement visé dans la section 4 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.

6.2. Activation du système d'avertissement de l'opérateur

6.2.1. Le système d'avertissement de l'opérateur visé dans la section 4 doit être activé lorsque le niveau de réactif descend au-dessous de 10 % de la capacité du réservoir ou d'un pourcentage plus élevé, au choix du constructeur.

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»).

6.2.3. Le système d'avertissement de l'opérateur ne doit pas, au départ, 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 point 6.3 entre en action que lors de son activation initiale.

▼B

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.

6.2.5. Il ne doit pas être possible d'éteindre le système d'avertissement avant que le réservoir de réactif ait été rechargé jusqu'à un niveau ne nécessitant pas l'activation du système.

6.3 Activation du système d'incitation de l'opérateur

6.3.1. Le système d'incitation «de bas niveau» décrit au point 5.3 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.

6.3.2. Le système d'incitation «sévère» décrit au point 5.4 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.

6.3.3. Sauf dans la mesure où le point 5.5 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.

7. **Contrôle de la qualité du réactif**

7.1. Le moteur ou l'engin mobile non routier doit être doté d'un moyen de détecter la présence d'un réactif inadapté.

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 point doit être la valeur limite combinée pour HC et NO_x réduite de 0,19 g/kWh.

▼M2

7.1.1.1. La valeur de CD_{min} spécifiée par le constructeur doit être utilisée lors de la démonstration définie dans la section 13 et enregistrée dans la partie C de la fiche de renseignements spécifiée dans l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

▼B

7.1.2. Toute concentration de réactif inférieure à CD_{min} doit être détectée et considérée comme réactif incorrect, aux termes du point 7.1.

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.

▼B

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 dans les sections 8 et 9.

7.1.4. Les critères et les mécanismes d'activation et de désactivation du compteur de qualité du réactif sont décrits en détail dans la section 11.

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 dans la section 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»).

7.3 Activation du système d'incitation de l'opérateur

7.3.1. Le système d'incitation «de bas niveau» décrit au point 5.3 doit s'enclencher si la qualité du réactif n'est pas rectifiée dans les 10 heures de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au point 7.2.

7.3.2. Le système d'incitation «sévère» décrit au point 5.4 doit s'enclencher si la qualité du réactif n'est pas rectifiée dans les 20 heures de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au point 7.2.

7.3.3. Le nombre d'heures avant l'enclenchement des systèmes d'incitation doit être réduit en cas d'occurrence répétée du défaut, selon le mécanisme décrit dans la section 11.

8. **Activité de dosage du réactif**

8.1 Le moteur doit être doté d'un moyen de détecter l'interruption du dosage.

8.2. Compteur de dosage du réactif

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 sont telles que ses performances en matière de maîtrise des émissions ne requièrent pas de dosage du réactif.

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 dans les sections 7 et 9.

8.2.2. Les critères et mécanismes d'activation et de désactivation du compteur de dosage du réactif sont exposés en détail dans la section 11.

8.3. Activation du système d'avertissement de l'opérateur

Le système d'avertissement de l'opérateur décrit dans la section 4 doit s'enclencher dans le cas d'une interruption du dosage qui incrémente le compteur d'activité de dosage conformément au point 8.2.1. 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»).

▼B

8.4. Activation du système d'incitation de l'opérateur

8.4.1. Le système d'incitation «de bas niveau» décrit au point 5.3 doit s'enclencher si une interruption du dosage du réactif n'est pas rectifiée dans les 10 heures de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au point 8.3.

8.4.2. Le système d'incitation «sévère» décrit au point 5.4 doit s'enclencher si une interruption du dosage du réactif n'est pas rectifiée dans les 20 heures de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au point 8.3.

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 la section 11.

▼M2

9. **Autres défauts susceptibles d'être dus à des manipulations frauduleuses**

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 maîtrise des émissions de NO_x, comme décrit au point 9.2.1;

b) défauts de la vanne de recirculation des gaz d'échappement (EGR), comme décrit au point 9.2.2.

9.2. Prescriptions en matière de surveillance et compteurs

9.2.1. Système NCD

9.2.1.1. Le système NCD de diagnostic de maîtrise 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 sections 6 à 8 (surveillance des composants).

Au nombre des 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.

9.2.1.2. Un compteur doit être attribué à chacun des défauts de surveillance. Les compteurs du système NCD doivent comptabiliser le nombre d'heures de fonctionnement du moteur avec un code défaut confirmé et actif associé à un dysfonctionnement du système NCD. Différents défauts du système NCD peuvent être regroupés sur un même compteur.

9.2.1.2.1. Le constructeur peut regrouper sur un même compteur le défaut de fonctionnement du système NCD avec les défauts d'un ou plusieurs des systèmes énumérés dans les sections 7 et 8 ainsi qu'au point 9.2.2.

9.2.1.3. Les critères et les mécanismes d'activation et de désactivation du ou des compteur(s) du système NCD sont décrits en détail dans la section 11.

9.2.2. Vanne EGR entravée

9.2.2.1. Le système de recirculation des gaz d'échappement (EGR) doit être surveillé en vue de détecter une vanne EGR entravée.

▼M2

9.2.2.2. Un compteur 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.

9.2.2.2.1. Le constructeur peut regrouper sur un même compteur le défaut de vanne EGR entravée avec les défauts d'un ou plusieurs des systèmes énumérés dans les sections 7 et 8 ainsi qu'au point 9.2.1.

9.2.2.3. Les critères et les mécanismes d'activation et de désactivation du compteur de vanne EGR sont décrits en détail dans la section 11.

▼B

9.3. Activation du système d'avertissement de l'opérateur

Le système d'avertissement de l'opérateur décrit dans la section 4 doit s'enclencher au cas où l'un des défauts spécifiés au point 9.1 survient et il doit indiquer qu'une réparation urgente est requise. 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»).

9.4. Activation du système d'incitation de l'opérateur

9.4.1. Le système d'incitation «de bas niveau» décrit au point 5.3 doit s'enclencher si un défaut spécifié au point 9.1 n'est pas rectifié dans les 36 heures de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au point 9.3.

9.4.2. Le système d'incitation «sévère» décrit au point 5.4 doit s'enclencher si un défaut spécifié au point 9.1 n'est pas rectifié dans les 100 heures de fonctionnement du moteur suivant l'activation du système d'avertissement de l'opérateur décrite au point 9.3.

9.4.3. Le nombre d'heures avant l'enclenchement des systèmes d'incitation doit être réduit en cas d'occurrence répétée du défaut, selon le mécanisme décrit dans la section 11.

▼M2

9.5. À titre d'alternative aux prescriptions en matière de surveillance énoncées au point 9.2, le constructeur peut surveiller les défaillances en utilisant un capteur de NO_x situé dans le système d'échappement. Dans ce cas,

a) la valeur NO_x à laquelle le NCM doit être détecté ne doit pas dépasser la plus basse des deux valeurs suivantes: la limite applicable pour NO_x multipliée par 2,25 ou la limite applicable pour 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 applicable pour NO_x aux fins du présent point doit être la valeur limite combinée pour HC et NO_x réduite de 0,19 g/kWh;

b) un avertissement unique peut être utilisé, y compris, lorsque des messages sont utilisés, la mention «NO_x élevé — cause inconnue»;

c) au point 9.4.1, 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» est réduit à 10;

▼M2

d) au point 9.4.2, le nombre maximal d'heures de fonctionnement entre l'activation du système d'avertissement de l'opérateur et l'activation du système d'incitation «sévère» est réduit à 20.

▼B

10. **Prescriptions en matière de démonstration**

10.1. Généralités

Lors de la réception UE par type, la conformité aux prescriptions de la présente annexe doit être établie à l'aide, comme l'illustre le tableau 4.1 et le précise la présente section 10:

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».

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 de la présente section 10 peut être démontrée en soumettant à l'essai un des membres de la famille considérée, pour autant que le constructeur prouve à l'autorité compétente en matière de réception que les systèmes de surveillance nécessaires pour satisfaire aux prescriptions du présent appendice sont similaires au sein de la famille.

▼M2

10.2.1. La démonstration que les systèmes de surveillance pour les autres membres de la famille de moteurs NCD sont similaires peut être faite en présentant aux autorités compétentes en matière de réception des éléments tels que des algorithmes, des analyses fonctionnelles, etc.

▼B

10.2.2. Le moteur soumis aux essais est sélectionné par le constructeur en accord avec l'autorité compétente en matière de réception. Il peut, ou pas, être le moteur de base de la famille.

▼M2

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 réception UE par type, comme indiqué au point 10.2.1 (figure 4.3), 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 4.1

Illustration du contenu du processus de démonstration selon les dispositions des points 10.3 et 10.4

Mécanisme	Éléments de la démonstration
Activation du système d'avertissement spécifiée au point 10.3	— 2 essais d'activation (y compris manque de réactif) — Éléments supplémentaires de la démonstration, le cas échéant
Activation de l'incitation «de bas niveau» spécifiée au point 10.4	— 2 essais d'activation (y compris manque de réactif) — Éléments supplémentaires de la démonstration, le cas échéant — 1 essai de réduction du couple

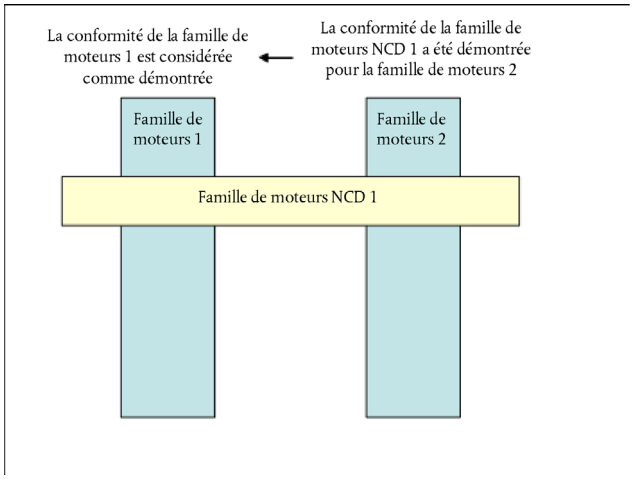
▼M2

Mécanisme	Éléments de la démonstration
Activation de l'incitation «sévère» spécifiée au point 10.4	— 2 essais d'activation (y compris manque de réactif) — Éléments supplémentaires de la démonstration, le cas échéant

▼B

Figure 4.3

Conformité précédemment démontrée d'une famille de moteurs NCD



10.3. Démonstration de l'activation du système d'avertissement

▼M2

10.3.1. La conformité de l'activation du système d'avertissement doit être démontrée en effectuant deux essais: le manque de réactif et une catégorie de défauts identifiée dans les sections 7, 8 ou 9.

10.3.2. Sélection du défaut pour l'essai parmi ceux visés dans les sections 7, 8 ou 9

10.3.2.1. L'autorité compétente en matière de réception sélectionne une catégorie de défauts. Dans le cas où un défaut est sélectionné des points 7 ou 9, les prescriptions supplémentaires définies aux points 10.3.2.2 ou 10.3.2.3 s'appliquent, respectivement.

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 des points 7 à 7.3.3.

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 dans la section 9, la sélection doit s'effectuer conformément aux prescriptions suivantes:

10.3.2.3.1. le constructeur doit fournir à l'autorité compétente en matière de réception une liste de ces défauts potentiels;

10.3.2.3.2. le défaut à examiner lors de l'essai est sélectionné par l'autorité compétente en matière de réception à partir de la liste visée au point 10.3.2.3.1.

▼M2

10.3.3. Démonstration

10.3.3.1. Pour les besoins de cette démonstration, un essai séparé est effectué pour le manque de réactif et pour le défaut sélectionné conformément aux points 10.3.2 à 10.3.2.3.2.

▼B

10.3.3.2. Au cours d'un essai, aucun défaut autre que celui examiné par l'essai ne doit être présent.

10.3.3.3. Avant le début d'un essai, tous les codes DTC doivent avoir été effacés.

10.3.3.4. À la demande du constructeur, et avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception, les défauts faisant l'objet de l'essai peuvent être simulés.

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:

10.3.3.5.1. le système NCD doit répondre à l'introduction d'un défaut sélectionné comme approprié par l'autorité compétente en matière de réception 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 point 10.3.3.7.

Lorsqu'il a été spécifié dans la description de la surveillance et accepté par l'autorité compétente en matière de réception 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;

▼M2

10.3.3.5.2. La démonstration de l'activation du système d'avertissement est considérée comme accomplie si, à la fin de chaque essai de démonstration effectué conformément au point 10.3.3, le système d'avertissement a été correctement activé et le DTC correspondant au défaut sélectionné a acquis le statut «confirmé et actif».

▼B

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.

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 compétente en matière de réception mais représentant au moins 10 % de la capacité du réservoir.

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 de la section 6.

▼B

10.3.3.7. Cycle d'essai NCD

10.3.3.7.1 Le cycle d'essai considéré dans la présente section 10 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.

10.3.3.7.2 À la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception, un autre cycle d'essai NCD peut être utilisé (par exemple, autre que le cycle NTRC 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; et

b) que le cycle d'essai NCD applicable spécifié au point 10.3.3.7.1 est moins approprié pour la surveillance considérée.

10.3.4. L'activation du système d'avertissement est considérée comme démontré si, à la fin de chaque essai de démonstration effectué conformément au point 10.3.3, le système d'avertissement s'est enclenché correctement.

10.4. Démonstration de l'activation du système d'incitation

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.

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 compétente en matière de réception.

10.4.1.2. Au choix du constructeur, et pour autant que l'autorité compétente en matière de réception 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 point 10.4.1, en le faisant fonctionner sur une piste d'essai dans des conditions contrôlées.

▼M2

10.4.2. La séquence d'essais doit démontrer l'activation du système d'incitation en cas d'apparition du défaut sélectionné par l'autorité compétente en matière de réception sur la liste visée au point 10.3.2.1 pour l'essai du système d'avertissement.

10.4.3. Pour les besoins de cette démonstration,

a) avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception, 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 de réception 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», le cas échéant, doit être démontrée conformément aux prescriptions du point 10.4.5;

▼M2

d) l'incitation «sévère» doit être démontrée conformément aux prescriptions du point 10.4.6;

▼B

10.4.4. Le constructeur doit démontrer en outre le fonctionnement du système d'incitation dans les conditions de défaut définies dans les sections 7, 8 ou 9 qui n'ont pas été choisies pour être utilisées dans les essais de démonstration décrits aux points 10.4.1 à 10.4.3.

Ces démonstrations supplémentaires peuvent être faites par la présentation à l'autorité compétente en matière de réception d'un cas technique en utilisant des éléments de preuve tels que des algorithmes, des analyses fonctionnelles et les résultats d'essais antérieurs.

10.4.4.1. En particulier, ces démonstrations supplémentaires doivent démontrer, à la satisfaction de l'autorité compétente en matière de réception, l'inclusion du mécanisme de réduction du couple correct dans le module ECU du moteur.

10.4.5. Essai de démonstration du système d'incitation «de bas-niveau»

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 compétente en matière de réception.

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 point 6.3.1, à laquelle le système d'incitation «de bas-niveau» est censé s'enclencher.

10.4.5.2.1. Avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception, le constructeur peut simuler un fonctionnement continu en extrayant du réactif du réservoir, alors que le moteur tourne ou qu'il est arrêté.

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 4.3 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.

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 points 10.4.5.2 et 10.4.5.3, le constructeur a démontré à l'autorité compétente en matière de réception que le module ECU du moteur a activé le mécanisme de réduction du couple.

10.4.6. Essai de démonstration de l'activation du système d'incitation «sévère»

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».

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.

10.4.6.2.1. Avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception, le constructeur peut simuler un fonctionnement continu en extrayant du réactif du réservoir, alors que le moteur tourne ou qu'il est arrêté.

▼B

10.4.6.3. Lorsque le moteur 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 4.4 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.

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 points 10.4.6.2 et 10.4.6.3, le constructeur a démontré à l'autorité compétente en matière de réception que le mécanisme d'incitation «sévère» considéré dans le présent appendice a été activé.

10.4.7. Pour autant que l'autorité compétente en matière de réception y consente, le constructeur peut choisir de faire la démonstration des mécanismes d'incitation sur un engin mobile non routier complet conformément aux prescriptions des points 5.4 et 10.4.1.2, soit en montant l'engin mobile non routier sur un banc d'essai approprié, soit en le faisant fonctionner sur une piste d'essai dans des conditions contrôlées.

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 4.4 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».

▼M2

10.5. Documentation de la démonstration

10.5.1. Un rapport de documentation documente la démonstration du système NCD. Le rapport doit:

a) identifier les défauts examinés;

b) décrire la démonstration effectuée, y compris le cycle d'essai applicable;

c) confirmer que les avertissements et incitations applicables ont été activés comme requis par le présent règlement; et

d) être inclus dans le dossier constructeur tel que défini dans la partie A de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

▼B

11. **Description des mécanismes d'activation et de désactivation des systèmes d'avertissement et d'incitation de l'opérateur**

11.1 Afin de compléter les prescriptions spécifiées dans le présent appendice concernant les mécanismes d'activation et de désactivation des systèmes d'avertissement et d'incitation, la présente section 11 spécifie les prescriptions techniques pour les mécanismes d'activation et de désactivation.

11.2. Mécanismes d'activation et de désactivation du système d'avertissement

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 4.2.

▼B

Tableau 4.2

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

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.

11.2.2.1. Prescriptions concernant l'effacement des «informations relatives à la maîtrise des émissions de NO_x».

11.2.2.1.1. Effacement/réinitialisation des «informations relatives à la maîtrise 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 tableau 4.3).

Tableau 4.3

Effacement/réinitialisation des «informations relatives à la maîtrise des émissions de NO_x» au moyen d'un analyseur

Informations relatives à la maîtrise 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

11.2.2.1.2. Les informations relatives à la maîtrise des émissions de NO_x ne doivent pas s'effacer lorsque la ou les batteries de l'engin mobile non routier sont déconnectées.

11.2.2.1.3. L'effacement des «informations relatives à la maîtrise des émissions de NO_x» ne doit être possible que lorsque le moteur est à l'arrêt («engine-off»).

▼B

11.2.2.1.4. Lorsque des «informations relatives à la maîtrise 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.

11.3. Mécanisme d'activation et de désactivation du système d'incitation de l'opérateur

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 4.4.

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.

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 de la section 6 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.

11.4. Mécanisme de comptage

11.4.1. Généralités

▼M2

11.4.1.1. Pour satisfaire aux prescriptions du présent appendice, le système doit contenir des compteurs pour enregistrer le nombre d'heures durant lesquelles on a fait fonctionner le moteur alors que le système avait détecté l'un des NCM suivants:

a) une qualité de réactif incorrecte;

b) une interruption de l'activité de dosage du réactif;

c) une vanne EGR entravée;

d) une défaillance du système NCD.

11.4.1.1.1. Le constructeur a la faculté de grouper sur un ou plusieurs compteurs les NCM indiqués au point 11.4.1.1.

▼B

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.

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.

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.

▼B

11.4.2. Principe du mécanisme de comptage

11.4.2.1. Chacun des compteurs fonctionne de la manière suivante:

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 4.2.

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 4.4 ou à une valeur supérieure ou égale à la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère» moins 30 minutes;

b) le compteur doit être maintenu figé à la valeur définie dans le tableau 4.4 ou à une valeur supérieure ou égale à la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère» moins 30 minutes.

11.4.2.1.3. Dans le cas d'un compteur unique du 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 point 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 4.4

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»	Valeur figée conservée par le compteur
Compteur de qualité du réactif	confirmé et actif	≤ 10 heures	≤ 20 heures	≥ 90 % de la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère»
Compteur de dosage	confirmé et actif	≤ 10 heures	≤ 20 heures	≥ 90 % de la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère»
Compteur de vanne EGR	confirmé et actif	≤ 36 heures	≤ 100 heures	≥ 95 % de la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère»
Compteur du système de surveillance	confirmé et actif	≤ 36 heures	≤ 100 heures	≥ 95 % de la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère»
Seuil NO_x, le cas échéant	confirmé et actif	≤ 10 heures	≤ 20 heures	≥ 90 % de la valeur du compteur déclenchant l'incitation «sévère»

▼M3

11.4.2.1.4. Une fois figé, le compteur est réinitialisé lorsque les moniteurs pertinents pour ce compteur ont fonctionné au moins une fois pour accomplir leur cycle de surveillance sans avoir détecté de défaut et qu'aucun défaut pertinent pour ce compteur n'a été détecté au cours

▼M3

d'une période d'au moins 36 heures de fonctionnement du moteur depuis que la valeur du compteur a été retenue pour la dernière fois (voir figure 4.4).

▼B

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 4.4).

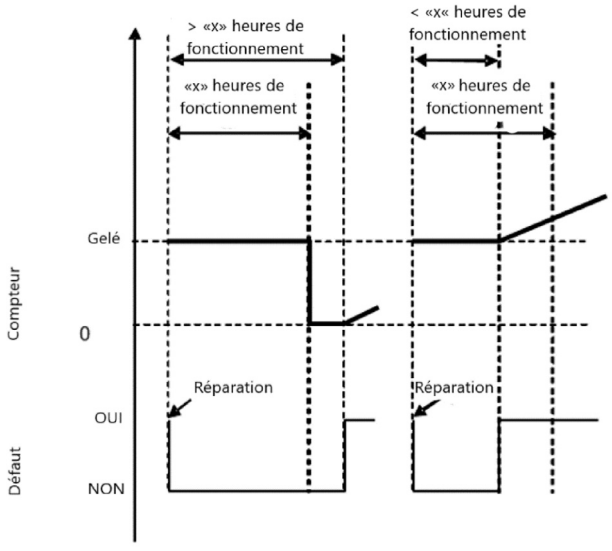
12. **Illustration des mécanismes d'activation et de désactivation et du fonctionnement des compteurs**

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 points 12.2, 12.3 et 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 impliqués. Les heures des compteurs des figures 4.6 et 4.7 se réfèrent aux valeurs d'incitation «sévère» maximales dans le tableau 4.4. 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.

▼M3

Figure 4.4.

Réactivation et réinitialisation d'un compteur après une période au cours de laquelle sa valeur a été figée



Où «x» n'est pas inférieur à 36 heures de fonctionnement

▼B

12.2. La figure 4.5 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 mobile non routier soit mis hors d'état de fonctionner;

▼B

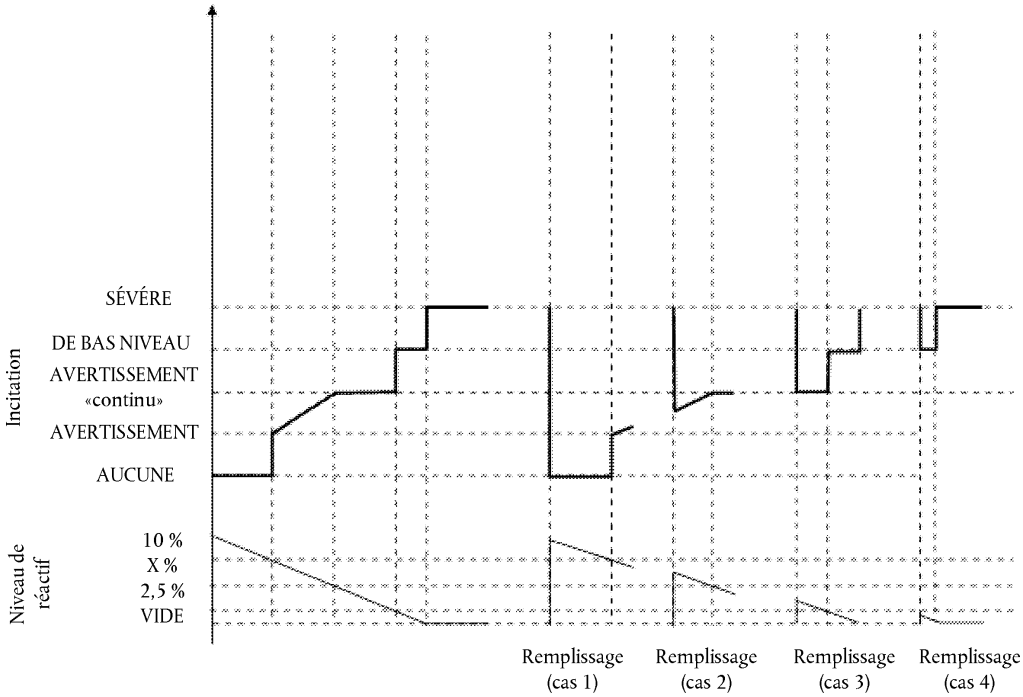
b) cas de remplissage 1 (remplissage «adéquat»): l'opérateur remplit le réservoir de réactif de façon à atteindre un niveau supérieur au seuil de 10 %. Les systèmes d'avertissement et d'incitation sont désactivés;

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 4.5.

Disponibilité du réactif



12.3. La figure 4.6 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 heures de fonctionnement du moteur;

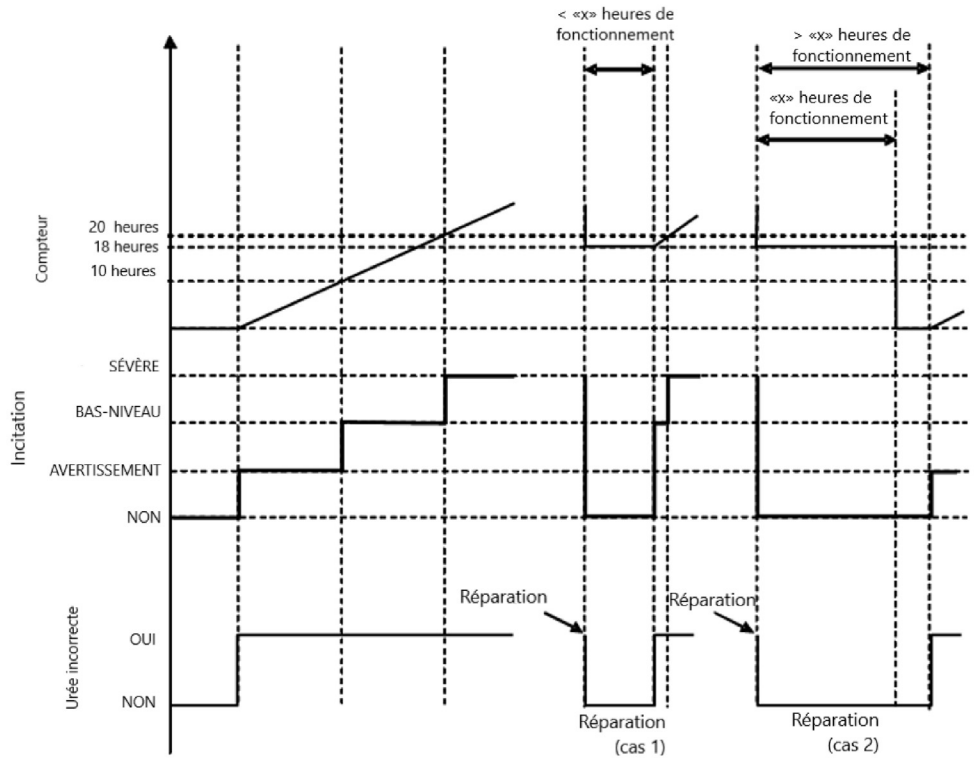
▼B

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.

▼M3

Figure 4.6.

Remplissage avec un réactif de mauvaise qualité



Où «x» n'est pas inférieur à 36 heures de fonctionnement

▼B

12.4. La figure 4.7 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 dans la section 9.

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;

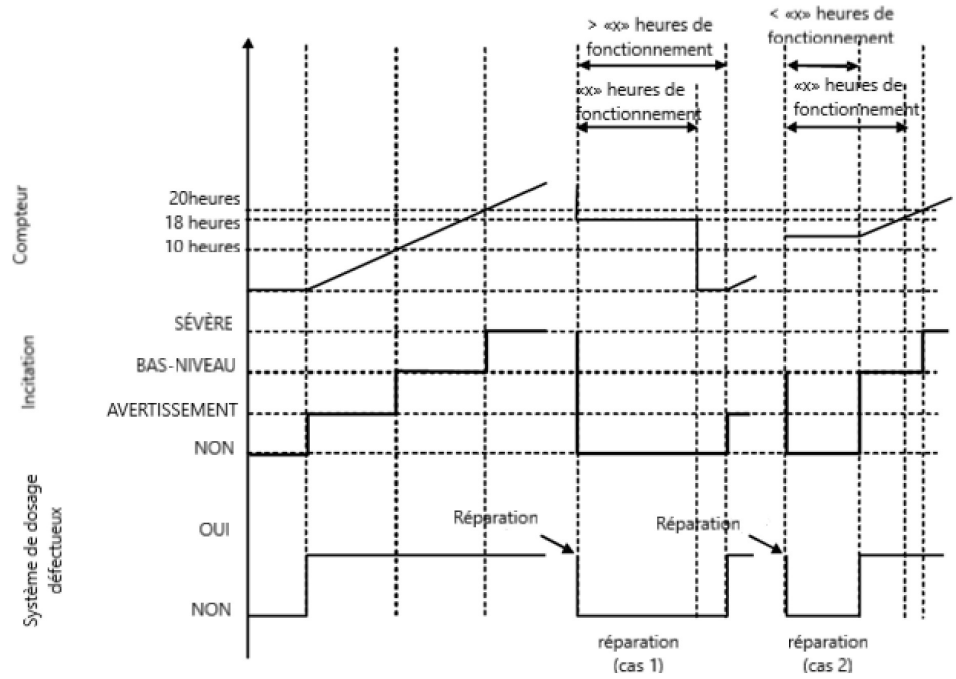
b) cas de réparation 1 («bonne» réparation): après que l'engin mobile non routier a été mis hors d'état de fonctionner, l'opérateur répare le système de dosage. Cependant, quelque temps plus tard, le système de dosage tombe à nouveau en panne. Les processus d'avertissement, d'incitation et de comptage 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.

▼M3

Figure 4.7.

Défaillance du système de dosage du réactif



Où «x» n'est pas inférieur à 36 heures de fonctionnement

▼B

13. **Démonstration de la concentration minimale acceptable de réactif CD_{min}**

13.1. Le constructeur doit démontrer la valeur correcte de CD_{min} au moment de la réception UE par 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}.

13.2. L'essai doit suivre le(s) cycle(s) NCD approprié(s) définis par le constructeur, permettant à un système de maîtrise des émissions de NO_x en circuit fermé d'effectuer l'adaptation à la qualité du réactif avec la concentration CD_{min}.

▼M2

13.3. Les émissions de polluants résultant de cet essai ne doivent pas dépasser le seuil pour les NO_x spécifié au point 7.1.1.

13.4. Documentation de la démonstration

13.4.1. Un rapport de démonstration doit documenter la démonstration de la concentration minimale acceptable de réactif. Le rapport doit:

a) identifier les défauts examinés;

b) décrire la démonstration effectuée, y compris le cycle d'essai applicable;

c) confirmer que les émissions de polluants résultant de cette démonstration n'ont pas dépassé le seuil pour les NO_x spécifié au point 7.1.1;

d) être inclus dans le dossier constructeur tel que défini dans la partie A de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

▼B

Appendice 2

Prescriptions techniques supplémentaires relatives aux mesures de maîtrise des émissions de NO_x pour les moteurs des catégories IWP, IWA et RLR, y compris la méthode pour démontrer ces stratégies

1. **Introduction**

Le présent appendice définit les prescriptions supplémentaires pour assurer le fonctionnement correct des mesures de maîtrise des émissions de NO_x pour les moteurs des catégories IWP, IWA et RLR.

▼M2

2. **Prescriptions générales**

Les prescriptions de l'appendice 1 s'appliquent aux moteurs faisant partie du champ d'application du présent appendice, sauf comme indiqué aux points 3 et 4 du présent appendice.

3. **Exceptions aux prescriptions de l'appendice 1**

Afin de tenir compte de préoccupations concernant la sécurité, le système d'incitation de l'opérateur visé aux points 5 et 11.3 de l'appendice 1 ne s'applique pas aux moteurs faisant l'objet du présent appendice. Les prescriptions relatives à la mémorisation de données dans le journal de l'ordinateur de bord visées au point 4 du présent appendice s'appliquent chaque fois que l'incitation aurait été activée conformément aux points 2.3.2.3.2, 6.3, 7.3, 8.4 et 9.4 de l'appendice 1.

4. **Prescriptions relatives à la mémorisation d'incidents de fonctionnement liés à une injection de réactif ou à une qualité de réactif inadéquate**

4.1. Le journal de l'ordinateur de bord doit enregistrer en mémoire non volatile ou au moyen de compteurs le nombre total et la durée de tous les incidents de fonctionnement liés à une injection de réactif ou à une qualité de réactif inadéquate de manière à assurer que ces informations ne puissent pas être effacées intentionnellement.

4.1.1. Les autorités nationales de contrôle doivent pouvoir lire ces enregistrements à l'aide d'un outil d'analyse.

4.1.2. Une description de la connexion, et de la méthode de lecture, pour ces enregistrements doit être incluse dans le dossier constructeur, tel que défini dans la partie A de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

4.2. La durée d'un incident de niveau de réactif inadéquat consigné dans le journal de l'ordinateur de bord comme spécifié au point 4.1, en lieu et place d'une incitation conformément au point 6.3 de l'appendice 1, commence lorsque le réservoir de réactif devient vide, c'est-à-dire lorsque le système de dosage est incapable de puiser davantage de réactif du réservoir, ou à tout niveau en dessous de 2,5 % de la capacité totale du réservoir, au choix du constructeur.

4.3. La durée d'un incident enregistré dans le journal de l'ordinateur de bord comme spécifié au point 4.1, en lieu et place de l'incitation spécifiée aux points 6.3, 7.3, 8.4 et 9.4 de l'appendice 1, commence lorsque le compteur concerné atteint la valeur correspondante à l'incitation «sévère» dans le tableau 4.4 de l'appendice 1.

4.4. La durée d'un incident enregistré dans le journal de l'ordinateur de bord comme spécifié au point 4.1, en lieu et place de l'incitation spécifiée au point 2.3.2.3.2 de l'appendice 1, commence lorsque l'incitation aurait commencé.

▼**M2**

4.5. La durée d'un incident enregistré dans le journal de l'ordinateur de bord comme spécifié au point 4.1 se termine lorsqu'il a été remédié à l'incident.

4.6. Dans le cadre d'une démonstration menée conformément au point 10.4 de l'appendice 1, la démonstration est menée conformément aux prescriptions applicables à la démonstration du système d'incitation «sévère», mais la démonstration du système d'incitation «sévère» est remplacée par une démonstration de la mise en mémoire d'un incident de fonctionnement du moteur lié à une injection de réactif ou à une qualité de réactif inadéquate.

▼B

Appendice 3

Prescriptions techniques supplémentaires relatives aux mesures de maîtrise des émissions de NO_x pour les moteurs de la catégorie RLL

1. **Introduction**

Le présent appendice définit les prescriptions supplémentaires pour assurer le fonctionnement correct des mesures de maîtrise des émissions de NO_x pour les moteurs de catégorie RLL. Il comprend des prescriptions pour les moteurs qui s'appuient sur l'utilisation d'un réactif afin de réduire les émissions. La réception UE par type est délivrée moyennant l'application des dispositions pertinentes concernant les instructions communiquées à l'opérateur, les documents d'installation et le système d'avertissement de l'opérateur qui sont énoncées dans le présent appendice.

2. **Informations requises**

2.1. Le constructeur doit fournir des informations qui décrivent entièrement les caractéristiques fonctionnelles des mesures de maîtrise des émissions de NO_x, conformément au point 1.5 de la partie A de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

2.2. Si le système de maîtrise des émissions nécessite l'utilisation d'un réactif, 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 renseignement définie dans l'appendice 3 de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

3. **Disponibilité du réactif et système d'avertissement de l'opérateur**

Lorsqu'un réactif est utilisé, la réception UE par type est délivrée moyennant la communication d'indicateurs, ou d'autres moyens appropriés, selon la configuration de l'engin mobile non routier, informant l'opérateur:

a) de la quantité de réactif restant dans le réservoir de stockage du réactif et, par un signal spécifique supplémentaire, du fait que le réactif restant correspond à moins de 10 % de la capacité totale du réservoir;

b) du fait que le réservoir de réactif devient vide ou presque vide;

c) du fait que le réactif présent dans le réservoir de stockage ne répond pas aux caractéristiques déclarées et enregistrées dans la fiche de renseignements définie dans l'appendice 3 de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656, selon les moyens d'évaluation installés;

d) du fait que l'activité de dosage du réactif est interrompue, dans des cas autres que ceux régis par le module ECU du moteur ou le dispositif de contrôle du dosage, en réponse aux conditions de fonctionnement du moteur lorsque le dosage n'est pas nécessaire, pour autant que ces conditions de fonctionnement soient communiquées à l'autorité compétente en matière de réception.

4. **Qualité du réactif**

Au choix du constructeur, il peut être satisfait aux prescriptions relatives à la conformité du réactif aux caractéristiques déclarées et à la tolérance sur les émissions de NO_x correspondante par l'un des moyens suivants:

a) un moyen direct comme l'utilisation d'un capteur de qualité du réactif;

▼B

b) un moyen indirect comme l'utilisation d'un détecteur de NO_x dans le système d'échappement pour évaluer l'efficacité du réactif;

c) tout autre moyen à condition que son efficacité soit au moins égale à celle résultant de l'utilisation d'un moyen visé aux points a) ou b) et que les prescriptions principales de la présente section 4 soient respectées.

▼B

Appendice 4

Prescriptions techniques relatives aux mesures de maîtrise des émissions de polluants particulaires, y compris la méthode pour démontrer ces mesures

1. **Introduction**

Le présent appendice décrit les prescriptions visant à assurer le fonctionnement correct des mesures de maîtrise des émissions de particules.

2. **Prescriptions générales**

Le moteur doit être équipé d'un système de diagnostic de la maîtrise des émissions de particules (PCD) capable d'identifier les défauts du système de post-traitement des émissions de particules examinés dans la présente annexe. Tout moteur couvert par la présente section 2 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 réaliser cet objectif, il est acceptable que des moteurs ayant été utilisés au-delà de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions spécifiées dans l'annexe V du règlement (UE) 2016/1628 puissent présenter une certaine détérioration de l'efficacité et de la sensibilité du PCD.

2.1. Informations requises

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 renseignement définie dans l'appendice 3 de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

2.1.2. Des informations écrites détaillées décrivant entièrement les caractéristiques fonctionnelles du système d'avertissement de l'opérateur mentionné dans la section 4 doivent être fournies à l'autorité compétente en matière de réception au moment de la réception UE par type.

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, le moteur, y compris le système de limitation des émissions qui fait partie du type ou de la famille de moteurs réceptionné, 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.

2.2. Conditions d'utilisation

▼M2

2.2.1. Le système PCD doit, au minimum, être opérationnel aux conditions de contrôle applicables énoncées au point 2.4 de l'annexe IV pour chaque catégorie de moteurs. Le système de diagnostic doit rester opérationnel en dehors de cette plage lorsque cela est techniquement possible.

▼B

2.3. Prescriptions concernant le diagnostic

2.3.1. Le système PCD doit être capable de détecter les défauts de maîtrise 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.

▼B

2.3.2. Prescriptions applicables à l'enregistrement des codes défauts (DTC)

2.3.2.1. Le système PCD doit enregistrer un code DTC pour chaque PCM distinct.

2.3.2.2. Le système PCD doit être capable de détecter un défaut dans le délai indiqué au tableau 4.5 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 spécifié dans la section 4 être activé.

▼M2

2.3.2.3. Dans les cas où il faut aux dispositifs de surveillance davantage de temps que la période de fonctionnement indiquée dans le tableau 4.5 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 compétente en matière de réception par type peut autoriser une période de surveillance 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).

▼B

Tableau 4.5

Types de dispositifs de surveillance et délais correspondants dans lesquels un DTC «conformé et actif» doit être mémorisé

Type de dispositif de surveillance	Temps de fonctionnement accumulé endéans lequel un DTC «confirmé et actif» doit être mémorisé
Retrait du système de post-traitement des émissions de particules	60 minutes de fonctionnement du moteur autre qu'au ralenti
Perte de fonction du système de post-traitement des émissions de particules	240 minutes de fonctionnement du moteur autre qu'au ralenti
Défaillances du système PCD	60 minutes de fonctionnement du moteur

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 requis par le point 5.2 ne doivent pas être effacés.

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.

2.3.5. Tous les codes informatiques ou paramètres de fonctionnement reprogrammables du système PCD doivent être protégés contre les manipulations frauduleuses.

▼B

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 compétente en matière de réception.

Des moteurs n'appartenant pas à la même famille de moteurs peuvent néanmoins appartenir à la même famille de moteurs PCD.

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 post-traitement 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 compétente en matière de réception par type.

Le constructeur peut demander à l'autorité compétente en matière de réception 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 technologique.

3. **Prescriptions concernant l'entretien**

▼M2

3.1. Le FEO doit fournir à tous les utilisateurs finals de nouveaux engins mobiles non routiers des instructions écrites concernant le système de maîtrise des émissions et son fonctionnement correct, comme prescrit dans l'annexe XV.

▼B

4. **Système d'avertissement de l'opérateur**

4.1. L'engin mobile non routier doit inclure un système d'avertissement de l'opérateur utilisant des alarmes visuelles.

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

▼B

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»).

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.

4.4. Le système d'avertissement de l'opérateur doit être activé comme spécifié au point 2.3.2.2.

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.

4.6. Le système d'avertissement peut être temporairement interrompu par d'autres signaux donnant des messages importants liés à la sécurité.

4.7. Dans sa demande de réception UE par type au titre du règlement (UE) 2016/1628, le constructeur doit démontrer le fonctionnement du système d'avertissement de l'opérateur, comme spécifié dans la section 9.

5. **Système pour stocker l'information sur l'activation du système d'avertissement de l'opérateur**

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.

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 heures de fonctionnement du moteur, ou pendant une période plus courte au choix du constructeur.

5.3. Il doit être possible aux autorités nationales de lire ces informations au moyen d'un analyseur;

▼M2

5.4. Une description de la connexion, et de la méthode de lecture, pour ces enregistrements doit être incluse dans le dossier constructeur tel que défini dans la partie A de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

▼B

6. **Surveillance en ce qui concerne le retrait du système de post-traitement des émissions de particules**

▼M2

6.1. Le système PCD doit détecter le retrait complet du système de post-traitement des émissions de particules, y compris le retrait de tout capteur utilisé pour surveiller, activer, désactiver ou moduler son fonctionnement.

▼B

7. **Prescriptions supplémentaires dans le cas d'un système de post-traitement des émissions de particules qui utilise un réactif (par exemple, catalyseur dissout dans le carburant)**

7.1. Dans le cas d'un DTC confirmé et actif motivé soit par le retrait du système de post-traitement des particules, soit par la perte de fonction du système de post-traitement des particules, le dosage du réactif doit être immédiatement interrompu. Le dosage doit recommencer lorsque le DTC n'est plus actif.

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.

▼B

8. **Surveillance des défauts susceptibles d'être dus à des manipulations frauduleuses**

8.1. En plus de la surveillance concernant le retrait du système de post-traitement 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 post-traitement des particules;

b) défauts du système PCD, comme décrit au point 8.3.

8.2. Surveillance de la perte de fonction du système de post-traitement des particules

Le PCD doit détecter le retrait complet du substrat du système de post-traitement des particules («boîte vide») Dans ce cas, le logement du système de post-traitement des particules et les capteurs utilisés pour surveiller, activer, désactiver ou moduler son fonctionnement restent présents.

8.3. Surveillance des défauts du système PCD

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 points 6.1 et 8.1 a) (surveillance des composants).

Une liste non exhaustive de capteurs qui affectent la capacité de diagnostic comprend ceux qui mesurent directement des pressions différentielles sur le système de post-traitement des particules et les sondes de température des gaz d'échappement qui commandent la régénération du système de post-traitement des particules.

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 points 6.1 et 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 n'est pas requise, à moins que des défauts de capteur ou actuateur supplémentaires ne soient confirmés et actifs.

9. **Prescriptions en matière de démonstration**

9.1. Généralités

Le respect des prescriptions du présent appendice doit être démontré lors de la réception UE par type en effectuant, comme illustré dans le tableau 4.6 et spécifié dans la présente section 9, une démonstration du système d'avertissement.

Tableau 4.6

Illustration du contenu du processus de démonstration conformément aux dispositions du point 9.3

Mécanisme	éléments de la démonstration
Activation du système d'avertissement spécifiée au point 4.4	— 2 essais d'activation (y compris la perte de fonction du système de post-traitement des particules) — Éléments supplémentaires de la démonstration, le cas échéant

▼B

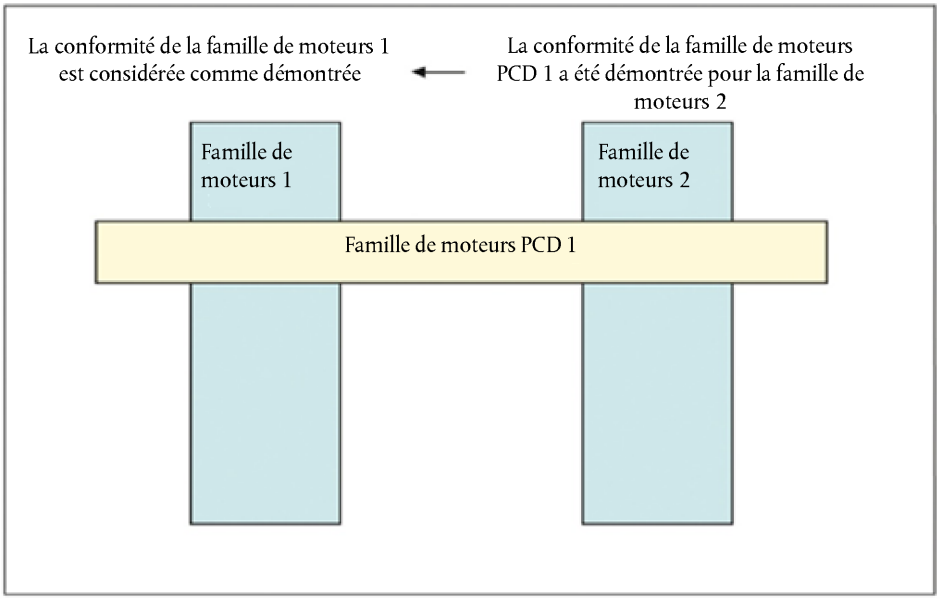
9.2. Familles de moteurs et familles de moteurs PCD

▼M2

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 réception UE par type conformément au point 2.3.6 (figure 4.8), 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 4.8.

Conformité précédemment démontrée d'une famille de moteurs PCD



▼B

9.3. Démonstration de l'activation du système d'avertissement

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 post-traitement des particules et une catégorie de défauts mentionnée au point 6 ou au point 8.3 de la présente annexe.

9.3.2. Sélection des défauts pour l'essai

9.3.2.1. Le constructeur doit fournir à l'autorité compétente en matière de réception une liste de ces défauts potentiels.

9.3.2.2. Le défaut à examiner lors de l'essai est sélectionné par l'autorité compétente en matière de réception à partir de la liste visée au point 9.3.2.1.

9.3.3. Démonstration

9.3.3.1. Pour les besoins de cette démonstration, un essai distinct doit être effectué pour la perte de fonction du système de post-traitement des particules visée au point 8.2 et pour les défauts indiqués aux points 6 et 8.3. La perte de fonction du système de post-traitement des particules doit être provoquée par un retrait complet du substrat du logement du système de post-traitement des particules.

9.3.3.2. Au cours d'un essai, aucun défaut autre que celui examiné par l'essai ne doit être présent.

▼B

9.3.3.3. Avant le début d'un essai, tous les codes DTC doivent avoir été effacés.

9.3.3.4. À la demande du constructeur, et avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception, les défauts faisant l'objet de l'essai peuvent être simulés.

9.3.3.5. Détection des défauts

9.3.3.5.1. Le système PCD doit répondre à l'introduction d'un défaut sélectionné comme approprié par l'autorité compétente en matière de réception conformément aux dispositions du présent appendice. Ceci est considéré comme démontré si l'activation intervient endéans le nombre de cycles d'essais PCD consécutifs indiqué dans le tableau 4.7.

Lorsqu'il a été spécifié dans la description de la surveillance et admis par l'autorité compétente en matière de réception qu'un dispositif de surveillance spécifique a besoin de davantage de cycles d'essai PCD qu'indiqué dans le tableau 4.7 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 4.7

Types de dispositifs de surveillance et nombres correspondants de cycles d'essai PCD endéans lesquels un DTC «confirmé et actif» doit être mémorisé

Type de dispositif de surveillance	Nombre de cycles d'essai PCD endéans lequel un DTC «confirmé et actif» doit être mémorisé
Retrait du système de post-traitement des particules	2
Perte de fonction du système de post-traitement des particules	8
Défauts du système PCD	2

9.3.3.6. Cycle d'essai PCD

9.3.3.6.1. Le cycle d'essai PCD considéré dans la présente section 9 pour démontrer le fonctionnement correct du système de surveillance de système de post-traitement des particules est le cycle NRTC à chaud pour les moteurs des sous-catégories NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5 etNRE-v-6 et le cycle NRSC applicable pour toutes les autres catégories.

9.3.3.6.2. À la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception, un cycle d'essai PCD alternatif (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:

▼M2

a) les résultats du cycle d'essai demandé dans un dispositif de surveillance qui sera utilisé dans des conditions de conduite réelle;

▼B

b) que le cycle d'essai PCD applicable spécifié au point 9.3.3.6.1 est moins approprié pour la surveillance considérée.

9.3.3.7 Configuration pour la démonstration de l'activation du système d'avertissement

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.

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 compétente en matière de réception.

9.3.3.7.3. Au choix du constructeur, et pour autant que l'autorité compétente en matière de réception y consente, les essais de démonstration peuvent être effectués, nonobstant le point 9.3.3.7.1, sur un engin mobile non routier complet en montant l'engin mobile non routier sur un banc d'essai approprié ou en le faisant fonctionner sur une piste d'essai dans des conditions contrôlées.

9.3.4. La démonstration de l'activation du système d'avertissement est considérée comme accomplis si, à la fin de chaque essai de démonstration effectué conformément au point 9.3.3, le système d'avertissement a été correctement activé et le DTC correspondant au défaut sélectionné a le statut «confirmé et actif».

9.3.5. Lorsqu'un système de post-traitement des particules qui utilise un réactif est soumis à un essai de démonstration portant sur la perte de fonction du système de post-traitement des particules ou le retrait du système de post-traitement des particules, il doit également être confirmé que le dosage du réactif a été interrompu.

▼M2

9.3.6. Documentation de la démonstration

9.3.6.1. Un rapport de démonstration doit documenter la démonstration du système PCD. Le rapport doit:

a) identifier les défauts examinés;

b) décrire la démonstration effectuée, y compris le cycle d'essai applicable;

c) confirmer que les avertissements applicables ont été activés comme requis par le présent règlement;

d) être inclus dans le dossier constructeur tel que défini dans la partie A de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

▼B

ANNEXE V

Mesures et essais en ce qui concerne la plage associée au cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins non routiers

1. **Prescriptions générales**

La présente annexe s'applique aux moteurs gérés électroniquement des catégories NRE, NRG, IWP, IWA et RLR, respectant les limites d'émissions de la phase V énoncées dans l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628 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.

▼M2

La présente annexe énonce les prescriptions techniques relatives à la plage associée au cycle NRSC pertinent, à l'intérieur de laquelle la valeur dont les émissions peuvent excéder les limites d'émissions indiquées dans l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628 est contrôlée.

Lorsqu'un moteur est soumis à l'essai de la manière décrite dans les prescriptions d'essai de la section 4, les émissions de gaz polluants et de particules polluantes prélevées à des points sélectionnés de façon aléatoire à l'intérieur de la plage de contrôle applicable définie dans la section 2 ne doivent pas dépasser les valeurs limites d'émissions applicables de l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628 multipliées par un facteur de 2.0.

▼B

La section 3 traite de la sélection par le service technique de points de mesures supplémentaires à l'intérieur de la plage de contrôle durant l'essai d'émissions au banc, afin de démontrer que les prescriptions de la présente section 1 ont été respectées.

▼M3

Le constructeur peut demander que le service technique exclue des points de fonctionnement de l'une des plages de contrôle définies dans la section 2 au cours de la démonstration visée dans la section 3. Le service technique peut accorder cette dérogation, en accord avec l'autorité compétente en matière de réception, si le constructeur peut démontrer que le moteur n'est jamais capable de fonctionner à de tels points, quelle que soit la configuration dans laquelle l'engin mobile non routier est utilisé.

▼M2

Les instructions d'installation fournies par le constructeur aux FEO conformément à l'annexe XIV doivent identifier les limites supérieure et inférieure de la plage de contrôle applicable et doivent inclure une déclaration précisant que le FEO ne doit pas installer le moteur de telle manière qu'il contraigne le moteur à fonctionner en permanence uniquement à des combinaisons de régime et de couple extérieures à la plage de contrôle pour la courbe de couple correspondant au type ou à la famille de moteurs réceptionné.

▼B

2. **Plage de contrôle du moteur**

La plage de contrôle applicable pour accomplir l'essai du moteur doit être la zone identifiée dans la présente section 2 qui correspond au cycle NRSC applicable pour le moteur soumis à l'essai.

2.1. Plage de contrôle pour les moteurs soumis à l'essai sur le cycle NRSC C1

Ces moteurs fonctionnent avec des régimes et charges variables. Différentes exclusions de plage de contrôle s'appliquent en fonction de la (sous-)catégorie et du régime de fonctionnement du moteur.

▼B

2.1.1. Moteurs à régime variable de la catégorie NRE avec une puissance nette maximale ≥ 19 kW, moteurs à régime variable de la catégorie IWA avec une puissance nette maximale ≥ 300 kW, moteurs à régime variable de la catégorie RLR et moteurs à régime variable de la catégorie NRG.

La plage de contrôle (voir figure 5.1) est définie comme suit:

limite de couple supérieure: courbe de couple à pleine charge;

plage de régimes: régime A à n_{hi};

où:

régime A = n_{lo} + 0,15 × (n_{hi} – n_{lo});

n_{hi} = haut régime (voir article 1, paragraphe 12),

n_{lo} = bas régime (voir article 1, paragraphe 13).

Les conditions de fonctionnement du moteur suivantes sont exclues de l'essai:

a) points en dessous de 30 % du couple maximal;

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

Si le régime moteur mesuré A est à ± 3 % du régime moteur déclaré par le constructeur, les régimes moteurs déclarés sont utilisés. Si la tolérance est dépassée pour l'un des régimes d'essai, les régimes moteurs mesurés sont utilisés.

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

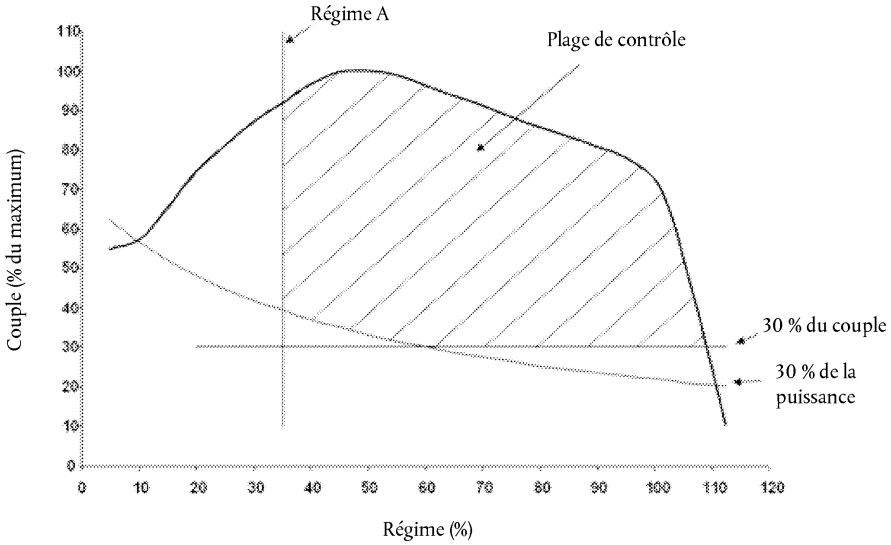
%torque = % du couple maximal;

$$\%\text{speed} = \frac{(n - n_{idle})}{(n_{100\%} - n_{idle})} \cdot 100;$$

où: $n_{100\ \%}$ est le régime à 100 % pour le cycle d'essai correspondant.

Figure 5.1

Plage de contrôle pour les moteurs à régime variable de la catégorie NRE avec une puissance nette maximale ≥ 19 kW, les moteurs à régime variable de catégorie IWA avec une puissance nette maximale ≥ 300 kW et les moteurs à régime variable de catégorie NRG



▼B

2.1.2. Moteurs à régime variable de la catégorie NRE avec une puissance nette maximale < 19 kW et moteurs à régime variable de la catégorie IWA avec une puissance nette maximale < 300 kW

La plage de contrôle spécifiée au point 2.1.1 s'applique mais avec l'exclusion supplémentaire des conditions de fonctionnement du moteur indiquées dans le présent point et illustrées sur les figures 5.2 et 5.3.

a) en ce qui concerne uniquement les matières particulaires, si le régime C est inférieur à 2 400 tr/min, les points à droite ou en dessous de la ligne formée en reliant les points correspondant à 30 % du couple maximal ou 30 % de la puissance nette maximale, selon celle de ces deux valeurs qui est la plus élevée, au régime B et à 70 % de la puissance nette maximale au haut régime;

b) en ce qui concerne uniquement les matières particulaires, si le régime C est égal ou supérieur à 2 400 tr/min, les points à droite de la ligne formée en reliant les points correspondant à 30 % du couple maximal ou 30 % de la puissance nette maximale, selon celle de ces deux valeurs qui est la plus élevée, au régime B, à 50 % de la puissance nette maximale à 2 400 tr/min, et à 70 % de la puissance nette maximale au haut régime.

où:

régime B = n_{lo} + 0,5 × (n_{hi} – n_{lo});

régime C = n_{lo} + 0,75 × (n_{hi} – n_{lo}).

n_{hi} = haut régime (voir article 1, paragraphe 12),

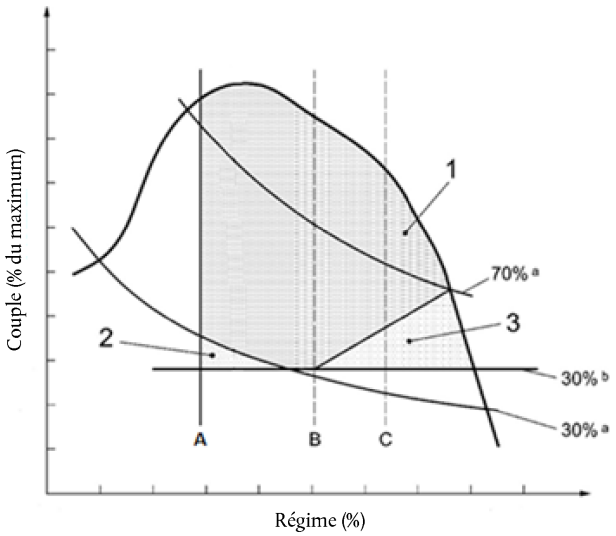
n_{lo} = bas régime (voir article 1, paragraphe 13),

Si les régimes moteurs mesurés A, B et C sont à ± 3 % du régime moteur déclaré par le constructeur, les régimes moteurs déclarés sont utilisés. Si la tolérance est dépassée pour l'un des régimes d'essai, les régimes moteurs mesurés sont utilisés.

▼M2

Figure 5.2

Plage de contrôle pour les moteurs à régime variable de la catégorie NRE ayant une puissance nette maximale < 19 kW et pour les moteurs à régime variable de la catégorie IWA ayant une puissance nette maximale < 300 kW et un régime C < 2 400 tr/min



▼M2

Légende:

1 Plage de contrôle du moteur

2 Exception pour toutes les émissions

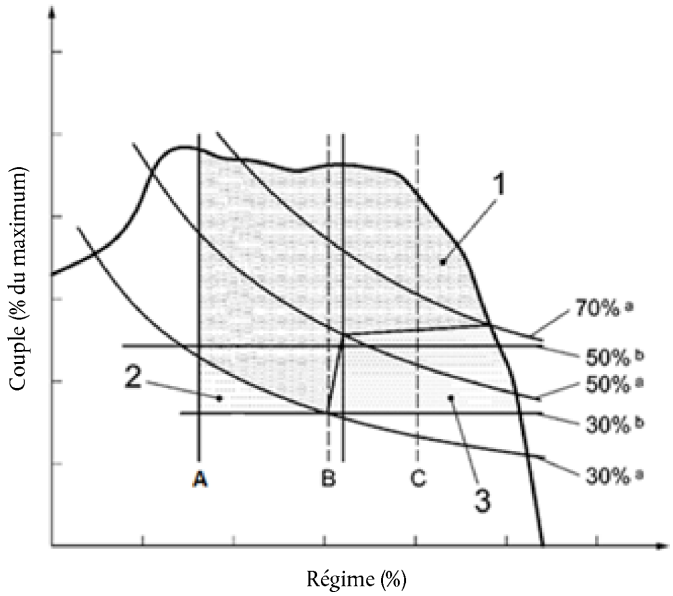
3 Exception pour les matières particulaires

[a] % de la puissance nette maximale

[b] % du couple maximal

Figure 5.3

Plage de contrôle pour les moteurs à régime variable de la catégorie NRE ayant une puissance nette maximale < 19 kW et pour les moteurs à régime variable de la catégorie IWA ayant une puissance nette maximale < 300 kW et un régime C ≥ 2 400 tr/min



Légende:

1 Plage de contrôle du moteur

2 Exception pour toutes les émissions

3 Exception pour les matières particulaires

[a] Pourcentage de la puissance nette maximale

[b] Pourcentage du couple maximal

▼B

2.2. Plage de contrôle pour les moteurs soumis à l'essai sur les cycles NRSC D2, E2 et G2

Ces moteurs tournent essentiellement à un régime très proche du régime de fonctionnement pour lequel ils ont été conçus; par conséquent, la plage de contrôle est définie comme:

régime: 100 %

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

▼B

2.3. Plage de contrôle pour les moteurs soumis à l'essai sur le cycle NRSC E3

Ces moteurs tournent essentiellement à un régime légèrement supérieur ou inférieur à une courbe d'hélice à pas fixe. La plage de contrôle est liée à la courbe d'hélice et a des exposants d'équations mathématiques définissant les limites de la plage de contrôle. La plage de contrôle est définie comme suit:

Limite de régime inférieure:	$0{,}7 \times n_{100\ \%}$;
Courbe limite supérieure:	$\%power = 100 \times (\%speed/90)^{3,5}$;
Courbe limite inférieure:	$\%power = 70 \times (\%speed/100)^{2,5}$;
Limite de puissance supérieure:	courbe de puissance à pleine charge
Limite de régime supérieure:	régime maximal permis par le régulateur

où:

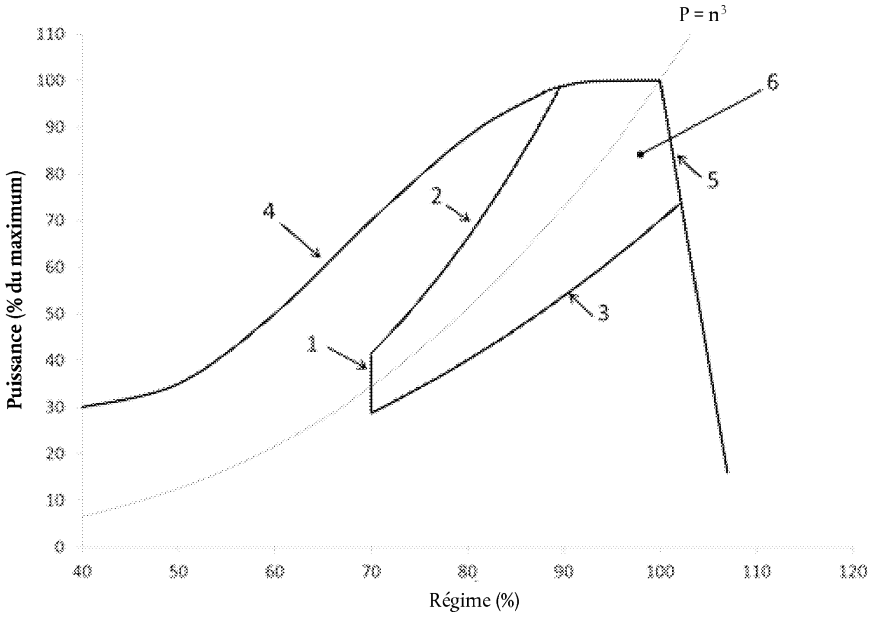
%power est le pourcentage de la puissance nette maximale;

%speed est le pourcentage de $n_{100\ \%}$

$n_{100\ \%}$ est le régime à 100 % pour le cycle d'essai correspondant.

Figure 5.4

Plage de contrôle pour les moteurs soumis à l'essai sur le cycle NRSC E3



Légende:

1 Limite de régime inférieure

2 Courbe limite supérieure

3 Courbe limite inférieure

4 Courbe de puissance à pleine charge

5 Courbe de régime maximale du régulateur

6 Plage de contrôle du moteur

▼B

3. **Prescriptions en matière de démonstration**

Le service technique doit sélectionner de manière aléatoire des points de charge et de régime à l'intérieur de la plage de contrôle en vue de l'essai. Dans le cas des moteurs couverts par le point 2.1, jusqu'à trois points sont sélectionnés. Dans le cas des moteurs couverts par le point 2.2, un point est sélectionné. Dans le cas des moteurs couverts par les points 2.3 ou 2.4, jusqu'à deux points sont sélectionnés. Le service technique détermine également un ordre de fonctionnement aléatoire des points d'essai. L'essai doit être accompli conformément aux prescriptions principales de l'essai NRSC mais chaque point d'essai doit être évalué séparément.

▼M2

3.1. Pour les besoins des sélections aléatoires requises au point 3, des méthodes statistiques reconnues de randomisation sont utilisées.

▼B

4. **Prescriptions relatives à l'essai**

▼M2

L'essai doit être accompli immédiatement après le cycle NRSC applicable, de la manière suivante:

a) l'essai des points de couple et de régime sélectionnés de manière aléatoire doit être accompli immédiatement après la séquence d'essais NRSC à modes discrets décrite aux points a) à e) du point 7.8.1.2 de l'annexe VI mais avant les procédures post-essai f) ou après la séquence d'essais sur le cycle d'essai en conditions stationnaires pour engins mobiles non routiers à modes raccordés (RMC) décrite aux points a) à d) du point 7.8.2.3 de l'annexe VI, mais avant les procédures post-essai e), selon ce qui convient;

▼B

b) les essais doivent être accomplis comme requis aux points b) à e) du point 7.8.1.2 de l'annexe VI en utilisant la méthode à filtres multiples (un filtre pour chaque point d'essai) pour chacun des points d'essai choisis conformément à la section 3;

c) une valeur d'émissions spécifique doit être calculée (en g/kWh ou #A/kWh, selon ce qui convient) pour chaque point d'essai;

d) les valeurs d'émissions peuvent être calculées sur une base massique, en utilisant la section 2 de l'annexe VII ou sur une base molaire, en utilisant la section 3 de l'annexe VII, mais elles doivent être cohérentes avec la méthode utilisée pour l'essai NRSC à modes discrets ou l'essai RMC;

▼M2

e) pour les calculs de sommation des émissions gazeuses et du nombre de particules (PN), le cas échéant, N_{mode} dans les équations (7-64) ou (7-131) et (7-178) doit être fixé à 1 et un facteur de pondération de 1 doit être utilisé;

f) pour les calculs de la masse de particules (PM), la méthode à filtres multiples doit être utilisée; pour les calculs de sommation, N_{mode} dans les équations (7-67) ou (7-134) doit être fixé à 1 et un facteur de pondération de 1 doit être utilisé.

5. **Régénération**

Dans le cas où un épisode de régénération intervient pendant ou immédiatement avant la procédure indiquée au point 4, à l'issue de cette procédure, l'essai peut être annulé à la demande du constructeur, quelle que soit la cause de la régénération. Dans ce cas, l'essai doit être répété. Les mêmes points de couple et de régime doivent être utilisés, bien que leur ordre puisse être changé. Il n'est pas jugé nécessaire de répéter les points de couple et de régime pour lesquels un résultat satisfaisant a déjà été obtenu. La procédure suivante est utilisée pour répéter l'essai:

▼**M2**

a) le moteur doit être actionné de manière à assurer que l'épisode de régénération s'est achevé et, le cas échéant, la charge de suie dans le système de post-traitement des particules a été rétablie;

b) la procédure de mise à température du moteur doit être accomplie conformément au point 7.8.1.1 de l'annexe VI;

c) la procédure d'essai spécifiée au point 4 doit être répétée en commençant au stade visé au point 4 b).

▼B

ANNEXE VI

Déroulement des essais d'émissions et prescriptions relatives à l'équipement de mesure

▼M2

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. À partir de la section 6, la numérotation de la présente annexe est cohérente avec celle du règlement technique mondial n° 11 ([1]) (RTM n° 11) et de l'annexe 4B du règlement n° 96, série 04 d'amendements, de la CEE-ONU ([2]). Toutefois, certains points du RTM n° 11 ne sont pas nécessaires dans la présente annexe ou sont modifiés pour tenir compte du progrès technique.

▼B

2. **Aperçu général**

La présente annexe contient les dispositions techniques suivantes, nécessaires à la réalisation d'un essai d'émissions. Des dispositions supplémentaires sont énumérées au point 3.

— Section 5: prescriptions relatives aux performances, y compris la détermination des régimes d'essai.

— Section 6: conditions d'essai, y compris la méthode de prise en compte des émissions de gaz de carter, la méthode de détermination et de prise en compte de la régénération continue ou périodique des systèmes de post-traitement des gaz d'échappement.

— Section 7: procédures d'essai, y compris l'établissement de la courbe de conversion du moteur, la génération du cycle d'essai et la procédure d'exécution du cycle d'essai.

— Section 8: procédures de mesure, y compris les contrôles d'étalonnage et de performance des instruments et la validation des instruments pour l'essai.

— Section 9: équipement de mesure, y compris les instruments de mesure, les procédures de dilution, les procédures de prélèvement et les normes en matière de gaz d'analyse et de masse.

— Appendice 1: procédure de mesure du nombre de particules

3. **Annexes associées**

— Évaluation des données et calcul:	Annexe VII
— Procédures d'essai pour les moteurs à double carburant (dual-fuel engines):	Annexe VIII
— Carburants de référence:	Annexe IX
— Cycles d'essai:	Annexe XVII

([1]) Règlement technique mondial n° 11 concernant les émissions des moteurs des tracteurs agricoles et forestiers et des engins mobiles non routiers, inscrit au registre mondial élaboré le 18 novembre 2004, conformément à l'article 6 de l'accord concernant l'établissement de règlements techniques mondiaux applicables aux véhicules à roues ainsi qu'aux équipements et pièces qui peuvent être montés et/ou utilisés sur les véhicules à roues.

([2]) Règlement n° 96 de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU) – Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des moteurs à allumage par compression destinés aux tracteurs agricoles et forestiers ainsi qu'aux engins mobiles non routiers en ce qui concerne les émissions de polluants du moteur.

▼B

4. **Prescriptions générales**

Les moteurs soumis à l'essai doivent satisfaire aux prescriptions en matière de performances indiquées dans la section 5 lorsqu'ils sont essayés conformément aux conditions d'essai indiquées dans la section 6 et aux procédures d'essai indiquées dans la section 7.

5. **Prescriptions en matière de performances**

5.1. Émissions de polluants gazeux et particulaires, de CO_2 et de NH_3

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) le monoxyde de carbone, CO;

d) la masse de particules, PM;

e) le nombre de particules, PN.

▼M2

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) ou en nombre par kilowattheure (#kWh) pour PN.

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'annexe II du règlement (UE) 2016/1628. Les résultats, y compris:

a) les émissions de gaz de carter déterminées conformément au point 6.10, le cas échéant;

b) les facteurs d'ajustement pour la régénération périodique du système de post-traitement déterminés conformément au point 6.6, le cas échéant; et

c) en tant qu'étape finale du calcul, le facteur de détérioration déterminé conformément à l'annexe III;

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 l'article 43, paragraphe 4, du règlement (UE) 2016/1628.

▼B

Les émissions moyennes d'ammoniac (NH_3) doivent, en outre, être mesurées comme requis conformément à la section 3 de l'annexe IV, lorsque les mesures de maîtrise 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 ladite section.

Les émissions doivent être déterminées sur des cycles de fonctionnement (cycles d'essai en conditions stationnaires ou transitoires), comme décrit dans la section 7 et dans l'annexe XVII. Les systèmes de mesures doivent satisfaire aux prescriptions relatives aux contrôles de l'étalonnage et des performances indiqués dans la section 8, l'équipement de mesure étant décrit dans la section 9.

▼B

D'autres systèmes ou analyseurs peuvent être approuvés par l'autorité compétente en matière de réception pour autant qu'ils produisent des résultats équivalents conformément au point 5.1.1. Les résultats doivent être calculés conformément aux prescriptions de l'annexe VII.

5.1.1. 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 3 de l'annexe VII, 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 compétente en matière de réception.

5.2. Prescriptions générales concernant les cycles d'essai

5.2.1. L'essai de réception UE par type doit être mené en utilisant le cycle NRSC approprié et, le cas échéant, le cycle NRTC ou LSI-NRTC, comme spécifié à l'article 24 et dans l'annexe IV du règlement (UE) 2016/1628.

5.2.2. Les spécifications techniques et caractéristiques des cycles NRSC sont indiquées dans l'appendice 1 (cycle à modes discrets) et dans l'appendice 2 (cycle à modes stationnaires raccordés) de l'annexe XVII. Au choix du constructeur, un essai NRSC peut être exécuté en tant que cycle NRSC à modes discrets ou, le cas échéant en tant que cycle NRSC à modes raccordés (RMC), comme indiqué au point 7.4.1.

5.2.3. Les spécifications techniques et caractéristiques des cycles NRTC et LSI-NRTC sont indiquées dans l'appendice 3 de l'annexe XVII.

5.2.4. Les cycles d'essai spécifiés au point 7.4 et dans l'annexe XVII sont conçus autour de pourcentages du couple ou de la puissance maximum 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 point 5.2.5.4;

c) régime de ralenti, comme spécifié au point 5.2.5.5.

La détermination des régimes d'essai est traitée au point 5.2.5, tandis que l'utilisation du couple et de la puissance est traitée au point 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 point 5.2.5.1.1 ou au point 5.2.5.1.3.

▼**M2**

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 point 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 au moyen de l'une des options suivantes:

a) Calcul basé sur les valeurs de régime bas et de régime haut

$$MTS = n_{lo} + 0{,}95 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (6\text{-}1)$$

où:

n_{hi} est le régime haut, tel que défini à l'article 1er, point 12,

n_{lo} est le régime bas, tel que défini à l'article 1er, point 13.

b) Calcul basé sur la méthode du vecteur le plus long

$$MTS = n_i \quad (6\text{-}2)$$

où:

n_i est la moyenne des régimes le plus bas et le plus haut 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 $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$:

$$MTS = n_i \quad (6\text{-}3)$$

où:

n_i est le régime auquel la valeur maximale de $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ est obtenue.

où:

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 $n_{P_{max}}$

P_{normi} est une puissance moteur normalisée en la divisant par P_{max}

$n_{P_{max}}$ 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'y a qu'un seul régime auquel la puissance est égale à 98 % de P_{max}, $n_{P_{max}}$ est le régime auquel P_{max} est obtenu;

▼M2

ii) les régimes auxquels ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$) est égal à 98 % de la valeur maximale de ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$).

▼B

5.2.5.1.2. Utilisation d'un MTS déclaré

Si le MTS calculé conformément au point 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 valeur alternative du MTS déterminée au moyen de l'une des méthodes suivantes:

a) le MTS peut être légèrement réduit (max. 3 %) afin de rendre possible l'exécution correcte du cycle NRTC;

b) un MTS alternatif peut être calculé au moyen de l'équation (6-4):

$$MTS = ((n_{max} — n_{idle})/1{,}05) + n_{idle} \quad (6\text{-}4)$$

où

n_{max} = désigne 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} = désigne le régime de ralenti.

5.2.5.2. Régime nominal

▼M2

Le régime nominal est défini à l'article 3, point 29, du règlement (UE) 2016/1628. Le régime nominal pour les moteurs à régime variable soumis à un essai d'émissions autres que ceux essayés sur un cycle NRSC à régime constant défini à l'article 1er, point 31, du présent règlement est déterminé à partir de la procédure applicable d'établissement de la courbe de conversion définie au point 7.6 de la présente annexe. Le régime nominal pour les moteurs à régime variable essayés sur un cycle NRSC à régime constant doit être déclaré par le constructeur selon les caractéristiques du moteur. Le régime nominal des moteurs à régime constant doit être déclaré par le constructeur selon les caractéristiques du régulateur. Lorsqu'un type de moteurs équipé de régimes alternatifs, tels que permis par l'article 3, point 21, du règlement (UE) 2016/1628, est soumis à un essai d'émissions, chaque régime alternatif doit être déclaré et essayé.

▼B

Si le régime nominal déterminé au moyen de la procédure d'établissement de la courbe de conversion du moteur de la section 7.6 est dans la plage de ± 150 tr/min de la valeur déclarée par le constructeur pour les moteurs de la catégorie NRS équipés d'un régulateur, ou dans la plage de ± 350 tr/min ou ± 4 % pour les moteurs de la catégorie NRS sans régulateur, la valeur la plus

▼B

petite étant retenue, ou dans la plage de ± 100 tr/min pour toutes les autres catégories de moteurs, la valeur déclarée peut être utilisée. Si la tolérance est dépassée, le régime nominal déterminé à partir de la procédure d'établissement de la courbe de conversion du moteur doit être utilisé.

▼M2

Pour les moteurs de la catégorie NRSh, le régime d'essai à 100 % doit être dans la plage de ± 350 tr/min du régime nominal déclaré par le constructeur.

▼B

À titre d'option, le MTS peut être utilisé au lieu du régime nominal pour tout cycle d'essai en conditions stationnaires.

5.2.5.3. Régime de couple maximal pour les moteurs à régime variable

▼M2

Le cas échéant, le régime de couple maximal déterminé à partir de la courbe de couple maximal établie au moyen de la procédure d'établissement de la courbe de conversion du moteur applicable du point 7.6.1 ou 7.6.2 doit être l'un des suivants:

▼B

a) le régime auquel le couple le plus élevé a été enregistré; ou

b) la moyenne des régimes le plus faible et le plus élevé auxquels le couple est égal à 98 % du couple maximal. Si nécessaire, une interpolation linéaire doit être appliquée pour déterminer les régimes auxquels le couple est égal à 98 % du couple maximal.

Si le régime de couple maximal déterminé à partir de la courbe de couple maximal est dans la plage de ± 4 % du régime de couple maximal déclaré par le constructeur pour les ►M2 moteurs de la catégorie NRS ◄, ou dans la plage de 2,5 % du régime de couple maximal déclaré par le constructeur pour toutes les autres catégories de moteurs, la valeur déclarée peut être utilisée pour les besoins du présent règlement. Si la tolérance est dépassée, le régime de couple maximal déterminé à partir de la courbe de couple maximal doit être utilisé.

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;

▼B

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.

▼M2

Lorsque le régulateur installé sur le moteur est utilisé, le régime à 100 % doit être le régime moteur régulé tel que défini à l'article 1er, point 24.

▼B

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.

▼B

5.2.6. Couple et puissance

5.2.6.1. Couple

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 & E2);

b) soit le ratio du couple requis au couple correspondant à la puissance nette nominale déclarée par le constructeur (cycles D2 & E2).

5.2.6.2. Puissance

Les chiffres de puissance indiqués dans les cycles d'essai sont des valeurs en pourcentage qui représentent, pour un mode d'essai donné:

a) pour le cycle d'essai E3, les chiffres de puissance sont les valeurs en pourcentage de la puissance nette maximale au régime de 100 % car ce cycle est basé sur une courbe caractéristique d'hélice théorique correspondant à des navires propulsés par de gros moteurs sans limitation de longueur;

b) pour le cycle d'essai F, les chiffres de puissance sont des valeurs en pourcentage de la puissance nette maximale au régime d'essai donné, sauf pour le régime de ralenti, où il s'agit d'un pourcentage de la puissance nette maximale au régime à 100 %.

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 (6-5) ou (6-6). 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:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7} \quad (6\text{-}5)$$

Moteurs à turbocompresseur avec ou sans refroidisseur intermédiaire:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5} \quad (6\text{-}6)$$

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 points 6.1.2 et 6.1.4;

▼B

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 points 6.1.3 et 6.1.4 et comme requis par les points 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 point 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

▼M2

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

▼M2

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:

a) une température du réfrigérant d'au moins 293 K (20 °C) doit être maintenue à l'entrée du refroidisseur intermédiaire pendant tout l'essai;

b) 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 (± 5 °C) 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;

c) 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 point 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.

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 de cette section 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

▼M2

6.3.1. Base de la mesure des émissions

La base de la mesure des émissions spécifiques est la valeur de puissance nette non corrigée, telle que définie à l'article 3, point 25, du règlement (UE) 2016/1628.

▼B

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 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 mobile non routier et qui peuvent être montés sur le moteur doivent être démontés pour l'essai.

▼B

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 de l'appendice 2). Si cette valeur est supérieure à 3 % de la puissance maximale au régime d'essai, le service technique peut la vérifier. ►M2 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 point 7.7.1.3 ou au point 7.7.2.3 b). ◄

▼M2

6.3.4. Détermination de la puissance absorbée par les accessoires

Lorsque cela est applicable conformément aux points 6.3.2 et 6.3.3, les valeurs de la puissance absorbée par les accessoires et la mesure/la méthode de calcul pour déterminer la puissance absorbée par les accessoires doivent être soumises par le constructeur du moteur pour toute la plage de fonctionnement des cycles d'essai applicables et approuvées par l'autorité compétente en matière de réception.

▼B

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 point 7.8.3.4) doit être effectué sur la base de la puissance du moteur conformément au point 6.3.1. Dans ce cas, P_f et P_r dans l'équation (6-7) sont nuls, et P est égal à P_m.

Si des accessoires ou des équipements sont installés conformément aux points 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 (6-8):

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad (6\text{-}7)$$

$$P_{AUX} = P_{r,i} - P_{f,i} \quad (6\text{-}8)$$

où

$P_{m,i}$ désigne la puissance mesurée du moteur, en kW;

$P_{f,i}$ désigne la puissance absorbée par les accessoires/équipements à monter pour l'essai mais qui n'étaient pas installés, en kW;

$P_{r,i}$ désigne 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 (EGR) 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 (EGR) au système d'admission d'air.

▼B

Lorsque le MTS défini au point 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 point 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 défini au point 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 la pression des gaz d'échappement.

6.6. Moteur avec système de post-traitement des gaz d'échappement

Si le moteur est équipé d'un système de post-traitement 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 post-traitement. La distance entre la bride du collecteur d'échappement ou la sortie du turbocompresseur et le dispositif de post-traitement 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 post-traitement 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 des gaz d'échappement doit être réglée conformément au point 6.5. Pour les dispositifs de post-traitement 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 point 6.5 doit être déterminée dans les conditions du système de post-traitement (niveau de rodage/vieillissement et de régénération/encrassement) spécifiées par le constructeur. Le boîtier de post-traitement 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 post-traitement des gaz d'échappement nécessitant l'utilisation d'un réactif, le réactif utilisé pour tous les essais doit être indiqué par le constructeur.

Pour les moteurs des catégories NRE, NRG, IWP, IWA, RLR, NRS, NRSh, SMB, et ATS équipés d'un système de post-traitement des gaz d'échappement avec régénération périodique, comme décrit au point 6.6.2, les résultats d'émissions doivent être ajustés

▼B

pour tenir compte des épisodes 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 post-traitement 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 (NRTC ou LSI-NRTC) ou sur le cycle RMC («régénération continue») conformément au point 6.6.1 n'ont besoin d'aucune procédure d'essai particulière.

6.6.1. Régénération continue

Pour un système de post-traitement 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 des gaz 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. Au cours de l'essai NRTC à chaud, le moteur est soumis à la procédure de réchauffement selon le point 7.8.2.1, puis à la procédure de stabilisation à chaud selon le point 7.4.2.1 b); 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 7.4.2.1 b). 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 post-traitement des gaz d'échappement, contre-pression des gaz d'échappement, etc.). Le système de post-traitement 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 périodique

Ces prescriptions s'appliquent seulement aux moteurs équipés d'un système de post-traitement des gaz d'échappement qui est régénéré de façon périodique, habituellement après moins de 100 heures 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 point 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. 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 (NRTC ou LSI-NRTC) ou du cycle d'essai RMC, les facteurs d'ajustement sont établis en utilisant un essai NRSC à modes discrets applicable. Les facteurs élaborés en utilisant un cycle d'essai NRSC à modes discrets ne doivent être appliqués qu'à des cycles d'essai NRSC 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.

▼B

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

Les émissions doivent être mesurées sur au moins trois cycles d'essai NRTC à chaud, essais LSI-NRTC ou RMC, l'un avec et les deux autres sans épisode de régénération sur un système de post-traitement des gaz d'échappement stabilisé. Le processus de régénération doit intervenir au moins une fois pendant l'essai NRTC, LSI-NRTC ou RMC avec épisode de régénération. Si la régénération prend plus qu'un essai NRTC, LSI-NRTC ou RMC, des essais NRTC, LSI-NRTC ou RMC 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 (6-10) à (6-13).

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 post-traitement 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 7.8.1.2 c). 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 (6-10) à (6-13) 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 périodiques (IRAF)

Le constructeur doit déclarer les conditions de paramètres normales dans lesquelles se produit le processus de régénération (charge en suie, température, contre-pression des gaz 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. ►M2 La procédure exacte permettant de déterminer cette fréquence doit être convenue avec l'autorité compétente en matière de réception et s'appuyer sur des pratiques techniques reconnues. ◄

Dans le cas d'un essai avec régénération, le constructeur doit fournir un système de post-traitement des gaz d'échappement qui a été chargé. 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 post-traitement des gaz d'échappement soit chargé. 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.

▼B

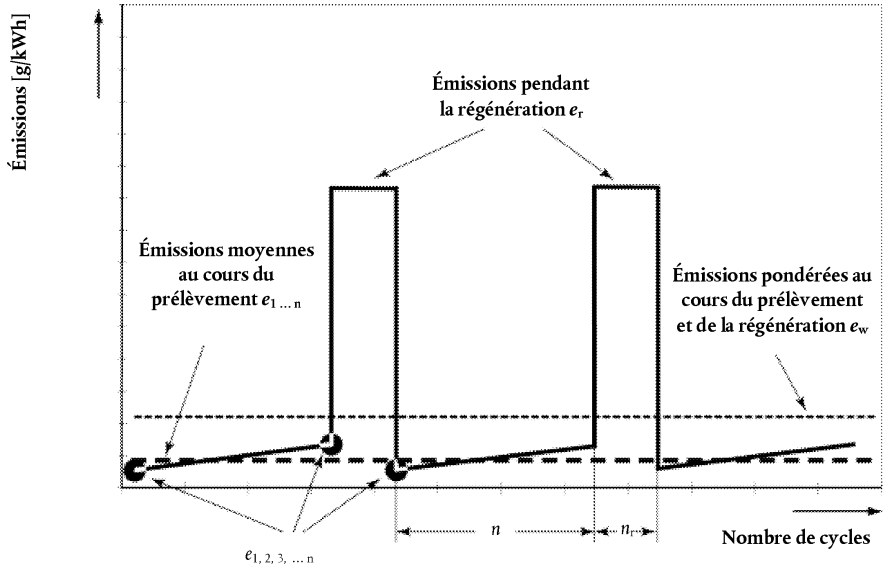
Durant l'essai avec régénération, toutes les données nécessaires pour détecter la régénération doivent être enregistrées (émissions de CO ou de NO_x, température avant et après le système de post-traitement des gaz d'échappement, contre-pression des gaz d'échappement, etc.). Pendant le processus de régénération, les limites d'émissions applicables peuvent être dépassées. La procédure d'essai est représentée schématiquement à la figure 6.1.

▼M2

Figure 6.1

Programme de régénération périodique avec un nombre de mesures *n* et un nombre de mesures pendant la régénération n_r

▼B



Le taux d'émissions spécifique moyen relatif aux essais exécutés conformément au point 6.6.2.1 ou 6.6.2.2 [g/kWh ou #/kWh] doit être pondéré au moyen de l'équation (6-9) (voir figure 6.1):

▼M2

$$\overline{e}_w = \frac{n \cdot \overline{e} + n_r \cdot \overline{e}_r}{n + n_r} \qquad (6\text{-}9)$$

où:

n désigne le nombre d'essais au cours desquels une régénération ne se produit pas,

n_r désigne le nombre d'essais aux cours desquels une régénération se produit (au moins un essai),

$\overline{e}$ désigne les émissions spécifiques moyennes d'un essai au cours duquel la régénération ne se produit pas [g/kWh ou #/kWh],

$\overline{e}_r$ désigne les émissions spécifiques moyennes d'un essai au cours duquel la régénération se produit [g/kWh ou #/kWh]

▼B

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 PM et PN, au moyen des équations (6-10) à (6-13):

▼B

Procédé multiplicatif:

▼M2

$$k_{\mathrm{ru,m}} = \frac{\overline{e}_{\mathrm{w}}}{\overline{e}} \quad \text{(facteur d'ajustement vers le haut)} \quad (6\text{-}10)$$

$$k_{\mathrm{rd,m}} = \frac{\overline{e}_{\mathrm{w}}}{\overline{e}_r} \quad \text{(facteur d'ajustement vers le bas)} \quad (6\text{-}11)$$

▼B

Procédé additif:

▼M2

$$k_{\mathrm{ru,a}} = \overline{e_w} - \overline{e} \quad \text{(facteur d'ajustement vers le haut)} \quad (6\text{-}12)$$

$$k_{\mathrm{rd,a}} = \overline{e_w} - \overline{e_r} \quad \text{(facteur d'ajustement vers le bas)} \quad (6\text{-}13)$$

▼B

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 à l'annexe VII et à l'appendice 5 de l'annexe VII 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 NRSC 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 de 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 post-traitement des gaz d'échappement, comme défini dans l'annexe IX du règlement d'exécution (UE) 2017/656, avec l'autorisation préalable de l'autorité compétente en matière de réception, 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;

▼M2

b) à la demande du constructeur, l'autorité compétente en matière de réception peut prendre en compte les épisodes de régénération autrement que comme prévu au point a). Toutefois, cette

▼M2

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 point 6.6.2.3.

▼B

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 du carburant de référence

Les carburants de référence à utiliser pour les essais sont spécifiés dans l'annexe IX.

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

La présente section s'applique aux moteurs des catégories NRE, NRG, IWP, IWA, RLR, NRS, NRSh, SMB, & ATS respectant les valeurs limites d'émissions de la phase V définies dans l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628.

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 point, les émissions provenant du carter qui sont introduites dans le conduit de gaz d'échappement en amont du système de post-traitement 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 maintenue 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 post-traitement, en aval de toute restriction introduite des

▼B

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. Méthodes d'essai

7.1. Introduction

Le présent chapitre 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 IX du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

Un essai d'émissions en laboratoire consiste à mesurer des émissions et d'autres paramètres pour les cycles d'essai spécifiés dans l'annexe XVII. Les aspects suivants sont pris en considération:

a) les configurations de laboratoire pour la mesure des émissions (point 7.2);

b) les procédures de vérification avant et après essais (point 7.3);

c) les cycles d'essai (point 7.4);

d) la séquence générale de l'essai (point 7.5);

e) la courbe de conversion du moteur (point 7.6);

f) l'établissement du cycle d'essai (point 7.7);

g) la procédure d'application du cycle d'essai spécifique (point 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 point 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.-à-d., HC, CO, NO_x et PM), le nombre de particules dans les émissions d'échappement (c.-à-d. 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.

▼B

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 particulières 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.

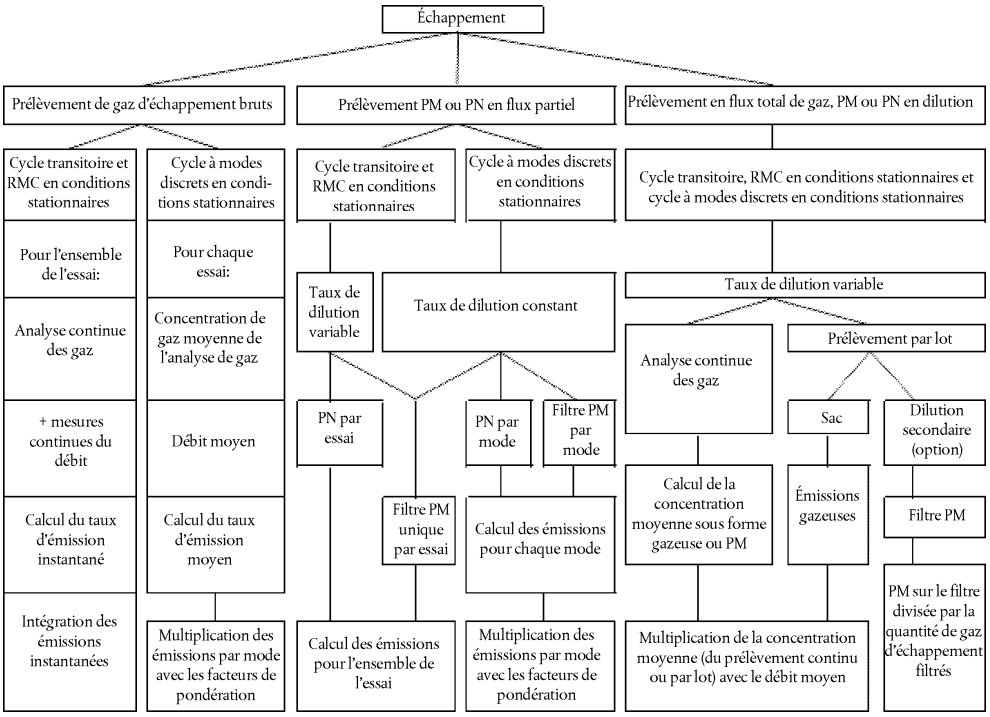
7.2.1.3. Prélèvement combiné

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 6.2 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 6.2

Procédure d'essai pour la mesure des émissions



Note concernant la figure 6.2: 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.

▼B

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.

7.3. Vérification et étalonnage

7.3.1. Procédures préalables à l'essai

▼M2

7.3.1.1. Prescriptions générales pour le préconditionnement du système de prélèvement et du moteur

▼B

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 point.

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 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 point 7.3.1.4. 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.

▼M2

Les moteurs équipés d'un système de post-traitement peuvent être mis en marche avant le préconditionnement spécifique au cycle visé aux points 7.3.1.1.1 à 7.3.1.1.4, de sorte que le système de post-traitement soit régénéré et, le cas échéant, que la charge de suie dans le système de post-traitement des particules soit rétablie.

▼B

7.3.1.1.1. Préconditionnement pour le cycle NRTC à froid

Le moteur doit être préconditionné en exécutant au moins un cycle NRTC 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 point 7.3.1.2 doit commencer.

7.3.1.1.2. Préconditionnement pour le cycle NRTC à chaud (ou pour le cycle LSI NRTC)

Le présent point 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 secondes 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

▼B

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 secondes 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, E2 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, E2 ou G. Le régime à 50 % doit être calculé conformément au point 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 point 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

Le constructeur du moteur doit sélectionner l'une des séquences de préconditionnement a) ou b) suivantes. 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 secondes 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, E2 ou G, ou au régime moteur nominal et à un couple de 50 % pour tout cycle d'essai RMC des types D2, E2 ou G. Le régime à 50 % doit être calculé conformément au point 5.2.5.1 dans le cas d'un moteur dont le MTS est utilisé pour produire les régimes d'essai, et être calculé conformément au point 7.7.1.3 dans tous les autres cas. Le couple à 50 % est défini comme 50 % du couple disponible maximal à ce régime.

▼M2

_____

▼**M2**

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 post-traitement des gaz d'échappement. Dans le cas du refroidissement forcé du système de post-traitement, l'air de refroidissement ne doit pas être appliqué avant que la température du système de post-traitement 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 du système 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 heures 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 heures précédant le prélèvement des émissions conformément aux indications du point 8.1.8.7;

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 point 7.3.1.5;

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 utilisant des cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC ou LSI-NRTC) ou RMC et pendant une période de prélèvement des émissions gazeuses à la fin de

▼M2

chaque mode pour les essais NRSC à modes discrets, la plage des analyseurs de mesure des émissions ne doit pas être modifiée. Par ailleurs, il convient de ne pas modifier le gain du ou des amplificateurs opérationnels analogiques de l'analyseur 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 point 9.5.1. 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

Les procédures pour le préconditionnement du filtre à particules PM et la mesure du poids à vides sont accomplies conformément au point 8.2.3.

▼B

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 point 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 point 8.2.1 doit être écarté.

7.3.2.2. Conditionnement et pesage des particules après l'essai

Les filtres utilisés contenant les échantillons de PM doivent être placés dans des récipients fermés ou scellés afin de les protéger de la contamination ambiante. Ainsi protégés, les filtres en question doivent être renvoyés à la chambre de conditionnement des filtres de PM. Ensuite, les filtres contenant les échantillons de PM doivent être conditionnés et pesés conformément aux indications du point 8.2.4 (post-conditionnement 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 minutes 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 minutes après le cycle NRTC à chaud ou pendant la période de stabilisation thermique;

c) les échantillons de concentrations ambiantes doivent être analysés au plus tard 60 minutes après l'achèvement de l'essai NRTC 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

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 point 8.2.2.

▼M2

7.4. Cycles d'essai

L'essai de réception UE par type doit être mené en utilisant le cycle NRSC approprié et, s'il est applicable, le cycle NRTC ou LSI-NRTC, spécifiés à l'article 18 et dans l'annexe IV du règlement (UE) 2016/1628. Les spécifications techniques et les caractéristiques des cycles d'essai NRSC, NRTC et LSI-NRTC sont présentées dans l'annexe XVII du présent règlement et la méthode à appliquer pour déterminer les réglages du couple, de la puissance et du régime pour ces cycles d'essai, dans la section 5.2.

▼B

7.4.1. Cycles d'essai en conditions stationnaires

Les cycles d'essai en conditions stationnaires pour engins non routiers (NRSC) sont spécifiés dans les appendices 1 et 2 de l'annexe XVII sous la forme d'une liste de cycles d'essai NRSC à 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 NRSC doit être mesuré avec le moteur en marche et à chaud, conformément aux spécifications du constructeur. Au choix du constructeur, un cycle d'essai NRSC peut être réalisé en tant que cycle d'essai à modes discrets ou en tant que cycle RMC, comme expliqué aux points 7.4.1.1 et 7.4.1.2. Il n'est pas nécessaire d'effectuer un essai d'émissions à la fois selon le point 7.4.1.1 et le point 7.4.1.2.

7.4.1.1. Cycles d'essai NRSC à modes discrets

Les cycles d'essai NRSC 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 point 7.8.1.2. 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 NRSC à modes raccordés

Les cycles d'essai RMC sont des cycles d'essai de fonctionnement à chaud dans lesquels la mesure des émissions commence une fois que le moteur a démarré, qu'il est monté en température et qu'il fonctionne comme indiqué au point 7.8.2.1. Le moteur est 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 (NRTC ou LSI-NRTC).

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 NRSC 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 NRSC à modes discrets ou sont divisés pour éviter les changements extrêmes de température.

▼B

7.4.2. Cycle d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC)

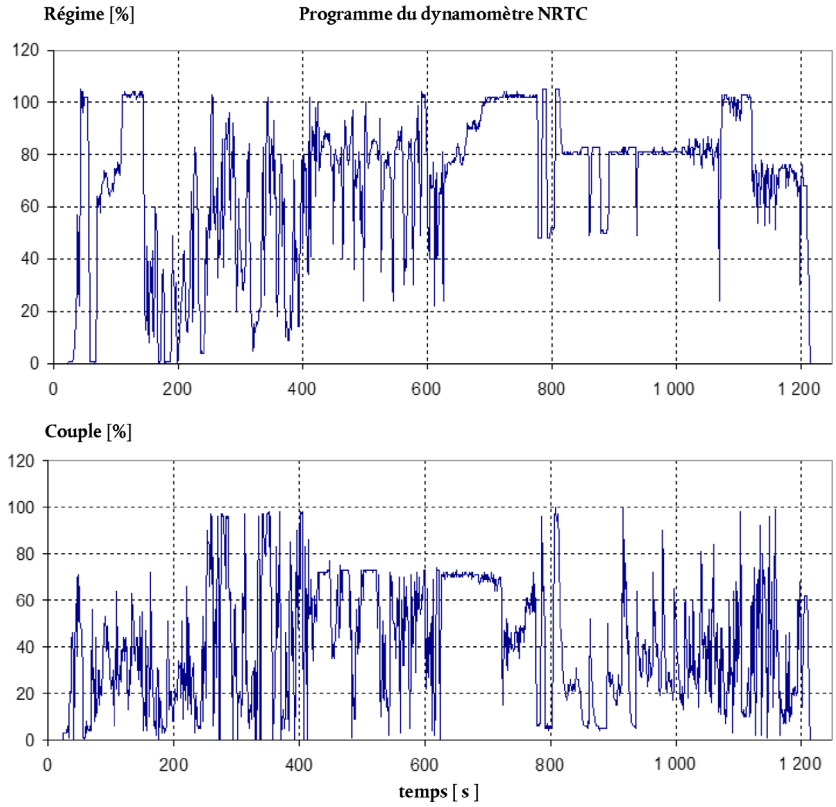
Le cycle en conditions transitoires pour engins non routiers applicable aux moteurs de la catégorie NRE (NRTC) et le cycle en conditions transitoires pour engins non routiers applicable aux gros moteurs à allumage commandé de la catégorie NRS (LSI-NRTC) sont spécifiés dans l'appendice 3 de l'annexe XVII en tant que séquence seconde par seconde des 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 de référence du moteur mis à l'essai (voir point 7.7.2).

7.4.2.1. Séquence d'essai pour le cycle NRTC

On trouvera à la figure 6.3 une représentation graphique du programme du dynamomètre NRTC normalisé.

Figure 6.3

Programme du dynamomètre normalisé NRTC



Le cycle d'essai NRTC doit être accompli deux fois après l'achèvement du préconditionnement (voir point 7.3.1.1.1) conformément à la procédure suivante:

▼M2

a) le cycle à froid commence après que le moteur et les systèmes de post-traitement des gaz d'échappement ont refroidi à la température du local après refroidissement naturel du moteur, ou après refroidissement forcé, et après que les températures du

▼M2

moteur, du réfrigérant et de l'huile, des systèmes de post-traitement des gaz d'échappement 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 pour ce cycle commence avec la mise en marche du moteur froid;

▼B

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;

▼M2

c) le cycle à chaud commence 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 pour ce cycle doit commencer parallèlement à la mise en marche du moteur.

Les émissions spécifiques au frein exprimées en g/kWh, ou en nombre par kilowattheure (#kWh) pour PN, doivent être déterminées au moyen des procédures définies dans la présente section, tant pour le cycle d'essai à chaud que pour le cycle d'essai à froid. Les émissions pondérées composites sont calculées en pondérant les résultats du cycle à froid de 10 % et les résultats du cycle à chaud de 90 %, comme indiqué en détail dans l'annexe VII.

▼B

7.4.2.2. Séquence d'essai pour le cycle LSI-NRTC

Le cycle d'essai LSI-NRTC doit être accompli une fois en tant qu'essai à chaud après l'achèvement du préconditionnement (voir point 7.3.1.1.2), 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 secondes. 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 secondes, 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 de l'annexe VII.

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 trois minutes 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.

▼B

Avec l'accord préalable du service technique, la procédure de mise à température du moteur peut inclure jusqu'à 15 minutes 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 charges 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 7.5 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 RMC 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;

▼M2

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 (point 7.3.1.6) et post-essai (point 7.3.2.2);

▼B

i) les résultats des essais d'émissions doivent être évalués.

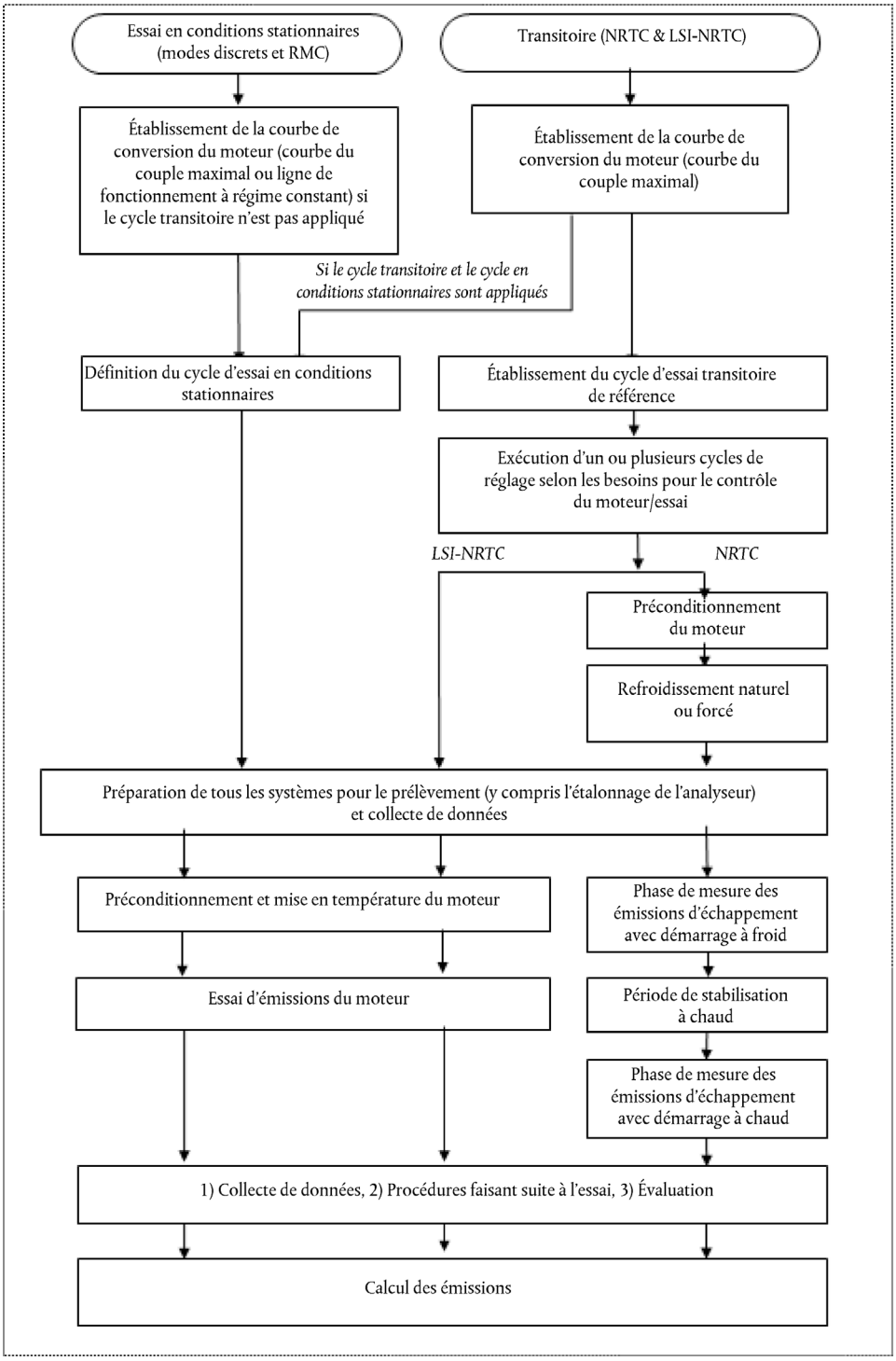
La figure 6.4 donne un aperçu des procédures nécessaires pour effectuer les cycles d'essai pour engins mobiles non routiers avec mesure des émissions de gaz d'échappement du moteur.

▼M2

▼C1

Figure 6.4

Séquence d'essai



▼B

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 les instructions communiquées à l'utilisateur final ou le manuel de service/réparation ne décrivent un temps d'entraînement plus long que la normale.

7.5.1.2. Calage du moteur

▼M2

a) Si le moteur cale à un stade quelconque au cours du cycle d'essai NRTC à froid, l'essai entier doit être annulé.

b) Si le moteur cale à un moment quelconque au cours du cycle d'essai NRTC à chaud, seul ce cycle doit être annulé. Après une période de stabilisation à chaud conformément au point 7.8.3, l'essai à chaud doit être répété. Dans ce cas, l'essai à froid n'a pas à être répété.

▼B

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 NRSC (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.

▼B

7.6. Établissement de la courbe de conversion 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.

Lorsque le constructeur a l'intention d'utiliser le signal de couple émis par l'unité de commande du moteur, pour les moteurs qui en sont équipés, pendant l'accomplissement d'essais de surveillance en service conformément au règlement délégué (UE) 2017/655, les vérifications décrites dans l'appendice 3 seront également effectuées lors de 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} désigne le régime haut, ►**M2** comme défini à l'article 1er, point 12 ◄.

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 point 7.6.2.

▼B

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. Ensuite il faut 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 ce 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 maximal 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

▼B

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 doivent être approuvées par l'autorité compétente en matière de réception 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 la dernière cartographie; 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 la dernière cartographie.

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 ou E2

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. ►**M2** La puissance enregistrée ne doit pas dépasser de plus de 12,5 % la puissance nominale définie à l'article 3, point 27, du règlement (UE) 2016/1628. 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 compétente en matière de réception des éléments probants démontrant que la puissance maximale ne dépasse pas la puissance nominale de plus de 12,5 %.

▼B

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 E2 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 compétente en matière de réception, 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 ou E2, 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 du cycle NRSC

Ce point doit être utilisé pour générer les régimes et charges 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 point 5.2.5.1 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 point 5.2.5.4.

Le régime de ralenti doit être déterminé conformément au point 5.2.5.5.

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 point 5.2.5.3 doit être utilisé comme le régime à 100 %.

▼B

Le régime nominal doit être utilisé pour déterminer le régime intermédiaire conformément au point 5.2.5.4. 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 point 5.2.5.5.

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 point.

7.7.1.3. Établissement de la charge du cycle NRSC pour chaque mode d'essai

Le pourcentage de charge pour chaque mode d'essai du cycle d'essai choisi doit être celui indiqué dans le tableau NRSC approprié de l'appendice 1 ou 2 de l'annexe XVII. En fonction du cycle d'essai, le pourcentage de la charge dans ces tableaux est exprimé comme soit la puissance, soit le couple conformément au point 5.2.6, de même que dans les notes de chaque tableau.

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 point 7.6.1, au point 7.6.2 ou au point 7.6.3, respectivement, exprimée en tant que puissance (kW).

Le réglage du moteur pour chaque mode d'essai doit être calculé au moyen de l'équation (6-14):

$$S = \left((P_{\max} + P_{\mathrm{AUX}}) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{\mathrm{AUX}} \qquad (6\text{-}14)$$

où

S désigne le réglage du dynamomètre, en kW

$P_{\max}$ désigne la puissance observée ou déclarée maximale au régime d'essai dans les conditions d'essai (spécifiées par le constructeur), en kW

P_{AUX} désigne la puissance totale déclarée absorbée par les accessoires, définie dans l'équation (6-8) (voir point 6.3.5) au régime d'essai spécifié, en kW

L désigne le pourcentage de couple

Un couple minimal à chaud qui est représentatif du fonctionnement en utilisation peut être déclaré et utilisé pour tout point de charge 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 des cycles E2 et 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.

▼B

7.7.2. Établissement du régime et de la charge des cycles NRTC & LSI-NRTC pour chaque point d'essai (dénormalisation)

Ce point doit être utilisé pour établir les régimes et charges du moteur correspondants auxquels le moteur doit fonctionner pendant les essais NRTC ou LSI-NRTC. L'appendice 3 de l'annexe XVII 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 point 7.7.2.2;

b) le couple normalisé est exprimé en pourcentage du couple issu de la courbe de conversion du moteur, établie conformément au point 7.6.2, au régime de référence correspondant. Ces valeurs normalisées doivent être transformées en une suite de couples de référence, T_{ref}, conformément aux dispositions du point 7.7.2.3;

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 (6-15):

$$n_{ref} = \frac{\%speed \times (MTS - n_{idle})}{100} + n_{idle} \quad (6\text{-}15)$$

où

n_{ref} désigne le régime de référence

MTS désigne le régime maximal de l'essai

n_{idle} désigne le régime de ralenti

%speed désigne la valeur du régime normalisé NRTC ou LSI-NRTC obtenu d'après l'appendice 3 de l'annexe XVII.

7.7.2.3. Dénormalisation du couple moteur

Les valeurs de couple dans la fiche de programmation du dynamomètre (appendice 3 de l'annexe XVII) 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 point 7.6.2, au moyen de l'équation (6-16):

$$T_{ref} = \frac{\%torque \cdot max.torque}{100} \quad (6\text{-}16)$$

pour le régime de référence respectif déterminé conformément au point 7.7.2.2.

où

T_{ref} désigne le couple de référence pour le régime de référence respectif

▼M2

max.torque désigne le couple maximal pour le régime d'essai respectif obtenu d'après la courbe de conversion du moteur du point 7.6.2, ajustée si nécessaire conformément au point 7.7.2.3 b)

▼B

%torque désigne la valeur du couple normalisé NRTC ou LSI-NRTC obtenu d'après l'appendice 3 de l'annexe XVII

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 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 point 7.6.2.

Lorsque, conformément au point 6.3.2 ou 6.3.3, 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 (6-17).

$$T_{max} = T_{map} — T_{AUX} \quad (6\text{-}17)$$

avec:

$$T_{AUX} = T_r — T_f \quad (6\text{-}18)$$

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 point 7.6.2.

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}

▼B

n_{idle} = 600 min^{-1}

ce qui donne

$$n_{ref} = \frac{43 \cdot (2\,200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288 min^{-1}$$

Compte tenu du couple maximal de 700 Nm déterminé d'après la courbe de conversion à 1 288 min^{-1}

$$T_{ref} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

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 en température du moteur pour un cycle d'essai NRSC à modes discrets en conditions stationnaires

La procédure pré-essai conformément au point 7.3.1 doit être appliquée, y compris l'étalonnage de l'analyseur. Le moteur doit être mis à température en utilisant la séquence de préconditionnement du point 7.3.1.1.3. 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 (voir appendice 1 de l'annexe XVII).

▼M2

b) Chaque mode a une durée de 10 min au moins. Dans chaque mode, le moteur doit être stabilisé pendant 5 min au moins. Les émissions gazeuses et, le cas échéant, les émissions en nombre de particules (PN) sont prélevées pendant 1 à 3 minutes à la fin de chaque mode et les émissions en masse de particules (PM) sont prélevées conformément au point c);

Nonobstant l'alinéa précédent, lors de l'essai de moteurs à allumage commandé utilisant les cycles G1, G2 ou G3 ou lors de la réalisation des mesures conformément à l'annexe V du présent règlement, chaque mode a une durée d'au moins 3 minutes. Dans ce cas, les émissions gazeuses et, le cas échéant, les émissions en PN sont prélevées pendant au moins 2 min de chaque mode et les émissions en PM sont prélevées conformément au point c); la durée du mode et le temps de prélèvement peuvent être prolongés pour améliorer l'exactitude.

La durée du mode doit être enregistrée et consignée.

▼B

c) ►M2 Pour les émissions en PM, 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 PM 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

▼B

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 NRSC 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 en température du moteur. En cas de mesure des PM utilisant la méthode à plusieurs filtres (un filtre de prélèvement pour chaque mode de fonctionnement), il faut poursuivre l'essai en stabilisant le moteur dans le mode précédent pour le conditionnement de la température du moteur avant de lancer les mesures dans le mode dans lequel le moteur a calé.

f) Ensuite on effectue les procédures post-essai conformément aux indications du point 7.3.2.

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 en température du moteur

La procédure pré-essai conformément au point 7.3.1 doit être appliquée, y compris l'étalonnage de l'analyseur. Le moteur doit être mis à température en utilisant la séquence de préconditionnement du point 7.3.1.1.4. 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 RMC

L'essai est effectué dans l'ordre ascendant des numéros de mode tels qu'ils sont établis pour le cycle d'essai (voir appendice 2 de l'annexe XVII). Lorsqu'il n'y a pas de RMC disponible pour le cycle NRSC spécifié, la procédure NRSC à modes discrets du point 7.8.1 doit être suivie.

▼B

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 point 7.8.2.4.

Dans le cas des cycles d'essai RMC, 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 post-essai conformément aux indications du point 7.3.2.

7.8.2.4. Critères de validation

Les essais RMC doivent être validés au moyen de l'analyse de régression comme indiqué aux points 7.8.3.3 et 7.8.3.5. Les tolérances RMC permises sont indiquées dans le tableau 6.1 ci-dessous. À noter que celles-ci sont différentes des tolérances NRTC indiquées dans le tableau 6.2. ►**M2** Lorsque les essais portent sur des moteurs dont la puissance de référence est supérieure à 560 kW, les tolérances de la droite de régression du tableau 6.2 et la suppression de points du tableau 6.3 peuvent être utilisées. ◄

▼B

Tableau 6.1

Tolérances s'appliquant à la droite de régression RMC

	Régime	Couple	Puissance
Erreur type de l'estimation (SE) 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 droite de régression, a_1	0,99 à 1,01	0,98 — 1,02	0,98 — 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 supérieure étant 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 point 7.8.1.3. Pour les transitions de régime linéaire et de couple linéaire de 20 s entre les modes d'essai RMC en conditions stationnaires (point 7.4.1.2) on applique les tolérances suivantes à la rampe:

a) le régime doit être maintenu linéairement à 2 % près du régime nominal;

b) le couple doit être maintenu linéairement à 5 % près du couple maximal au régime nominal.

7.8.3. Cycle 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 le système de post-traitement des gaz d'échappement. 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.

▼B

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. Exécution d'un essai NRTC

Les procédures pré-essai conformément au point 7.3.1 doivent être appliquées, y compris le préconditionnement, le refroidissement et 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 point 7.3.1.2, 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 point 7.4.2.1 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 3 de l'annexe XVII.

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 point 7.3.2.

7.8.3.2. Exécution d'un essai LSI-NRTC

Les procédures pré-essai conformément au point 7.3.1 doivent être appliquées, 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 point 7.4.2.2.

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 secondes spécifiée au point 7.4.2.2 b). Le cycle d'essai doit être exécuté conformément au programme de l'appendice 3 de l'annexe XVII.

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.

▼B

Ensuite, on effectue les procédures post-essai conformément aux indications du point 7.3.2.

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 point 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 point 7.2).

W_{act} doit se situer entre 85 % et 105 % de W_{ref}.

7.8.3.5. Opérations statistiques de validation (voir appendice 2 de l'annexe VII)

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 ayant la forme indiquée dans l'équation (6-19):

$$y = a_1 x + a_0 \quad (6\text{-}19)$$

où

y désigne la valeur réelle du régime (min^{-1}), du couple (Nm), ou de la puissance (kW)

a_1 désigne la pente de la droite de régression

x désigne la valeur de référence du régime (min^{-1}), du couple (Nm) ou de la puissance (kW);

a_0 désigne 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 conformément à l'appendice 3 de l'annexe VII.

Il est recommandé d'effectuer cette analyse à 1 Hz. Pour qu'un essai soit jugé valide, il doit satisfaire aux critères du tableau 6.2.

Tableau 6.2

Tolérances de la droite de régression

	Régime	Couple	Puissance
Erreur type de l'estimation (SE) de y sur x	≤ 5,0 % du régime d'essai maximal	≤ 10,0 % du couple maximal reconnu	≤ 10,0 % de la puissance maximale reconnue

▼B

	Régime	Couple	Puissance
Pente de la droite de régression, a_1	0,95 à 1,03	0,83 — 1,03	0,89 — 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 % 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 6.3. 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.

▼M2

Tableau 6.3

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)	$n_{ref} = n_{idle}$ et $T_{ref} = 0$ % et $T_{act} > (T_{ref} - 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$ et $T_{act} < (T_{ref} + 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$	Régime et puissance
Demande minimale de l'opérateur	$n_{act} \leq 1{,}02\ n_{ref}$ et $T_{act} > T_{ref}$ ou $n_{act} > n_{ref}$ et $T_{act} \leq T_{ref}$ ou $n_{act} > 1{,}02\ n_{ref}$ 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 $T_{act} \geq T_{ref}$ ou $n_{act} \geq 0{,}98\ n_{ref}$ et $T_{act} < T_{ref}$ ou $n_{act} < 0{,}98\ n_{ref}$ et $T_{ref} > T_{act} \geq (T_{ref} - 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$	Puissance et couple ou régime

où:

n_{ref}	est le régime de référence (voir point 7.7.2),
n_{idle}	est le régime de ralenti,
n_{act}	est le régime réel (mesuré),
T_{ref}	est le couple de référence (voir point 7.7.2),
T_{act}	est le couple réel (mesuré),
$T_{maxmappedtorque}$	est la valeur la plus élevée du couple sur la courbe de couple à pleine charge établie conformément au point 7.6.

▼B

8. Méthodes de mesure

8.1. Contrôles d'étalonnage et de performance

8.1.1. Introduction

Le présent point traite des étalonnages et des vérifications des systèmes de mesure. Voir le point 9.4 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 6.4 est un résumé des opérations d'étalonnage et de vérification décrites à la section 8. Il précise à quel moment ces opérations doivent avoir lieu.

Tableau 6.4

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. Répétabilité: opération non requise mais recommandée à l'installation initiale. 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. Couple: à l'installation initiale, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien. Flux d'air d'admission, d'air de dilution et de gaz d'échappement dilués et débits de prélèvement par lots: 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. Débit de gaz d'échappement bruts: 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. Diviseurs de gaz: à l'installation initiale, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien. Analyseurs de gaz (sauf indication contraire): à l'installation initiale, dans les 35 jours avant les essais et après un grand entretien.

▼B

Type d'étalonnage ou de vérification	Fréquence minimale [a]
	Analyseur FTIR: à l'installation, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien. Balance PM: à l'installation initiale, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien. 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 de gaz 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)
8.1.8.8: Fuite de vide	À l'installation du système de prélèvement. Avant chaque essai en laboratoire et conformément au point 7.1: dans les 8 heures précédant le début du premier intervalle d'essai de chaque séquence du cycle d'utilisation et après un entretien tel que le changement des préfiltres.
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 du FID optimisation et vérification du FID pour les hydrocarbures	Étalonnage, optimisation et détermination de la réponse au CH_4: à l'installation initiale et après un grand entretien. Vérification de la réponse au CH_4: à l'installation initiale, dans les 185 jours avant les essais et après un grand entretien.

▼B

Type d'étalonnage ou de vérification	Fréquence minimale [a]
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. Pour les analyseurs FID THC: à l'installation initiale et après une optimisation de l'analyseur FID conformément au point 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.
▼M2 8.1.11.4: pénétration de NO_2 dans le sécheur d'échantillon (refroidisseur)	À l'installation initiale et après un grand entretien.
▼B 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.
▼M2 8.1.12: 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.
▼B 8.1.13.1: balance des PM et pesage	Vérification indépendante: à l'installation initiale, dans les 370 jours avant les essais et après un grand entretien. 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 6.8 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 6.5, 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

▼B

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 6.5.

8.1.4.2. Prescriptions en matière d'efficacité

Si un système de mesure ne satisfait pas aux critères de linéarité applicables du tableau 6.5, il convient de corriger cette lacune par un ré-étalonnage, 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 point 9.5.1, 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 point 9.5.1, 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 ré-étalonner 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 point 8.1.4.4. Dans le cas des analyseurs de gaz, on utilise des concentrations de gaz dont on sait qu'elles répondent aux spécifications du point 9.5.1 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 6.7, la valeur de référence doit être mesurée pendant 30 s et la moyenne arithmétique des valeurs $\overline{y}_i$ est enregistrée;

▼B

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 6.5. On utilise à cet effet les calculs présentés dans l'appendice 3 de l'annexe VII.

8.1.4.4. Signaux de référence

Le présent point traite des méthodes recommandées pour produire des valeurs de référence nécessaires au protocole de vérification de la linéarité défini au point 8.1.4.3. 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 6.5 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 de la balance de 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 $0{,}98 \leq a_1 \leq 1{,}02$;

▼B

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 point 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 suivants de la température sont nécessaires. Air d'admission; banc(s) pour le post-traitement (pour les moteurs soumis aux essais avec des systèmes de post-traitement des gaz d'échappement sur des cycles ayant des critères de démarrage à froid), air de dilution pour le prélèvement des PM (CVS, double dilution et systèmes à flux partiel); échantillon de PM; et échantillon du refroidisseur (pour les systèmes de prélèvement de gaz qui recourent à des refroidisseurs pour sécher les échantillons);

   ii) ces contrôles de linéarité de la température sont uniquement requis si cela est prescrit par le constructeur du moteur. Admission de carburant; sortie d'air du refroidisseur intermédiaire de la cellule d'essai (pour les moteurs soumis aux essais dans lesquels un échangeur de chaleur simule un refroidisseur intermédiaire d'admission d'engin mobile non routier), entrée de liquide de refroidissement du refroidisseur intermédiaire d'admission (pour les moteurs soumis aux essais avec un échangeur de chaleur de la cellule d'essai simulant un refroidisseur intermédiaire d'air d'admission d'engin mobile non routier),huile du carter et 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 sont: restriction de pression de l'air d'admission; contre-pression des gaz d'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 qui 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 de l'engin mobile non routier), admission de carburant et sortie de carburant.

▼B

Tableau 6.5

Systèmes de mesure qui requièrent une vérification de la linéarité

Système de mesure	Quantité	Fréquence de vérification minimale	Critères de linéarité			
			$\lvert x_{min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 \rvert$	α	SEE	r^2
Régime moteur	n	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 0,05 % n_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % n_{max}	≥ 0,990
Couple moteur	T	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 1 % T_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % T_{max}	≥ 0,990
Débit de carburant	q_m	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Débit de l'air d'admission ([1])	q_V	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Débit de l'air de dilution ([1])	q_V	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Débit de gaz d'échappement dilués ([1])	q_V	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Débit de gaz d'échappement bruts ([1])	q_V	Dans les 185 jours avant l'essai	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Débit du système de prélèvement par lots ([1])	q_V	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Diviseurs de gaz	x/x_{span}	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 0,5 % x_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % x_{max}	≥ 0,990
Analyseurs de gaz	x	Dans les 35 jours avant l'essai	≤ 0,5 % x_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % x_{max}	≥ 0,998
Balance PM	m	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 1 % m_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % m_{max}	≥ 0,998
Pressions autonomes	p	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 1 % p_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % p_{max}	≥ 0,998
Conversion analogique/numérique des signaux de température autonomes	T	Dans les 370 jours avant l'essai	≤ 1 % T_{max}	0,99-1,01	≤ 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.

▼B

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

La présente section 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 point 8.1.6 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 RMC, 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 pour chaque composante mesurée (CO, $NO_{x,\ 2}$ et HC) et toutes les plages 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 VII.

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;

▼B

ii) la fréquence à laquelle le système enregistre la concentration doit être d'au moins 2 Hz (voir également le tableau 6.7).

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;

▼B

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_0;

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) ll 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 point 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 8.1.5.4 c) de la présente section-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 8.1.5.3 b) i) de la présente section, 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 8.1.5.3 b) ii), il suffit de démontrer que les prescriptions du point 8.1.5.3 b) ii) sont respectées.

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

▼B

en continu utilisés pour l'essai avec un cycle d'essai NRSC seulement. La vérification ne s'applique pas à la correction en fonction de l'eau enlevée de l'échantillon lors du post-traitement. 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 point 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. Configurations nécessaires

Les prescriptions données au point 8.1.5.3 a) 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 8.1.5.3 b) i).

8.1.6.4. Procédure

Il faut appliquer toutes les procédures énoncées aux points 8.1.5.4 a) à c). 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.

▼M2

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.

▼B

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 avant l'installation initiale. On le fait conformément aux instructions du constructeur et on s'appuie 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 point 8.1.4.4 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 le fait conformément aux instructions du constructeur et on s'appuie sur les pratiques techniques reconnues pour décider à quel moment il convient de répéter l'étalonnage.

▼B

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 le fait conformément aux instructions du constructeur et on s'appuie 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 à l'installation initiale. On le fait conformément aux instructions du constructeur et on s'appuie 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) La présente section 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 point 8.1.8.5.

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 de la pression qui pourrait influer sur le débit en amont du débitmètre, à moins que celui-ci n'ait été étalonné avec une telle restriction de la pression.

e) La séquence d'étalonnage décrite sous le présent point 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 le point 2.5 de l'annexe VII.

f) ►M2 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: ◄

1) 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;

▼B

2) 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 point 8.1.8.5. Le résultat du contrôle au propane pour chaque point de débit du venturi ne peut pas dépasser la tolérance du point 8.1.5.6;

3) afin de vérifier l'étalonnage ex-situ pour un CVS comportant plus d'un CFV, la vérification suivante est effectuée:

i) un dispositif à débit constant doit être utilisé pour amener un flux constant de propane au tunnel de dilution;

ii) 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;

iii) 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 paragraphe iv);

iv) 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 8.1.8.5.1 a) 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 6.5;

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;

▼B

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, $\overline{q}_{V\text{ref}}$;

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 8.1.8.4.2 f) et g) de la présente section 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 VII;

j) les étapes des paragraphes f) à i) de la présente section doivent être répétées pour chaque régime auquel la pompe PDP est utilisée;

k) les équations de la section 3 de l'annexe VII (méthode fondée sur la molarité) ou de la section 2 de l'annexe VII (méthode fondée sur la masse) 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 point 8.1.8.5;

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 6.5;

b) la soufflante est lancée en aval du CFV;

c) pendant le fonctionnement du CFV, il faut maintenir une température constante à son entrée à ± 2 % près de la température moyenne absolue à l'admission,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 de la pression 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;

▼B

f) le CFV doit fonctionner pendant 3 min au moins pour stabiliser le système. Ensuite, il continue de fonctionner et il faut prendre note des valeurs moyennes obtenues pendant 30 s au moins des données d'échantillon de chacune des quantités suivantes:

i) le débit moyen du débitmètre de référence, $\overline{q}_{V\mathrm{ref}}$;

ii) facultativement, le point de rosée moyen de l'air d'étalonnage, T_{dew}. Voir l'annexe VII 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, Δp_{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) 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 Δp_{CFV}. Il n'est pas nécessaire de retirer des éléments d'étalonnage ou des éléments CVS pour étalonner aux restrictions de pression 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 VII;

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 VII;

k) l'étalonnage doit être contrôlé par une vérification du système CVS (c'est-à-dire un contrôle au propane), comme indiqué au point 8.1.8.5;

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 à la présente section et à l'annexe VII. Voir l'annexe VII qui contient les instructions pour le calcul du débit dans de telles conditions;

ii) chaque CFV doit être étalonné conformément au présent point et à l'annexe VII. Voir l'annexe VII 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 6.5;

▼B

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 de pression la plus élevée;

d) pendant le fonctionnement du SSV, il faut maintenir une température constante à son entrée à ± 2 % près de la température moyenne absolue à l'admission, 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, $\overline{q}_{V\mathrm{ref}}$;

   ii) facultativement, le point de rosée moyen de l'air d'étalonnage, T_{dew}. Voir l'annexe VII 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, Δp_{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) ci-dessus 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 de l'annexe VII;

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 point 8.1.8.5 avec le nouveau C_d exprimé en fonction de *Re*;

k) le SSV doit être uniquement utilisé entre les débits étalonnés minimal et maximal;

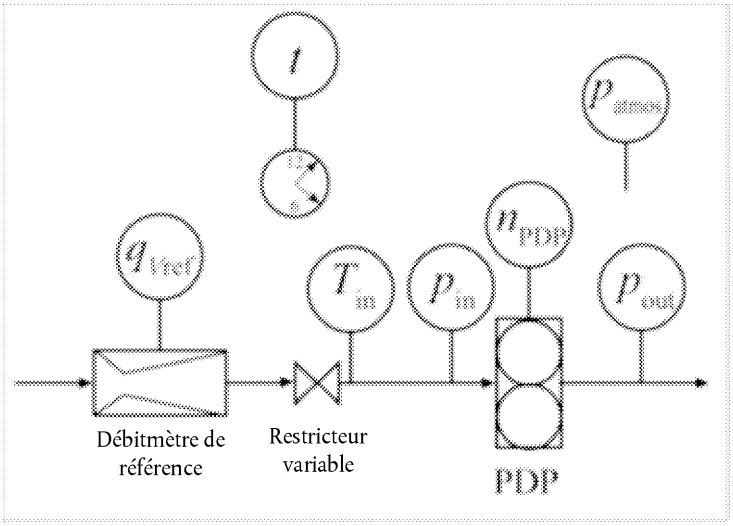
l) on utilise les équations de la section 3 de l'annexe VII (méthode fondée sur la molarité) ou de la section 2 de l'annexe VII (méthode fondée sur la masse) pour déterminer le débit SSV pendant l'essai.

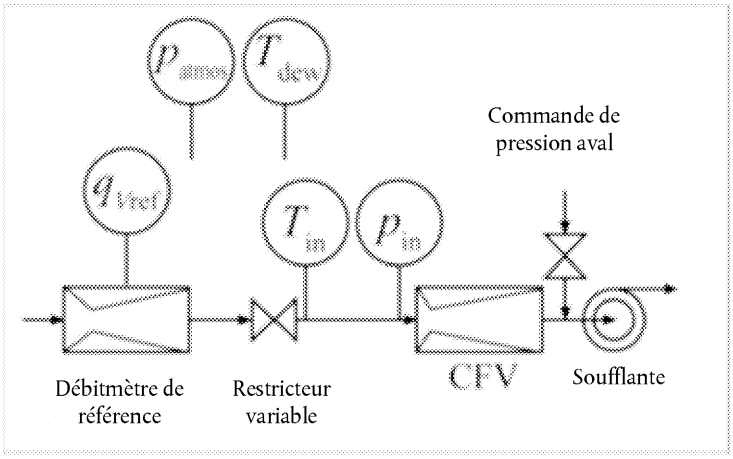
▼B

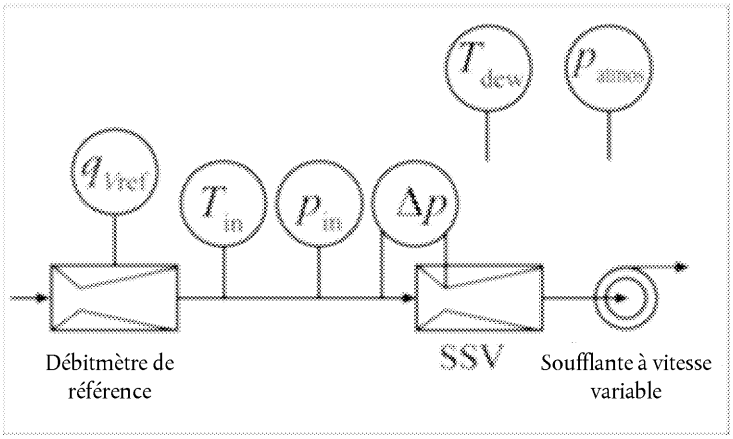
8.1.8.4.5. Étalonnage aux ultrasons (réservé)

Figure 6.5

Schéma du système pour l'étalonnage CVS du débit de gaz d'échappement dilués







▼B

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 de gaz d'échappement dilués. 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 paragraphe f) du présent point. 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 ré-étalonné, 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 point 8.1.8.7;

   iii) la recherche d'un mauvais mélange doit être effectuée conformément au point 9.2.2;

▼M2

   iv) la vérification de la contamination par les hydrocarbures dans un système de prélèvement doit être effectuée comme indiqué au point 7.3.1.3;

▼B

   v) un changement de l'étalonnage CVS. On effectue un étalonnage in situ du débitmètre CVS comme indiqué au point 8.1.8.4;

   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 la section 2 de l'annexe VII (méthode fondée sur la masse) ou la section 3 de l'annexe VII (méthode fondée sur la molarité), 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 point 8.1.8.5 et dans l'annexe VII. 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 VII. 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

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. On analyse un échantillon de gaz avec les équipements usuels (sacs de prélèvement ou méthode d'intégration) et on calcule la masse de gaz.

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 le système d'échappement du moteur est introduit 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 point 8.1.8.7.

8.1.8.5.4. Préparation du système de prélèvement des HC pour le contrôle au propane

►M2 La vérification décrite du côté dépression du système de prélèvement HC peut être effectuée conformément au point g). En pareil cas, on peut appliquer la procédure relative à la contamination par les HC décrite au point 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 sur-débit de HC;

▼B

f) si la concentration de HC de sur-débit 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 sur-débit 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 la section 2 de l'annexe VII (méthode fondée sur la masse) ou dans la section 3 de l'annexe VII (méthode fondée sur la molarité).

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) Au cas où 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 8.1.8.5.5 a):

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;

▼B

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 VII 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 point 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.

▼M2

_____

▼B

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 (6-20):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (6\text{-}20)$$

où

q_{mp} désigne le débit massique de prélèvement de gaz d'échappement dans le système de dilution partiel

q_{mdw} désigne le débit massique d'air de dilution en conditions humides

q_{mdew} désigne le débit massique de 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_{mdw} 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 point 8.1.8.6.2;

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 de gaz 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 point 8.1.8.6.1:

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

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 la figure 6.7) 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 du système 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 r_d au moyen de l'équation (6-21):

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \quad (6\text{-}21)$$

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 2 de l'annexe VII. Les taux du flux de carbone sont calculés avec les équations de l'appendice 2 de l'annexe VII. 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 le point 8.1.8.6.2) 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 point 8.1.8.6.2 que l'étalonnage du débitmètre est stable sur une période de temps plus longue, on peut omettre ce contrôle préliminaire.

▼B

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 au point 2.4 de l'appendice 5 de la présente annexe et sur la figure 6-11, est déterminé selon 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 de pression 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 point 8.2.1.2).

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 point 8.2.1.2.

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 la présente section. 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:

▼B

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 à la section 2 ou 3 de l'annexe VII 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 points 8.1 et 9.4.

▼B

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 s'écouler 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 capteur 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 (6-22):

$$q_{V\text{leak}} = \frac{V_{\text{vac}}}{R} \frac{\left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1}\right)}{(t_2 - t_1)} \qquad (6\text{-}22)$$

où

$q_{V\text{leak}}$ désigne le débit de perte de dépression, en mol/s

V_{vac} désigne le volume géométrique du côté dépression du système de prélèvement, en m^3

R désigne la constante molaire du gaz, en J/(mol · K)

p_2 désigne la pression absolue côté dépression à l'instant t_2, en Pa

T_2 désigne la température absolue côté dépression à l'instant t_2, en K

p_1 désigne la pression absolue côté dépression à l'instant t_1, en Pa

T_1 désigne la température absolue côté dépression à l'instant t_1, en K

t_2 désigne l'instant auquel se termine l'essai de vérification des fuites produisant la ou les décroissances, en s

t_1 désigne l'instant auquel débutent les essais de vérification des pertes de dépression, en s

▼B

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.

▼M2

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.

▼B

8.1.9.1.3. Prescriptions applicables au système

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. Mode opératoire

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;

▼M2

b) un gaz d'essai humidifié doit être créé par barbotage d'air pur conformément aux spécifications énoncées au point 9.5.1 à travers de l'eau distillée dans un récipient étanche. Si l'échantillon ne passe pas par un sécheur, la température du récipient doit être réglée de manière à produire une teneur en H_2O dans le gaz d'essai au moins aussi élevée que le maximum attendu pendant l'essai. Si l'échantillon passe par un sécheur pendant les essais, la température du récipient doit être réglée de manière à produire une teneur en H_2O dans le gaz d'essai qui soit au moins aussi élevée que le maximum attendu à la sortie du sécheur, conformément au point 9.3.2.3.1.1;

▼B

c) la température du gaz d'essai humidifié doit être maintenue à 5 K 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;

▼B

h) pendant que l'analyseur détermine la concentration de l'échantillon, on enregistre 30 s de données échantillonnées, puis on calcule 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 utilise des algorithmes de compensation fondés sur des mesures d'autres gaz pour effectuer cette vérification de l'interférence, ces autres mesures sont effectuées simultanément afin de vérifier les algorithmes de compensation pendant la vérification de l'interférence de l'analyseur.

8.1.9.2.3. Prescriptions applicables au système

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;

▼M2

b) un gaz d'essai CO_2 humidifié doit être créé par barbotage d'un gaz CO_2 de réglage de l'étendue dans de l'eau distillée à l'intérieur d'un récipient fermé. Si l'échantillon ne passe pas par un sécheur, la température du récipient doit être réglée de manière à produire une teneur en H_2O dans le gaz d'essai 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 réglée de manière à produire une teneur en H_2O dans le gaz d'essai au moins aussi élevée que le maximum attendu à la sortie du sécheur, conformément au point 9.3.2.3.1.1. Une concentration de gaz de réglage de l'étendue CO_2 doit être utilisée à un niveau au moins aussi élevé que le maximum attendu pendant l'essai;

▼B

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;

▼B

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) respecte la tolérance indiquée au point 8.1.9.2.3;

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 point 8.1.9.2.3.

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 de 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) une réponse de 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 point 8.1.10.1.4;

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 point 9.5.1. 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.

▼B

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 aux points 8.1.10.1.1 a) et 8.1.10.2 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. ►M2 Les débits de carburant et d'air de l'analyseur 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:

▼M2

i) la réponse à un débit de carburant donné de l'analyseur FID 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;

▼B

ii) le débit de carburant doit être ajusté progressivement au-dessus et au-dessous des spécifications du constructeur. ►M2 La réponse au gaz de réglage de l'étendue et au gaz de réglage du zéro à ces débits de carburant de l'analyseur FID doit être notée; ◄

iii) ensuite on trace 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 aux points 8.1.10.1.1 a) et 8.1.10.2;

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 les points 8.1.10.1.1 a) et 8.1.10.2 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 THC après l'optimisation du FID. Le facteur $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ le plus récent mesuré conformément à la présente section doit être utilisé pour les

▼B

calculs des HC décrits dans la section 2 de l'annexe VII (méthode fondée sur la masse) ou dans la section 3 de l'annexe VII (méthode fondée sur la molarité) 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 point 9.5.1 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 point 9.5.1 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 paragraphe b) 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 $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ du point 8.1.10.1.4 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 point 8.1.10.1.3. S'il y a lieu d'ajuster ces débits, on détermine un nouveau $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ comme indiqué au point 8.1.10.1.4. Il faut s'assurer que la valeur de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ déterminée respecte les tolérances spécifiées au point 8.1.10.1.5.

b) Si $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ ne respecte pas cette tolérance, la réponse du FID doit à nouveau être optimisée, comme indiqué au point 8.1.10.1.3.

▼B

c) On détermine un nouveau $RF_{CH4[THC-FID]}$ conformément aux dispositions du point 8.1.10.1.4. Cette nouvelle valeur de $RF_{CH4[THC-FID]}$ est utilisée dans les calculs de détermination des HC comme décrit dans la section 2 de l'annexe VII (méthode fondée sur la masse) ou dans la section 3 de l'annexe VII (méthode fondée sur la molarité).

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. Prescriptions applicables au système

Tout analyseur FID utilisé pendant les essais doit satisfaire à la vérification de l'interférence de O_2 avec le FID selon la procédure de la présente section.

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 point 9.5.1 et qui contiennent une concentration de C_3H_8 utilisée pour régler l'étendue des analyseurs avant l'essai d'émissions. ►M2 ——————— ◄ 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 point 8.1.10.1;

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;

▼B

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) ci-dessus. À défaut, il convient de relancer la procédure au point d) ci-dessus;

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 $x_{O2minHC}$;

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 se situe dans les limites de ± 0,5 % autour de la valeur de référence du réglage de sensibilité utilisée au point e) ci-dessus; dans le cas contraire, la procédure est relancée à partir du point d) ci-dessus;

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 se situe dans les limites de ± 0,5 % autour de la valeur de référence du réglage de sensibilité utilisée au point e) ci-dessus; dans le cas contraire, la procédure est relancée à partir du point d) ci-dessus;

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 $x_{O2maxHC}$;

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 réglage utilisée au point e) ci-dessus; à défaut, il faut relancer la procédure à partir du point d) ci-dessus;

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:

▼B

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 THC 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.

8.1.10.3. Fractions de pénétration du convertisseur de NMHC (Réservé)

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 point 8.1.11.2.3 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. Prescriptions applicables au système

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 point 8.1.11.1.4 et de l'extinction par H_2O telle qu'elle est déterminée au point 8.1.11.1.5. 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

▼B

tant que gaz diluant et qui répond aux spécifications du point 9.4.5.6; 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 point 9.5.1 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 conforme aux spécifications du point 9.5.1 et une concentration qui est approximativement double de la concentration maximale de NO attendue au cours de l'essai d'émissions. On peut utiliser des concentrations plus élevées conformément aux recommandations du fabricant de l'instrument et suivre les 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) ci-dessus 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) ci-dessus; 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 point 8.1.11.2.3. 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 de la présente section. Il est réglé en sensibilité avec le gaz de réglage CO_2 visé au point d) ci-dessus. 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;

▼B

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, les résultats sont enregistrés 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 point 8.1.11.2.3;

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} au moyen de l'équation (6-24). La valeur calculée doit être utilisée dans les calculs de vérification d'extinction au moyen de l'équation (6-23);

l) les valeurs enregistrées suivant les indications des points 8.1.11.1.4 et 8.1.11.1.5 de la présente section servent à calculer l'extinction, comme indiqué au point 8.1.11.2.3.

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 point 9.5.1 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) il faut ensuite mettre l'analyseur CLD à zéro et régler sa sensibilité. Cela se fait avec le gaz de réglage de l'étendue NO mentionné au point c) ci-dessus; 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 (point 8.1.11.2.3);

▼M2

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 une teneur en H_2O dans le gaz de réglage approximativement égale à la fraction molaire maximale de H_2O prévue au cours de l'essai d'émissions. Si l'échantillon de gaz de réglage NO humidifié ne passe pas par un sécheur d'échantillon, les calculs de vérification au point 8.1.11.2.3 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 l'échantillon de gaz

▼M2

de réglage NO humidifié passe par un sécheur pour cet essai de vérification, la température du récipient doit être réglée de manière à produire une teneur en H_2O dans le gaz de réglage au moins aussi élevée que le maximum attendu à la sortie du sécheur conformément au point 9.3.2.3.1.1. Dans ce cas, les calculs de vérification de l'effet d'extinction du point 8.1.11.2.3 ne permettent pas d'obtenir l'ordre de grandeur de l'extinction par le H_2O mesurée;

▼B

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). ►M2 Il est à noter que le sécheur doit satisfaire au contrôle de vérification du point 8.1.12; ◄

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 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, les résultats sont enregistrés pendant 30 s. Ensuite, on calcule la moyenne arithmétique de ces données, x_{NOwet}. Cette valeur doit être notée et utilisée dans les calculs de vérification de l'extinction du point 8.1.11.2.3.

8.1.11.2. Calculs de vérification de l'effet d'extinction sur le CLD

Ces calculs sont effectués conformément aux indications du présent point.

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 8.1.11.1.5 f)]. 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 $x_{H2Omeas}$.

▼B

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_{CO2exp}. 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 8.1.11.1.4 j). 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 (6-23):

$$quench = \left[\left(\frac{\frac{x\text{NOwet}}{1-x_{\text{H2Omeas}}}}{x_{\text{NOdry}}} \right) \cdot \frac{x_{\text{H2Oexp}}}{x_{\text{H2Omeas}}} + \left(\frac{x_{\text{NOmeas}}}{x_{\text{NOact}}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{\text{CO2exp}}}{x_{\text{CO2act}}} \right] \cdot 100\% \qquad (6\text{-}23)$$

où

quench désigne l'importance de l'effet d'extinction sur le CLD

x_{NOdry} désigne la concentration mesurée de NO en amont du barboteur, conformément au point 8.1.11.1.5 d)

x_{NOwet} désigne la concentration mesurée de NO en aval du barboteur, conformément au point 8.1.11.1.5 i)

x_{H2Oexp} désigne la fraction molaire maximale attendue de l'eau pendant l'essai d'émissions, conformément au point 8.1.11.2.1

$x_{H2Omeas}$ désigne la fraction molaire mesurée de l'eau pendant la vérification de l'extinction, conformément au point 8.1.11.1.5 g)

x_{NOmeas} désigne la concentration mesurée de NO quand aucun gaz de réglage de l'étendue NO n'est mélangé avec le gaz CO_2, conformément au point 8.1.11.1.4 j)

x_{NOact} désigne la concentration réelle de NO lorsque le gaz de réglage de l'étendue NO est mélangé au gaz de réglage de l'étendue CO_2, conformément au point 8.1.11.1.4 k) et calculé au moyen de l'équation (6-24)

x_{CO2exp} désigne la concentration maximale attendue de CO_2 pendant l'essai d'émissions, conformément au paragraphe 8.1.11.2.2

x_{CO2act} désigne la concentration réelle de CO_2 quand aucun gaz de réglage de l'étendue NO n'est mélangé au gaz CO_2, conformément au point 8.1.11.1.4 i).

$$x_{\text{NOact}} = \left(1 - \frac{x_{\text{CO2act}}}{x_{\text{CO2span}}} \right) \cdot x_{\text{NOspan}} \qquad (6\text{-}24)$$

où

x_{NOspan} désigne la concentration du gaz de réglage de l'étendue NO à l'entrée du mélangeur-doseur de gaz, conformément au point 8.1.11.1.4 e)

$x_{CO2span}$ désigne la concentration de gaz de réglage de l'étendue CO_2 à l'entrée du mélangeur-doseur de gaz, conformément au point 8.1.11.1.4 d).

▼B

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. Prescriptions applicables au système

Pour un analyseur NDUV de NO_x, l'interférence par H_2O et HC combinés doit rester dans les limites de ± 2 % autour 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 point 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 point 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) ►**M2** Cette 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 de ce point si le résultat reste dans les limites de ± 2 % de la concentration de NOx attendue à la valeur limite d'émission, comme indiqué dans l'équation (6-25): ◄

$$\left|\overline{x}_{\mathrm{NOx,CLD,meas}} - \overline{x}_{\mathrm{NOx,NDUV,meas}}\right| \cdot \left(\frac{\overline{X}_{\mathrm{HC,exp}}}{\overline{X}_{\mathrm{HC,meas}}}\right) \leq 2\% \cdot \left(\overline{x}_{\mathrm{NOx,exp}}\right) \qquad (6\text{-}25)$$

▼**B**

où

$\bar{x}_{NOx,CLD,meas}$ désigne la concentration moyenne de NOx mesurée par le CLD [µmol/mol] ou [ppm]

$\bar{x}_{NOx,NDUV,meas}$ désigne la concentration moyenne de NOx mesurée par le NDUV [µmol/mol] ou [ppm]

$\bar{x}_{HC,meas}$ désigne la concentration moyenne de HC mesurée [µmol/mol] ou [ppm]

$\bar{x}_{HC,exp}$ désigne la concentration moyenne de HC prévue à la norme [µmol/mol] ou [ppm]

$\bar{x}_{NOx,exp}$ désigne la concentration moyenne de NOx 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 ►**M2** sécheur d'échantillon ◄ mal conçu peut interférer avec les NO_2 de l'échantillon. Si l'on utilise un ►**M2** 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. Prescriptions applicables au système

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 bain de refroidissement:

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'échantillons. 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, en suivant les recommandations du fabricant de l'instrument et les pratiques techniques reconnues 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;

▼B

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'au moment où le refroidisseur est censé enlever l'eau avec un débit 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 refroidisseur 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. Prescriptions applicables au système

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:

▼B

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_{NOref}. 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 $x_{NOx + O2mix}$;

▼B

vii) on arrête l'alimentation en O_2. L'analyseur NO_x indique les NO_x présents dans le mélange initial NO-dans-N_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 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 (6-26):

$$Efficiency\ [\%] = \left(1 + \frac{x_{NOxmeas} - x_{NOx+O2mix}}{x_{NO+O2mix} - x_{NOmeas}}\right) \times 100 \qquad (6\text{-}26)$$

e) si le résultat est inférieur à 95 %, il convient de réparer le convertisseur NO_2-à-NO ou de le remplacer.

▼M2

8.1.12. 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.

Si l'on utilise un sécheur d'échantillon, comme cela est permis au titre du point 9.3.2.3.1, 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.

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.

Le sécheur d'échantillon doit répondre aux spécifications déterminées au point 9.3.2.3.1 pour le point de rosée, T_{dew}, et la pression absolue, p_{total}, en aval du sécheur à membrane osmotique ou du refroidisseur.

On recourt à la procédure de vérification du sécheur d'échantillon suivante 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;

▼**M2**

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) de la présente section est inférieur au point de rosée correspondant aux spécifications du sécheur d'échantillon telles qu'elles ont été déterminées au point 9.3.2.3.1 majoré de 2K (2 °C) ou, si la fraction molaire dans les conditions définies au point d) vi) est inférieure aux spécifications du sécheur d'échantillon correspondant majorées 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).

_____

8.1.13. Mesures des PM

8.1.13.1. Vérifications de la balance des PM et vérification du pesage

8.1.13.1.1. Étendue et fréquence

La présente section contient la description de trois vérifications:

a) la vérification indépendante des performances 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;

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.

8.1.13.1.2. 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.

8.1.13.1.3. Réglage du zéro et de l'étendue

Les performances de la balance sont vérifiées par réglage du zéro et de l'étendue avec au moins un poids d'étalonnage et, pour effectuer cette vérification, tous les poids qui sont utilisés doivent satisfaire aux spécifications du point 9.5.2. On utilise une procédure manuelle ou automatique:

a) une procédure manuelle nécessite que l'on utilise une balance dont le zéro et l'étendue sont 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 point 9.5.2.

▼M2

8.1.13.1.4. 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 point 9.3.4.4 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 point 8.1.13.2. 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 et notée;

i) si l'une des masses observées pour les filtres de référence change plus que ne l'autorise la présente section, 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

▼**M2**

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) ci-dessous, 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 point 8.1.13.1.4, tous les résultats PM qui ont été obtenus entre les deux instants où les deux 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) ci-dessus, il faut disposer d'au moins une différence de masse de référence qui réponde aux critères du point 8.1.13.1.4. 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.

8.1.13.2 Correction en fonction de la flottabilité du filtre de collecte des PM

8.1.13.2.1 Considérations générales

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.

8.1.13.2.2 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 2 300 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 2 144 kg/m^3.

8.1.13.2.3 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.

8.1.13.2.4 Densité du poids d'étalonnage

On utilise la densité annoncée du matériau du poids métallique d'étalonnage.

8.1.13.2.5 Calcul de la correction

La masse du filtre de prélèvement des particules doit être corrigée pour la flottabilité au moyen de l'équation (6-27):

▼M2

$$m_{cor} = m_{uncor} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{weight}}}{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{media}}} \right) \quad (6\text{-}27)$$

où

m_{cor} désigne la masse du filtre de prélèvement des particules corrigée pour la flottabilité

m_{uncor} désigne la masse du filtre de prélèvement des particules non corrigée pour la flottabilité

ρ_{air} désigne la densité de l'air dans l'environnement de la balance

ρ_{weight} désigne la densité du poids d'étalonnage utilisé pour régler la balance

ρ_{media} désigne la densité du filtre de prélèvement des particules

avec

$$\rho_{air} = \frac{p_{abs} \cdot M_{mix}}{R \cdot T_{amb}} \quad (6\text{-}28)$$

Where:

p_{abs} désigne la pression absolue dans l'environnement de la balance

M_{mix} désigne la masse molaire de l'air dans l'environnement de la balance

R désigne la constante molaire du gaz

T_{amb} désigne la température ambiante absolue de l'environnement de la balance.

▼B

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 3 de l'annexe VII. 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 % autour de la densité moyenne ou visée lors de chaque intervalle

▼B

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 % autour 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 % autour 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 % autour 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 CO2) 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 point 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 est ≤ 1 s et le temps du délai combiné est ≤ 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.

▼B

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 point 8.1.8.6.3.2.

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 avec une valeur limite spécifique au frein et pour le CO_2, 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 point 2.6 de l'annexe VII et à l'appendice 1 de l'annexe VII. 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 ou de la valeur limite d'émissions, la valeur la plus élevée étant retenue. 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:

▼B

8.2.3.1. Vérifications périodiques

On s'assure que la balance et les environnements de stabilisation des PM satisfont aux vérifications périodiques du point 8.1.12. 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 point 8.1.12.1). 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 point 9.3.4.

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 point 9.3.4. ►M2 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; ceci peut impliquer de placer les échantillons dans un conteneur spécial;

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 point 8.2.3.10);

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 point 8.1.12.2.

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.

▼B

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 (c'est-à-dire 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. 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 point 9.3.4.6;

b) un neutralisateur d'électricité statique doit être utilisé comme indiqué au point 9.3.4.6 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 point 9.5.2. 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 points 8.2.3.7 à 8.2.3.9 doivent être suivies dès que le pesage est terminé.

▼B

8.2.4. Post-conditionnement 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 point 8.1.13.1. 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 point 9.3.4.4, 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 point 9.3.4.5.

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 point 9.3.4.3. 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 point 9.3.4.3:

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/mm^2, 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 on prévoit que la concentration de PM sur la surface totale du filtre sera inférieure à 0,353 μg/mm^2, le filtre doit être exposé à l'environnement de stabilisation pendant 30 minutes 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.

▼B

8.2.4.6. Détermination de la masse du filtre après l'essai

Il faut répéter les procédures du point 8.2.3 (8.2.3.6 à 8.2.3.9) 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 VII.

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 systèmes de post-traitement des gaz d'échappement doit être pris en compte; les accessoires doivent être installés conformément aux indications du point 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 composants 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 points 9.2.2 pour le système CVS et 9.2.3 pour le système PFD avec des taux de dilution variables. Le débit du système de dilution doit être suffisamment grand pour éliminer

▼B

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 VII pour les calculs à faire pour compenser ces effets;

b) les changements suivants aux prescriptions des sections 7.2, 9.3 et 9.4 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:

▼M2

   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 l'article 1er, point 19, pour les procédures relatives aux efficacités de la filtration HEPA);

▼B

   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 la figure 6-6):

a) on utilise un tunnel dont les surfaces internes sont en acier inoxydable. L'ensemble du tunnel de dilution doit être reliée électriquement à la masse. À titre d'alternative, 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

b) la contre-pression des gaz 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) gaz diluant. Pour le prélèvement des PM, il faut maintenir la température des gaz diluants (air ambiant, air synthétique ou azote comme indiqué au point 9.2.1) 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 4 000 pour le flux d'échappement dilué, où *Re* est fondé sur le diamètre intérieur du tunnel de dilution. *Re* est défini dans l'annexe VII. 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 composants des gaz d'échappement peuvent être dilués ou supprimés en cas de présence d'humidité;

▼M2

   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 6.7 et au point 9.2.3.2;

▼B

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;

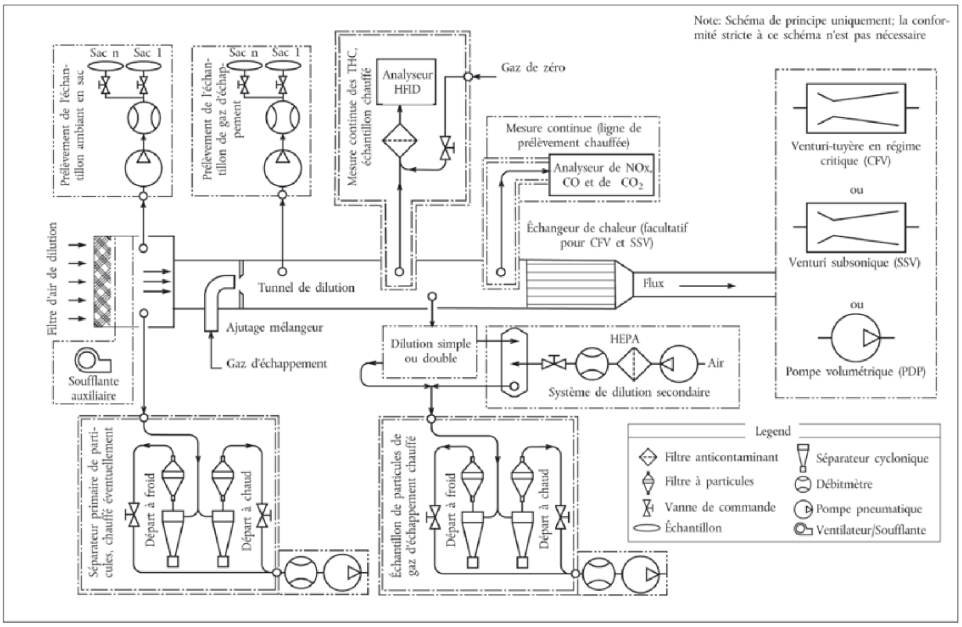
i) le temps global de présence dans le système doit être compris entre 0,5 et 5 s, tel que mesuré depuis le point de l'introduction du gaz diluant dans le ou les porte-filtres;

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 6.6

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 6.7. 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. ►**M2** Elles doivent satisfaire à d'autres critères tels que ceux des points 8.1.8.6 (étalonnage périodique) et 8.2.1.2 (validation) pour les systèmes PFD à dilution variable, du point 8.1.4.5 et du tableau 6.5 (vérification de la linéarité) ainsi que du point 8.1.8.5.7 (vérification) pour les systèmes PFD à dilution constante. ◄

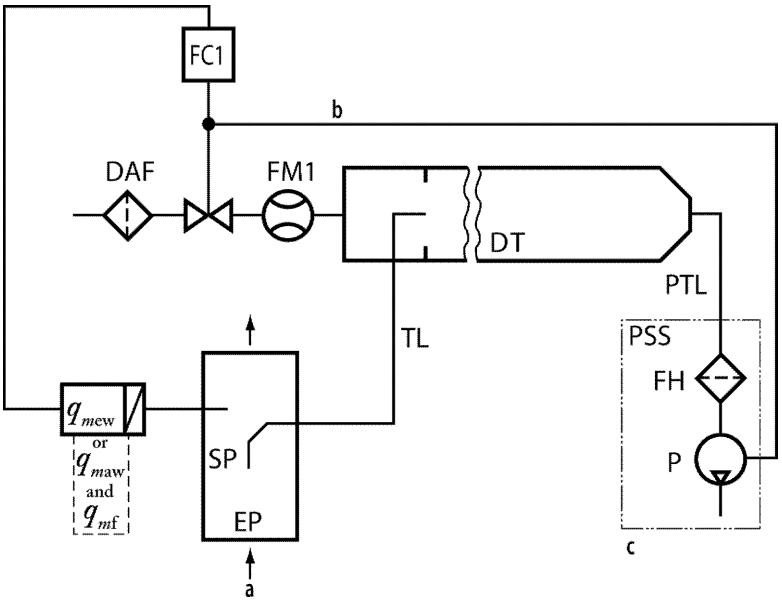
▼B

Comme il apparaît sur la figure 6.7, 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 6.7

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 6.7:

DAF: Filtre d'air de dilution

DT: Tunnel de dilution ou système de dilution secondaire

EP: Tuyau d'échappement ou système de dilution primaire

▼B

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 massique des gaz d'échappement en conditions humides

q_{maw} Débit massique de l'air d'admission en conditions humides

q_{mf} Débit massique de carburant.

9.2.3.2. Dilution

Il faut maintenir la température des gaz diluants (air ambiant, air synthétique ou azote comme indiqué au point 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 des gaz d'échappement du moteur, répondant ainsi aux excursions dans le débit des gaz 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 point 9.3.3.4.3. Il est donc indispensable que le taux de dilution soit déterminé de telle manière que les prescriptions de précision du point 8.1.8.6.1 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, mesuré entre le point d'introduction du gaz diluant et le ou les porte-filtres, doit être compris entre 0,5 et 5 s.

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.

▼B

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.

▼M2

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 la figure 6.7). 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.

▼B

9.2.3.4. Étalonnage

L'étalonnage du système PFD pour extraire un échantillon de gaz d'échappement proportionnel est examiné au point 8.1.8.6.

9.3. Procédures de prélèvement

9.3.1. Conditions générales à observer dans le prélèvement

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 composants 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 mesure des 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 composants, à condition que cette sonde réponde aux spécifications imposées pour chaque composant.

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.

▼B

9.3.1.3. Méthodes de prélèvement

Pour le prélèvement continu et le prélèvement par lots, présentés au point 7.2, 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 point 8.2.1.

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 des gaz d'échappement bruts ou dilués. 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 191 °C pour réduire autant que possible la contamination.

9.3.2.1.1. Chambre de mélange (catégorie NRSh)

►M2 Lorsqu'une chambre de mélange est utilisée conformément au point 9.3.1.1.1, son volume interne ne doit pas être inférieur à dix fois la cylindrée unitaire 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 point 8.1.11.5, soit d'un refroidisseur conforme aux spécifications du point 8.1.11.4, il faut maintenir une température d'échantillon qui empêche la condensation aqueuse;

▼M2

b) pour les lignes de transfert des THC, il faut maintenir sur l'ensemble de la ligne une température de paroi 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 191 °C, les températures étant mesurées à la sortie de la ligne

▼M2

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].

▼B

9.3.2.3 Composantes 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 points 9.3.2.3.1.1 et 9.3.2.3.1.2. Dans l'équation 7-13, on utilise une teneur en humidité de 0,8 % de H_2O en volume.

▼M2

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 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 point 8.1.12.

▼B

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 point.

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 point 9.3.2.2. Il faut surveiller le point de rosée, T_{dew}, et la pression absolue, p_{total}, en aval d'un sécheur à membrane osmotique. Il faut calculer la quantité d'eau comme indiqué dans l'annexe VII en utilisant les valeurs continuellement enregistrées 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 point 8.1.11.4. 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 VII 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

▼B

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 VII. 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 VII. 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 point 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 point 8.1.11.5 ou un refroidisseur conforme au point 8.1.11.4, 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 6.6 ci-dessous.

▼B

Tableau 6.6

Matériaux des récipients pour prélèvement gazeux par lots

CO, CO_2, O_2, CH_4, C_2H_6, C_3H_8, NO, NO_2 (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)

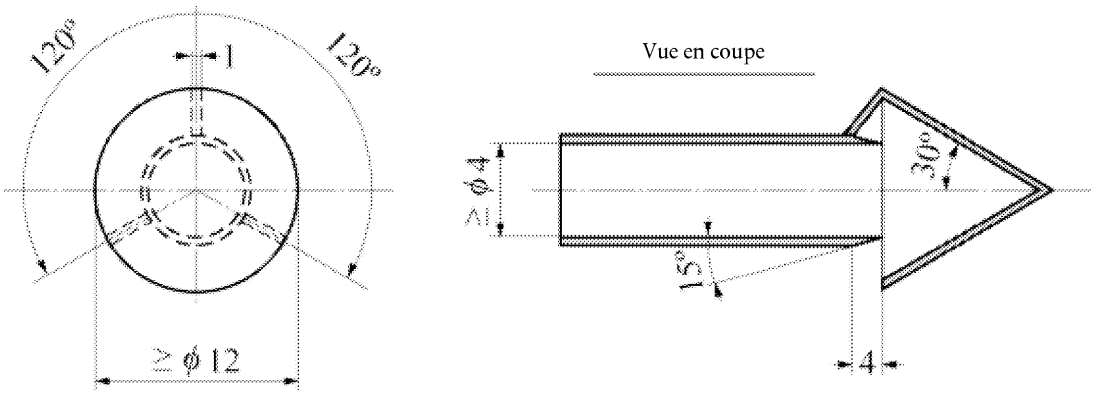
9.3.3.1. Sondes de prélèvement

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 6.8. Dans ce cas, on n'utilise pas le séparateur primaire décrit au point 9.3.3.3.

Figure 6.8

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 composants 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 la figure 6.8), il est interdit d'utiliser un séparateur primaire.

▼B

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 points 9.3.3.4.1 à 9.3.3.4.4 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) soit de la fibre de verre revêtue de fluorocarbone (PTFE);

b) soit 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 compétente en matière de réception. 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 le point 9.3.3.2 relatif aux lignes de transfert). ►**M2** 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 de l'élément de filtrage des PM. ◄ L'échantillon de PM doit être chauffé ou refroidi essentiellement du fait des conditions de dilution, comme indiqué au point 9.2.1 a).

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.

▼B

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

La présente section 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 point 8.1.12.1.4.

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 °C ± 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 °C ± 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 °C ± 3 °C).

9.3.4.4. Vérification des conditions ambiantes

Lorsque l'on utilise des instruments de mesure qui répondent aux spécifications du point 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 point 9.3.4.3 de la présente section 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. ►**M2** Il faut utiliser cette valeur pour calculer la correction en fonction de la flottabilité du filtre de collecte des PM, traitée au point 8.1.13.2. ◄

9.3.4.5. Installation de la balance

Il faut installer la balance de la manière suivante:

a) sur une plate-forme isolée des vibrations afin de l'isoler du bruit et des vibrations extérieurs;

▼B

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. Domaine d'application

La présente section 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 6.5 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 point 5.1.1. Lorsque plusieurs instruments sont spécifiés pour une mesure particulière, l'un de ceux-ci doit, sur demande, être identifié par l'autorité compétente en matière de réception 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

►M2 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 compétente en matière de réception. ◄ 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 6.7 (ce tableau ne s'applique pas aux essais NRSC à modes discrets).

▼B

Tableau 6.7

Fréquences minimales d'enregistrement et de contrôle des données

Section applicable du protocole d'essai	Valeurs mesurées	Fréquence minimale de commande et de contrôle	Fréquence minimale d'enregistrement
7.6	Régime et couple pendant une «step-map» du moteur	1 Hz	1 valeur moyenne par étape
7.6	Régime et couple pendant une «sweep-map» du moteur	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 NRSC à modes discrets et RMC	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 point 8.1, y compris les prescriptions en matière de contrôle de linéarité des points 8.1.4 et 8.2. Les instruments doivent être conformes aux spécifications du tableau 6.7 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 6.7.

▼B

9.4.3.2. Conditions s'appliquant à l'équipement

Le tableau 6.8 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 point 8.1.4. 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 composants 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 6.8

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'échappement et de prélèvement		1 s	1 Hz moyenne d'échantillons 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.

▼B

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 point 9.4.3, 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 point. Il est recommandé d'utiliser des capteurs, des transducteurs et des instruments de mesure répondant aux spécifications du tableau 6.8. Les systèmes globaux de mesure des intrants et des extrants de travail doivent satisfaire aux prescriptions en matière de vérifications de linéarité du point 8.1.4.

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 point 9.4.4.1. Les systèmes intégrés de mesure du régime et du couple doivent satisfaire aux prescriptions en matière d'étalonnage et de vérifications des points 8.1.7 et 8.1.4.

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 point 8.1.7.

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.

▼B

9.4.5.1. Débitmètre de carburant

L'ensemble du système de mesure du débit de carburant doit satisfaire aux dispositions du point 8.1.8.1 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 point 8.1.8.2 relatives à l'étalonnage.

9.4.5.3. Débitmètre des gaz d'échappement bruts

9.4.5.3.1. Conditions s'appliquant à l'équipement

L'ensemble du système de mesure du débit des gaz d'échappement bruts doit satisfaire aux prescriptions du point 8.1.4 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

►M2 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 6.8. ◄ 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 point 8.2.1.2.

9.4.5.3.3. Refroidissement des gaz d'échappement

Le présent point 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 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 point 8.1.11.4 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 VII.

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.

▼B

9.4.5.4.2. Conditions s'appliquant à l'équipement

L'ensemble du système de mesure du débit des gaz d'échappement dilués doit satisfaire aux prescriptions des points 8.1.8.4 et 8.1.8.5 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 point 8.1.11.4 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 Tdew et la pression ptotal doivent être mesurés à l'entrée du débitmètre. Ces valeurs doivent être utilisées dans les calculs d'émissions conformément à l'annexe VII.

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 point 8.1.8.6.1 et l'étalonnage de la mesure du débit différentiel est donné au point 8.1.8.6.2.

L'ensemble du système pour le débitmètre d'échantillon doit satisfaire aux prescriptions du point 8.1.8 relatives à l'étalonnage.

▼B

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 point 9.5.1 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 point 8.1.4.5 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.

▼M2

Le système fondé sur l'analyseur NDIR doit satisfaire aux prescriptions relatives à l'étalonnage et à la vérification du point 8.1.9.1 ou 8.1.9.2, selon le cas.

▼B

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 point 8.1.10 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 point 9.5.1. 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)

▼B

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 point 9.4.8.1 ou 9.4.8.2, 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 point 5.1.1.

9.4.8.1. Détecteur à 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 point 8.1.11.1 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 point 8.1.11.5 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 point 8.1.11.5 relatives à la vérification;

b) un CLD connecté en aval de tout sécheur ou refroidisseur thermique qui satisfait aux prescriptions du point 8.1.11.4 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 point 8.1.11.3 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 point 8.1.11.5 relatives à la vérification en amont de l'analyseur NDUV. Le convertisseur doit être équipé d'une dérivation pour faciliter cette vérification.

▼B

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 satisfaisant aux prescriptions du point 8.1.11.5 relatives à la vérification;

b) un NDUV connecté en aval de tout sécheur ou refroidisseur thermique qui satisfait aux prescriptions du point 8.1.11.4 relatives à la vérification.

9.4.9. Mesures de O_2

On utilise un analyseur à détection paramagnétique (PMD) ou à détection magnéto-pneumatique (MPD) 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 VII.

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 6.8. 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 point 9.5.2.

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)

▼M2

Un analyseur FTIR, un analyseur NDUV ou un analyseur à infrarouge laser peut être utilisé conformément à l'appendice 4.

▼B

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 de la présente section 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:

▼M2

i) contamination de 2 %, mesurée par rapport à la concentration moyenne attendue à 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 de réglage du zéro dont la contamination par le CO est inférieure ou égale à 2 000 µmol/mol;

▼B

ii) la contamination telle que spécifiée dans le tableau 6.9, applicable aux mesures des gaz bruts ou dilués;

iii) la contamination telle que spécifiée dans le tableau 6.10, applicable aux mesures des gaz bruts.

Tableau 6.9

Limites de contamination applicables aux mesures des gaz bruts ou dilués (µmol/mol = ppm)

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
▼M2 CO_2	≤ 10 µmol/mol	≤ 10 µmol/mol
▼B 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 6.10

Limites de contamination applicables aux mesures des gaz bruts (µmol/mol = ppm)

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;

▼B

ii) il convient d'utiliser, pour le brûleur du FID, de l'air qui réponde aux prescriptions relatives à l'air purifié énoncées sous 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 paragraphe 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);

v) réservé;

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:

▼M2

i) CH_4, le complément étant l'air synthétique purifié et/ou N_2 (selon les cas);

▼B

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) CO, 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, CH_4, 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 point 9.5.1.2 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 point 9.4.5.6 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 point 9.5.1.1.

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

b) les gaz d'étalonnage peuvent être ré-étiquetés et utilisés après leur date d'expiration sur approbation préalable de l'autorité compétente en matière de réception.

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.

▼M2

_____

▼B

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.

▼B

Appendice 1

Appareillage de mesure du nombre de particules émises

1. **Procédure d'essai de mesure**

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 point 9.2.3 de la présente annexe ou d'un système de dilution du flux total tel que décrit au point 9.2.2 de la présente annexe.

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 à l'article 1, paragraphe 19. 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.

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.

1.3. Correction du débit pour tenir compte du débit de prélèvement de mesure du nombre de particules — systèmes de dilution du flux partiel

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 point 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 point 1.3.3.

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 6-20 du point 8.1.8.6.1 de la présente annexe doit être remplacée par l'équation (6-29):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} \quad (6\text{-}29)$$

▼B

où

q_{mdew} désigne le débit massique d'air de dilution, en kg/s;

q_{mdw} désigne le débit massique 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 q_{ex} envoyé au régulateur du système de flux partiel doit être juste à ± 0,1 % de la valeur de q_{mdew} 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 (6-20) du point 8.1.8.6.1 de la présente annexe doit être remplacée par l'équation (6-30):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw} \quad (6\text{-}30)$$

où

q_{mdew} désigne le débit massique d'air de dilution, en kg/s;

q_{mdw} désigne le débit massique d'air de dilution, en kg/s;

q_{ex} désigne le débit massique de prélèvement de mesure du nombre de particules, en kg/s;

q_{sw} désigne le débit massique réintroduit dans le tunnel de dilution pour compenser le débit de prélèvement extrait, en kg/s.

Le signal de différence entre q_{ex} 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.

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 (m_{PM}) calculée selon le point 2.3.1.1 de l'annexe VII 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 (6-31):

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{(m_{sed} - m_{ex})} \quad (6\text{-}31)$$

où

m_{PM} désigne la masse de particules déterminée selon le point 2.3.1.1 de l'annexe VII, 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.

1.3.4. Proportionnalité du prélèvement dans le système de dilution du flux partiel

►M2 Aux fins de la mesure du nombre de particules, le débit massique de gaz d'échappement, déterminé selon l'une des méthodes décrites aux points 2.1.6.1 à 2.1.6.4 de l'annexe VII, 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 point 8.2.1.2 de la présente annexe.

1.3.5. Calcul du nombre de particules

La détermination et le calcul du nombre de particules sont traités dans l'appendice 5 de l'annexe VII.

▼B

2. **Équipement de mesure**

2.1. Description

2.1.1. Vue d'ensemble du système

2.1.1.1. Le système de prélèvement des particules se compose d'une sonde ou un point de prélèvement permettant d'extraire un échantillon d'un flux mélangé de façon homogène circulant dans un système de dilution comme décrit au point 9.2.2 ou 9.2.3 de la présente annexe, d'un séparateur de particules volatiles (VPR) situé en amont d'un compteur du nombre de particules (PNC), et d'un tube de transfert approprié.

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 6.8. 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.

2.1.2. Prescriptions générales

2.1.2.1. Le point de prélèvement des particules doit être situé dans un système de dilution.

La sonde ou le point de prélèvement (PSP) et le tube de transfert des particules (PTT) forment ensemble le système de transfert des particules (PTS). Le PTS achemine l'échantillon prélevé dans le tunnel de dilution jusqu'à l'entrée du séparateur de particules volatiles. Le PTS doit remplir les 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 point 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 gaz de dilution/gaz d'échappement.

Dans le cas d'un système de dilution du flux partiel du type à prélèvement total (comme décrit au point 9.2.3 de la présente annexe), le point ou la sonde de prélèvement des particules doit être situé(e) dans le tube de transfert des particules, en amont du porte-filtre à particules, du dispositif de mesure du débit et de tout point de bifurcation prélèvement/dérivation. Le point ou la sonde de prélèvement doit être positionné de telle manière que l'échantillon soit prélevé dans un mélange homogène de gaz de dilution/gaz d'échappement. La sonde de prélèvement des particules doit être dimensionnée pour ne pas perturber 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 < 1 700;

b) dans le cas de systèmes de dilution du flux partiel, son écoulement turbulent (nombre de Reynolds) doit être < 1 700 en aval de la sonde ou du point de prélèvement des particules;

▼B

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;

e) 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:

f) son diamètre interne doit être ≥ 4 mm;

g) le temps de séjour de l'échantillon dans le tuyau de sortie OT du gaz prélevé doit être ≤ 0,8 s;

h) 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.

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.

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.

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.

2.1.3. Prescriptions particulières

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.

2.1.3.2. Il est recommandé d'utiliser un séparateur primaire pour l'échantillon.

2.1.3.3. L'unité de préconditionnement de l'échantillon doit:

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;

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;

2.1.3.3.3. ►**M2** maintenir les étages chauffés à leur température nominale de fonctionnement, dans la plage spécifiée au point 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;

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 point 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;

▼B

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 ≥ 10 000 cm^{-3}, par chauffage et réduction des pressions partielles du tétracontane.

2.1.3.4. Le compteur du nombre de particules doit:

2.1.3.4.1. fonctionner en conditions de plein débit;

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;

2.1.3.4.3. avoir une résolution d'au moins 0,1 particule/cm^{-3} à des concentrations inférieures à 100 cm^{-3};

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;

2.1.3.4.5. avoir une fréquence de transmission des données égale ou supérieure à 0,5 Hz;

2.1.3.4.6. avoir un temps de réponse t_{90} sur la plage de mesure des concentrations de moins de 5 s;

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 point 2.2.1.3 mais n'utiliser aucun autre algorithme de correction ou de définition en ce qui concerne l'efficacité du comptage;

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);

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.

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.

2.1.3.6. La somme du temps de séjour dans le PTS, le VPR et l'OT et du temps de réponse t_{90} du PNC ne doit pas dépasser 20 s.

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. L'aérosol utilisé pour l'essai doit causer une variation de concentration au moins égale à 60 % de l'amplitude maximale.

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 t_0 jusqu'à ce que la réponse ait atteint 50 % de la valeur de lecture finale (t_{50}).

▼B

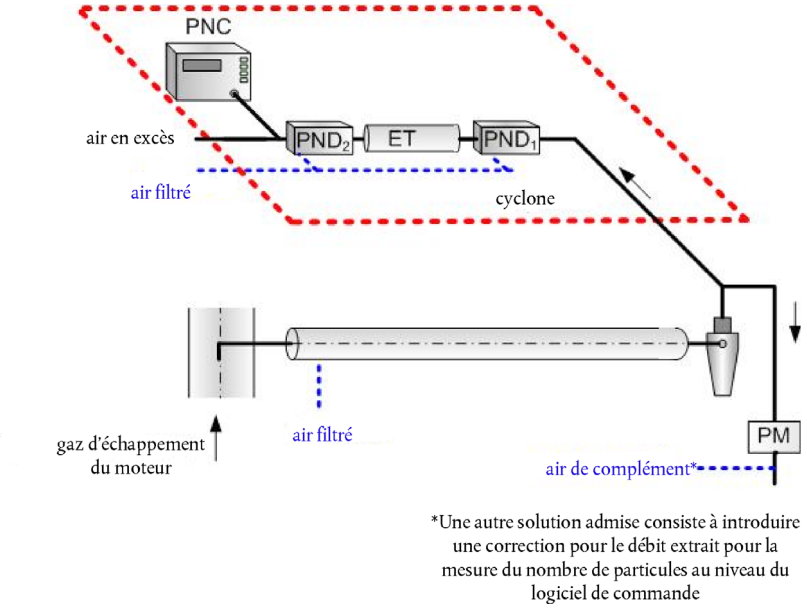
2.1.4. Description du système de mesure recommandé

Le présent point 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 points 2.1.2 et 2.1.3.

Les figures 6.9 et 6.10 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 6.9

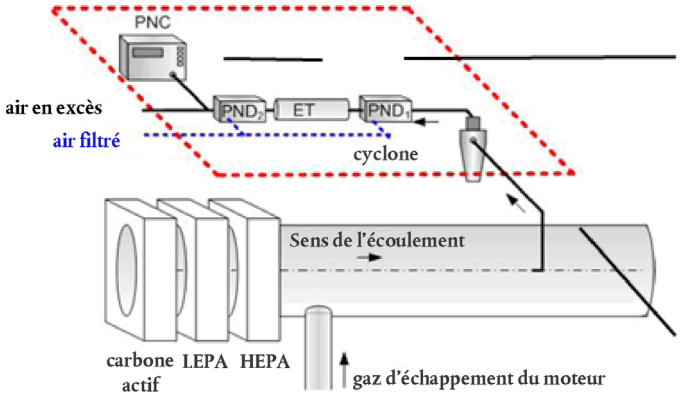
Schéma du système recommandé de prélèvement des particules — prélèvement du flux partiel



▼M2

Figure 6.10.

Schéma du système recommandé de prélèvement des particules — prélèvement du flux total



▼B

2.1.4.1. Description du système de prélèvement

Le système de prélèvement d'échantillons comprend, dans l'ordre, l'embout d'une sonde de prélèvement ou un point de prélèvement dans le système de dilution, un tube de transfert des particules (PTT), un séparateur primaire (PCF) et un séparateur de particules volatiles (VPR), puis le dispositif de mesure du nombre de particules (PNC). Le séparateur de particules volatiles doit comprendre des équipements de dilution de l'échantillon (PNDET et PND_2) et d'évaporation des particules (tube d'évaporation, ET). L'embout de la sonde ou le point de prélèvement de l'échantillon d'essai doit être positionné dans la veine de dilution de façon à permettre le prélèvement d'un échantillon de gaz représentatif dans un mélange homogène gaz de dilution/gaz d'échappement. La somme du temps de séjour dans le système et du temps de réponse du PNC ne doit pas dépasser 20 s.

2.1.4.2. Système de transfert des particules

L'embout de la sonde ou le point de prélèvement et le tube de transfert des particules (PTT) forment ensemble le système de transfert des particules (PTS). Le PTS achemine l'échantillon du tunnel de dilution jusqu'à l'entrée du premier dilueur du nombre de particules. Le PTS doit remplir les 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 point 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 d'un système de dilution du flux partiel du type à prélèvement total (comme décrit au point 9.2.3 de la présente annexe), le point de prélèvement des particules doit être situé dans le tube de transfert des particules, en amont du porte-filtre à particules, du dispositif de mesure du débit et de tout point de bifurcation prélèvement/dérivation. Le point ou la sonde de prélèvement doit être positionné de telle manière que l'échantillon soit prélevé dans un mélange homogène de gaz de dilution/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 $< 1\,700$;

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 $\leq 0{,}8$ s.

▼B

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.

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.

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 PND_1 et le tube d'évaporation sont à leur température correcte de fonctionnement.

Le VPR doit réaliser une vaporisation > 99,0 % de particules de tétracontane (CH_3 $(CH_2)_{38}CH_3$) 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 (f_r) 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.

2.1.4.4.1. Premier dispositif de dilution de la concentration en nombre de particules (PND_1)

Le PND_1 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 (point 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.

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 300 °C et 400 °C, avec une tolérance de ± 10 °C.

▼B

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 35 °C.

2.1.4.5. Compteur du nombre de particules (PNC)

Le PNC doit satisfaire aux prescriptions du point 2.1.3.4.

2.2. Étalonnage/validation du système de prélèvement des particules [1]

2.2.1. Étalonnage du compteur du nombre de particules

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.

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.

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 R^2, on doit faire passer la droite de régression linéaire par l'origine (correspondant à une concentration zéro pour les deux instruments).

[1] Des exemples de méthodes d'étalonnage/validation sont disponibles à l'adresse suivante: www.unece.org/es/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpfcp

▼B

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 1 000 cm^{-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. 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 R^2, on doit faire passer la droite de régression linéaire par l'origine (correspondant à une concentration zéro pour les deux instruments).

2.2.1.4. Lors de l'étalonnage, on doit aussi vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions du point 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.

2.2.2. Étalonnage/validation du séparateur de particules volatiles (VPR)

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 (f_r (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 ($\bar{f}_r$) déterminé lors du premier étalonnage du VPR.

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.

▼B

Le facteur de réduction de la concentration des particules pour chaque granulométrie ($f_r(d_i)$) est calculé au moyen de l'équation (6-32):

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)} \quad (6\text{-}32)$$

où

$N_{in}(d_i)$ désigne la concentration en particules de diamètre d_i en amont;

$N_{out}(d_i)$ désigne la concentration en particules de diamètre d_i 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 (6-33):

$$\overline{f}_r = \frac{f_r(30nm) + f_r(50nm) + f_r(100nm)}{3} \quad (6\text{-}33)$$

Il est recommandé d'étalonner et de valider le VPR en tant qu'unité intégrée.

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 ≥ 10 000 cm^{-3} et lorsque l'appareil fonctionne à son niveau de dilution minimale et à la température recommandée par le fabricant.

2.2.3. Procédures de contrôle du système de comptage des particules

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).

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.

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}.

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.

2.2.3.5. Avant le début de chaque essai, il doit être confirmé que le dilueur PND_1 a atteint sa température correcte de fonctionnement.

▼B

Appendice 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
	Débimètre d'air	Oui
	Filtre à air	Oui ([a])
	Silencieux d'admission	Oui ([a])
2	Système d'échappement	
	Système de post-traitement 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])
	Thermostat	Oui ([f])
7	Refroidissement par air	
	Carénage	Non ([g])
	Ventilateur ou soufflante	Non ([g])
	Dispositif régulateur de température	Non

▼B

Numéro	Équipements et accessoires	Monté pour l'essai d'émission
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 de 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. La liste suivante, non exhaustive, est donnée à titre d'exemple: i) compresseur d'air de freins; ii) compresseur de direction assistée; iii) compresseur de suspension; 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 1 000 Pa de la limite supérieure fixée par le constructeur.

([c]) Si un frein sur 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.

▼B

Appendice 3

Vérification du signal de couple émis par l'unité de commande électronique

1. **Introduction**

L'objet du présent appendice est de définir les prescriptions de vérification dans le cas où le constructeur à l'intention d'utiliser le signal de couple émis par l'unité de commande électronique (ECU) des moteurs qui en sont équipés durant l'exécution des essais de surveillance en service conformément au règlement délégué (UE) 2017/655.

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 2.

2. **Signal de couple émis par l'ECU**

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 conformément aux prescriptions de l'appendice 6 de l'annexe I du règlement délégué (UE) 2017/655.

3. **Procédure de vérification**

Lors de l'exécution de la procédure d'établissement de la courbe de conversion conformément à la section 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.

►M2 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.-à-d. une différence maximale de 7 %). ◄ Dans ce cas, il convient d'indiquer sur la fiche de réception par type 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 réception par type. Si un facteur est consigné dans la fiche de réception par type, il doit être appliqué au couple émis par l'ECU lors de l'exécution des essais de surveillance en service conformément au règlement délégué (UE) 2017/655.

▼B

Appendice 4

Procédure de mesure de l'ammoniac

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.

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 points 2.1, 2.2 ou 2.3, respectivement. Les séchoirs à gaz ne sont pas admis pour la mesure du NH_3.

2.1. Analyseur infrarouge par transformation de Fourier (ci-après FTIR)

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.

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, pré-filtre(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.

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.

2.2. Analyseur non dispersif à absorption de résonance dans l'ultraviolet (ci-après «NDUV»)

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 compensées. 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.

▼B

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, pré-filtre(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.

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 de la sensibilité croisée et en utilisant le signal de mesure pour la compensation.

2.3. Analyseur à infrarouge laser

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 composants coexistants dans les gaz d'échappement du moteur.

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, pré-filtre(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.

▼B

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.

2.3.3. Vérification de l'interférence pour les analyseurs à infrarouge laser de NH_3 (interférence croisée)

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.

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.

3. Procédure d'essai des émissions

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 point 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 point 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.

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.

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 point 3.4.1 n'est requise que si les informations du point 3.4.2 ne sont pas disponibles.

3.4. Dérive de l'analyseur

3.4.1. Dès que possible, et au plus tard 30 minutes 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. ►M2 La différence entre les résultats avant et après l'essai doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle. ◄

▼B

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 points 4.2.3 et 4.2.4 satisfont aux prescriptions du point 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 points 4.2.3 et 4.2.4 excède la durée de l'essai.

4. Spécifications de l'analyseur et vérification

4.1. Prescriptions en matière de linéarité

L'analyseur doit satisfaire aux prescriptions en matière de linéarité spécifiées dans le tableau 6.5 de la présente annexe. La vérification de la linéarité conformément au point 8.1.4 de la présente annexe doit être effectuée au moins à la fréquence indiquée dans le tableau 6.4 de la présente annexe. Avec l'accord préalable de l'autorité compétente en matière de réception, 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 point 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 6.5 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.

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.

4.2.1. Limite de détection minimale

L'analyseur doit avoir une limite de détection minimale < 2 ppm dans toutes les conditions d'essai.

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.

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.

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.

4.2.5. Temps de réponse du système

Le temps de réponse du système doit être ≤ 20 s.

4.2.6. Temps de montée

Le temps de montée de l'analyseur doit être ≤ 5 s.

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.

▼B

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).

▼M2

La date d'expiration des gaz d'étalonnage doit être enregistrée.

▼B

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 multi-composants 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 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) respecte la tolérance indiquée dans la présente section;

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;

▼M2

j) l'analyseur doit avoir une interférence combinée qui est dans les limites de ± 2 % de la valeur moyenne d'ammoniac (NH_3) applicable spécifiée au point 3.4 de l'annexe IV.

▼B

5. Systèmes alternatifs

D'autres systèmes ou analyseurs peuvent être approuvés par l'autorité compétente en matière de réception pour autant qu'ils produisent des résultats équivalents conformément au point 5.1.1 de la présente annexe. Dans ce cas, les «résultats», dans ce point, font référence à la concentration moyenne de NH_3 calculée pour le cycle applicable.

▼B

Appendice 5

Description des réponses du système

1. Le présent appendice décrit les temps utilisés pour exprimer la réponse des systèmes analytiques et autres systèmes de mesure à un signal entré.

2. Les temps suivants s'appliquent, comme illustré à la figure 6.11:

2.1. 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;

2.2. 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;

2.3. 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 ($t_{90} - t_{10}$);

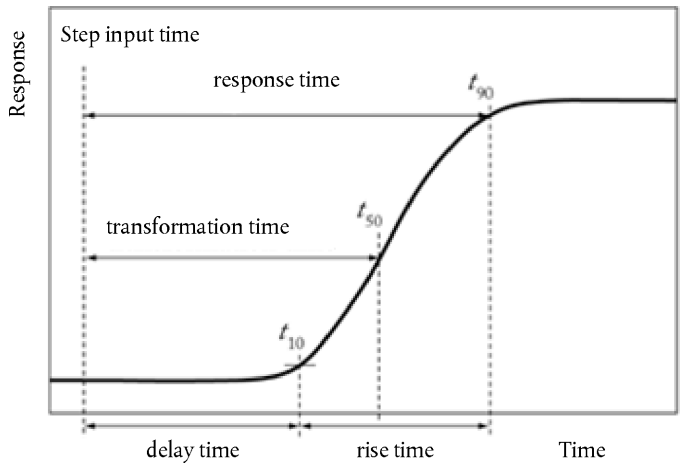
2.4. le «temps de transformation» et l'écart de temps entre la variation du constituant à mesurer au point de référence et une réponse du système de 50 % de la valeur de lecture finale (t_{50}), la sonde de prélèvement étant définie comme point de référence.

▼M2

2.5. Le temps d'application du signal est le moment auquel il y a un changement dans le paramètre mesuré.

Figure 6.11

Illustration des réponses du système



▼B

ANNEXE VII

Méthode d'évaluation des données et de calcul

1. **Prescriptions générales**

Le calcul des émissions s'effectue soit selon la section 2 (calculs sur la base de la masse), soit selon la section 3 (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 la section 2 et selon la section 3.

Les prescriptions spécifiques concernant la mesure du nombre de particules (PN), le cas échéant, sont énoncées dans l'appendice 5.

1.1. Symboles généraux

Section 2	Section 3	Unité	Quantité
	A	m^2	Superficie
	A_t	m^2	Superficie de la section transversale du col de venturi
b, D_0	a_0	a.d. ([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 pour l'étalonnage PDP
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
	γ	—	Rapport des chaleurs spécifiques
H		g/kg	Humidité absolue
	K	—	Facteur de correction

▼B

Section 2	Section 3	Unité	Quantité
K_V		$[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$	Fonction d'étalonnage du CFV
k_f		m^3/kg de 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 sec à humide pour l'air d'admission
$k_{w,d}$		—	Facteur de correction sec à humide pour l'air de dilution
$k_{w,e}$		—	Facteur de correction sec à humide pour les gaz d'échappement dilués
$k_{w,r}$		—	Facteur de correction sec à humide pour les gaz d'échappement bruts
μ	μ	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 composants gazeux
m	m	kg	Masse
m	a_1	a.d. ([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
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

▼B

Section 2	Section 3	Unité	Quantité
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 PDP
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 de saturation 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
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 d'admission dilué 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	$\dot{V}$	m^3/s	Débit volumique
q_{VCVS}	(1)	m^3/s	Débit volumique du CVS

▼B

Section 2	Section 3	Unité	Quantité
q_{Vs}	(1)	dm^3/min	Débit du système d'analyseur des gaz d'échappement
q_{Vt}	(1)	cm^3/min	Débit du gaz traceur
ρ	ρ	kg/m^3	Masse volumique
ρ_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	β	m/m	Rapport des diamètres (systèmes CVS)
r_p		—	Rapport de pression du SSV
Re	$Re^{\#}$	—	Nombre de Reynolds
	S	K	Constante de Sutherland
σ	σ	—	Écart type
T	T	°C	Température
	T	Nm	Couple moteur
T_a		K	Température absolue
t	t	s	Temps
Δt	Δt	s	Intervalle de temps
u		—	Rapport entre les densités du constituant gazeux et celles des gaz d'échappement
V	V	m^3	Volume
q_V	$\dot{V}$	m^3/s	Débit volumique
V_0		m^3/r	Volume de gaz pompé par tour de la pompe PDP
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 PDP
	y	—	Variable générique
$\bar{y}$	$\bar{y}$		Moyenne arithmétique
	Z	—	Facteur de compressibilité

(1) Voir les indices; $\dot{m}_{air}$ par exemple: 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 la section 2 et DR dans la section 3: symboles différents mais même sens et mêmes équations. Facteur de dilution D dans la section 2 et x_{dil} dans la section 3: symboles différents mais même sens physique; l'équation (7-124) représente la relation entre x_{dil} et DR.
(3) a.d. = à définir.

▼B

1.2. Indices

Section 2 ([1])	Section 3	Quantité
act	act	Quantité réelle
i		Mesure instantanée (par exemple: 1 Hz)
	i	Élément d'une série

([1]) Dans la section 2, 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 de saturation de l'air de dilution» ou «$k_{w,d}$ = facteur de correction sec à 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)

Section 2	Section 3	Quantité
Ar	Ar	Argon
C1	C1	Hydrocarbures exprimés en équivalent carbone 1
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	Hydrocarbures
H_2O	H_2O	Eau
	He	Hélium
	N	Azote atomique
	N_2	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	Matières particulaires
S	S	Soufre

▼B

1.4. Symboles et abréviations relatifs à la composition du carburant

Section 2 ([1])	Section 3 ([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]
α	α	Rapport atomique hydrogène/carbone (H/C)
ε	β	Rapport atomique oxygène/carbone (O/C) ([3])
γ	γ	Rapport atomique soufre/carbone (S/C)
δ	δ	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 appendices relatifs au calcul des émissions: dans la section 2, il désigne un carburant ayant comme formule chimique $CH_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ (c'est-à-dire la formule $C_\beta H_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ où $\beta = 1$, en partant de l'hypothèse d'un atome de carbone par molécule), alors que, dans la section 3, il désigne le rapport oxygène/carbone avec la formule $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$. Dans ce cas, β de la section 3 correspond à ε de la section 2.
([4]) La fraction en masse w est accompagnée du symbole de l'élément chimique mentionné en indice.

2. **Calculs des émissions sur la base de la masse**

▼M2

2.1. Mesure des émissions gazeuses dans les gaz d'échappement bruts

▼B

2.1.1. 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:

▼M2

$$q_{mgas,i} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \cdot 3\,600 \qquad (7\text{-}1)$$

▼B

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 point 2.1.4.)

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 [% volume].

▼B

2.1.2. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et essais RMC

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 (7-2):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} (q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \quad (7\text{-}2)$$

où

f = fréquence de collecte des données [Hz]

k_h = facteur de correction des 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 = 10 000 pour $c_{gasr,w,i}$ en [% vol]

u_{gas} = facteur spécifique des constituants [-] (voir point 2.1.5)

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 [% volume].

2.1.3. 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 (7-3):

$$c_w = k_w \cdot c_d \quad (7\text{-}3)$$

où

k_w = facteur de conversion de sec à humide [-]

c_d = concentration des émissions en conditions sèches [ppm] ou [% volume]

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 (7-4):

▼M2

$$k_{w,a} = \frac{\left(1 - \frac{1{,}2442 \cdot H_a + 111{,}19 \cdot w_H \cdot \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773{,}4 + 1{,}2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \cdot k_f \cdot 1\,000}\right)}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} \quad (7\text{-}4)$$

▼B

où

H_a = humidité de l'air d'admission [g H_2O/kg air sec]

$q_{mf,i}$ = débit instantané de carburant [kg/s]

$q_{mf,i}$ = 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]

▼B

avec:

$$k_{\,f} = 0{,}055594 \cdot w_H + 0{,}0080021 \cdot w_N + 0{,}0070046 \cdot w_o \qquad (7\text{-}5)$$

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 (7-4), on peut considérer que le rapport p_r/p_b est défini comme suit:

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} = 1{,}008 \qquad (7\text{-}6)$$

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 $k_{w,a}$:

$$k_{\,w,a} = \frac{\frac{1}{1+\alpha \cdot 0{,}005 \cdot (c\mathrm{CO2} + c\mathrm{CO})} - K_{\,w1}}{1 - \frac{p_r}{p_b}} \qquad (7\text{-}7)$$

où

c_{CO2} = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement bruts en conditions sèches [% volume]

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]

α = rapport molaire hydrogène/carbone [-]

k_{w1} = humidité de l'air d'admission [-].

$$k_{\,w1} = \frac{1{,}608 \cdot H_a}{1\,000 + 1{,}608 \cdot H_a} \qquad (7\text{-}8)$$

2.1.4. 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 (7-9) et (7-10). 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

$$k_{\,h,D} = \frac{15{,}698 \times H_a}{1\,000} + 0{,}832 \qquad (7\text{-}9)$$

b) pour les moteurs à allumage par étincelle

$$k_{h,G} = 0{,}6272 + 44{,}030 \times 10^{-3} \times H_a - 0{,}862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \qquad (7\text{-}10)$$

où

H_a = humidité de l'air d'admission [g H_2O/kg air sec].

▼B

2.1.5. Facteur u spécifique des constituants

Deux procédures de calcul sont décrites aux points 2.1.5.1 et 2.1.5.2. La méthode du point 2.1.5.1 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 point 2.1.5.2 est plus précise pour les qualités de carburant s'écartant des caractéristiques de l'annexe VIII, mais elle nécessite une analyse élémentaire de la composition du carburant.

2.1.5.1. 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 7-1) aux équations du point 2.1.5.2, les valeurs résultantes pour u_{gas} sont données dans le tableau 7-1.

Tableau 7.1

Valeurs u des gaz d'échappement bruts et densités des constituants (pour une concentration des émissions exprimée en ppm)

Carburant	ρ_e	Gaz					
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				ρ_{gas} [kg/m^3]			
		2 053	1 250	([a])	1,9636	1,4277	0 716
				u_{gas} ([b])			
Diesel (gasoil 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]) NMHC sur la base de $CH_{2.93}$ (pour le total HC, 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 %.

2.1.5.2. 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 (7-11) ou (7-12)]:

$$u_{gas,i} = M_{gas}/(M_{e,i} \cdot 1\,000) \qquad (7\text{-}11)$$

ou

▼B

$$u_{gas,i} = \rho_{gas} / (\rho_{e,i} \cdot 1\,000) \qquad (7\text{-}12)$$

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]

ρ_{gas} = densité du constituant gazeux [kg/m^3]

$\rho_{e,i}$ = densité instantanée des gaz d'échappement bruts en conditions humides [kg/m^3].

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 (7-13):

▼M2

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} + \frac{\frac{H_a \cdot 10^{-3}}{2 \times 1{,}00794 + 15{,}9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \cdot 10^{-3}}} \qquad (7\text{-}13)$$

▼B

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]

α = rapport molaire hydrogène à carbone [-]

δ = rapport molaire azote à carbone [-]

ε = rapport molaire oxygène à carbone [-]

γ = 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 $\rho_{e,i}$ doit être calculée au moyen de l'équation (7-14):

$$\rho_{e,i} = \frac{1\,000 + H_a + 1\,000 \cdot (q_{mf,i} / q_{mad,i})}{773{,}4 + 1{,}2434 \cdot H_a + k_f \cdot 1\,000 \cdot (q_{mf,i} / q_{mad,i})} \qquad (7\text{-}14)$$

où

$q_{mf,i}$ = débit-masse instantané de carburant [kg/s]

$q_{mf,i}$ = 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 [m^3/kg carburant] [voir l'équation (7-5)]

2.1.6. Débit-masse de gaz d'échappement

▼B

2.1.6.1. 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 instantané de gaz d'échappement $q_{mew,i}$ [kg/s] est effectué au moyen de l'équation (7-15):

$$q_{\mathrm{mew,I}} = q_{\mathrm{maw,I}} + q_{\mathrm{mf,i}} \tag{7-15}$$

où

$q_{maw,i}$ = débit-masse instantané d'air d'admission [kg/s]

$q_{mf,i}$ = débit-masse instantané de carburant [kg/s].

2.1.6.2. 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 $q_{\mathrm{mew,i}}$ [kg/s] est effectué au moyen de l'équation (7-16):

$$q_{mew,i} = \frac{q_{Vt} \cdot \rho_{e}}{10^{-6} \cdot (c_{mix,i} - c_{b})} \tag{7-16}$$

où

q_{Vt} = débit du gaz traceur [m^3/s]

$c_{\mathrm{mix},i}$ = concentration instantanée du gaz traceur après mélange [ppm]

ρ_e = densité des gaz d'échappement bruts [kg/m^3]

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 $c_{\mathrm{mix},i}$ au débit d'échappement maximal, elle peut être négligée.

2.1.6.3. 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 $q_{\mathrm{mew},i}$ [kg/s] est effectué au moyen de l'équation (7-17):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i}\right) \tag{7-17}$$

avec:

$$A/F_{st} = \frac{138{,}0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right)}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} \tag{7-18}$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4}\right) + \left(\frac{\alpha}{4} \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}\right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4})}{4{,}764 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4})} \tag{7-19}$$

où

$q_{maw,i}$ = débit-masse d'air d'admission en conditions humides [kg/s]

A/F_{st} = rapport air à carburant stœchiométrique [-]

▼B

λ_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]

α = rapport molaire hydrogène à carbone [-]

δ = rapport molaire azote à carbone [-]

ε = rapport molaire oxygène à carbone [-]

γ = rapport atomique soufre à carbone [-]

2.1.6.4. Méthode du bilan carbone, procédure en une seule étape

On peut utiliser la formule de l'équation (7-20) pour le calcul du débit des gaz d'échappement en conditions humides $q_{mew,i}$ [kg/s]:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \cdot \left[\frac{1{,}4 \cdot w_C^2}{(1{,}0828 \cdot w_C + k_{fd} \cdot f_c) f_c} \left(1 + \frac{H_a}{1\,000} \right) + 1 \right] \quad (7\text{-}20)$$

le facteur carbone f_c [-] étant calculé comme suit:

$$f_c = 0{,}5441 \cdot (c_{CO2d} - c_{CO2d,a}) + \frac{c_{COd}}{18\,522} + \frac{c_{HCw}}{17\,355} \quad (7\text{-}21)$$

où

$q_{mf,i}$ = débit-masse instantané de carburant [kg/s].

▼M2

w_C = teneur en carbone du carburant [% masse] (voir équation (7-82) du point 3.3.3.1 ou tableau 7.3)

▼B

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 en conditions sèches [%]

$c_{CO2d,a}$ = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement 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 (7-22) en conditions sèches en soustrayant de k_f l'eau formée par la combustion:

$$k_{fd} = k_f - 0{,}11118 \cdot w_H \quad (7\text{-}22)$$

où

k_f = facteur spécifique du carburant de l'équation 7-5 [m^3/kg carburant]

w_H = teneur en hydrogène du carburant [% masse]

▼B

2.2. Émissions de gaz dilués

2.2.1. 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 (7-23):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot c_{gas} \cdot m_{ed} \quad (7\text{-}23)$$

où

u_{gas} rapport entre la densité du constituant des gaz d'échappement et la densité de l'air, comme indiqué au tableau 7.2 ou calculé au moyen de l'équation (7-34) [-]

c_{gas} = concentration moyenne corrigée des concentrations ambiantes du constituant en conditions humides, respectivement [ppm] ou [% volume]

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], k = 10 000 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 (7-24):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot \left(\sum_{i=1}^{N} [(m_{ed,i} \cdot c_e \cdot u_{gas})] - \left[(m_{ed} \cdot c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \cdot u_{gas}) \right] \right) \quad (7\text{-}24)$$

où

c_e = concentration des émissions dans les gaz d'échappement dilués, en conditions humides [ppm] ou [% volume]

c_d = concentration des émissions dans l'air de dilution, en conditions humides [ppm] ou [% volume]

$m_{ed,i}$ = 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 7.2 [-]

D = facteur de dilution (voir l'équation (7-28) du point 2.2.2.2.) [-]

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 = 10 000 pour c en [% volume]

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.

▼B

2.2.2. Conversion de la concentration de sec à humide

Toutes les concentrations visées au point 2.2.2.1, mesurées en conditions sèches, doivent être converties en conditions humides au moyen de l'équation (7-3)

2.2.2.1. 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 [(7-25) ou (7-26)]:

$$k_{w,e} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \cdot c_{CO2w}}{200}\right) - k_{w2}\right] \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}25)$$

ou

$$k_{w,e} = \left(\frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \cdot c_{CO2d}}{200}}\right) \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}26)$$

où

α = rapport molaire hydrogène à carbone du carburant [-]

c_{CO2w} = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement dilués en conditions humides [% volume]

c_{CO2d} = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement dilués en conditions sèches [% volume]

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 (7-27):

$$k_{w2} = \frac{1{,}608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right]}{1\,000 + \left\{1{,}608 \cdot \left[H_d\left(1 - \frac{1}{D}\right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right]\right\}} \quad (7\text{-}27)$$

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_2O/kg air sec]

D = facteur de dilution (voir équation (7-28) du point 2.2.2.2.) [-]

2.2.2.2. 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 (7-28):

$$D = \frac{F_s}{c_{CO2,e} + (c_{HC,e} + c_{CO,e}) \cdot 10^{-4}} \quad (7\text{-}28)$$

où

F_S = facteur stœchiométrique [-]

$c_{CO2,e}$ = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement dilués en conditions humides [% volume]

$c_{HC,e}$ = 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].

▼B

Le facteur stœchiométrique doit être calculé au moyen de l'équation (7-29):

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3{,}76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (7\text{-}29)$$

où

α = 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 (7-30):

$$D = \frac{q_{VCVS}}{q_{Vew}} \quad (7\text{-}30)$$

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]

2.2.2.3. Air de dilution

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}31)$$

avec:

$$k_{w3} = \frac{1{,}608 \cdot H_d}{1\,000 + 1{,}608 \cdot H_d} \quad (7\text{-}32)$$

où

H_d = humidité de l'air de dilution [g H_2O/kg air sec]

2.2.2.4. 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 (7-33):

$$c_{gas} = c_{gas,e} - c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad (7\text{-}33)$$

où

c_{gas} = concentration nette de polluants gazeux [ppm] ou [% volume]

$c_{gas,e}$ = concentration des émissions dans les gaz d'échappement dilués en conditions humides [ppm] ou [% volume]

c_d = concentration des émissions dans l'air de dilution, en conditions humides [ppm] ou [% volume]

D = facteur de dilution [voir équation (7-28) du point 2.2.2.2] [-]

▼B

2.2.3. Facteur u spécifique des constituants

Le facteur u_{gas} spécifique des constituants des gaz dilués est calculé au moyen de l'équation (7-34) ou peut être tiré du tableau 7.2; dans celui-ci, on part de l'hypothèse que la densité des gaz d'échappement dilués est égale à la densité de l'air.

$$u = \frac{M_{gas}}{M_{d,w} \cdot 1\,000} = \frac{M_{gas}}{\left[M_{da,w} \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) + M_{r,w} \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right] \cdot 1\,000} \quad (7\text{-}34)$$

où

M_{gas} = masse molaire du constituant gazeux [g/mol]

$M_{d,w}$ = masse molaire des gaz d'échappement dilués [g/mol]

▼M2

$M_{da,w}$ = masse molaire de l'air de dilution [g/mol] (voir équation (7-144) du point 3.9.3)

$M_{r,w}$ = masse molaire des gaz d'échappement bruts [g/mol] (voir appendice 2, point 5);

▼B

D = facteur de dilution [voir équation (7-28) du point 2.2.2.2] [-]

Tableau 7.2

Valeurs u des gaz d'échappement dilués (pour une concentration des émissions exprimée en ppm) et densités des composants

Carburant	ρ_e			Gas			
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				ρ_{gas} [kg/m^3]			
		2 053	1 250	(1)	1,9636	1,4277	0 716
				u_{gas} (2)			
Diesel (gasoil 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 (3)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 (4)	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 (5)	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

(1) En fonction du carburant.
(2) À λ = 2, air sec, 273 K, 101,3 kPa.
(3) u précis à 0,2 % près pour la composition de la masse de: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %.
(4) NMHC sur la base de $CH_{2,93}$ (pour le total HC, le coefficient u_{gas} de CH_4 doit être utilisé).
(5) u précis à 0,2 % près pour la composition de la masse de: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %.

2.2.4. Calcul du débit-masse de gaz d'échappement

2.2.4.1. 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 (7-35) 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:

▼B

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_P \cdot \frac{P_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \quad (7\text{-}35)$$

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/m^3 = 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 (7-36):

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_{P,i} \cdot \frac{p_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \quad (7\text{-}36)$$

où

V_0 = volume de gaz pompé par tour aux conditions d'essai [m^3/rev]

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/m^3 = densité de l'air à 273,15 K et 101,325 kPa

2.2.4.2. Système CFV-CVS

Le débit-masse sur tout le cycle m_{ed} [g/essai] est calculé au moyen de l'équation (7-37) 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:

$$m_{ed} = \frac{1{,}293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \quad (7\text{-}37)$$

où

t = durée du cycle [s]

K_V = coefficient d'étalonnage du venturi-tuyère en régime critique dans des conditions normales [$(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg$]

p_P = pression absolue à l'entrée du venturi [kPa]

T = température absolue à l'entrée du venturi [K]

1,293 kg/m^3 = 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 (7-38):

$$m_{ed,i} = \frac{1{,}293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \quad (7\text{-}38)$$

▼B

où

Δt_i = intervalle de temps de l'essai [s]

K_V = coefficient d'étalonnage du venturi-tuyère en régime critique dans des conditions normales $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$

p_p = pression absolue à l'entrée du venturi [kPa]

T = température absolue à l'entrée du venturi [K]

1,293 kg/m^3 = densité de l'air à 273,15 K et 101,325 kPa

2.2.4.3. 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 (7-39) 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:

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t \quad (7\text{-}39)$$

où

1,293 kg/m^3 = densité de l'air à 273,15 K et 101,325 kPa

Δt = durée du cycle [s]

q_{VSSV} = débit d'air en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

avec:

$$q_{VSSV} = \frac{A_0}{60} d_v^2 C_d P_p \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r_p^{1{,}4286} - r_p^{1{,}7143}\right) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1{,}4286}}\right)\right]} \quad (7\text{-}40)$$

où

A_0 = série de constantes et de conversions d'unités = 0,0056940 $\left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2}\right]$

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} = 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 du diamètre du col du SSV à celui 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 (7-41):

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t_i \quad (7\text{-}41)$$

où

1,293 kg/m^3 = densité de l'air à 273,15 K et 101,325 kPa

Δt_i = intervalle de temps [s]

q_{VSSV} = débit volumique du SSV [m^3/s]

▼B

2.3. Calcul des émissions de particules

▼M2

2.3.1. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et RMC

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 point 8.1.13.2.5 de l'annexe VI.

▼B

2.3.1.1. Système à dilution du flux partiel

2.3.1.1.1. 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 (7-42):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{r_s \cdot 1\,000} \tag{7-42}$$

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:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \tag{7-43}$$

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 de 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.

2.3.1.1.2. 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 (7-44):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{edf}}{1\,000} \tag{7-44}$$

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 de particules [kg]

m_{edf} = masse des 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 (7-45):

$$m_{edf} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} q_{medf,i} \tag{7-45}$$

avec:

▼M2

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \cdot r_{d,i} \tag{7-46}$$

▼B

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \tag{7-47}$$

▼B

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 [-]

2.3.1.2. Système à dilution du flux total

La masse d'émissions doit être calculée au moyen de l'équation (7-48):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000} \quad (7\text{-}48)$$

où

m_f = masse des particules collectées sur l'ensemble du cycle [mg]

m_{sep} = masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte des particules [kg]

m_{ed} = masse de gaz d'échappement dilués sur l'ensemble du cycle [kg]

avec:

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \quad (7\text{-}49)$$

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]

2.3.1.2.1. 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 (7-50):

$$m_{PM,c} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_b}{m_{sd}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000} \quad (7\text{-}50)$$

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 équation (7-28) du point 2.2.2.2] [-]

▼B

2.3.2. Calcul pour les cycles NRSC à modes discrets

2.3.2.1. 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 (7-51) et du système de mesure du débit montré sur la figure 9.2:

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d \quad (7\text{-}51)$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}} \quad (7\text{-}52)$$

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}.

2.3.2.2. 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 (7-53), (7-56), (7-57) ou (7-58):

a) Pour la méthode à filtre unique

$$q_{mPM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}53)$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^{N} q_{medf\,i} \cdot WF_i \quad (7\text{-}54)$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^{N} m_{sep\,i} \quad (7\text{-}55)$$

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 sur le 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 sur le mode *i* [kg]

N = nombre de mesures [-]

▼B

b) Pour la méthode à filtres multiples

$$q_{mPMi} = \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}56)$$

où:

q_{mPMi} = débit-masse de particules pour le mode i [g/h]

m_{fi} = masse des particules collectées sur le mode i [mg]

q_{medfi} = débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides sur le mode i [kg/s]

m_{sepi} = masse d'échantillon de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte de particules sur le mode i [kg]

La masse des MP 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

$$q_{mPM} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(1 - \frac{1}{D_i} \right) \cdot WF_i \right] \right\} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}57)$$

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 [voir équation (7-28) du point 2.2.2.2] [-]

WF_i = facteur de pondération pour le mode i [-]

$\overline{q_{medf}}$ = débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides [kg/s]

d) Pour la méthode à filtres multiples

$$q_{mPMi} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \overline{q_{medfi}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}58)$$

où:

q_{mPMi} = débit-masse de particules pour le mode i [g/h]

m_{fi} = masse des particules collectées sur le mode i [mg]

m_{sepi} = masse de l'échantillon de gaz d'échappement dilués ayant traversé le filtre à particules sur le 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]

▼B

D = facteur de dilution [voir équation (7-28) du point 2.2.2.2] [-]

q_{medfi} = débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides sur le mode i [kg/s]

Si plus d'une mesure est effectuée, $m^{f,d}/m^{d}$ est remplacé par $\overline{m_{f,d}/m_{d}}$.

2.4. Travail au cours des cycles et émissions spécifiques

2.4.1. Émissions gazeuses

2.4.1.1. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et RMC

On se réfère aux points 2.1 et 2.2 respectivement pour les gaz d'échappement bruts et pour les gaz d'échappement dilués. 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 (7-59):

▼M2

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3\,600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \sum_{i=1}^{N} (n_i \cdot T_i) \qquad (7\text{-}59)$$

▼B

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 réel au cours du cycle [kWh]

f = fréquence de collecte des données [Hz]

N = nombre de mesures [-]

▼M2

Δt_i = intervalle de mesure [s]

▼B

Lorsque des accessoires sont montés conformément à l'appendice 2 de l'annexe VI, il ne faut apporter aucun ajustement au couple instantané du moteur dans l'équation (7-59). Lorsque, conformément aux points 6.3.2 ou 6.3.3 de l'annexe VI 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 7-59 doit être ajustée au moyen de l'équation (7-6-):

$$T_i = T_{i,meas} + T_{i,AUX} \qquad (7\text{-}60)$$

où:

$T_{i,meas}$ = valeur mesurée du couple instantané du moteur

▼M2

$T_{i,AUX}$ = valeur correspondante du couple requis pour faire fonctionner les accessoires déterminée conformément à l'équation (6-18) de l'annexe VI.

▼B

Les émissions spécifiques e_{gas} [g/kWh] sont à calculer des manières suivantes en fonction du type de cycle d'essai.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \qquad (7\text{-}61)$$

où:

m_{gas} = masse totale des émissions [g/essai]

W_{act} = travail au cours du cycle [kWh]

▼B

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 au moyen de l'équation (7-62):

$$e_{gas} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{cold}) + (0{,}9 \cdot m\text{hot})}{(0{,}1 \cdot W_{act,cold}) + (0{,}9 \cdot W\text{act, hot})} \quad (7\text{-}62)$$

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 (7-63):

$$e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}} \quad (7\text{-}63)$$

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]

2.4.1.2. Cycle NRSC à modes discrets

Les émissions spécifiques e_{gas} [g/kWh] sont calculées au moyen de l'équation (7-64):

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mgasi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}64)$$

où

$q_{mgas,i}$ = débit-masse moyen d'émissions pour le mode i [g/h]

▼M2

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 (6-8) de l'annexe VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = facteur de pondération pour le mode i [-]

▼M2

N_{mode} = nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable

▼B

2.4.2. Émissions de particules

2.4.2.1. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et RMC

Les émissions spécifiques de particules doivent être calculées au moyen de l'équation (7-61) où e_{gas} [g/kWh] et m_{gas} [g/essai] sont remplacés respectivement par e_{PM} [g/kWh] et m_{PM} [g/essai]:

$$e_{PM} = \frac{m_{PM}}{W_{act}} \quad (7\text{-}65)$$

où

m_{PM} = masse totale d'émissions de particules, calculée conformément au point 2.3.1.1 ou 2.3.1.2 [g/essai]

W_{act} = travail effectif au cours du cycle [kWh]

▼B

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 point 2.4.1.1.

2.4.2.2. Cycle NRSC à modes discrets

Les émissions spécifiques de particules e_{PM} [g/kWh] doivent être calculées au moyen de l'équation (7-66) ou (7-67):

a) pour la méthode à filtre unique

▼M2

$$e_{PM} = \frac{q_{m\mathrm{PM}}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}66)$$

▼B

où

▼M2

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 (6-8) de l'annexe VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = facteur de pondération pour le mode i [-]

$q_{m\mathrm{PM}}$ = débit-masse de particules [g/h]

▼M2

N_{mode} = nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable

▼B

b) pour la méthode à filtres multiples

▼M2

$$e_{\mathrm{PM}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{m\mathrm{PM}i} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}67)$$

▼B

où:

▼M2

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 (6-8) de l'annexe VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = facteur de pondération pour le mode i [-]

$q_{m\mathrm{PM}i}$ = débit-masse de particules pour le mode i [g/h]

▼M2

N_{mode} = nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable

▼B

Pour la méthode à filtre unique, le facteur de pondération effectif, WF_{ei}, doit être calculé pour chaque mode au moyen de l'équation (7-68):

$$WF_{ei} = \frac{m_{\mathrm{sep}i} \cdot \overline{q_{m\mathrm{edf}}}}{m_{\mathrm{sep}} \cdot \overline{q_{m\mathrm{edf}i}}} \quad (7\text{-}68)$$

où:

$m_{\mathrm{sep}i}$ = masse de gaz d'échappement dilués ayant traversé les filtres de collecte des particules sur le mode i [kg]

$\overline{q_{m\mathrm{edf}}}$ = débit-masse moyen équivalent de gaz d'échappement dilués [kg/s]

$q_{m\mathrm{edf}i}$ = débit équivalent de gaz d'échappement dilués sur le mode i [kg/s]

m_{sep} = masse de gaz d'échappement dilués ayant traversé les filtres de collecte des particules [kg]

▼B

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 1 de l'annexe XVII.

2.4.3. Ajustement pour les systèmes antipollution à régénération périodique (ou peu fréquente)

Dans le cas des moteurs, autres que ceux de la catégorie RLL, équipés de systèmes de post-traitement des gaz d'échappement avec régénération périodique (voir point 6.6.2 de l'annexe VI), les émissions spécifiques de polluants gazeux et particulaires calculées selon les points 2.4.1 et 2.4.2 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.

2.4.4. Ajustement pour le facteur de détérioration

Les émissions spécifiques de polluants gazeux et particulaires calculées selon les points 2.4.1 et 2.4.2, le cas échéant y compris le facteur d'ajustement en cas de régénération périodique conformément au point 2.4.3, doivent également être ajustées, au moyen du facteur de détérioration multiplicatif ou additif applicable établi conformément aux prescriptions de l'annexe III.

2.5. 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.

2.5.1. 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 (7-69):

▼B

$$V_0 = \frac{q_{VCVS}}{n} \cdot \frac{T}{273{,}15} \cdot \frac{101{,}325}{p_p} \quad (7\text{-}69)$$

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 (7-70):

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (7\text{-}70)$$

où:

Δp_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 (7-71):

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0 \quad (7\text{-}71)$$

où D_0 [m^3/tr] et m [m^3/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.

2.5.2. Venturi-tuyère en régime critique (CFV)

L'étalonnage du venturi-tuyère 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.

▼B

Le débit d'air (q_{VCVS}) à chaque réglage du réducteur de débit (8 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 d'étalonnage K_V $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$ est calculé à partir des données d'étalonnage pour chaque réglage au moyen de l'équation (7-72):

$$K_V = \frac{q_{VCVS} \cdot \sqrt{T}}{p_p} \quad (7\text{-}72)$$

où:

q_{VSSV} = débit d'air en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K) $[m^3/s]$

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.

2.5.3. 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 (7-40).

Le débit d'air (q_{VSSV}) 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 (7-73):

$$C_d = \frac{q_{VSSV}}{\frac{A_0}{60} d_V^2 p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T_{in,V}}\left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}\right)\left(\frac{1}{1-r_D^4 r_p^{1,4286}}\right)\right]}} \quad (7\text{-}73)$$

où:

A_0 = série de constantes et de conversions d'unités = 0,0056940

$$= 0{,}0056940 \left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2}\right]$$

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 = $1 - \Delta p/p_p$ [-]

r_D = rapport entre le diamètre du col du SSV, d_v, 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 (7-74):

$$Re = A_1 \cdot 60 \cdot \frac{q_{VSSV}}{d_V \cdot \mu} \quad (7\text{-}74)$$

avec:

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (7\text{-}75)$$

▼B

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]

μ = viscosité absolue ou dynamique du gaz [kg/(m · s)]

b = $1{,}458 \times 10^6$ (constante empirique) [kg/(m · s · $K^{0,5}$)]

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

2.6. Correction pour tenir compte de la dérive

2.6.1. Procédure générale

Les calculs mentionnés dans la présente section 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 point 2.6.2. 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 point 8.2.2.2 de l'annexe VI.

La procédure d'essai générale suit les dispositions spécifiées dans l'appendice 1, les concentrations x_i ou $\overline{x}$ étant remplacées par les concentrations c_i ou $\overline{c}$.

2.6.2. Procédure de calcul

La correction pour tenir compte de la dérive doit être calculée au moyen de l'équation (7-76):

$$c_{i\text{driftcor}} = c_{\text{refzero}} + (c_{\text{refspan}} - c_{\text{refzero}}) \frac{2c_i - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})}{(c_{\text{prespan}} + c_{\text{postspan}}) - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})} \quad (7\text{-}76)$$

où:

$c_{i\text{driftcor}}$ = 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]

▼B

c_i or $\overline{c}$ = 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 zéro [ppm]

3. **Calculs des émissions fondées sur la molarité**

3.1. Indices

	Quantité
abs	Quantité absolue
act	Quantité réelle
air	Air sec
atmos	Atmosphérique
bkgnd	Ambiant
C	Carbone
cal	Quantité d'étalonnage
CFV	Venturi-tuyère en régime critique (CFV)
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

▼B

	Quantité
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
std	Quantité standard
test	Quantité d'essai
total	Quantité totale
uncor	Quantité corrigée
vac	Degré de vide
weight	Poids d'étalonnage
wet	Quantité en conditions humides
zero	Quantité zéro

3.2. Symboles pour le bilan chimique

$x_{dil/exh}$ = Quantité de gaz de dilution ou 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 en provenance du carburant présent dans chaque 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 par mole d'air d'admission sec

$x_{dil/exhdry}$ = Quantité de gaz de dilution et/ou 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'échappement secs (bruts ou dilués)

$x_{raw/exhdry}$ = Quantité de gaz d'échappement non dilués, sans excès d'air, par mole de gaz d'échappement secs (bruts ou dilués)

$x_{O2intdry}$ = Quantité d'air d'admission O_2 par mole d'air d'admission sec

$x_{CO2intdry}$ = Quantité de CO_2 dans l'air d'admission par mole d'air d'admission sec

▼B

$x_{H2Ointdry}$ = 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 gaz de dilution CO_2 par mole de gaz de dilution

$x_{CO2dildry}$ = Quantité de gaz de dilution CO_2 par mole de gaz de dilution sec

$x_{H2Odildry}$ = Quantité de gaz de dilution H_2O par mole de gaz de dilution sec

x_{H2Odil} = Quantité de gaz de dilution H_2O par mole de gaz de dilution

$x_{[emission]meas}$ = Quantité d'émissions mesurées 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 détection des émissions

x_{H2Oint} = Quantité d'eau dans l'air d'admission fondée sur la mesure de l'humidité de cet air d'admission

3.3. Paramètres et relations élémentaires

3.3.1. Air sec et espèces chimiques

Dans la présente section, les valeurs suivantes sont retenues pour la composition de l'air sec:

$x_{O2airdry}$ = 0,209445 mol/mol

$x_{Arairdry}$ = 0,00934 mol/mol

$x_{N2airdry}$ = 0,78084 mol/mol

$x_{CO2airdry}$ = 375 µmol/mol

Dans la présente section, les masses molaires ou les 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 (*))

M_{O} = 15,9994 g/mol (oxygène atomique)

M_{O2} = 31,9988 g/mol (oxygène moléculaire)

▼B

M_{C3H8} = 44,09562 g/mol (propane)

M_S = 32,065 g/mol (souffre)

M_{HC} = 13,875389 g/mol (hydrocarbures totaux (**))

(**) Les masses molaires effectives des HC sont définies par un rapport d'hydrogène atomique à carbone, α, de 1,85.

(*) La masse molaire effective de NO_x est définie par la masse molaire du dioxyde d'azote, NO_2.

Dans la présente section, la constante molaire de gaz R est utilisée pour les gaz parfaits:

R = 8,314472 J (mol · K)

Dans la présente section, on utilise les rapports suivants des chaleurs spécifiques γ [J/(kg · K)]/[J/(kg · K)] pour l'air de dilution et les gaz d'échappement dilués:

γ_{air} = 1,399 (rapport des chaleurs spécifiques de l'air d'admission ou de l'air de dilution)

γ_{dil} = 1,399 (rapport des chaleurs spécifiques des gaz d'échappement dilués)

γ_{exh} = 1,385 (rapport des chaleurs spécifiques des gaz d'échappement bruts)

3.3.2. Air humide

La présente section décrit la manière de déterminer la quantité d'eau dans un gaz idéal:

3.3.2.1. 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 (7-77) ou (7-78):

a) Pour les mesures d'humidité faites à des températures ambiantes comprises entre 0 et 100 °C ou pour des mesures de l'humidité faites au-dessus d'eau surrefroidie à des températures ambiantes de – 50 à 0 °C:

$$\log_{10}(p_{H2O}) = 10{,}79574 \cdot \left(1 - \frac{273{,}16}{T_{sat}}\right) - 5{,}02800 \cdot \log_{10}\left(\frac{T_{sat}}{273{,}16}\right) + 1{,}50475 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - 10^{-8{,}2969 \cdot \left(\frac{T_{sat}}{273{,}16} - 1\right)}\right) + 0{,}42873 \cdot 10^{-3} \cdot \left(10^{4{,}76955 \cdot \left(1 - \frac{273{,}16}{T_{sat}}\right)} - 1\right) - 0{,}2138602 \quad (7\text{-}77)$$

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:

$$\log_{10}(p_{H2O}) = -9{,}096853 \cdot \left(\frac{273{,}16}{T_{sat}} - 1\right) - 3{,}566506 \cdot \log_{10}\left(\frac{273{,}16}{T_{sat}}\right) + 0{,}876812 \cdot \left(1 - \frac{T_{sat}}{273{,}16}\right) - 0{,}2138602 \quad (7\text{-}78)$$

où:

T_{sat} = température de saturation de l'eau aux conditions mesurées [K]

▼B

3.3.2.2. 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 (7-79):

$$x_{H2O} = \frac{p_{H2O}}{p_{abs}} \quad (7\text{-}79)$$

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]

3.3.2.3. 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 (7-80):

$$x_{H2O} = \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{P_{H2O}}{P_{abs}} \quad (7\text{-}80)$$

où:

RH % = humidité relative [%]

p_{H2O} = pression de vapeur de l'eau à 100 % d'humidité relative à l'emplacement de la 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]

3.3.2.4. 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 (7-81):

$$T_{dew} = \frac{2{,}0798233 \cdot 10^{2} - 2{,}0156028 \cdot 10^{1} \cdot \ln\ (p_{H2O}) + 4{,}6778925 \cdot 10^{-1} \cdot \ln\ (p_{H2O})^{2} - 9{,}2288067 \cdot 10^{-6} \cdot \ln\ (p_{H2O})^{3}}{1 - 1{,}3319669 \cdot 10^{-1} \cdot \ln\ (p_{H2O}) + 5{,}6577518 \cdot 10^{-3} \cdot \ln\ (p_{H2O}^{2}) - 7{,}517286510 \cdot 10^{-5} \ln\ (p_{H2O}^{3})} \quad (7\text{-}81)$$

où

p_{H2O} = pression de vapeur d'eau proportionnée à l'humidité relative à l'emplacement de la 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

3.3.3. Propriété 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 $CH_{\alpha}O_{\beta}$. Les valeurs par défaut pour la composition du carburant peuvent être dérivées du tableau 7.3:

▼B

Tableau 7.3

Valeurs par défaut du rapport atomique hydrogène à carbone α, du rapport atomique oxygène-à-carbone β, du rapport atomique souffre à carbone, γ, du rapport atomique azote à carbone, δ, et fraction de la masse de carbone de carburant w_C pour carburants pour moteurs diesel

Fuel	Rapports atomiques hydrogène, oxygène, souffre et azote à carbone $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$	Concentration en masse de carbone, w_C [g/g]
Diesel (gasoil 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

3.3.3.1. Calcul de la concentration en masse de carbone w_C

À titre de variante aux valeurs par défaut du tableau 7.3, ou lorsque des valeurs par défaut ne sont pas indiquées 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 (7-82). 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 7.3:

$$W_C = \frac{1 \cdot M_C}{M_C + \alpha \cdot M_H + \beta M_O + \gamma \cdot M_S + \delta M_N} \quad (7\text{-}82)$$

où

M_C = masse molaire du carbone

α = rapport atomique hydrogène/carbone du mélange de carburants brûlés, pondéré par la consommation molaire

M_H = masse molaire de l'hydrogène

β = rapport atomique oxygène/carbone du mélange de carburants brûlé, pondéré par la consommation molaire

M_O = masse molaire de l'oxygène

γ = rapport atomique soufre/carbone du mélange de carburants brûlé, pondéré par la consommation molaire

M_S = masse molaire du soufre

δ = rapport atomique azote/carbone du mélange de carburants brûlés, pondéré par la consommation molaire

M_N = masse molaire de l'azote

▼B

3.3.4. Correction en fonction de la contamination initiale de la concentration en hydrocarbures totaux (THC)

▼M2

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 point 7.3.1.3 de l'annexe VI, au moyen de l'équation (7-83):

▼B

$$x_{THC[THC-FID]_{cor}} = x_{THC[THC-FID]_{uncorr}} - x_{THC[THC-FID]_{init}} \quad (7\text{-}83)$$

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]

3.3.5. Concentration moyenne pondérée par le débit

Dans certains points de la présente section, il est parfois 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. ►M2 Une certaine concentration moyenne pondérée par le débit d'une émission à la valeur limite d'émission peut déjà être attendue sur la base d'essais préliminaires avec des moteurs analogues ou d'essais avec des équipements et des instruments analogues. ◄

3.4. Bilans chimiques du carburant, de l'air d'admission et des gaz d'échappement

3.4.1. 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.

3.4.2. 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

▼B

3.4.3. 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 7.3 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 post-traitement 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 (7-82) à (7-99) du paragraphe d) du présent point 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 c) 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

▼B

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 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 gaz de dilution CO_2 par mole de gaz de dilution
$x_{CO2dildry}$	Quantité de gaz de dilution 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 gaz de dilution H_2O par mole de gaz de dilution sec
x_{H2Odil}	Quantité de gaz de dilution 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 point 9.3.2.3.1

▼B

Symbole	Description
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 pourrait être calculée sur la base de jugements techniques valables.
α	rapport atomique hydrogène/carbone du mélange de carburants ($CH_\alpha O_\beta$) brûlés, 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 [(7-84) à (7-101)] pour calculer itérativement $x_{dil/exh}$, x_{H2Oexh} et $x_{Ccombdry}$:

$$x_{\text{dil/exh}} = 1 - \frac{x_{\text{raw/exhdry}}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \tag{7-84}$$

$$x_{\text{H2Oexh}} = \frac{x_{\text{H2Oexhdry}}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \tag{7-85}$$

$$x_{\text{Ccombdry}} = x_{\text{CO2dry}} + x_{\text{COdry}} + x_{\text{THCdry}} - x_{\text{CO2dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} - x_{\text{CO2int}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} \tag{7-86}$$

$$x_{\text{H2dry}} = \frac{x_{\text{COdry}} \cdot (x_{\text{H2Oexhdry}} - x_{\text{H2Odil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}})}{K_{\text{H2Ogas}} \cdot (x_{\text{CO2dry}} - x_{\text{CO2dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}})} \tag{7-87}$$

$$x_{\text{H2Oexhdry}} = \frac{\alpha}{2}(x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}}) + x_{\text{H2Odil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} + x_{\text{H2Oint}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{H2dry}} \tag{7-88}$$

$$x_{\text{dil/exhdry}} = \frac{x_{\text{dil/exh}}}{1 - x_{H2Oexh}} \tag{7-89}$$

$$x_{\text{int/exhdry}} = \frac{1}{2 \cdot x_{O2int}}\left[\left(\frac{\alpha}{2} - \beta + 2 + 2\gamma\right)(x_{\text{Ccombdry}} - x_{THCdry}) - (x_{COdry} - x_{NOdry} - 2x_{NO2dry} + x_{H2dry})\right] \tag{7-90}$$

$$x_{\text{raw/exhdry}} = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\alpha}{2} + \beta + \delta\right)(x_{\text{Ccombdry}} - x_{THCdry}) + (2x_{THCdry} + x_{COdry} - x_{NO2dry} + x_{H2dry})\right] + x_{\text{int/exhdry}} \tag{7-91}$$

$$x_{\text{O2int}} = \frac{0{,}209820 - x_{CO2intdry}}{1 + x_{H2Ointdry}} \tag{7-92}$$

$$x_{\text{CO2int}} = \frac{x_{CO2intdry}}{1 + x_{H2Ointdry}} \tag{7-93}$$

$$x_{\text{H2Ointdry}} = \frac{x_{H2Oint}}{1 - x_{H2Oint}} \tag{7-94}$$

$$x_{\text{CO2dil}} = \frac{x_{CO2dildry}}{1 + x_{H2Odildry}} \tag{7-95}$$

$$x_{\text{H2Odildry}} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \tag{7-96}$$

$$x_{\text{COdry}} = \frac{x_{COmeas}}{1 - x_{H2OCOmeas}} \tag{7-97}$$

▼B

$$x_{\text{CO2dry}} = \frac{x_{\text{CO2meas}}}{1 - x_{\text{H2OCO2meas}}} \quad (7\text{-}98)$$

$$x_{\text{NOdry}} = \frac{x_{\text{NOmeas}}}{1 - x_{\text{H2ONOmeas}}} \quad (7\text{-}99)$$

$$x_{\text{NO2dry}} = \frac{x_{\text{NO2meas}}}{1 - x_{\text{H2ONO2meas}}} \quad (7\text{-}100)$$

$$x_{\text{THCdry}} = \frac{x_{\text{THCmeas}}}{1 - x_{\text{H2OTHCmeas}}} \quad (7\text{-}101)$$

À la fin du bilan chimique, le débit molaire est calculé comme spécifié aux points 3.5.3 et 3.6.3.

3.4.4. 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 (7-102) ou (7-103):

(a) pour les moteurs à allumage par compression

$$x_{\text{NOxcor}} = x_{\text{NOxuncor}} \cdot (9{,}953 \cdot x_{\text{H2O}} + 0{,}832) \quad (7\text{-}102)$$

(b) pour les moteurs à allumage commandé

$$x_{\text{NOxcor}} = x_{\text{NOxuncor}} \cdot (18{,}840 \cdot x_{\text{H2O}} + 0{,}68094) \quad (7\text{-}103)$$

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]

▼M2

3.5. Mesure des émissions gazeuses dans les gaz d'échappement bruts

▼B

3.5.1. 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 (7-104)]:

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot \mathrm{d}t \quad (7\text{-}104)$$

où:

M_{gas} = masse molaire des émissions gazeuses génériques [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = 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 (7-104) doit être résolue par intégration numérique, elle est transformée au moyen de l'équation (7-105):

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot \mathrm{d}t \Rightarrow \quad (7\text{-}105)$$
$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{\text{exh}i} \cdot x_{\text{gas}i}$$

▼B

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 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 (7-106):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \quad (7\text{-}106)$$

où:

M_{gas} = masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = débit molaire instantané des 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 (7-107):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{exh} \cdot \bar{x}_{gas} \cdot \Delta t \quad (7\text{-}107)$$

où:

M_{gas} = masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = débit molaire des gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$\bar{x}_{gas}$ = fraction molaire moyenne des émissions gazeuses en conditions humides [mol/mol]

Δt = 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 (7-104) au moyen de l'équation (7-108):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \bar{x}_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \quad (7\text{-}108)$$

où:

M_{gas} = masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = débit molaire instantané des gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$\bar{x}_{gas}$ = fraction molaire moyenne des émissions gazeuses en conditions humides [mol/mol]

f = fréquence de collecte des données [Hz]

N = nombre de mesures [-]

▼B

3.5.2. Conversion de la concentration de sec à humide

Les paramètres du présent point sont obtenus à partir des résultats du bilan chimique calculé au point 3.4.3. La relation suivante existe entre les concentrations de gaz molaires dans les débits x_{gasdry} mesuré et x_{gas} [mol/mol] exprimés respectivement pour les conditions sèches et pour les conditions humides [équations (7-109) et (7-110)]:

$$x_{\text{gasdry}} = \frac{x_{\text{gas}}}{1 - x_{\text{H2O}}} \tag{7-109}$$

$$x_{\text{gas}} = \frac{x_{\text{gasdry}}}{1 + x_{\text{H2Odry}}} \tag{7-110}$$

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 (7-111):

$$x = x_{\text{[emission]meas}} \left[\frac{(1 - x_{\text{H2Oexh}})}{1 - x_{\text{H2O[emission]meas}}} \right] \tag{7-111}$$

où:

$x_{\text{[emission]meas}}$ = fraction molaire des émissions dans le débit mesuré à l'emplacement de mesure [mol/mol]

$x_{\text{H2O[emission]meas}}$ = 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]

3.5.3. 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 point 3.4.3. 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, $\dot{n}_{exh}$, compte tenu du débit molaire de l'air d'admission mesuré, $\dot{n}_{int}$, ou du débit-masse de carburant mesuré, $\dot{m}_{fuel}$, ainsi que des valeurs calculées au moyen du bilan chimique décrit au point 3.4.3. Il faut le déterminer pour le bilan chimique décrit au point 3.4.3 à la même fréquence que celle de la mise à jour et de l'enregistrement $\dot{n}_{int}$ ou $\dot{m}_{fuel}$.

a) Débit de gaz de carter Le débit de gaz d'échappement bruts ne peut être calculé sur la base de $\dot{n}_{int}$ ou $\dot{m}_{fuel}$ 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 point 6.10 de l'annexe VI;

▼B

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 $\dot{n}_{int}$, le débit molaire de gaz d'échappement $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] doit être calculé au moyen de l'équation (7-112):

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{n}_{\text{int}}}{1 + \frac{(x_{int/exhdry} - x_{raw/exhdry})}{(1+x_{\text{H2Oexhdry}})}} \quad (7\text{-}112)$$

où:

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = débit molaire des gaz d'échappement bruts à partir duquel sont mesurées les émissions [mol/s]

$\dot{n}_{\text{ind}}$ = 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 NRSC et à modes discrets et RMC [équation 7-113]:

▼M2

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot w_C \cdot (1 + X_{H_2Oexhdry})}{M_c \cdot X_{Ccombdry}} \quad (7\text{-}113)$$

▼B

où:

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = débit molaire des gaz d'échappement bruts à partir duquel sont mesurées les émissions

$\dot{m}_{\text{fuel}}$ = 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]

$x_{\text{H2Oexhdry}}$ = 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

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 dilué 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 point 3.4.3. 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 point 3.4.3 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 $\dot{n}_{dexh}$ 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 point 3.6.1 et le calcul de la masse des émissions au point 3.5.1 pour les espèces qui sont mesurées dans les gaz d'échappement bruts.

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:

$$\dot{n}_{exh} = (x_{raw/exhdry} - x_{int/exhdry}) \cdot (1 - x_{H2Oexh}) \cdot \dot{n}_{dexh} + \dot{n}_{int} \qquad (7\text{-}114)$$

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 (dilués ou bruts) [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].

3.6. Émissions gazeuses diluées

▼M2

3.6.1. 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) Prélèvement en continu, débit variable, calculé au moyen de l'équation (7-106):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot X_{gasi} \qquad \text{[voir équation (7-106)]}$$

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 [-]

▼**M2**

b) Prélèvement en continu, débit constant, calculé au moyen de l'équation (7-107):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{exh} \cdot \bar{x}_{gas} \cdot \Delta t \qquad \text{[voir équation (7-107)]}$$

où:

M_{gas} = masse molaire d'émissions génériques [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = débit molaire des gaz d'échappement en conditions humides [mol/s]

$\bar{x}_{gas}$ = fraction molaire moyenne des émissions gazeuses en conditions humides [mol/mol]

Δt = 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 (7-108):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \bar{x}_{gas} \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \qquad \text{[voir équation (7-108)]}$$

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]

$\bar{x}_{gas}$ = 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 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, $\bar{x}_{\text{dil/exh}}$;

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} 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;

▼M2

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 au point 3.4. 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, $\overline{x}_{dil/exh}$.

Étant donné les deux cas v) et vi), on utilise les équations (7-115) et (7-116):

$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot x_{gasdil} \cdot n_{airdil} \text{ ou } m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot \overline{x}_{dil/exh} \cdot \overline{x}_{bkgnd} \cdot n_{dexh} \quad (7\text{-}115)$$

$$m_{gascor} = m_{gas} - m_{bkgnd} \quad (7\text{-}116)$$

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]

$\overline{x}_{dil/exh}$ = fraction moyenne pondérée en fonction du débit de l'air de dilution dans les gaz d'échappement dilués [mol/mol]

$\overline{x}_{bkgnd}$ = fraction gazeuse des émissions ambiantes [mol/mol]

n_{dexh} = débit total de gaz d'échappement dilués[mol]

▼B

3.6.2. 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 (point 3.5.2). Pour l'air de dilution, on effectue une mesure de l'humidité pour calculer sa fraction de vapeur d'eau $x_{H2Odildry}$ [mol/mol] au moyen de l'équation (7-96):

$$x_{H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \quad (7\text{-}96)$$

où:

x_{H2Odil} = fraction molaire d'eau dans le débit d'air de dilution [mol/mol]

3.6.3. 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 $\dot{m}_{fuel}$ au moyen de l'équation (7-113):

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot w_C \cdot (1 + x_{H2Oexhdry})}{M_C \cdot x_{Ccombdry}} \quad (7\text{-}113)$$

▼B

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: 12,0107 g/mol

$x_{Ccombdry}$ = quantité de carbone provenant 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) ►M2 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 indiquée au point 3.9.2, permettent de calculer le débit molaire $\dot{n}$ [mol/s] au moyen de l'équation (7-117): ◄

$$\dot{n} = f_{n,PDP} \cdot \frac{p_{in} \cdot V_{rev}}{R \cdot T_{in}} \quad (7\text{-}117)$$

avec:

$$V_{rev} = \frac{a_1}{f_{n,PDP} \cdot \sqrt{\frac{p_{out} - p_{in}}{p_{in}}} + a_0} \quad (7\text{-}118)$$

où

a_1 = coefficient d'étalonnage [m^3/s]

a_0 = coefficient d'étalonnage [m^3/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 [m^3/tr]

$f_{n.,PDP}$ = vitesse de la pompe PDP [tr/s].

ii) ►M2 Méthode du SSV. Sur la base de l'équation liant C_d à $R_e^{\#}$, déterminée conformément au point 3.9.4, le débit molaire du venturi subsonique (SSV) pendant un essai d'émissions $\dot{n}$ [mol/s] est calculé au moyen de l'équation (7-119): ◄

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (7\text{-}119)$$

où:

p_{in} = pression à l'entrée [Pa]

A_t = section transversale du col du venturi [m^2]

R = constante molaire des gaz [J/(mol K)]

T_{in} = température à l'entrée [K]

Z = facteur de compressibilité

▼B

M_{mix} = masse molaire des gaz d'échappement dilués [kg/mol]

C_d = coefficient de décharge du SSV [-]

C_f = coefficient de débit du SSV [-]

iii) ►M2 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 point 3.9.5. Le calcul de ce débit molaire $\dot{n}$ [mol/s] pendant un essai d'émissions est effectué au moyen de l'équation (7-120): ◄

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (7\text{-}120)$$

où:

p_{in} = pression à l'entrée [Pa]

A_t = section transversale du col du venturi [m^2]

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 [-]

3.7. Détermination de la quantité de particules

3.7.1. Prélèvement

a) Prélèvement à partir d'un débit variable:

Si l'on effectue un prélèvement par lots 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 MP moyenne $\overline{M}_{PM}$ (qui est déjà exprimée en unités de masse par mole d'échantillon) par le débit total pour obtenir la masse totale de MP m_{PM} [g] au moyen de l'équation (7-121):

$$m_{PM} = \overline{M}_{PM} \cdot \sum_{i=1}^{N} (\dot{n}_i \cdot \Delta t_i) \quad (7\text{-}121)$$

où:

$\dot{n}_i$ = débit molaire instantané de gaz d'échappement [mol/s]

$\overline{M}_{PM}$ = concentration moyenne de MP [g/mol]

Δt_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 MP m_{PM} [g] au moyen de l'équation (7-122):

$$m_{PM} = \overline{M}_{PM} \cdot \dot{n} \cdot \Delta t \quad (7\text{-}122)$$

▼B

où

$\dot{n}$ = débit molaire de gaz d'échappement [mol/s]

$\overline{M}_{PM}$ = concentration moyenne de MP [g/mol]

Δt = 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 (7-123):

$$m_{PM} = m_{PMdil} \cdot DR \quad (7\text{-}123)$$

où

m_{PMdil} = masse de MP 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 (7-124)]:

$$DR = \frac{1}{1 - x_{dil/exh}} \quad (7\text{-}124)$$

3.7.2. Correction en fonction des concentrations ambiantes

On utilise la même approche que celle du point 3.6.1 pour corriger la masse de MP en fonction des émissions ambiantes. En multipliant $\overline{M}_{PMbkgnd}$ par le débit total d'air de dilution, on obtient la masse totale d'émissions ambiantes de MP ($m_{PMbkgnd}$ [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 (7-125)]:

$$m_{PMcor} = m_{PMuncor} - \overline{M}_{PMbkgnd} \cdot n_{airdil} \quad (7\text{-}125)$$

où

$m_{PMuncor}$ = masse de MP non corrigée [g]

$\overline{M}_{PMbkgnd}$ = concentration moyenne de MP dans l'air de dilution [g/mol]

n_{airdil} = débit molaire de l'air de dilution [mol]

3.8. Travail au cours des cycles et émissions spécifiques

3.8.1. Émissions gazeuses

3.8.1.1. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et RMC

On se réfère aux points 3.5.1 et 3.6.1 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 (7-126):

▼M2

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3\,600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \sum_{i=1}^{N} (n_i \cdot T_i) \quad (7\text{-}126)$$

▼B

où:

P_i = puissance instantanée du moteur [kW]

n_i = régime instantané du moteur [min^{-1}]

T_i = couple instantané du moteur [Nm]

▼B

W_{act} = travail réel au cours du cycle [kWh]

f = fréquence de collecte des données [Hz]

N = nombre de mesures [-]

▼M2

Δt_i = intervalle de mesure [s]

▼B

Lorsque des accessoires sont montés conformément à l'appendice 2 de l'annexe VI, il ne faut apporter aucun ajustement au couple instantané du moteur dans l'équation (7-126). Lorsque, conformément aux points 6.3.2 ou 6.3.3 de l'annexe VI, 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 (7-126) doit être ajustée au moyen de l'équation (7-127):

$$T_i = T_{i,meas} + T_{i,AUX} \quad (7\text{-}127)$$

▼M2

où:

$T_{i,meas}$ est la valeur mesurée du couple instantané du moteur

$T_{i,AUX}$ est la valeur de couple correspondante requise pour faire fonctionner les accessoires, déterminée conformément au point 7.7.2.3 b) de l'annexe VI.

▼B

Les émissions spécifiques e_{gas} [g/kWh] sont à calculer des manières suivantes en fonction du type de cycle d'essai.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \quad (7\text{-}128)$$

où

m_{gas} = masse totale des émissions [g/essai]

W_{act} = travail effectif 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 calculée au moyen de l'équation (7-129):

$$e_{gas} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{cold}) + (0{,}9 \cdot m_{hot})}{(0{,}1 \cdot W_{actcold}) + (0{,}9 \cdot W_{acthot})} \quad (7\text{-}129)$$

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 (7-130):

$$e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}} \quad (7\text{-}130)$$

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]

▼B

3.8.1.2. Cycles NRSC à modes discrets

Les émissions spécifiques e_{gas} [g/kWh] sont calculées au moyen de l'équation (7-131):

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{m}_{gasi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}131)$$

où

$\dot{m}_{gas,i}$ = débit-masse moyen d'émissions pour le mode i [g/h]

▼M2

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 (6-8) de l'annexe VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = facteur de pondération pour le mode i [-]

▼M2

N_{mode} = nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable

▼B

3.8.2. Émissions de particules

3.8.2.1. Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et RMC

Les émissions spécifiques de particules doivent être calculées en transformant l'équation (7-128) en l'équation (7-132) où e_{gas} [g/kWh] et m_{gas} [g/essai] sont remplacés respectivement par e_{PM} [g/kWh] et m_{PM} [g/essai]:

$$e_{PM} = \frac{m_{PM}}{W_{act}} \quad (7\text{-}132)$$

où:

m_{PM} = masse totale des émissions de particules calculée suivant le point 3.7.1 [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 point 3.8.1.1.

3.8.2.2. Cycles d'essai NRSC à modes discrets

Les émissions spécifiques de particules e_{PM} [g/kWh] doivent être calculées de la manière suivante:

3.8.2.2.1. pour la méthode à filtre unique au moyen de l'équation (7-133):

▼M2

$$e_{PM} = \frac{\dot{m}_{PM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}133)$$

▼B

où:

▼M2

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 (6-8) de l'annexe VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$).

▼B

WF_i = facteur de pondération pour le mode i [-]

$\dot{m}_{PM}$ = débit-masse de particules [g/h]

▼M2

N_{mode} = nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable

▼B

3.8.2.2.2. pour la méthode à filtres multiples au moyen de l'équation (7-134):

▼M2

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{m}_{PMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}134)$$

▼B

où:

▼M2

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 (6-8) de l'annexe VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$).

▼B

WF_i = facteur de pondération pour le mode *i* [-]

$\dot{m}_{PMi}$ = débit-masse de particules pour le mode *i* [g/h]

▼M2

N_{mode} = nombre de modes dans le cycle NRSC à modes discrets applicable

▼B

Pour la méthode à filtre unique, le facteur de pondération effectif, WF_{effi}, calculé pour chaque mode au moyen de l'équation (7-135):

$$WF_{\text{eff}i} = \frac{m_{\text{smpldexh}i} \cdot \overline{\dot{m}_{\text{eqdexhwet}}}}{m_{\text{smpldex}} \cdot \dot{m}_{\text{eqdexhwet}i}} \quad (7\text{-}135)$$

où:

$m_{\text{smpldexh}i}$ = masse de gaz d'échappement dilués ayant traversé les filtres de collecte des particules sur le mode *i* [kg]

m_{smpldexh} = masse de gaz d'échappement dilués ayant traversé les filtres de collecte des particules [kg]

$\dot{m}_{\text{eqdexhwet}i}$ = débit équivalent de gaz d'échappement dilués sur le mode *i* [kg/s]

$\overline{\dot{m}_{\text{eqdexhwet}}}$ = 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 1 de l'annexe XVII.

3.8.3. Ajustement pour les systèmes antipollution à régénération périodique (ou peu fréquente)

Dans le cas des moteurs, autres que ceux de la catégorie RLL, équipés de systèmes de post-traitement des gaz d'échappement avec régénération périodique (voir point 6.6.2 de l'annexe VI), les émissions spécifiques de polluants gazeux et particulaires calculées selon les points 3.8.1 et 3.8.2 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.

3.8.4. Ajustement pour le facteur de détérioration

Les émissions spécifiques de polluants gazeux et particulaires calculées selon les points 3.8.1 et 3.8.2, le cas échéant y compris le facteur d'ajustement en cas de régénération périodique conformément au point 3.8.3, doivent également être ajustées, au moyen du facteur de détérioration multiplicatif ou additif applicable établi conformément aux prescriptions de l'annexe III.

3.9. Étalonnage du débit de gaz d'échappement dilués (CVS) et calculs connexes

La présente section décrit les calculs pour étalonner différents débitmètres. Le point 3.9.1 décrit la manière de convertir les valeurs lues sur le débitmètre de référence en vue de leur utilisation dans les

▼B

formules d'étalonnage, qui sont présentées sur la base du débit molaire. Les autres points traitent des calculs d'étalonnage qui sont spécifiques à certains types de débitmètres.

3.9.1. Conversions des valeurs lues sur le débitmètre de référence

Les équations d'étalonnage contenues dans la présente section utilisent le débit molaire, $\dot{n}_{ref}$, comme quantité de référence. Si les valeurs correspondent à un autre débit, tel que le débit volumique standard, $\dot{V}_{stdref}$, le débit volumique réel, $\dot{V}_{actdref}$, ou le débit-masse, $\dot{m}_{ref}$, il faut les convertir sur la base du débit molaire au moyen des équations (7-136), (7-137) et (7-138), 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:

$$\dot{n}_{ref} = \frac{\dot{V}_{stdref} \cdot p_{std}}{T_{std} \cdot R} = \frac{\dot{V}_{actref} \cdot p_{act}}{T_{act} \cdot R} = \frac{\dot{m}_{ref}}{M_{mix}} \quad (7\text{-}136)$$

où

$\dot{n}_{ref}$ = débit molaire de référence [mol/s]

$\dot{V}_{stdref}$ = débit volumique de référence, corrigé pour une pression et une température normales [m^3/s]

$\dot{V}_{actdref}$ = débit volumique de référence à la pression et à la température réelles [m^3/s]

$\dot{m}_{ref}$ = 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/(mol · K)]

M_{mix} = masse molaire du gaz [g/mol]

3.9.2. 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 point 8.1.8.4 de l'annexe VI:

a) Volume de PDP pompé par tour, V_{rev} (m^3/tr):

$$V_{rev} = \frac{\overline{\dot{n}_{ref}} \cdot R \cdot \overline{T}_{in}}{\overline{p}_{in} \cdot \overline{f}_{nPDP}} \quad (7\text{-}137)$$

où

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ = valeur moyenne du débit molaire de référence [mol/s]

R = constante molaire du gaz [J/(mol · 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]:

$$K_s = \frac{1}{\overline{f}_{nPDP} \cdot \sqrt{\frac{\overline{p}_{out} - \overline{p}_{in}}{\overline{p}_{out}}}} \quad (7\text{-}138)$$

où:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ = débit molaire de référence moyen [mol/s]

▼B

$\overline{T}_{in}$ = 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/(mol · 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 4 de la présente annexe.

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 7.4 montre les résultats de ces calculs pour différentes valeurs de $\overline{f}_{nPDP}$:

Tableau 7.4

Exemple de données d'étalonnage PDP

$\overline{f}_{nPDP}$[tr/min]	$\overline{f}_{nPDP}$[tr/s]	a_1 [m^3/min]	a_1 [m^3/s]	a_0 [m^3/tr
755,0	12,58	50,43	0,8405	0 056
987,6	16,46	49,86	0 831	– 0 013
1254,5	20,9	48,54	0 809	0 028
1401,3	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 utilisées pour le calcul du débit au cours de l'essai d'émissions, comme indiqué au point 3.6.3 b).

3.9.3. Équations régissant le fonctionnement du venturi et hypothèses acceptables

La présente section indique 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 en régime 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 point 3.9.3 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 (7-139):

▼B

$$\dot{n} = C_{d} \cdot C_{f} \cdot \frac{A_{t} \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (7\text{-}139)$$

où:

C_d = coefficient de décharge, tel que déterminé au point 3.9.3 a) [-]

C_f = coefficient de débit, tel que déterminé au point 3.9.3 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 rassemblées conformément au point 8.1.8.4 de l'annexe VI, on calcule C_d au moyen de l'équation (7-140):

▼M2

$$C_d = \dot{n}_{ref} \cdot \frac{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}}{C_f \cdot A_t \cdot p_{in}} \quad (7\text{-}140)$$

▼B

où:

$\dot{n}_{ref}$ = débit molaire de référence [mol/s]

Les autres symboles sont les mêmes que ceux de l'équation (7-139).

b) On détermine C_f par l'une des méthodes suivantes:

i) Pour les débitmètres CFV seulement, C_{fCFV} est tiré du tableau 7.5 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); on procède à une interpolation linéaire pour déterminer les valeurs intermédiaires:

Tableau 7.5

C_{fCFV} versus β et γ pour les débitmètres CFV

C_{fCFV}		
β	γ_{exh}=1,385	γ_{dexh}=γ_{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

▼B

C_{fCFV}		
β	γ_{exh}=1,385	γ_{dexh}=γ_{air} =1,399
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 (7-141) peut être utilisée pour calculer C_f:

$$C_f = \left[\frac{2 \cdot \gamma \cdot (r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1)}{(\gamma - 1) \cdot (\beta^4 - r^{\frac{2}{\gamma}})}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (7\text{-}141)$$

où:

γ = 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 paragraphe c) 3) du présent point

β = 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 (7-142):

$$r_{SSV} = 1 - \frac{\Delta p_{SSV}}{p_{in}} \quad (7\text{-}142)$$

où:

Δp_{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 (7-143):

$$r_{CFV}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} + \left(\frac{\gamma - 1}{2}\right) \cdot \beta^4 \cdot r_{CFV}^{\frac{2}{\gamma}} = \frac{\gamma + 1}{2} \quad (7\text{-}143)$$

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;

▼B

ii) pour l'ensemble de la plage des gaz d'échappement bruts, on peut partir de l'hypothèse d'un rapport constant des chaleurs spécifiques γ = 1,385;

iii) pour la plage complète des 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 γ = 1,399;

iv) pour la plage complète des gaz d'échappement et de l'air dilué, 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 point 3.3.2 et calculée au moyen de l'équation (7-144):

$$M_{mix} = M_{air} \cdot (1 - x_{H2O}) + M_{H2O} \cdot (x_{H2O}) \quad (7\text{-}144)$$

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) on peut partir de l'hypothèse, pour la plage complète des gaz d'échappement dilués et d'air, d'une masse molaire constante de mélange, M_{mix}, pour tous les étalonnages et les essais pour autant que la masse molaire supposée reste dans les limites de ± 1 % autour de la masse molaire minimale et maximale 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 7.6 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 7.6

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 étalonnage T_{dew} (°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.

▼B

3.9.4. Étalonnage d'un débitmètre SSV

a) 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. [équation (7-145)]. 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 (7-146)]. On peut aussi utiliser le modèle de viscosité à trois coefficients de Sutherland pour déterminer approximativement μ (voir tableau 7.7):

$$Re^{\#} = \frac{4 \cdot M_{\text{mix}} \cdot \dot{n}_{\text{ref}}}{\pi \cdot d_t \cdot \mu} \qquad (7\text{-}145)$$

où:

d_t = diamètre du col du SSV [m]

M_{mix} = masse molaire du mélange [kg/mol]

$\dot{n}_{\text{ref}}$ = débit molaire de référence [mol/s]

et, au moyen du modèle de viscosité à trois coefficients de Sutherland:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T_{in}}{T_0}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{T_0 + S}{T_{in} + S}\right) \qquad (7\text{-}146)$$

où:

μ = viscosité dynamique du gaz d'étalonnage [kg/(m · s)]

μ_0 = viscosité de référence de Sutherland [kg/(m · s)]

S = constante de Sutherland [K]

T_0 = température de référence de Sutherland [K]

T_{in} = température absolue à l'entrée du venturi [K]

Tableau 7.7

Paramètres du modèle de viscosité à trois coefficients de Sutherland

Gaz [a]	μ_0	T_0	S	Plage de température avec erreur de ± 2 %	Limite de pression
	kg /(m · s)	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 énumérés ici. Il ne faut pas combiner les paramètres de calcul de viscosité des mélanges gazeux.

▼B

ii) On établit une formule pour C_d en fonction de $Re^{\#}$ en utilisant des valeurs appariées de ($Re^{\#}$, C_d). On calcule C_d au moyen de la formule (7-140), avec C_f obtenu par l'équation (7-141), ou toute expression mathématique, y compris une série polynômiale ou une série de puissances. L'équation (7-147) est un exemple de la formule mathématique couramment utilisée pour établir la relation entre C_d et $Re^{\#}$:

$$C_d = a_0 - a_1 \cdot \sqrt{\frac{10^6}{Re^{\#}}} \quad (7\text{-}147)$$

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 3 de la présente annexe;

iv) Si l'équation satisfait aux critères *SEE* < 0,5 % n_{refmax} (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 point 3.6.3 b);

v) Si les critères pour *SEE* et r^2 ne sont pas satisfaits, 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 $Re^{\#}$.

▼M2

3.9.5. 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 A_t, 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:

▼**M2**

a) avec les données rassemblées à chaque point d'étalonnage, on calcule un C_d individuel pour chaque point au moyen de l'équation (7-140);

b) la moyenne et l'écart type de toutes les valeurs C_d doivent être calculés conformément aux équations (7-155) et (7-156);

c) si l'écart type de toutes les valeurs de C_d est inférieur ou égal à 0,3 % de la valeur moyenne de C_d, on utilise la moyenne de C_d dans l'équation (7-120), et on utilise le CFV uniquement jusqu'à la valeur r la plus basse mesurée pendant l'étalonnage;

$$r = 1 - (\Delta p / p_{in}) \quad (7\text{-}148)$$

d) si l'écart type de toutes les valeurs de C_d dépasse 0,3 % du C_d moyen, les valeurs de C_d correspondant 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 de C_d restantes est égal ou supérieur à 7, il faut recalculer la moyenne et l'écart type des valeurs de C_d restantes;

g) si l'écart type des valeurs de C_d restantes est inférieur ou égal à 0,3 % de la moyenne des valeurs de C_d restantes, on doit utiliser cette valeur moyenne de C_d dans l'équation (7-120) et on doit utiliser uniquement les valeurs de CFV jusqu'à la valeur r la plus basse associée aux C_d restants;

h) si l'écart type des C_d restants est toujours supérieur à 0,3 % de la moyenne des valeurs de C_d restantes, il faut répéter les étapes des points d) à g).

▼B

Appendice 1

Correction pour tenir compte de la dérive

1. **Étendue et fréquence**

Les calculs du présent appendice 1 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 1. 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 point 8.2.2.2 de l'annexe VI.

2. **Principes de correction**

Les calculs du présent appendice 1 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.

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 point 3.8. Ensuite tous les signaux de l'analyseur de gaz doivent être corrigés de la dérive, conformément au présent appendice 1. 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 point 8.2.2.2 de l'annexe VI.

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 (7-149):

$$x_{i\text{driftcor}} = x_{\text{refzero}} + (x_{\text{refspan}} - x_{\text{refzero}}) \frac{2x_i - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})}{(x_{\text{prespan}} + x_{\text{postspan}}) - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})} \quad (7\text{-}149)$$

où:

$x_{i\text{driftcor}}$ = concentration corrigée de la dérive [µmol/mol]

x_{refzero} = concentration de référence du gaz de réglage du 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 réglage de l'étendue [µmol/mol]

x_{prespan} = réponse de l'analyseur de gaz, dans l'intervalle pré-essai, à la concentration de gaz de réglage de l'étendue [µmol/mol]

x_{postspan} = réponse de l'analyseur de gaz, dans l'intervalle post-essai, à la concentration de gaz de réglage de l'étendue [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]

▼B

$x_{prezero}$ = réponse de l'analyseur de gaz, dans l'intervalle pré-essai, à la concentration de gaz de réglage du zéro [µmol/mol]

$x_{postzero}$ = 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 pré-réglage du zéro ou pré-réglage 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 post-réglage du zéro ou post-réglage 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 $x_{prespan}$ de l'analyseur lors d'un intervalle quelconque pré-essai, $x_{prespan}$ est considéré comme égal à la concentration de référence du gaz de réglage de l'étendue: $x_{prespan} = x_{refspan}$;

f) si l'on n'a pas enregistré de réponse $x_{prezero}$ de l'analyseur lors d'un intervalle quelconque pré-essai, $x_{prezero}$ est considéré comme égal à la concentration de référence du gaz de réglage du 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. Toutefois, dans certains cas, 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.

▼B

Appendice 2

Vérification du flux de carbone

1. **Introduction**

Pratiquement tout le carbone qui se trouve dans les gaz d'échappement provient du carburant et est présent 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. Dans le cas de moteurs à allumage commandé sans contrôle du taux d'excès d'air λ ou de moteurs à allumage commandé fonctionnant en dehors de la plage $0,97 \leq \lambda \leq 1,03$, la procédure comprend en outre la mesure de HC et de CO.

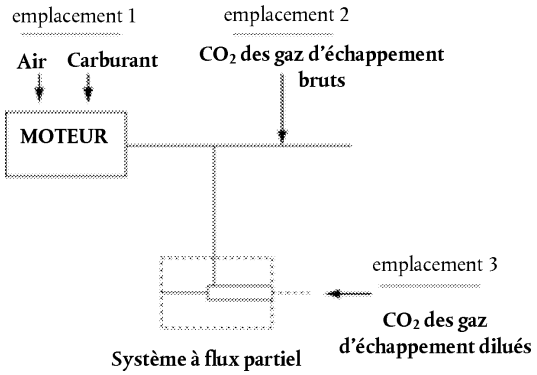
Le flux de carbone dans les systèmes de mesure des gaz d'échappement est déterminé à partir du débit de carburant. Le flux de carbone aux divers points du système de prélèvement des gaz et des particules est déterminé à partir des concentrations de CO_2 (ou de CO_2, de HC et de CO) et des débits de gaz 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 7.1 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 points suivants.

Figure 7.1

Points de mesure pour la vérification du flux de carbone



2. **Flux de carbone entrant dans le moteur (emplacement 1)**

Le débit-masse de carbone entrant dans le moteur q_{mCf} [kg/s] pour un carburant $CH_\alpha O_\varepsilon$ doit être calculé au moyen de l'équation (7-150):

$$q_{mCF} = \frac{12,011}{12,011 + \alpha + 15,9994 \cdot \varepsilon} \cdot g_{mf} \qquad (7\text{-}150)$$

où:

q_{mf} = débit-masse du carburant [kg/s]

▼B

3. **Débit de carbone dans les gaz d'échappement bruts (point de prélèvement 2)**

3.1. Sur la base du CO_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 au moyen de l'équation (7-151):

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \quad (7\text{-}151)$$

où

$c_{CO2,r}$ = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement en conditions sèches [%]

$c_{CO2,a}$ = concentration de CO_2 en conditions humides dans l'air ambiant [%]

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 sur base sèche, les chiffres doivent être convertis en valeurs sur base humide conformément aux dispositions du point 2.1.3 ou du point 3.5.2.

3.2. Sur la base de CO_2, HC et CO

À titre d'alternative au calcul basé uniquement sur le CO_2 du point 3.1, le débit-masse de carbone dans le tuyau d'échappement du moteur q_{mCe} [kg/s] est déterminé à partir de la concentration de CO_2, de HC et de CO dans les gaz d'échappement bruts et du débit-masse de gaz d'échappement au moyen de l'équation (7-152):

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100} + \frac{c_{THC(C1),r} - c_{THC(C1),a}}{100} + \frac{c_{CO,r} - c_{CO,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \frac{12{,}011}{M_e} \quad (7\text{-}152)$$

où:

$c_{CO2,r}$ = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement bruts en conditions humides [%]

$c_{CO2,a}$ = concentration de CO_2 en conditions humides dans l'air ambiant [%]

$c_{THC(C1),r}$ = concentration de THC(C1) dans les gaz d'échappement bruts [%]

$c_{THC(C1),a}$ = concentration de THC(C1) dans l'air ambiant [%]

$c_{CO,r}$ = concentration de CO dans les gaz d'échappement bruts en conditions humides [%]

$c_{CO,e}$ = concentration de CO 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 ou le CO est mesuré sur base sèche, les chiffres doivent être convertis en valeurs sur base humide conformément aux dispositions du point 2.1.3 ou du point 3.5.2.

▼B

4. **Débit de carbone dans le système de dilution (point de prélèvement 3)**

4.1. Sur la base du CO_2

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 $q_{m\mathrm{Cp}}$ [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 (7-153) est presque identique à l'équation (7-151), étant seulement complétée par le facteur de dilution $q_{m\mathrm{dew}}/q_{m\mathrm{p}}$.

$$q_{m\mathrm{Cp}} = \left(\frac{c_{\mathrm{CO2,d}} - c_{\mathrm{CO2,a}}}{100}\right) \cdot q_{m\mathrm{ew}} \cdot \frac{12{,}011}{M_{\mathrm{e}}} \cdot \frac{q_{m\mathrm{dew}}}{q_{m\mathrm{p}}} \qquad (7\text{-}153)$$

où:

$c_{\mathrm{CO2,d}}$ = concentration de CO_2 en conditions humides dans les gaz d'échappement dilués à la sortie du tunnel de dilution [%]

$c_{\mathrm{CO2,a}}$ = concentration de CO_2 en conditions humides dans l'air ambiant [%]

$q_{m\mathrm{dew}}$ = débit d'un échantillon dilué dans le système de dilution du flux partiel [kg/s]

$q_{m\mathrm{ew}}$ = débit-masse de gaz d'échappement en conditions humides [kg/s]

$q_{m\mathrm{p}}$ = 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 sur base sèche, les chiffres doivent être convertis en valeurs sur base humide conformément aux dispositions du point 2.1.3 ou du point 3.5.2.

4.2. Sur la base de CO_2, HC et CO

Pour le système de dilution du flux partiel il faut aussi tenir compte du taux de fractionnement. À titre d'alternative au calcul basé exclusivement sur le CO_2 au point 4.1, le débit de carbone dans un système de dilution équivalent $q_{m\mathrm{Cp}}$ [kg/s] (par équivalent, on entend un système équivalent à un système fonctionnant à plein débit où le flux total est dilué) est déterminé à partir de des concentrations diluées de CO_2, de HC et de CO, du débit-masse des gaz d'échappement et du débit de prélèvement; la nouvelle équation (7-154) est identique à l'équation (7-152), étant seulement complétée par le facteur de dilution $q_{m\mathrm{dew}}/q_{m\mathrm{p}}$.

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,d} - c_{CO2,a}}{100} + \frac{c_{THC(C1),d} - c_{THC(C1),a}}{100} + \frac{c_{CO,d} - c_{CO,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \frac{12{,}011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \qquad (7\text{-}154)$$

où:

$c_{\mathrm{CO2,d}}$ = concentration de CO_2 en conditions humides dans les gaz d'échappement dilués à la sortie du tunnel de dilution [%]

$c_{\mathrm{CO2,a}}$ = concentration de CO_2 en conditions humides dans l'air ambiant [%]

$c_{\mathrm{THC(C1),d}}$ = concentration de THC(C1) dans les gaz d'échappement dilués à la sortie du tunnel de dilution [%]

$c_{\mathrm{THC(C1),a}}$ = concentration de THC(C1) dans l'air ambiant [%]

$c_{\mathrm{CO,d}}$ = concentration de CO en conditions humides, dans les gaz d'échappement dilués à la sortie du tunnel de dilution [%]

$c_{\mathrm{CO,a}}$ = concentration de CO dans l'air ambiant en conditions humides [%]

▼B

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 ou le CO est mesuré sur base sèche, les chiffres doivent être convertis en valeurs sur base humide conformément aux dispositions du point 2.1.3 ou du point 3.5.2 de la présente annexe.

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 (7-13) (voir point 2.1.5.2 de la présente annexe).

Les masses molaires suivantes peuvent également être utilisées pour les gaz d'échappement:

M_e (gazole) = 28,9 g/mol

M_e (GPL) = 28,6 g/mol

M_e (gaz naturel/biométhane) = 28,3 g/mol

M_e (essence) = 29,0 g/mol

▼B

Appendice 3

Statistiques

1. **Moyenne arithmétique**

La moyenne arithmétique, $\overline{y}$, doit être calculée au moyen de l'équation (7-155):

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i}{N} \tag{7-155}$$

2. **Écart type**

L'écart type pour un échantillon non biaisé (*c'est-à-dire N*-1), σ, doit être calculé au moyen de l'équation (7-156):

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \overline{y})^2}{(N-1)}} \tag{7-156}$$

3. **Valeur quadratique moyenne**

La valeur quadratique moyenne, rms_y, doit être calculée au moyen de l'équation (7-157):

$$rms_y = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i^2} \tag{7-157}$$

4. **Essai t**

Il convient de déterminer si les données satisfont à un essai t en utilisant les équations suivantes et le tableau 7.8:

a) Pour un essai *t* non apparié, la donnée statistique *t* et son nombre de degrés de liberté, *v*, sont calculés au moyen des équations (7-158) et (7-159):

$$t = \frac{|\overline{y}_{ref} - \overline{y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}}} \tag{7-158}$$

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}\right)^2}{\frac{(\sigma_{ref}^2/N_{ref})^2}{N_{ref}-1} + \frac{(\sigma_y^2/N)^2}{N-1}} \tag{7-159}$$

b) Pour un essai *t* apparié, la donnée statistique *t* et son nombre de degrés de liberté, *v*, sont calculés au moyen de l'équation (7-16-), étant entendu que ε_i sont les erreurs (autrement dit les différences) entre chaque paire de y_{refi} et y_i:

$$t = \frac{|\overline{\varepsilon}| \cdot \sqrt{N}}{\sigma_\varepsilon} \qquad v = N - 1 \tag{7-160}$$

c) On utilise le tableau 7-8 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 7.8

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

▼B

v	Confiance	
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 des valeurs qui ne sont pas représentées dans ce tableau.

5. **Essai F**

La donnée statistique F doit être calculée au moyen de l'équation (7-161):

$$F_y = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{\text{ref}}^2} \quad (7\text{-}161)$$

a) Pour un essai F à 90 % de confiance, on utilise le tableau 7.9 pour 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 7.10 pour 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.

▼M2

Tableau 7.9

Valeurs F critiques, F_{crit90}, par rapport à N – 1 et $N_{ref\ -\ 1}$ à 90 % de confiance

$N-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
$N_{ref}-1$																			
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

▼M2

$N-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
20	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
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
1000+	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 7-10

Valeurs F critiques, 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	1000+
$N_{ref}-1$																			
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

▼M2

$N-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
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
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

▼**M2**

$N-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
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
1000+	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

▼B

6. **Pente**

La pente de la droite de régression des moindres carrés, a_{1y}, doit être calculée au moyen de l'équation (7-162):

$$a_{1y} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \overline{y}) \cdot (y_{refi} - \overline{y}_{ref})}{\sum_{i=1}^{N}(y_{refi} - \overline{y}_{ref})^2} \quad (7\text{-}162)$$

7. **Ordonnée à l'origine**

L'ordonnée à l'origine de la droite de régression des moindres carrés, a_{0y}, doit être calculée au moyen de l'équation (7-163):

$$a_{0y} = \overline{y} - (a_{1y} \cdot \overline{y}_{ref}) \quad (7\text{-}163)$$

8. **Erreur type de l'estimation**

L'erreur type de l'estimation, *SEE*, est calculée au moyen de l'équation (7-164):

$$SEE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{refi})\right]^2}{N - 2}} \quad (7\text{-}164)$$

9. **Coefficient de détermination**

Le coefficient de détermination, r^2, doit être calculé au moyen de l'équation (7-165):

$$r_y^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{refi})\right]^2}{\sum_{i=1}^{N}[y_i - \overline{y}]^2} \quad (7\text{-}165)$$

▼B

Appendice 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 au moyen de l'équation (7-166):

$$a_g = 9{,}7803267715\ [1 + 5{,}2790414 \times 10^{-3} \sin^2 \theta + 2{,}32718 \times 10^{-5} \sin^4 \theta + 1{,}262 \times 10^{-7} \sin^6 \theta + 7 \times 10^{-10} \sin^8 \theta] \quad (7\text{-}166)$$

où:

θ = latitude nord ou sud exprimée en degrés

▼B

Appendice 5

Calcul du nombre de particules

1. **Détermination du nombre de particules**

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 aux procédures définies au point 8.2.1.2 de l'annexe VI. Le temps de transformation du système de prélèvement et de mesure du nombre de particules doit être déterminé conformément aux dispositions du point 2.1.3.7 de l'appendice 1 de l'annexe VI.

1.2. Détermination du nombre de particules pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et RMC 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 procédures décrites au point 9.2.3 de l'annexe VI, le nombre de particules émises sur le cycle d'essai entier doit être calculé au moyen de l'équation (7-167):

$$N = \frac{m_{edf}}{1{,}293} \cdot k \cdot \overline{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \qquad (7\text{-}167)$$

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 (7-45) (point 2.3.1.1.2) [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 (7-167);

$\overline{c_s}$ = concentration moyenne de particules dans les gaz d'échappement dilués, corrigée en fonction des conditions normales (273,2 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:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}168)$$

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 (273,2 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.

▼B

1.3. Détermination du nombre de particules pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et RMC 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 procédures décrites au point 9.2.2 de l'annexe VI, le nombre de particules émises sur le cycle d'essai entier doit être calculé au moyen de l'équation (7-169):

$$N = \frac{m_{edf}}{1{,}293} \cdot k \cdot \overline{c_s} \cdot \overline{f_r} \cdot 10^6 \qquad (7\text{-}169)$$

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 points 2.2.4.1 à 2.2.4.3 de l'annexe VII [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 (7-169);

$\overline{c_s}$ = concentration corrigée moyenne de particules dans les gaz d'échappement dilués, corrigée en fonction des conditions normales (273,2 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:

$$\overline{c} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}170)$$

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 (273,2 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.

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 énoncées au point 9.2.3 de l'annexe VI, le taux d'émission de particules durant chaque mode discret doit être calculé au moyen de l'équation (7-171) en utilisant les valeurs moyennes pour le mode:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1{,}293} \times k \times \overline{c_s} \times \overline{f_r} \times 10^6 \times 3\,600 \qquad (7\text{-}171)$$

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, déterminée conformément à l'équation (7-51) (point 2.3.2.1) [kg/s],

▼B

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 (7-171),

$\overline{c_s}$ = concentration moyenne de particules dans les gaz d'échappement dilués durant le mode discret individuel, corrigée aux conditions normales (273,2 K et 101,33 kPa), particules par cm^3,

$\overline{f_r}$ = facteur de réduction de la concentration moyenne de particules du séparateur de particules volatiles au taux de dilution utilisé pour l'essai;

avec:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad (7\text{-}172)$$

où:

$c_{s,i}$ = mesure discrète de la concentration de particules dans les gaz d'échappement dilués effectuée par le compteur de particules, corrigée de la coïncidence et aux conditions normales (273,2 K et 101,33 kPa), particules par cm^3,

n = nombre de mesures de la concentration de particules effectuées durant la période de prélèvement à modes discrets individuelle

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 énoncées au point 9.2.2 de l'annexe VI, le taux d'émission de particules durant chaque mode discret doit être calculé au moyen de l'équation (7-173) en utilisant les valeurs moyennes pour le mode:

$$\dot{N} = \frac{q_{mdew}}{1{,}293} \times k \times \overline{c}_s \times \overline{f}_r \times 10^6 \times 3\ 600 \quad (7\text{-}173)$$

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 (7-173),

$\overline{c_s}$ = concentration moyenne de particules dans les gaz d'échappement dilués durant le mode discret individuel, corrigée aux conditions normales (273,2 K et 101,33 kPa), particules par cm^3,

$\overline{f_r}$ = facteur de réduction de la concentration moyenne de particules du séparateur de particules volatiles au taux de dilution utilisé pour l'essai;

▼B

avec:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad (7\text{-}174)$$

où:

$c_{s,i}$ = mesure discrète de la concentration de particules dans les gaz d'échappement dilués effectuée par le compteur de particules, corrigée de la coïncidence et aux conditions normales (273,2 K et 101,33 kPa), particules par cm^3,

n = nombre de mesures de la concentration de particules effectuées durant la période de prélèvement à modes discrets individuelle

2. **Résultat de l'essai**

2.1. Calcul des émissions spécifiques pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et RMC

Pour chaque cycle RMC, NRTC à chaud et NRTC à froid applicable, les émissions spécifiques en nombre de particules/kWh doivent être calculées au moyen de l'équation (7-175):

$$e = \frac{N}{W_{act}} \quad (7\text{-}175)$$

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 point 7.8.3.4 de l'annexe VI, [kWh].

Pour un cycle RMC, dans le cas d'un moteur équipé d'un système de post-traitement des gaz d'échappement à régénération périodique (voir point 6.6.2 de l'annexe VI), 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 ($k_{\mathrm{ru,m}}$ ou $k_{\mathrm{ru,a}}$). Dans le cas où la régénération périodique a eu lieu durant l'essai, le facteur d'ajustement vers le bas est appliqué ($k_{\mathrm{rd,m}}$ ou $k_{\mathrm{rd,a}}$).

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 III.

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 (7-176) ou (7-177):

a) dans le cas d'une correction multiplicative ou d'un moteur non doté d'un système de post-traitement des gaz d'échappement à régénération périodique:

$$e = k_r \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act,hot})} \right) \quad (7\text{-}176)$$

Dans le cas d'une correction additive:

$$e = k_r + \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act,hot})} \right) \quad (7\text{-}177)$$

▼B

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 point 7.8.3.4 de l'annexe VI, [kWh],

$W_{act,\ hot}$ = travail effectif sur le cycle au cours du cycle d'essai NRTC à chaud, conformément au point 7.8.3.4 de l'annexe VI, [kWh],

k_r = correction de régénération, conformément au point 6.6.2 de l'annexe VI ou, dans le cas d'un moteur non doté d'un système de post-traitement 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 III.

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 (7-178):

$$e = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{N}_i \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \qquad (7\text{-}178)$$

où:

▼M2

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 (6-8) de l'annexe VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$).

▼B

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 (7-171) ou (7-173) en fonction de la méthode de dilution

Dans le cas d'un moteur équipé d'un système de post-traitement à régénération périodique (voir point 6.6.2 de l'annexe VI), 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 (7-178).

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 III.

▼B

2.3. Arrondi des résultats finaux

►M2 Les résultats finaux d'essai NRSC 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.

2.4. Détermination du nombre de particules dans l'air ambiant

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.

2.4.2. La déduction des concentrations ambiantes de particules dans le tunnel ne doit pas être admise pour la réception par type, mais elle peut être utilisée, à la demande du constructeur, et avec l'accord préalable de l'autorité compétente en matière de réception par type, 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.

▼B

Appendice 6

Calcul des émissions d'ammoniac

1. **Calcul de la concentration moyenne pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) et RMC**

La concentration moyenne de NH_3 dans les gaz d'échappement au cours du cycle d'essai c_{NH3} [ppm] doit être déterminée en intégrant les valeurs instantanées au cours du cycle. L'équation (7-179) doit être appliquée:

$$c_{NH3} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n} c_{NH3,i} \quad (7\text{-}179)$$

où:

$c_{NH3,i}$ = 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 (7-180):

▼M2

$$c_{NH3} = (0{,}1 \times c_{NH3,cold}) + (0{,}9 \times c_{NH3,hot}) \quad (7\text{-}180)$$

▼B

où:

$c_{NH3,cold}$ = concentration moyenne de NH_3 de l'essai NRTC à froid [ppm]

$c_{NH3,hot}$ = concentration moyenne de NH_3 de l'essai NRTC à chaud [ppm]

2. **Calcul de la concentration moyenne pour le cycle NRSC à modes discret**

La concentration moyenne de NH_3 dans les gaz d'échappement au cours du cycle d'essai c_{NH3} [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 (7-181) doit être appliquée:

$$c_{NH3} = \sum_{i=1}^{N_{mode}} \overline{c}_{NH3,i} \cdot WF_i \quad (7\text{-}181)$$

où:

$\overline{c}_{NH3,i}$ = 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* [-]

▼B

ANNEXE VIII

Prescriptions de performances et procédures d'essai pour les moteurs à double carburant

1. **Champ d'application**

La présente annexe s'applique aux moteurs à double carburant tels qu'ils sont définis à l'article 3, paragraphe 18, du règlement (UE) 2016/1628 lorsqu'ils fonctionnent simultanément avec un carburant liquide et un carburant gazeux (mode double carburant).

La présente annexe ne s'applique pas aux essais sur les moteurs, y compris les moteurs à double carburant, 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.

La réception par type des moteurs fonctionnant simultanément avec une combinaison de plus d'un carburant liquide et un carburant gazeux ou avec une combinaison d'un carburant liquide et de plus d'un carburant gazeux doit suivre la procédure destinée aux nouvelles technologies ou aux nouveaux concepts définie à l'article 33 du règlement (UE) 2016/1628.

2. **Définitions et abréviations**

Aux fins de la présente annexe, les définitions suivantes s'appliquent:

2.1. «pouvoir énergétique relatif du gaz (GER)» a le sens défini à l'article 3, paragraphe 20, du règlement (UE) 2016/1628, 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 double carburant de type 1A» désigne:

a) soit un moteur à double carburant d'une sous-catégorie d'engin non routier de $19 \leq kW \leq 560$, qui fonctionne pendant la partie à chaud du cycle d'essai NRTC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$), qui n'utilise pas exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui ne possède pas de mode carburant liquide;

b) soit un moteur à double carburant de toute (sous-)catégorie d'engin non routier autre qu'une sous-catégorie de $19 \leq kW \leq 560$, qui fonctionne sur le cycle d'essai NRSC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$), qui n'utilise pas exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui ne possède pas de mode carburant liquide;

2.4. «moteur à double carburant de type 1B» désigne:

a) soit un moteur à double carburant d'une sous-catégorie d'engin non routier de $19 \leq kW \leq 560$, qui fonctionne pendant la partie à chaud du cycle d'essai NRTC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$), qui n'utilise pas exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui possède un mode carburant liquide;

b) soit un moteur à double carburant de toute (sous-)catégorie d'engin non routier autre qu'une sous-catégorie de $19 \leq kW \leq 560$, qui fonctionne sur le cycle d'essai NRSC avec un pouvoir énergétique relatif moyen du gaz d'au moins 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$), qui n'utilise pas exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui possède un mode carburant liquide;

▼B

2.5. «moteur à double carburant de type 2 A» désigne:

a) soit un moteur à double carburant d'une sous-catégorie d'engin non routier de $19 \leq kW \leq 560$, 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 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0,9$), mais qui utilise exclusivement le carburant liquide au ralenti et qui ne possède pas de mode carburant liquide;

b) soit un moteur à double carburant de toute (sous-)catégorie d'engin non routier autre qu'une sous-catégorie de $19 \leq kW \leq 560$, 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 double carburant de type 2 B» désigne:

a) soit un moteur à double carburant d'une sous-catégorie d'engin non routier de $19 \leq kW \leq 560$, 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 double carburant;

b) soit un moteur à double carburant de toute (sous-)catégorie d'engin non routier autre qu'une sous-catégorie de $19 \leq kW \leq 560$, 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 double carburant;

2.7. «moteur à double carburant de type 3 B» désigne:

a) soit un moteur à double carburant d'une sous-catégorie d'engin non routier de $19 \leq kW \leq 560$, 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 double carburant de toute (sous-)catégorie d'engin non routier autre qu'une sous-catégorie de $19 \leq kW \leq 560$, 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 double carburant**

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.

▼B

4. **Prescriptions générales**

4.1. Modes de fonctionnement des moteurs à double carburant

4.1.1. Conditions à remplir par un moteur à double carburant pour être utilisé en mode carburant liquide

Un moteur à double carburant ne peut être utilisé en mode carburant liquide que si, pour le fonctionnement en mode carburant liquide, il a été réceptionné conformément aux prescriptions du présent règlement en ce qui concerne le fonctionnement uniquement avec le carburant liquide spécifié.

Lorsqu'un moteur à double carburant a été mis au point à partir d'un moteur à carburant liquide déjà réceptionné, une nouvelle fiche de réception UE par type est exigée pour le mode carburant liquide.

4.1.2. Conditions dans lesquelles un moteur à double carburant peut fonctionner au ralenti en utilisant exclusivement le carburant liquide.

4.1.2.1. Les moteurs à double carburant de type 1A ne doivent pas fonctionner au ralenti en utilisant exclusivement le carburant liquide, sauf s'il est satisfait aux prescriptions énoncées au point 4.1.3 concernant la mise en température et le démarrage.

4.1.2.2. Les moteurs à double carburant de type 1B ne doivent pas fonctionner au ralenti en utilisant exclusivement le carburant liquide en mode double carburant.

4.1.2.3. Les moteurs à double carburant 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 double carburant peuvent utiliser exclusivement le carburant liquide pour la mise en température ou le démarrage.

4.1.3.1. Les moteurs à double carburant 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 double carburant est identique à la stratégie de limitation des émissions en mode carburant liquide, le moteur peut fonctionner en mode double carburant 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 double carburant 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 double carburant 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.

▼B

4.2.2. Restriction de fonctionnement en mode service

4.2.2.1. Prescriptions applicables aux catégories de moteurs autres que IWP, IWA, RLL et RLR

La restriction de fonctionnement applicable aux engins mobiles non routiers équipés d'un moteur à double carburant appartenant à une catégorie de moteurs autre que IWP, IWA, RLL et RLR fonctionnant en mode service est le «système d'incitation “sévère”» spécifié à l'annexe IV, appendice 1, point 5.4.

Pour des raisons de sécurité et pour permettre les diagnostics d'auto-réparation, le recours à une fonction de désactivation de l'incitation permettant de restituer toute sa puissance au moteur est autorisé conformément à l'annexe V, appendice 1, point 5.5.

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 à l'annexe IV.

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 IV.

4.2.2.2. Prescriptions applicables aux catégories de moteurs IWP, IWA, RLL et RLR

Pour des raisons de sécurité, le fonctionnement en mode service des moteurs appartenant aux catégories IWP, IWA, RLL et RLR, est autorisé sans limite de couple ou de vitesse moteur. Dans le cas où une restriction de fonctionnement aurait été activée conformément au point 4.2.2.3, le journal de l'ordinateur de bord doit enregistrer dans une mémoire non volatile de l'ordinateur tous les incidents de fonctionnement intervenus lorsque le mode service est activé de manière à garantir que l'information ne puisse pas être supprimée intentionnellement.

Les autorités nationales de contrôle doivent pouvoir lire ces enregistrements à l'aide d'un outil d'analyse. ►**M2** Une description de la connexion, et de la méthode de lecture, pour ces enregistrements doit être incluse dans le dossier constructeur tel que défini dans la partie A de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656. ◄

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 point 4.2.3 en raison d'un défaut de fonctionnement du système d'alimentation en gaz, la restriction de fonctionnement doit être activée dans les 30 minutes 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 double carburant

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 double carburant des types 1A et 2A doivent passer en mode service;

▼B

b) les moteurs à double carburant 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 point 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 point 4.3.2, le mode service peut être désactivé ou, le cas échéant, le mode double carburant 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 point 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 double carburant peut être réactivé.

4.3. Indicateurs pour mode double carburant

4.3.1. Indicateur de fonctionnement en mode double carburant

Les engins mobiles non routiers doivent disposer d'un signal visuel indiquant à l'opérateur le mode de fonctionnement du moteur (mode double carburant, 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 (ci-après le «FEO»), peut être intégré à un système d'affichage déjà existant.

Cet indicateur peut être complété par l'affichage d'un message. Le système utilisé pour l'affichage des messages visés au présent point peut être identique à ceux utilisés pour le système de diagnostic de maîtrise des NO_x ou pour d'autres besoins d'entretien.

L'élément visuel constitutif de l'indicateur du mode de fonctionnement en mode double carburant ne doit pas être identique à celui utilisé pour le système de diagnostic de maîtrise 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 double carburant 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 double carburant doit passer pendant au moins une minute au mode double carburant ou au mode carburant liquide dès que le mode de fonctionnement du moteur passe du mode carburant liquide au mode double carburant 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.

▼B

4.3.2. Système d'alerte en cas de réservoir de carburant gazeux vide (système d'alerte pour mode double carburant)

Les engins mobiles non routiers équipés d'un moteur à double carburant doivent disposer d'un système d'alerte pour mode double carburant qui prévient l'opérateur que le réservoir de carburant gazeux va bientôt être vide.

Ce système d'alerte pour mode double carburant 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 double carburant 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 double carburant

Le système d'alerte pour mode double carburant 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 double carburant ne doit pas être identique à celui utilisé pour le système de diagnostic de maîtrise des NO_x ou pour d'autres besoins d'entretien.

En outre, le système d'alerte pour mode double carburant 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 point peut être identique à celui utilisé pour l'affichage des messages ou des alertes du système de diagnostic de maîtrise 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 double carburant fonctionne en mode double carburant

Lorsqu'un moteur à double carburant fonctionne en mode double carburant:

a) la courbe de couple de référence relevée doit être celle obtenue lorsque le moteur est soumis à l'essai au banc en mode double carburant;

b) les couples réels enregistrés (couple indiqué et couple de frottement) doivent être obtenus par fonctionnement en mode double carburant et pas seulement par fonctionnement en mode carburant liquide exclusivement.

▼B

4.4.2. Couple communiqué lorsqu'un moteur à double carburant fonctionne en mode carburant liquide

Lorsqu'un moteur à double carburant 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 double carburant, les stratégies d'adaptation doivent satisfaire non seulement aux prescriptions de l'annexe IV, mais aussi aux prescriptions suivantes:

a) le moteur doit toujours être du type de moteur à double carburant (soit du type 1A, 2B, etc.) qui a été déclaré pour la réception UE par type; et

▼M2

b) dans le cas d'un moteur de type 2, la différence entre le GER_{cycle} maximum le plus élevé et le plus bas à l'intérieur de la famille de moteurs ne doit jamais dépasser la plage définie au point 2.4.15 de l'annexe IX du règlement d'exécution (UE) 2017/656, sauf dans les cas autorisés au point 3.1

▼B

4.6. La réception par 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 double carburant, notamment au mode service visé au point 4.2. et au système d'indicateurs pour mode double carburant visé au point 4.3, conformément aux annexes XIV et XV.

5. **Prescriptions de performances**

5.1. Les prescriptions de performances, notamment les valeurs limites d'émissions, et les prescriptions pour la réception UE par type applicables à des moteurs à double carburant sont identiques à celles de n'importe quel moteur de la catégorie de moteurs correspondante, conformément au présent règlement et au règlement (UE) 2016/1628, sauf prescriptions contraires de la présente annexe.

5.2. La limite des hydrocarbures (HC) pour le fonctionnement en mode double carburant doit être déterminée au moyen du pouvoir énergétique relatif moyen du gaz (GER) au cours du cycle d'essai spécifié conformément à l'annexe II du règlement (UE) 2016/1628.

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 IV.

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'annexe II du règlement (UE) 2016/1628 sont identiques à celles de n'importe quel autre moteur de la catégorie de moteurs correspondante conformément à l'annexe IV.

6. **Prescriptions en matière de démonstration**

6.1. Les prescriptions en matière de démonstration applicables aux moteurs à double carburant sont identiques à celles applicables à n'importe quel moteur de la catégorie de moteurs correspondante, conformément au présent règlement et au règlement (UE) 2016/1628, sauf dans les conditions prévues à la partie 6.

▼B

6.2. Le respect des valeurs limites applicables doit être démontré en mode double carburant.

6.3. Pour les types de moteur à double carburant 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

▼M2

6.4.1. Le constructeur doit présenter à l'autorité compétente en matière de réception des éléments démontrant que le GER_{cycle} de tous les membres de la famille de moteurs à double carburant (dual fuel) reste dans la plage indiquée au point 2.4.15 de l'annexe IX du règlement d'exécution (UE) 2017/656 ou, dans le cas des moteurs disposant d'un GER_{cycle} réglable par l'opérateur, qu'il satisfait aux prescriptions du point 6.5 (il peut s'agir d'algorithmes, d'analyses fonctionnelles, de calculs, de simulations, de résultats d'essais précédents, etc.).

▼B

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 double carburant

6.6.1. Les dispositions de l'annexe III s'appliquent.

6.7. Démonstration du fonctionnement des indicateurs pour mode double carburant, du système d'alerte et de la restriction de fonctionnement

6.7.1. Dans la demande de réception UE par type au titre du présent règlement, le constructeur doit apporter la preuve que les indicateurs de fonctionnement du mode double carburant, ainsi que le système d'alerte et la restriction de fonctionnement fonctionnent conformément aux dispositions de l'appendice 1.

▼M2

6.8. Documentation de la démonstration

Un rapport de démonstration documente la démonstration menée conformément aux points 6.1 à 6.7.1. Le rapport doit:

a) décrire la démonstration effectuée, y compris le cycle d'essai applicable;

b) être inclus dans le dossier constructeur tel que défini dans la partie A de l'annexe I du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

▼B

7. **Prescriptions visant à assurer le fonctionnement correct des mesures de contrôle des NO_x**

7.1. L'annexe IV (prescriptions relatives aux mesures de contrôle des émissions de NO_x) s'applique aux moteurs à double carburant, qu'ils fonctionnent en mode double carburant ou en mode carburant liquide.

7.2. Prescriptions supplémentaires en matière de contrôle des NO_x pour les moteurs à double carburant des types 1B, 2B et 3B

7.2.1. Le couple considéré comme s'appliquant au système d'incitation «sévère» défini à l'annexe IV, appendice 1, point 5.4, doit être le plus bas des couples obtenus en mode carburant liquide et en mode double carburant.

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.

▼B

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'appendice 1 de l'annexe IV, 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 double carburant, 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 double carburant 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 IV (par exemple, compteurs). 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 compétente en matière de réception:

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.

▼B

Appendice 1

Indicateurs pour mode double carburant, système d'alerte, restriction de fonctionnement des moteurs à double carburant — prescriptions en matière de démonstration

1. **Indicateurs pour mode double carburant**

1.1. Indicateur de fonctionnement en mode double carburant

Au moment de la réception UE par type, l'aptitude du moteur à activer l'indicateur de fonctionnement en mode double carburant lors du fonctionnement en mode double carburant doit être démontrée.

1.2. Indicateur de fonctionnement en mode carburant liquide

Dans les cas de moteurs des types 1B, 2B ou 3B, au moment de la réception UE par 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.

1.3. Indicateur de fonctionnement en mode service

Au moment de la réception UE par type, l'aptitude du moteur à activer l'indicateur de fonctionnement en mode service lors du fonctionnement en mode service doit être démontrée.

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 la réception 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…).

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 la réception UE par type. À cette fin, la quantité réelle de carburant gazeux peut être simulée.

3. **Restrictions de fonctionnement**

Dans le cas d'un moteur à double carburant 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 la réception UE par 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.

3.1. Il suffit d'établir la démonstration dans un des cas d'utilisation caractéristiques sélectionné avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception par type et de lui 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.).

▼B

Appendice 2

Prescriptions relatives aux procédures d'essai d'émissions des moteurs à double carburant

1. **Généralités**

Le présent point définit les prescriptions et les exceptions supplémentaires de la présente annexe pour l'exécution d'essais d'émissions des moteurs à double carburant, 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 point 6.10 de l'annexe VI. Si aucune exigence ou exception supplémentaire n'est mentionnée, les prescriptions du présent règlement doivent s'appliquer aux moteurs à double carburant de la même façon qu'elles s'appliquent à n'importe quel type de moteur ou famille de moteurs faisant l'objet d'une réception par type conformément au règlement (UE) 2016/1628.

Le fait que les moteurs à double carburant 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 double carburant 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.

2. **Conditions d'essai**

La partie 6 de l'annexe VI s'applique.

3. **Procédures d'essai**

La partie 7 de l'annexe VI s'applique.

4. **Méthodes de mesure**

La partie 8 de l'annexe VI s'applique sauf prescriptions contraires de la présente annexe.

Une méthode de mesure de la dilution en circuit principal pour les moteurs à double carburant est illustrée à la figure 6.6 de l'annexe VI (système CVS).

►M2 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 point 7. ◄

La mesure des gaz bruts/du débit partiel illustrée à la figure 6.7 de l'annexe VI peut être utilisée avec certaines précautions en ce qui concerne la détermination et les méthodes de calcul du débit massique des gaz d'échappement.

5. **Équipement de mesure**

La partie 9 de l'annexe VI s'applique.

6. **Mesure du nombre de particules émises**

L'appendice 1 de l'annexe VI s'applique.

7. **Calcul des émissions**

Le calcul des émissions doit être effectué conformément à l'annexe VII, sauf prescriptions contraires de la présente annexe. Les exigences supplémentaires énoncées au point 7.1 s'appliquent aux calculs en masse et les exigences supplémentaires énoncées au point 7.2. s'appliquent aux calculs en moles.

▼B

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 à l'article 3, paragraphe 2, du règlement (UE) 2016/1628 ainsi qu'aux dispositions spécifiques sur les limites d'émissions pour les hydrocarbures (HC) totaux applicables aux moteurs fonctionnant partiellement ou totalement au gaz et qui figurent à l'annexe II dudit règlement. La valeur moyenne du GER au cours du cycle doit être calculée par l'une des méthodes suivantes:

a) 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;

b) 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'annexe XVII, appendice 1.

7.1. Calcul des émissions sur une base massique

La partie 2 de l'annexe VII s'applique sauf prescriptions contraires de la présente annexe.

7.1.1. Correction base sèche/base humide

7.1.1.1. Gaz d'échappement bruts

Les équations (7-3) et (7-4) de l'annexe VII doivent être utilisées pour calculer la correction en conditions sèches/humides.

Les paramètres spécifiques au carburant sont déterminés conformément au point 7.1.5.

7.1.1.2. Gaz d'échappement dilués

L'équation (7-3), et l'équation (7-25) ou l'équation (7-26), de l'annexe VII 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 point 7.1.5.

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 (7-9) à l'annexe VII.

7.1.3. Dilution du flux partiel et mesure des émissions gazeuses brutes

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 point 9.4.5.3 de l'annexe VI.

▼B

Alternativement, la méthode de la mesure du débit d'air et du rapport air/carburant des équations (7-17) à (7-19) de l'annexe VII peut être utilisée uniquement dans les cas où les valeurs α, γ, δ et ε sont déterminées conformément au point 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 (7-15) de l'annexe VII.

7.1.3.2. Détermination des constituants gazeux

Le point 2.1 de l'annexe VII s'applique sauf prescriptions contraires 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 point 2.1.5.2 ou 2.2.3 de l'annexe VII 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 point 7.1.15; ou

b) lorsque le calcul en masse de la partie 2 de l'annexe VII est utilisé dans le cas spécifique d'un moteur à double carburant 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 $\geq$ 0,9), les valeurs requises doivent être celles correspondant au carburant gazeux dans les tableaux 7.1 ou 7.2 de l'annexe VII.

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 8.1 et 8.2.

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 $\leq$ 0,1), les valeurs requises doivent être celles correspondant au gazole et figurant dans les tableaux 7.1 ou 7.2 de l'annexe VII.

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).

▼B

Tableau 8.1

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
G_R	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
GPL A	2,1740	0	0	0,0038
GPL B	2,2402	0	0	0,0039

7.1.3.2.1. Masse par essai des émissions gazeuses

▼M2

Dans le cas où les équations exactes sont appliquées pour calculer les valeurs instantanées de u_{gas} conformément au point 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 (RMC), les valeurs u_{gas} doivent être incluses dans la somme figurant à l'équation (7-2) du point 2.1.2 de l'annexe VII au moyen de l'équation (8-1):

▼B

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot \sum_{i=1}^{N} (u_{gas,i} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \qquad (8\text{-}1)$$

où:

$u_{gas,i}$ est la valeur instantanée de u_{gas}

Les autres termes de l'équation sont définis au point 2.1.2 de l'annexe VII.

Tableau 8.2

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						
	ρ_e	NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				ρ_{gas} [kg/m^3]			
		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]) Valeurs *u* exactes à 0,2 % près pour la composition massique de: C = 58 – 76 %; 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]) valeurs *u* exactes à 0,2 % près pour la composition massique de: C_3 = 27 – 90 %; C4 = 10 – 73 % (GPL A et B).

▼B

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 point 2.3 de l'annexe VII.

▼M2

Les prescriptions du point 8.2.1.2 de l'annexe VI s'appliquent 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 0,3 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 point 7.1.5.3.

▼B

La vérification de la qualité doit être effectuée pour chaque mesure conformément au point 8.2.1.2 de l'annexe VI.

7.1.3.4. Exigences supplémentaires relatives au débitmètre massique pour gaz d'échappement

►M2 Le débitmètre visé aux points 9.4.5.3 et 9.4.5.4 de l'annexe VI 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.

7.1.4. Mesure des émissions par dilution du flux total (système CVS)

Le point 2.2 de l'annexe VII s'applique sauf prescriptions contraires dans la présente partie.

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 point 7.1.5.

▼M2

7.1.4.1. Détermination des concentrations ambiantes corrigées

▼B

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 point 7.1.5.3.

À titre alternatif, la valeur F_s du carburant gazeux peut être utilisée dans l'équation (7-28) de l'annexe VII.

7.1.5. Détermination des rapports molaires des composants

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).

▼M2

7.1.5.2. Calcul des composants du mélange de carburants

Les équations (8-2) à (8-7) doivent être utilisées pour calculer la composition élémentaire du mélange de carburants:

▼**M2**

$$q_{mf} = q_{mf1} + q_{mf2} \quad (8\text{-}2)$$

$$w_H = \frac{w_{H1} \times q_{mf1} + w_{H2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}3)$$

$$w_C = \frac{w_{C1} \times q_{mf1} + w_{C2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}4)$$

$$w_S = \frac{w_{S1} \times q_{mf1} + w_{S2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}5)$$

$$w_N = \frac{w_{N1} \times q_{mf1} + w_{N2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}6)$$

$$w_O = \frac{w_{O1} \times q_{mf1} + w_{O2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}7)$$

où:

q_{mf1} est le débit massique du carburant 1 [kg/s]

q_{mf2} est le débit massique du carburant 2 [kg/s]

w_H est la teneur en hydrogène du carburant [% massique]

w_C est la teneur en carbone du carburant [% massique]

w_S est la teneur en soufre du carburant [% massique]

w_N est la teneur en azote du carburant [% massique]

w_O est la teneur en oxygène du carburant [% massique]

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 VII au moyen des équations (8-8) à (8-11):

$$\alpha = 11{,}9164 \cdot \frac{w_H}{w_C} \quad (8\text{-}8)$$

$$\gamma = 0{,}37464 \cdot \frac{w_S}{w_C} \quad (8\text{-}9)$$

$$\delta = 0{,}85752 \cdot \frac{w_N}{w_C} \quad (8\text{-}10)$$

$$\displaystyle\varepsilon = 0{,}75072 \cdot \frac{w_O}{w_C} \quad (8\text{-}11)$$

où:

w_H est la teneur en hydrogène du carburant, fraction massique [g/g] ou [% massique]

w_C est la teneur en carbone du carburant, fraction massique [g/g] ou [% massique]

w_S est la teneur en soufre du carburant, fraction massique [g/g] ou [% massique]

w_N est la teneur en azote du carburant, fraction massique [g/g] ou [% massique]

w_O est la teneur en oxygène du carburant, fraction massique [g/g] ou [% massique]

α est le rapport molaire de l'hydrogène (H/C)

γ est le rapport molaire du soufre (S/C)

δ est le rapport molaire de l'azote (N/C)

ε est le rapport molaire de l'oxygène (O/C)

sur la base d'un carburant $CH\alpha O\varepsilon N\delta S\gamma$

▼B

7.2. Calcul des émissions sur une base molaire

La partie 3 de l'annexe VII s'applique sauf prescriptions contraires de la présente partie.

7.2.1. Correction des valeurs d'oxyde d'azote pour l'humidité

L'équation (7-102) de l'annexe VII (correction pour les moteurs à allumage par compression) doit être utilisée.

7.2.2. Détermination du débit massique des gaz d'échappement sans utiliser un débitmètre pour gaz d'échappement

L'équation (7-112) de l'annexe VII (calcul du débit molaire sur la base de l'air d'admission) doit être utilisée. L'équation (7-113) de l'annexe VII (calcul du débit molaire sur la base du débit massique du carburant) peut être utilisée alternativement uniquement lors d'un cycle d'essai NRSC.

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. ►**M2** Les rapports molaires instantanés des composants doivent être utilisés dans les équations (7-88), (7-90) et (7-91) de l'annexe VII pour maintenir l'équilibre chimique. ◄

La détermination des rapports doit s'effectuer selon le point 7.2.3.1 ou selon le point 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 point 7.2.3.1 ou au point 7.1.5.3, selon le cas, ou, alternativement, le constructeur doit 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 point 3.4.3 de l'annexe VII.

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 double carburant peuvent être calculés au moyen des équations (8-12) à (8-15):

$$\alpha\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{H,liquid}}{M_H} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{H,gas}}{M_H}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\,C} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas})]}{M_{\,H} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \quad (8\text{-}12)$$

$$\beta\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{O,liquid}}{M_O} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{O,gas}}{M_O}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\,C} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas})]}{M_{\,O} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \quad (8\text{-}13)$$

$$\gamma\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{S,liquid}}{M_S} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{S,gas}}{M_S}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\,C} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas})]}{M_{\,S} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \quad (8\text{-}14)$$

$$\delta\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{N,liquid}}{M_N} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{N,gas}}{M_N}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\,C} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas})]}{M_{\,N} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \quad (8\text{-}15)$$

où:

$w_{i,fuel}$ = la fraction massique de l'élément considéré, C, H, O, S, ou N, du carburant liquide ou gazeux;

▼B

$\dot{m}_{liquid}$ (t) = le débit massique instantané du carburant liquide à l'instant t, [en kg/h];

$\dot{m}_{gas}$ (t) = le débit massique instantané du carburant gazeux à l'instant t, [en kg/h];

▼M2

Dans les cas où le débit massique des gaz d'échappement est calculé sur la base du débit du mélange de carburants, w_C dans l'équation (7-113) de l'annexe VII doit être calculé au moyen de l'équation (8-16):

▼B

$$w_{C} = \frac{\dot{m}_{liquid} \times w_{C,liquid} + \dot{m}_{gas} \times w_{C,gas}}{\dot{m}_{liquid} + \dot{m}_{gas}} \quad (8\text{-}16)$$

où:

w_C = la fraction massique du carbone dans le gazole ou dans le carburant gazeux;

$\dot{m}_{liquid}$ = le débit massique du carburant liquide, [en kg/h];

$\dot{m}_{gas}$ = le débit massique du carburant gazeux, [en kg/h].

7.3. Détermination du CO_2

L'annexe VII 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.

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 VII 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 à la partie 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 (8-17) et (8-18).

$$m_{fuel,corr} = m_{fuel} - \left(m_{THC} + \frac{A_C + a \cdot A_H}{M_{CO}} x m_{CO} + \frac{W_{GAM} + W_{DEL} + W_{EPS}}{100} \cdot m_{fuel} \right) \quad (8\text{-}17)$$

$$m_{CO_2 fuel} = \frac{M_{CO_2}}{A_C + a + A_H} \cdot m_{fuel,corr} \quad (8\text{-}18)$$

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]

▼B

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]

α = est le 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 (8-19):

$$m_{CO_2,urea} = \frac{c_{urea}}{100} \times \frac{M_{CO2}}{M_{CO(NH_2)_2}} \times m_{urea} \quad (8\text{-}19)$$

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_{CO2} [en g/essai] doivent alors être calculées au moyen de l'équation (8-20):

$$m_{CO2} = m_{CO2,fuel} + m_{CO2,urea} \quad (8\text{-}20)$$

Les émissions totales de CO_2 calculées au moyen de l'équation (8-20) doivent être utilisées dans le calcul des émissions de CO_2 spécifiques au frein, e_{CO2} [g/kWh] dans la section 2.4.1.1 ou 3.8.1.1 de l'annexe VII. 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 3 de l'annexe IX.

▼B

Appendice 3

Types de moteurs à double carburant fonctionnant au gaz naturel/biométhane ou au GPL et avec un carburant liquide — illustration des définitions et prescriptions principales

Type de moteur à double carburant	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 mode service et en mode carburant liquide	Mode carburant liquide	
2 A	$0,1 < GER_{NRTC,\ hot} < 0,9$ 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
2 B	$0,1 < GER_{NRTC,\ hot} < 0,9$ 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
3 A	Ni défini ni autorisé					
3 B	$GER_{NRTC,\ hot} \leq 0,1$ ou $GER_{NRSC} \leq 0,1$	Autorisé	Autorisé	Autorisé	Mode carburant liquide	

▼B

ANNEXE IX

Carburants de référence

1. **Caractéristiques techniques des carburants à utiliser pour l'essai de moteurs à allumage par compression**

1.1. Type: Gazole (gazole non routier)

Paramètre	Unité	Limites (1)		Méthode d'essai
		Minimum	Maximum	
Indice de cétane (2)		45	56,0	EN ISO 5165
Masse volumique à 15 °C	kg/m^3	833	865	EN ISO 3675
Distillation:				
point 50 %	°C	245	—	EN ISO 3405
point 95 %	°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 de cuivre		—	Classe 1	EN ISO 2160
Résidu de carbone Conradson (résidu de distillation de 10 %)	% (m/m)	—	0,2	EN ISO 10370
Teneur en cendres	% (m/m)	—	0,01	EN ISO 6245
Contamination totale	mg/kg	—	24	EN 12662
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
EMAG	% 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.

▼B

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/m^3	793,0	815,0	EN ISO 12185
Acidité, calculée sous forme d'acide acétique	% m/m		0,0025	EN 15491
Apparence		Claire et limpide		
Point d'éclair	°C	10		EN 3679
Résidu sec	mg/kg		15	EN 15691
Teneur en eau	% (m/m)		6,5	EN 15489 ([4]) EN ISO 12937 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 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 51627-4 ou prEN 15938

Remarques:

([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 une 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.

▼B

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/m^3	743	756	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Pression de vapeur	kPa	45,0	60,0	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Teneur en eau			Max 0,05 % v/v Apparence à – 7 °C: claire et limpide	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 EN 15553
— aromatiques	% v/v	19,5	35,0	EN 14517 EN 15553
— benzène	% v/v	—	1,0	EN 12177 EN 238, EN 14517
— saturés	% v/v	Valeur déclarée		EN 14517 EN 15553
Rapport carbone/hydrogène		Valeur déclarée		
Rapport carbone/oxygène		Valeur déclarée		
Période d'induction (4)	minutes	480		EN ISO 7536
Teneur en oxygène (5)	% (m/m)	3,3 (8)	3,7	EN 1601 EN 13132 EN 14517
Gommes présentes	mg/ml	—	0,04	EN ISO 6246

▼B

Paramètre	Unité	Limites (1)		Méthode d'essai (2)
		Minimum	Maximum	
Teneur en soufre (6)	mg/kg	—	10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Corrosion du cuivre (3 heures 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
Éthanol (4)	% v/v	9,0 (8)	10,2 (8)	EN 22854

Remarques:

(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 au-dessus de 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/m^3	Valeur déclarée		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
Teneur en gommes présentes (lavées au solvant)	mg/100 ml	—	5	EN ISO 6246
Apparence Doit être déterminée à température ambiante ou à la température de 15 °C, si celle-ci est supérieure		Claire et limpide, sans traces visibles de contaminants en suspension ou précipités		Inspection visuelle

▼B

Paramètre	Unité	Limites (1)		Méthode d'essai
		Minimum	Maximum	
Éthanol et alcools supérieurs (3)	% v/v	83	85	EN 1601 EN 13132 EN 14517 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 15489 ou EN 15692
Teneur en chlorures inorganiques	mg /l		1	EN 15492
pHe		6,5	9,0	EN 15490
Corrosion sur lame de cuivre (3 heures à 50 °C)	Évaluation	Classe 1		EN ISO 2160
Acidité (sous forme d'acide acétique CH_3COOH)	% (m/m) (mg/l)	—	0,0050 (40)	EN 15491
Conductivité électrique	µS/cm	1,5		DIN 51627-4 ou prEN 15938
Rapport carbone/hydrogène		Valeur déclarée		
Rapport carbone/oxygène		Valeur déclarée		

Remarques:

(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 au-dessus de 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 double carburant**

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	

▼B

Paramètre	Unité	Carburant A	Carburant B	Méthode d'essai
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 sur lame de cuivre (1 heure à 40 °C)	Évaluation	Classe 1	Classe 1	ISO 6251 (2)
Odeur		Caractéristique	Caractéristique	
Indice d'octane moteur (3)		Minimum 89,0	Minimum 89,0	EN 589 annexe B

Remarques:

(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 de réception par 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)

Alternativement aux carburants de référence du présent point, les carburants équivalents du point 3.2.2 peuvent être utilisés.

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/m^3 (2)	—		10	ISO 6326-5

Remarques:
(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	

▼B

Caractéristiques	Unités	Base	Limites		Méthode d'essai
			Minimum	Maximum	
Teneur en soufre	mg/m^3 (2)	—	—	10	ISO 6326-5

Remarques:
(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_{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

Remarques:
(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 fourni à partir d'une conduite, additionnés d'autres gaz et dont les propriétés sont déterminées par des mesures réalisées sur site

Alternativement aux carburants de référence du présent point, les carburants de référence équivalents du point 3.2.1. peuvent être utilisés.

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_λ) figurant au tableau 9.1, d'un ou plusieurs des gaz disponibles sur le marché (1) suivants:

a) dioxyde de carbone;

b) éthane;

c) méthane;

d) azote;

e) propane.

(1) L'utilisation de gaz d'étalonnage n'est pas requise à cet effet.

▼B

3.2.2.2. La valeur de S_λ du mélange de gaz de conduite et de gaz adjoint doit être comprise dans la plage spécifiée au tableau 9.1 pour le carburant de référence donné.

Tableau 9.1

Plage de S_λ requise pour chaque carburant de référence

Carburant de référence	S_λ minimal	S_λ 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_λ requise pour G_R résulterait en un indice de méthane (MN) inférieur à 70, la valeur de S_λ 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 adjoint(s) sélectionné(s) dans la liste figurant au point 3.2.2.1;

b) la valeur de S_λ 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 1 et 2 doivent être respectées pour déterminer les propriétés des gaz de conduite et des gaz adjoints, pour déterminer les valeurs de S_λ 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 VII doit être corrigé conformément à l'appendice 3.

▼B

Appendice 1

Prescriptions supplémentaires applicables aux essais d'émissions utilisant des carburants de référence gazeux constitués de gaz de conduite additionné d'autres gaz

1. **Méthode d'analyse des gaz et mesure du débit de gaz**

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.

1.2. Aux fins du présent appendice, si nécessaire, la mesure du débit gazeux doit être exécutée au moyen d'un débitmètre massique.

2. **Analyse et débit à l'admission du gaz de distribution publique**

2.1. La composition du gaz de distribution fourni doit être analysée avant le dispositif de mélange des gaz adjoints.

2.2. Le débit du gaz de distribution doit être mesuré à l'entrée du dispositif de mélange des gaz adjoints.

3. **Analyse et débit des gaz adjoints**

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.

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.

3.3. Le débit de chaque gaz adjoint doit être mesuré à l'entrée du dispositif de mélange des gaz adjoints.

4. **Analyse du gaz en mélange**

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 points 2.1 et 3.1, ou alternativement à cette dernière, mais elle n'est pas obligatoire.

5. **Calcul de S_λ et de l'indice de méthane du gaz en mélange**

5.1. Les résultats de l'analyse du gaz conformément aux points 2.1, 3.1 ou 3.2 et, le cas échéant, au point 4.1, en combinaison avec le débit massique du gaz mesuré conformément aux points 2.2 et 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_λ conformément à la procédure prévue à l'appendice 2.

6. **Contrôle et vérification du mélange gazeux durant l'essai**

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.

6.2 Système de contrôle du mélange en boucle ouverte

6.2.1. Dans ce cas, l'analyse du gaz, les mesures de débit et les calculs visés aux points 1, 2., 3 et 4 doivent être effectués avant l'essai d'émissions.

6.2.2. La proportion du gaz de distribution et du ou des gaz adjoint(s) doit être fixée afin de garantir que S_λ se situe dans la plage autorisée pour le carburant de référence concerné, telle que spécifiée dans le tableau 9.1.

▼B

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.

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 points 2., 3, 4 et 5 sont répétés. Pour que l'essai soit considéré comme valable, la valeur de S_λ doit rester dans la plage spécifiée au tableau 9.1 pour le carburant de référence correspondant.

6.3 Système de contrôle du mélange en boucle fermée

6.3.1. Dans ce cas, l'analyse de la composition du gaz, les mesures de débit et les calculs visés aux points 2, 3, 4 et 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.

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_λ dans la plage spécifiée au tableau 9.1 pour le carburant de référence correspondant. La fréquence d'ajustement ne doit pas dépasser la fréquence de mesure.

6.3.3. Afin que l'essai soit considéré comme valable, la valeur de S_λ doit se trouver dans la plage spécifiée au tableau 9.1 pour le carburant de référence correspondant dans 90 % des points de mesure au minimum.

▼B

Appendice 2

Calcul du facteur de recalage λ (S_λ)

1. **Calcul**

Le facteur de recalage λ (S_λ) [1] doit être calculé à l'aide de l'équation (9-1):

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} \quad (9\text{-}1)$$

où:

S_λ = 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:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{C_3\%}{100} + 4 \times \left[\frac{C_4\%}{100} + 5 \times \left[\frac{C_5\%}{100} + ..\right]\right]\right]}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} \quad (9\text{-}2)$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100} + \ldots 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100} + ..\right]\right]}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} \quad (9\text{-}3)$$

où:

CH_4 = % en volume de méthane dans le carburant;

C_2 = % en volume de tous les hydrocarbures C_2 (C_2H_6, C_2H_4, etc.) dans le carburant;

C_3 = % en volume de tous les hydrocarbures C_3 (C_3H_8, C_3H_6, etc.) dans le carburant;

C_4 = % en volume de tous les hydrocarbures C_4 (C_4H_{10}, C_4H_8, etc.) dans le carburant;

C_5 = % en volume de tous les hydrocarbures C_5 (C_5H_{12}, C_5H_{10}, etc.) dans le carburant;

diluent = % en volume de gaz de dilution dans le carburant (c.-à-d. O_2*, N_2, CO_2, He, etc.).

2. **Exemples de calcul du facteur de recalage λ (S_λ):**

Exemple 1: G_{25}: CH_4 = 86 %, N_2 = 14 % (en volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0{,}86}{0{,}86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{4 \times 0{,}86}{0{,}86} = 4$$

[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» (pages 68-72).

▼B

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1{,}16$$

Exemple 2: G_R: CH_4 = 87 %, C_2H_6 = 13 % (en volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}87 + 2 \times 0{,}13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1{,}13}{} = 1{,}13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{4 \times 0{,}87 + 6 \times 0{,}13}{1} = 4{,}26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1{,}13 + \frac{4{,}26}{4}\right)} = 0{,}911$$

Exemple 3: États-Unis: CH_4 = 89 %, C_2H_6 = 4,5 %, C_3H_8 = 2,3 %, C_6H_{14} = 0,2 %, O_2 = 0,6 %, N_2 = 4 %

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}89 + 2 \times 0{,}045 + 3 \times 0{,}023 + 4 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}64+4}{100}} = 1{,}11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100}\right] + .. + 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100}\right]}{\frac{1-diluent\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}89 + 4 \times 0{,}045 + 8 \times 0{,}023 + 14 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}6+4}{100}} = 4{,}24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1{,}11 + \frac{4{,}24}{4}\right) - \frac{0{,}6}{100}} = 0{,}96$$

Alternativement à l'équation ci-dessus, S_λ peut 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_λ) 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 (9-4):

$$1 \cdot CH_4 + 2 \cdot O_2 \rightarrow 1 \cdot CO_2 + 2 \cdot H_2O \qquad (9\text{-}4)$$

Dans ce cas, le rapport de molécules dans une composition stœchiométrique des partenaires réactionnels est exactement de 2:

$$\frac{n_{O_2}}{n_{CH_4}} = 2$$

où:

n_{O2} = nombre de molécules d'oxygène

n_{CH4} = nombre de molécules de méthane

▼B

La demande en oxygène du méthane pur est donc:

n_{O2} = 2 · n_{CH4} avec une valeur de référence de [n_{CH4}]= 1 kmol

▼M2

La valeur de S_λ peut être déterminée à partir du rapport entre le rapport de la composition stœchiométrique d'oxygène et de méthane et le rapport de la composition stœchiométrique d'oxygène et du mélange de carburants alimentant le moteur, comme défini dans l'équation (9-5):

▼B

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)} = \frac{2}{(n_{O2})_{\text{blend}}} \quad (9\text{-}5)$$

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 (9-6):

$$L_{st,fuel} = \frac{n_{O2,fuel}}{0{,}21} \quad (9\text{-}6)$$

où:

$L_{st,fuel}$ = la demande stœchiométrique en air du carburant

n_{O2fuel} = la demande stœchiométrique en oxygène du carburant

Par conséquent, la valeur de S_λ 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 (9-7):

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)/0{,}21}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)/0{,}21} = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{0{,}21}\right)_{CH_4}}{\left(\frac{n_{O2}}{0{,}21}\right)_{blend}} = \frac{L_{st,CH_4}}{L_{st,blend}} \quad (9\text{-}7)$$

Dès lors, tout calcul tenant compte de la demande stœchiométrique en air peut être utilisé pour exprimer le facteur de recalage λ.

▼B

Appendice 3

Correction de la présence de CO_2 dans les gaz d'échappement due à la présence de CO_2 dans le carburant gazeux

1. **Débit massique instantané de CO_2 dans le flux de carburant gazeux**

1.1. La composition et le débit du gaz doivent être déterminés conformément aux prescriptions des points 1 à 4 de l'appendice 1.

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 (9-8).

$$\dot{m}_{CO2i} = (M_{CO2}/M_{stream}) \cdot x_{CO2i} \cdot \dot{m}_{streami} \quad (9\text{-}8)$$

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 (9-9).

$$M_{stream} = x_1*M_1 + x_2*M_2 + ... + x_n*M_n \quad (9\text{-}9)$$

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]

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 (9-8) 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 (9-10):

$$\dot{m}_{CO2i,\ fuel} = \dot{m}_{CO2i,\ a} + \dot{m}_{CO2i,\ b} + \ldots + \dot{m}_{CO2i,\ n} \quad (9\text{-}10)$$

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]

▼B

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)**

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 (9-11):

$$m_{\ CO2,fuel} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2,fuel} \qquad (9\text{-}11)$$

où:

f = fréquence de prélèvement [Hz]

N = nombre de mesures [-].

2.2 La masse totale des émissions de CO_2 m_{CO2} [g/essai] utilisée dans l'équation (7-61), (7-63), (7-128) ou (7-130) de l'annexe VII 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 (9-12).

$$m_{CO2,\ corr} = m_{CO2} - m_{CO2,\ fuel} \qquad (9\text{-}12)$$

3. **Calcul des émissions spécifiques de CO_2 pour le cycle d'essai NRSC en mode discret**

3.1 Le débit massique moyen des émissions de CO_2 dues au CO_2 dans le carburant par heure $q_{mCO2,\ fuel}$ ou $\dot{m}_{CO2,\ fuel}$ [g/h] doit être calculé au moyen de l'équation (9-13) 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 (9-10) effectuées durant la période d'échantillonnage du mode d'essai considéré:

$$q_{\ mCO2,fuel} = \dot{m}_{CO2,fuel} = \frac{1}{3\ 600 \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2,fuel} \qquad (9\text{-}13)$$

où:

N = nombre de mesures effectuées au cours du mode d'essai [-]

3.2 Le débit massique moyen des émissions de CO_2 q_{mCO2} ou $\dot{m}_{CO2}$ [g/h] pour chacun des modes d'essai utilisé dans l'équation (7-64) ou (7-131) de l'annexe VII pour le calcul des émissions spécifiques e_{CO2} [g/kWh] doit être remplacé dans ces équations par la valeur corrigée $q_{mCO2,\ corr}$ ou $\dot{m}_{CO2,\ corr}$ [g/h] pour chaque mode d'essai calculée au moyen de l'équation (9-14) ou (9-15).

$$q_{mCO2,\ corr} = q_{mCO2} - q_{mCO2,\ fuel} \qquad (9\text{-}14)$$

$$\dot{m}_{CO2,\ corr} = \dot{m}_{CO2} - \dot{m}_{CO2,\ fuel} \qquad (9\text{-}15)$$

▼B

ANNEXE X

Spécifications techniques détaillées et conditions pour la livraison d'un moteur séparément de son système de post-traitement des gaz d'échappement

1. Les expéditions séparées, telles que prévues à l'article 34, paragraphe 3, du règlement (UE) 2016/1628, ont lieu lorsque le constructeur et le FEO qui installe le moteur sont des entités juridiques distinctes et que le moteur est expédié par le constructeur depuis un certain lieu sans son système de post-traitement des gaz d'échappement, qui est livré à partir d'un autre lieu et/ou à un autre moment.

2. **Dans un tel cas, le constructeur est soumis aux obligations précisées ci-après.**

2.1. Le constructeur est considéré comme responsable de la mise sur le marché du moteur et est tenu de veiller à ce que le moteur soit mis en conformité avec le type de moteurs réceptionné.

2.2. Le constructeur doit passer toutes les commandes pour les éléments expédiés séparément avant d'expédier le moteur sans son système de post-traitement des gaz d'échappement au FEO.

2.3. Le constructeur doit mettre à la disposition du FEO les instructions concernant l'installation du moteur, y compris le système de post-traitement des gaz d'échappement, et le marquage d'identification des parties expédiées séparément, ainsi que les informations nécessaires à la vérification du bon fonctionnement du moteur assemblé conformément au type de moteurs réceptionné ou à la famille de moteurs réceptionnée.

2.4. Le constructeur doit conserver:

1) les instructions communiquées au FEO;

2) la liste de tous les éléments livrés séparément;

3) les documents renvoyés par le FEO confirmant que les moteurs livrés ont été mis en conformité conformément au point 3.

2.4.1. Ces documents doivent être conservés pendant au moins 10 ans;

2.4.2. Sur demande, le constructeur doit mettre ces documents à la disposition de l'autorité compétente en matière de réception, de la Commission européenne ou des autorités de surveillance du marché.

2.5. Le constructeur doit faire en sorte que le moteur dépourvu de système de post-traitement des gaz d'échappement porte, outre le marquage réglementaire requis par l'article 32 du règlement (UE) 2016/1628, un marquage temporaire, tel que prévu à l'article 33, paragraphe 1, dudit règlement, conformément aux dispositions figurant à l'annexe III du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

2.6. Le constructeur doit veiller à ce que les éléments expédiés séparément du moteur comportent un marquage d'identification (par exemple un numéro de pièce).

2.7. Dans le cas d'un moteur de transition, le constructeur doit s'assurer que ce moteur (y compris le système de post-traitement des gaz d'échappement) a une date de production antérieure à la date de mise sur le marché de moteurs énoncée à l'annexe III du règlement (UE) 2016/1628, conformément à l'article 3, points 7), 30) et 32), dudit règlement.

2.7.1. Les documents mentionnés au point 2.4 doivent inclure la preuve que le système de traitement aval des gaz d'échappement qui fait partie d'un moteur de transition a été produit avant cette date si la date de production ne ressort pas du marquage apposé sur le système de traitement aval des gaz d'échappement.

▼B

3. **Le FEO est soumis aux obligations énoncées ci-après.**

3.1. Le FEO doit confirmer au constructeur que le moteur a été mis en conformité avec le type de moteurs réceptionné ou la famille de moteurs réceptionnée conformément aux instructions reçues, et que tous les contrôles nécessaires pour assurer le bon fonctionnement du moteur assemblé conformément au type de moteurs réceptionné ont été réalisés.

3.2. Si un FEO reçoit régulièrement des livraisons de moteurs de la part d'un constructeur, la confirmation prévue au point 3.1 peut être fournie à intervalles réguliers fixés d'un commun accord entre les parties, mais n'excédant pas un an.

▼B

ANNEXE XI

Spécifications techniques détaillées et conditions pour la mise temporaire sur le marché pour les besoins d'essais sur le terrain

Les conditions énoncées ci-dessous s'appliquent à la mise temporaire sur le marché de moteurs pour les besoins des essais sur le terrain, conformément à l'article 34, paragraphe 4, du règlement (UE) 2016/1628.

1. Le constructeur demeure propriétaire du moteur jusqu'à l'achèvement de la procédure décrite au point 5. Cela n'exclut pas la possibilité d'un accord financier avec le FEO ou les utilisateurs finals qui participent à la procédure d'essai.

2. Avant de mettre le moteur sur le marché, le constructeur informe l'autorité compétente en matière de réception d'un État membre, en indiquant son nom ou sa marque de fabrique, le numéro d'identification unique du moteur, sa date de production, ainsi que toute information pertinente sur l'efficacité des dispositifs antipollution du moteur, le FEO ou les utilisateurs finals qui participent à la procédure d'essai.

3. Le moteur est accompagné d'une déclaration de conformité délivrée par le constructeur conformément aux dispositions énoncées à l'annexe II du règlement d'exécution (UE) 2017/656; la déclaration de conformité indique, en particulier, qu'il s'agit d'un moteur destiné aux essais sur le terrain temporairement mis sur le marché conformément à l'article 34, paragraphe 4, du règlement (UE) 2016/1628.

4. Le moteur porte le marquage réglementaire prévu à l'annexe III du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

5. Lorsque les essais sont terminés et, en tout état de cause, 24 mois après la mise sur le marché du moteur, le constructeur fait en sorte que le moteur soit retiré du marché ou mis en conformité avec le règlement (UE) 2016/1628. Le constructeur communique l'option choisie à l'autorité compétente en matière de réception qui a donné l'autorisation.

6. Nonobstant le point 5, le constructeur peut soumettre à la même autorité compétente en matière de réception une demande dûment motivée de prolongation de la durée de l'essai pour une nouvelle période maximale de 24 mois.

6.1. L'autorité compétente en matière de réception peut autoriser la prolongation si elle l'estime justifiée. Dans ce cas:

   1) une nouvelle déclaration de conformité est délivrée par le constructeur pour la période supplémentaire;

   2) les dispositions du point 5 s'appliquent au terme de la prolongation ou, en tout état de cause, 48 mois après la mise sur le marché du moteur.

▼B

ANNEXE XII

Spécifications techniques détaillées et conditions pour les moteurs à usage spécial

Les conditions énoncées ci-après s'appliquent à la mise sur le marché des moteurs qui respectent les valeurs limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes applicables aux moteurs à usage spécial prévues à l'annexe VI du règlement (UE) 2016/1628.

1. Avant de mettre le moteur sur le marché, le constructeur prend des mesures raisonnables pour s'assurer qu'il sera installé sur un engin mobile non routier destiné exclusivement à être utilisé en atmosphères explosibles, conformément à l'article 34, paragraphe 5, du règlement précité, ou pour le lancement et la récupération d'embarcations de sauvetage utilisées par un service de secours national, conformément à l'article 34, paragraphe 6, dudit règlement.

2. Aux fins du point 1, une «mesure raisonnable» peut consister en une déclaration écrite du FEO ou de l'opérateur économique destinataire du moteur confirmant que celui-ci sera installé sur un engin mobile non routier affecté exclusivement à cet usage spécial.

3. Le constructeur est tenu:

   1) de conserver la déclaration écrite mentionnée au point 2 pendant au moins 10 ans;

   2) de la mettre à la disposition de l'autorité compétente en matière de réception, de la Commission européenne ou des autorités de surveillance du marché lorsqu'elles en font la demande.

4. Le moteur est accompagné d'une déclaration de conformité délivrée par le constructeur conformément aux dispositions énoncées à l'annexe II du règlement d'exécution (UE) 2017/656; la déclaration de conformité indique, en particulier, qu'il s'agit d'un moteur à usage spécial mis sur le marché dans les conditions prévues à l'article 34, paragraphe 5 ou 6, du règlement (UE) 2016/1628.

5. Le moteur porte le marquage réglementaire prévu à l'annexe III du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

▼B

ANNEXE XIII

Acceptation de réceptions par type de moteur équivalentes

1. Pour les familles de moteurs ou types de moteurs de catégorie NRE, les réceptions par type mentionnées ci-après et, le cas échéant, le marquage réglementaire correspondant, sont reconnus comme équivalents des réceptions UE par type accordées et des marquages réglementaires requis conformément au règlement (UE) 2016/1628:

▼M2

1) les réceptions UE par type octroyées en vertu du règlement (CE) n° 595/2009 du Parlement européen et du Conseil ([1]) et de ses mesures d'exécution, lorsqu'un service technique confirme que le type de moteur satisfait:

▼B

a) aux exigences figurant à l'appendice 2 de l'annexe IV, si le moteur est exclusivement destinés à être utilisés en lieu et place de moteurs de la phase V des catégories IWP et IWA, conformément à l'article 4, paragraphe 1, point 1) b), du règlement (UE) 2016/1628;

b) aux exigences figurant à l'appendice 1 de l'annexe IV pour les moteurs non visés au point a);

▼M3

2) les homologations de type en conformité avec la série 06 d'amendements du règlement n° 49 ([2]) de la CEE-ONU, pour lesquelles un service technique confirme que le type de moteur satisfait:

a) aux prescriptions figurant à l'appendice 2 de l'annexe IV, si le moteur est exclusivement destiné à être utilisé en lieu et place de moteurs de la phase V des catégories IWP et IWA, conformément à l'article 4, paragraphe 1, point 1) b), du règlement (UE) 2016/1628, ou

b) aux prescriptions figurant à l'appendice 1 de l'annexe IV pour les moteurs non couverts par le point a),

et pour lesquelles une autorité compétente en matière de réception confirme que le constructeur respecte les obligations énoncées à l'article 19 du règlement (UE) 2016/1628.

3) les homologations de type en conformité avec la série 05 d'amendements du règlement n° 96 ([3]) de la CEE-ONU de familles de moteurs ou de types de moteurs de catégorie NRE, comme indiqué dans le tableau I-1 de l'annexe I du règlement (UE) 2016/1628, lorsqu'une autorité compétente en matière de réception confirme que le constructeur respecte les obligations énoncées à l'article 19 du règlement (UE) 2016/1628.

2. Pour les familles ou types de moteurs des catégories NRG, NRSh, NRS, SMB et ATS, les homologations de type en conformité avec la série 05 d'amendements du règlement n° 96 de la CEE-ONU de moteurs qui correspondent aux catégories de moteur figurant dans les tableaux I-2, I-3 et I-4 et dans les

([1]) Règlement (CE) n° 595/2009 du Parlement européen et du Conseil du 18 juin 2009 relatif à la réception des véhicules à moteur et des moteurs au regard des émissions des véhicules utilitaires lourds (Euro VI) et à l'accès aux informations sur la réparation et l'entretien des véhicules, et modifiant le règlement (CE) n° 715/2007 et la directive 2007/46/CE, et abrogeant les directives 80/1269/CEE, 2005/55/CE et 2005/78/CE (JO L 188 du 18.7.2009, p. 1);

([2]) Règlement n° 49 de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU) — Prescriptions uniformes concernant les mesures à prendre pour réduire les émissions de gaz polluants et de particules des moteurs à allumage par compression et des moteurs à allumage commandé utilisés pour la propulsion des véhicules (JO L 171 du 24.6.2013, p. 1).

([3]) Règlement n° 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 (JO L 107 du 17.4.2019, p. 1).

▼M3

tableaux I-9 à I-10 de l'annexe I du règlement (UE) 2016/1628 et, le cas échéant, le marquage réglementaire correspondant, sont reconnus comme étant équivalents aux réceptions UE par type accordées et au marquage réglementaire prescrit conformément au règlement (UE) 2016/1628, lorsqu'une autorité compétente en matière de réception confirme que le constructeur respecte les obligations énoncées à l'article 19 du règlement (UE) 2016/1628.

3. Pour les moteurs à usage spécial (SPE) relevant du champ d'application de l'article 34, paragraphes 5 et 6, du règlement (UE) 2016/1628, de catégorie NRE d'une puissance de référence égale ou supérieure à 19 kW et inférieure ou égale à 560 kW, les homologations de type de phase IIIA en conformité avec les séries d'amendements 02 ([1]), 03 ([2]) ou 04 ([3]) du règlement n° 96 de la CEE-ONU des familles de moteurs ou types de moteurs de catégorie NRE, figurant dans le tableau VI-1 de l'annexe VI du règlement (UE) 2016/1628 et, le cas échéant, le marquage réglementaire correspondant, sont reconnus comme étant équivalents aux réceptions UE par type et au marquage réglementaire prescrit conformément à ce règlement:

3.1. Prescriptions supplémentaires:

Les moteurs basés sur une homologation de type qui est acceptée comme étant équivalente à une réception UE par type conformément au point 3 doivent satisfaire aux prescriptions de l'annexe XII du règlement délégué (UE) 2017/654.

4. Pour les phases d'émissions suivantes, les homologations de type sur la base de règlements de la CEE-ONU de familles de moteurs ou de types de moteurs appartenant aux catégories énumérées ci-dessous et, le cas échéant, le marquage réglementaire correspondant, sont reconnus comme étant équivalents aux réceptions UE par type accordées et au marquage réglementaire prescrit au titre de la directive 97/68/CE, conformément aux dispositions transitoires énoncées à l'article 58 du règlement (UE) 2016/1628:

1) Phase IV: homologations de type de moteurs appartenant aux catégories Q et R définies à l'article 9 de la directive 97/68/CE en conformité avec la série 04 d'amendements du règlement n° 96 de la CEE-ONU;

2) Phase IIIB: homologations de type de moteurs appartenant aux catégories L, M, N et P définies à l'article 9 de la directive 97/68/CE en conformité avec la série 03 ou 04 d'amendements du règlement n° 96 de la CEE-ONU;

3) Phase IIIA: homologations de type de moteurs appartenant aux catégories H, I, J et K définies à l'article 9 de la directive 97/68/CE en conformité avec la série 02, 03 ou 04 d'amendements du règlement n° 96 de la CEE-ONU;

4) Phase II: homologations de type de moteurs appartenant aux catégories D, E, F et G définies à l'article 9 de la directive 97/68/CE en conformité avec la série 01 ([4]), 02, 03 ou 04 d'amendements du règlement n° 96 de la CEE-ONU;

5) Phase I: homologations de type de moteurs appartenant aux catégories A, B et C définies à l'article 9 de la directive 97/68/CE en conformité avec la série 00 ([5]) d'amendements du règlement n° 96 de la CEE-ONU.

4.1. Prescriptions supplémentaires

Les moteurs basés sur une homologation de type qui est acceptée comme étant équivalente à la réception UE par type conformément au point 4 sont accompagnés d'une déclaration de conformité et des informations complémentaires dans son marquage réglementaire requises par les articles 31 et 32, paragraphe 2, du règlement (UE) 2016/1628 et comme indiqué dans les annexes II et III du règlement d'exécution (UE) 2017/656.

([1]) La série 02 d'amendements n'est pas publiée au JO.
([2]) La série 03 d'amendements n'est pas publiée au JO.
([3]) Règlement n° 96 de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU) — Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des moteurs à allumage par compression destinés aux tracteurs agricoles et forestiers ainsi qu'aux engins mobiles non routiers en ce qui concerne les émissions de polluants du moteur (JO L 88 du 22.3.2014, p. 1).
([4]) La série 01 d'amendements n'est pas publiée au JO.
([5]) La série 00 d'amendements n'est pas publiée au JO.

▼B

ANNEXE XIV

Détail des informations et instructions pertinentes à l'intention des FEO

1. Conformément à l'article 43, paragraphe 2, du règlement (UE) 2016/1628, le constructeur doit communiquer aux FEO toutes les informations et les instructions pertinentes nécessaires pour que le moteur soit conforme au type de moteurs réceptionné lorsqu'il est installé sur un engin mobile non routier. Les instructions à cet effet doivent être clairement signalées aux FEO.

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

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

4. Les informations et instructions destinées aux FEO comprennent au moins les éléments suivants:

   1) les prescriptions d'installation pour atteindre les performances du type de moteurs en matière d'émissions, y compris le système de maîtrise des émissions, qui doivent être prises en compte pour le bon fonctionnement du système de maîtrise des émissions;

   2) une description des éventuelles conditions particulières ou restrictions concernant l'installation ou l'utilisation du moteur, comme indiqué sur le certificat de réception UE par type prévu à l'annexe IV du règlement d'exécution (UE) 2017/656;

   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;

   4) pour les familles de moteurs auxquelles s'applique l'annexe V, 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;

   5) le cas échéant, les exigences relatives à la conception des composants fournis par le FEO 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 moteurs réceptionné;

   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;

   7) le cas échéant, des informations sur l'éventuelle mise en place d'un dispositif non chauffé pour le réactif;

   8) le cas échéant, une déclaration indiquant que le moteur est exclusivement destiné à être installé dans des fraises à neige;

   9) le cas échéant, une déclaration indiquant que le FEO doit fournir un système d'avertissement tel qu'il figure dans les appendices 1 à 4 de l'annexe IV;

   10) le cas échéant, des informations sur l'interface entre le moteur et l'engin mobile non routier en ce qui concerne le système d'avertissement de l'opérateur visé au point 9);

▼B

11) le cas échéant, des informations sur l'interface entre le moteur et l'engin mobile non routier en ce qui concerne le système d'incitation de l'opérateur visé au point 5 de l'appendice 1 de l'annexe IV;

12) le cas échéant, des informations sur le moyen de désactiver temporairement l'incitation de l'opérateur tel que prévu au point 5.2.1 de l'appendice 1 de l'annexe IV;

13) le cas échéant, des informations sur la fonction prioritaire permettant de restituer toute sa puissance au moteur telle que prévue au point 5.5 de l'appendice 1 de l'annexe IV;

14) dans le cas des moteurs à double carburant:

a) une déclaration indiquant que le FEO doit fournir un indicateur de fonctionnement en mode double carburant tel que prévu au point 4.3.1 de l'annexe VIII;

b) une déclaration indiquant que le FEO doit fournir un système d'alerte pour mode double carburant tel que prévu au point 4.3.2 de l'annexe VIII;

c) des informations sur l'interface entre le moteur et l'engin mobile non routier en ce qui concerne l'indicateur et le système d'avertissement de l'opérateur visés aux points 14) a) et b);

15) dans le cas d'un moteur à régime variable de catégorie IWP qui est réceptionné pour servir dans une ou plusieurs autres applications pour la navigation intérieure, tel que prévu au point 1.1.1.2 de l'annexe IX du règlement d'exécution (UE) 2017/656, des précisions sur chaque (sous-)catégorie et mode de fonctionnement (régime) pour lesquels le moteur est réceptionné et peut être réglé une fois installé;

16) dans le cas d'un moteur à régime constant pouvant être réglé à un régime alternatif tel que prévu au point 1.1.2.3 de l'annexe IX du règlement d'exécution (UE) 2017/656:

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 autre régime par le régulateur de régime constant;

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

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

17) Si le moteur est équipé d'un régime de ralenti pour le démarrage et l'arrêt, comme l'autorise l'article 3, point 18), du règlement (UE) 2016/1628, 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.

5. Conformément à l'article 43, paragraphe 3, du règlement (UE) 2016/1628, le constructeur communique au FEO toutes les informations et instructions nécessaires que le FEO est tenu de fournir aux utilisateurs finals en vertu de l'annexe XV.

▼B

6. Conformément à l'article 43, paragraphe 4, du règlement (UE) 2016/1628, le constructeur communique au FEO la valeur des émissions de dioxyde de carbone (CO_2), exprimée en g/kWh, déterminée durant le processus de réception UE par type et figurant dans le certificat de réception UE par type. Cette valeur est fournie par le FEO aux utilisateurs finals avec la déclaration suivante: «*Cette mesure du 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 moteurs [de la famille de moteurs], et ne constitue pas une indication ou une garantie des performances d'un moteur particulier*.»

▼B

ANNEXE XV

Détail des informations et instructions pertinentes à l'intention des utilisateurs finals

1. Le FEO fournit aux utilisateurs finals toutes les informations et instructions nécessaires au bon fonctionnement du moteur, de telle sorte que les émissions de gaz polluants et de particules polluantes du moteur soient maintenues dans les limites applicables au type de moteurs réceptionné ou à la famille de moteurs réceptionnée. Les instructions à cet effet doivent être clairement signalées aux utilisateurs finals.

2. Les instructions destinées aux utilisateurs finals doivent remplir les conditions suivantes:

2.1. être rédigées dans un langage clair et accessible aux non-spécialistes et utiliser les mêmes termes que ceux employés dans les instructions destinées aux utilisateurs finals concernant l'engin mobile non routier;

2.2. être fournies sur papier ou dans un format électronique couramment utilisé;

2.3. figurer parmi les instructions destinées aux utilisateurs finals concernant les engins non routiers ou, à défaut, dans un document distinct;

2.3.1. lorsqu'elles sont fournies séparément des instructions destinées aux utilisateurs finals concernant les engins non routiers, avoir la même forme que celles-ci.

3. Les informations et instructions destinées aux utilisateurs finals comprennent au moins les éléments suivants:

1) une description des éventuelles conditions particulières ou restrictions concernant l'utilisation du moteur, comme indiqué sur le certificat de réception UE par type prévu à l'annexe IV du règlement d'exécution (UE) 2017/656;

2) une déclaration indiquant que le moteur, y compris le système de maîtrise des émissions, doit fonctionner, être utilisé et être entretenu conformément aux instructions fournies aux utilisateurs finals afin que les performances du moteur en matière d'émissions répondent aux exigences applicables à la catégorie à laquelle il appartient;

3) une déclaration indiquant qu'aucune manipulation ou mauvaise utilisation délibérée du système de maîtrise des émissions du moteur ne doit avoir lieu, en particulier une désactivation ou un défaut d'entretien du système de recyclage des gaz d'échappement (EGR) ou du système de dosage du réactif;

4) une déclaration indiquant qu'il est essentiel de prendre des mesures rapides pour remédier à un fonctionnement, à une utilisation ou à un entretien incorrect du système de maîtrise des émissions conformément aux mesures correctives indiquées par les avertissements visés aux points 5) et 6);

5) des explications détaillées sur les éventuels dysfonctionnements du système de maîtrise des émissions dus à un fonctionnement, une utilisation ou un entretien incorrect du moteur installé, avec l'indication des signaux d'avertissement qui y sont associés et des mesures correctives correspondantes;

6) des explications détaillées sur l'éventuelle utilisation incorrecte de l'engin mobile non routier qui aboutirait à des dysfonctionnements du système de maîtrise des émissions du moteur, avec l'indication des signaux d'avertissement qui y sont associés et des mesures correctives correspondantes;

7) le cas échéant, des informations sur l'éventuelle utilisation d'un réservoir de réactif et d'un système de dosage non chauffés;

▼B

8) le cas échéant, une déclaration indiquant que le moteur est exclusivement destiné aux fraises à neige;

9) pour les engins mobiles non routiers équipés d'un système d'avertissement de l'opérateur, tel qu'il est défini au point 4 de l'appendice 1 de l'annexe IV (catégorie: NRE, NRG, IWP, IWA ou RLR) et/ou au point 4 de l'appendice 4 de l'annexe IV (catégorie: NRE, NRG, IWP, IWA ou RLR) ou au point 3 de l'appendice 3 de l'annexe IV (catégorie RLL), une déclaration indiquant que l'opérateur sera informé par le système d'avertissement de l'opérateur lorsque le système de maîtrise des émissions ne fonctionne pas correctement;

10) pour les engins mobiles non routiers équipés d'un système d'incitation de l'opérateur, tel qu'il est défini au point 5 de l'appendice 1 de l'annexe IV (catégories NRE et NRG), une déclaration indiquant qu'ignorer les signaux d'avertissement de l'opérateur conduit à l'activation du système d'incitation de l'opérateur, ce qui entraîne une neutralisation de l'engin mobile non routier;

11) pour les engins mobiles non routiers ayant une fonction prioritaire permettant de restituer toute sa puissance au moteur telle que prévue au point 5.5 de l'appendice 1 de l'annexe IV, des informations concernant le fonctionnement de cette fonction;

12) le cas échéant, des explications sur le fonctionnement des systèmes d'avertissement et d'incitation de l'opérateur visés aux points 9), 10) et 11), y compris sur les conséquences, du point de vue des performances et de l'enregistrement des défaillances, qui découlent du fait d'ignorer les signaux d'avertissement et de ne pas faire l'appoint de réactif ou de ne pas résoudre le problème signalé;

13) lorsque l'ordinateur de bord enregistre des injections insuffisantes de réactif ou une mauvaise qualité du réactif conformément au point 4.1 de l'appendice 2 de l'annexe IV (catégorie: IWP, IWA, RLR), une déclaration indiquant que les autorités d'inspection nationales seront en mesure de lire ces enregistrements à l'aide d'un analyseur;

14) pour les engins mobiles non routiers équipés d'un moyen de désactiver l'incitation de l'opérateur, tel que prévu au point 5.2.1 de l'appendice 1 de l'annexe IV, des informations sur le fonctionnement de cette fonction et une déclaration indiquant qu'elle est uniquement activée en cas d'urgence, que toute activation sera enregistrée dans l'ordinateur de bord et que les autorités d'inspection nationales seront en mesure de lire ces enregistrements à l'aide d'un analyseur;

15) des informations sur les spécifications du carburant nécessaire au maintien de la performance du système de maîtrise des émissions conformément aux exigences de l'annexe I et en conformité avec les spécifications énoncées dans la réception UE par type du moteur, y compris, si elle est disponible, une référence à la norme UE ou internationale appropriée, et notamment:

▼M2

a) lorsque le moteur est destiné à être utilisé dans l'Union avec du diesel ou du gazole non routier, une déclaration indiquant qu'il doit utiliser un carburant ayant une teneur en soufre ne dépassant pas 10 mg/kg (20 mg/kg au point de distribution finale), un indice de cétane d'au moins 45 et une teneur en EMAG non supérieure à 8 % v/v;

▼B

b) lorsque d'autres carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants peuvent être utilisés par le moteur, tel que déclarés par le constructeur et indiqués dans le certificat de réception UE par type, ceux-ci doivent être précisés;

▼B

16) des informations sur les spécifications de l'huile lubrifiante nécessaires pour maintenir les performances du système de maîtrise des émissions;

17) lorsque le système de maîtrise des émissions nécessite l'emploi d'un réactif, les caractéristiques de ce réactif, notamment son type, les informations relatives à sa concentration lorsqu'il est en solution, ses températures de fonctionnement et la référence aux normes internationales indiquant sa composition et sa qualité, conformément aux spécifications figurant dans la réception UE par type du moteur;

18) le cas échéant, des instructions sur la manière dont les réactifs consommables doivent être mis à niveau par l'opérateur entre les visites d'entretien normales. Ces instructions doivent indiquer comment l'opérateur doit rajouter du réactif dans le réservoir de réactif et la fréquence à laquelle cette opération est prévue, en fonction de l'utilisation de l'engin mobile non routier;

19) une déclaration indiquant que, pour maintenir les performances du moteur en matière d'émissions, il est indispensable d'utiliser un réactif et d'en faire l'appoint si nécessaire, conformément aux spécifications énoncées aux points 17) et 18);

20) les exigences relatives aux entretiens programmés en rapport avec les émissions, y compris tout remplacement programmé des composants critiques en rapport avec les émissions;

21) dans le cas des moteurs à double carburant:

a) le cas échéant, des informations sur les indicateurs pour mode double carburant prévus au point 4.3 de l'annexe VIII;

b) lorsqu'un moteur à double carburant est soumis à une restriction de fonctionnement en mode service telle que prévue au point 4.2.2.1 de l'annexe VIII (à l'exclusion des catégories suivantes: IWP, IWA, RLL et RLR), une déclaration indiquant que l'activation du mode service aboutira à une neutralisation de l'engin mobile non routier;

c) lorsqu'une fonction prioritaire permettant de restituer toute sa puissance au moteur est disponible, des informations sur le fonctionnement de cette fonction doivent être fournies;

d) lorsqu'un moteur à double carburant fonctionne en mode service conformément au point 4.2.2.2 de l'annexe VIII (catégories: IWP, IWA, RLL et RLR), une déclaration indiquant que l'activation du mode service sera enregistrée par l'ordinateur de bord et que les autorités d'inspection nationales seront en mesure de lire ces enregistrements à l'aide d'un analyseur.

4. Conformément à l'article 43, paragraphe 4, du règlement (UE) 2016/1628, le FEO communique aux utilisateurs finals la valeur des émissions de dioxyde de carbone (CO_2), exprimée en g/kWh, déterminée durant le processus de réception UE par type et figurant dans le certificat de réception UE par type, avec la déclaration suivante: «*Cette mesure du 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 moteurs [de la famille de moteurs], et ne constitue pas une indication ou une garantie des performances d'un moteur particulier.*»

▼B

ANNEXE XVI

Normes de performance et évaluation des services techniques

1. **Exigences générales**

Les services techniques démontrent qu'ils disposent de compétences appropriées, de connaissances techniques spécifiques et d'une expérience avérée dans les domaines de compétence spécifiques régis par le règlement (UE) 2016/1628 ainsi que par les actes délégués et d'exécution adoptés conformément à ce règlement.

2. **Normes auxquelles les services techniques doivent se conformer**

2.1. Les services techniques des différentes catégories visés à l'article 45 du règlement (UE) 2016/1628 se conforment aux normes énumérées à l'appendice 1 de l'annexe V de la directive 2007/46/CE du Parlement européen et du Conseil ([1]) qui sont applicables aux activités qu'ils mènent.

2.2. Dans ledit appendice, la référence à l'article 41 de la directive 2007/46/CE s'entend comme une référence à l'article 45 du règlement (UE) 2016/1628.

2.3. Dans ledit appendice, la référence à l'annexe IV de la directive 2007/46/CE s'entend comme une référence au règlement (UE) 2016/1628 ainsi qu'aux actes délégués et d'exécution adoptés en vertu de ce règlement.

3. **Procédure d'évaluation des services techniques**

3.1. La conformité des services techniques aux prescriptions du règlement (UE) 2016/1628 ainsi que des actes délégués et d'exécution adoptés conformément à ce règlement est évaluée selon la procédure énoncée à l'appendice 2 de l'annexe V de la directive 2007/46/CE.

3.2. À l'appendice 2 de l'annexe V de la directive 2007/46/CE, les références à l'article 42 de la directive 2007/46/CE s'entendent comme des références à l'article 48 du règlement (UE) 2016/1628.

([1]) Directive 2007/46/CE du Parlement européen et du Conseil du 5 septembre 2007 établissant un cadre pour la réception des véhicules à moteur, de leurs remorques et des systèmes, des composants et des entités techniques destinés à ces véhicules (JO L 263 du 9.10.2007, p. 1).

▼B

ANNEXE XVII

Caractéristiques des cycles d'essai en conditions stationnaires et transitoires

1. Les tableaux relatifs aux modes d'essai et aux facteurs de pondération des NRSC à modes discrets figurent à l'appendice 1.

2. Les tableaux relatifs aux modes d'essai et aux facteurs de pondération des RMC figurent à l'appendice 2.

3. Les tableaux relatifs à la programmation du dynamomètre pour les cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC) figurent à l'appendice 3.

▼B

Appendice 1

NRSC en conditions stationnaires à modes discrets

Cycles d'essai de type C

Cycle C1 — Tableau des modes d'essai et des 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 points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le % de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.

Cycle C2 — Tableau des modes d'essai et des 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 points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le % de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.

Cycles d'essai de type D

Cycle D2 — Tableau des modes d'essai et des 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 points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le % de couple est relatif au couple correspondant à la puissance nette nominale déclarée par le constructeur.

Cycles d'essai de type E

Cycles de type E — Tableau des modes d'essai et des facteurs de pondération

Numéro de mode (cycle E2)	1	2	3	4						
Régime [a]	100 %				Intermédiaire					
Couple [b] (%)	100	75	50	25						
Facteur de pondération	0,2	0,5	0,15	0,15						

▼B

Numéro de mode (cycle E3)	1	2	3	4
Régime (a) (%)	100	91	80	63
Puissance (c) (%)	100	75	50	25
Facteur de pondération	0,2	0,5	0,15	0,15

(a) Voir les points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
(b) Le % de couple est relatif au couple correspondant à la puissance nette nominale déclarée par le constructeur au régime moteur commandé.
(c) Le % de la puissance est relatif à la puissance nominale maximale au régime à 100 %.

Cycle d'essai de type F

Cycle de type F — Tableau des modes d'essai et des facteurs de pondération

Numéro de mode	1	2 (d)	3
Régime (a)	100 %	Intermédiaire	Ralenti
Puissance (%)	100 (c)	50 (c)	5 (b)
Facteur de pondération	0,15	0,25	0,6

(a) Voir les points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
(b) Le % de la puissance à ce mode est relatif à la puissance au mode 1.
(c) Le % de la puissance à ce mode est relatif à la puissance nette maximale au régime moteur commandé.
(d) Pour les moteurs utilisant un système de commande discret (c'est-à-dire des commandes de type à crans), le mode 2 est défini par le fonctionnement au cran le plus proche des valeurs prescrites pour le mode 2, ou à 35 % de la puissance nominale.

Cycle d'essai de type G

Cycles de type G — Tableau des modes d'essai et des 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 %					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 G3)	1										2
Régime (a)	100 %					Intermédiaire					Ralenti
Couple (b) %	100										0
Facteur de pondération	0,85										0,15

(a) Voir les points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
(b) Le % de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.

▼B

Cycle d'essai de type H

Cycle de type H — Tableau des modes d'essai et des 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 points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le % de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.

▼B

Appendice 2

Cycles d'essai en conditions stationnaires à modes raccordés (RMC)

Cycles d'essai de type C

Tableau des modes d'essai RMC-C1

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	Régime du moteur [a] [c]	Couple (%) [b] [c]
1a Conditions stationnaires	126	Ralenti	0
1b Transition	20	Transition linéaire	Transition linéaire
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 points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le % de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.
[c] Progression d'un mode au suivant dans les 20 secondes 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 des modes d'essai RMC-C2

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	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

▼B

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	Régime du moteur (a) (c)	Couple (%) (b) (c)
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
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 points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
(b) Le % de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.
(c) Progression d'un mode au suivant dans les 20 secondes 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.

Cycles d'essai de type D

Tableau des modes d'essai RMC-D2

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	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 points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
(b) Le % 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 secondes 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.

▼B

Cycles d'essai de type E

Tableau des modes d'essai RMC-E2

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	Régime du moteur (%) (a)	Couple (%) (b) (c)
1a Conditions stationnaires	229	100	100
1b Transition	20	100	Transition linéaire
2a Conditions stationnaires	166	100	25
2b Transition	20	100	Transition linéaire
3a Conditions stationnaires	570	100	75
3b Transition	20	100	Transition linéaire
4 Conditions stationnaires	175	100	50

(a) Voir les points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
(b) Le % de couple est relatif au couple maximal correspondant à la puissance nette nominale déclarée par le constructeur au régime moteur commandé.
(c) Progression d'un mode au suivant dans les 20 secondes 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 des modes d'essai RMC-E3

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	Régime du moteur (%) (a) (c)	Puissance (%) (b) (c)
1a Conditions stationnaires	229	100	100
1b Transition	20	Transition linéaire	Transition linéaire
2a Conditions stationnaires	166	63	25
2b Transition	20	Transition linéaire	Transition linéaire
3a Conditions stationnaires	570	91	75
3b Transition	20	Transition linéaire	Transition linéaire
4 Conditions stationnaires	175	80	50

(a) Voir les points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
(b) Le % de la puissance est relatif à la puissance nette nominale maximale au régime à 100 %.
(c) Progression d'un mode au suivant dans les 20 secondes 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.

Cycle d'essai de type F

Tableau des modes d'essai RMC-F

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	Régime du moteur (a) (e)	Puissance (%) (e)
1a Conditions stationnaires	350	Ralenti	5 (b)
1b Transition	20	Transition linéaire	Transition linéaire
2a Conditions stationnaires (d)	280	Intermédiaire	50 (c)

▼B

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	Régime du moteur (a) (e)	Puissance (%) (e)
2b Transition	20	Transition linéaire	Transition linéaire
3a Conditions stationnaires	160	100 %	100 (c)
3b Transition	20	Transition linéaire	Transition linéaire
4 Conditions stationnaires	350	Ralenti	5 (c)

(a) Voir les points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
(b) Le % de la puissance à ce mode est relatif à la puissance nette au mode 3a.
(c) Le % de la puissance à ce mode est relatif à la puissance nette maximale au régime moteur commandé.
(d) Pour les moteurs utilisant un système de commande discret (c'est-à-dire des commandes de type à crans), le mode 2a est défini par le fonctionnement au cran le plus proche des valeurs prescrites pour le mode 2a, ou à 35 % de la puissance nominale.
(e) Progression d'un mode au suivant dans les 20 secondes 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.

Cycles d'essai de type G

Tableau des modes d'essai RMC-G1

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	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
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 points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
(b) Le % de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.
(c) Progression d'un mode au suivant dans les 20 secondes 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.

▼B

Tableau des modes d'essai RMC-G2

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	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	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 points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le % de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.
[c] Progression d'un mode au suivant dans les 20 secondes 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.

Cycle d'essai de type H

Tableau des modes d'essai RMC-H

Numéro mode RMC	Temps sur ce mode (secondes)	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 points 5.2.5, 7.6 et 7.7 de l'annexe VI pour la détermination des régimes d'essai requis.
[b] Le % de couple est relatif au couple maximal au régime moteur commandé.
[c] Progression d'un mode au suivant dans les 20 secondes 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.

▼B

Appendice 3

2.4.2.1 **Cycles d'essai en conditions transitoires (NRTC et LSI-NRTC)**

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	37	33	42	73	62	24
2	0	0	38	57	46	74	64	8
3	0	0	39	44	33	75	58	44
4	0	0	40	31	0	76	65	10
5	0	0	41	22	27	77	65	12
6	0	0	42	33	43	78	68	23
7	0	0	43	80	49	79	69	30
8	0	0	44	105	47	80	71	30
9	0	0	45	98	70	81	74	15
10	0	0	46	104	36	82	71	23
11	0	0	47	104	65	83	73	20
12	0	0	48	96	71	84	73	21
13	0	0	49	101	62	85	73	19
14	0	0	50	102	51	86	70	33
15	0	0	51	102	50	87	70	34
16	0	0	52	102	46	88	65	47
17	0	0	53	102	41	89	66	47
18	0	0	54	102	31	90	64	53
19	0	0	55	89	2	91	65	45
20	0	0	56	82	0	92	66	38
21	0	0	57	47	1	93	67	49
22	0	0	58	23	1	94	69	39
23	0	0	59	1	3	95	69	39
24	1	3	60	1	8	96	66	42
25	1	3	61	1	3	97	71	29
26	1	3	62	1	5	98	75	29
27	1	3	63	1	6	99	72	23
28	1	3	64	1	4	100	74	22
29	1	3	65	1	4	101	75	24
30	1	6	66	0	6	102	73	30
31	1	6	67	1	4	103	74	24
32	2	1	68	9	21	104	77	6
33	4	13	69	25	56	105	76	12
34	7	18	70	64	26	106	74	39
35	9	21	71	60	31	107	72	30
36	17	20	72	63	20	108	75	22

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
1 222	0	0
1 223	0	0
1 224	0	0
1 225	0	0
1 226	0	0
1 227	0	0
1 228	0	0
1 229	0	0
1 230	0	0
1 231	0	0
1 232	0	0
1 233	0	0
1 234	0	0
1 235	0	0
1 236	0	0
1 237	0	0
1 238	0	0

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
7	0	0
8	0	0
9	1	8
10	6	54
11	8	61
12	34	59
13	22	46
14	5	51
15	18	51
16	31	50
17	30	56
18	31	49
19	25	66
20	58	55
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
489	39	48
490	47	73
491	35	87
492	26	73
493	30	61

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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
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
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

▼B

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
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

Temps (s)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1 186	93	54
1 187	93	38
1 188	93	30
1 189	93	24
1 190	93	20
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
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
1 205	0	0
1 206	0	0
1 207	0	0
1 208	0	0
1 209	0	0