Commission européenne

CORDIS Results Pack sur l'intelligence artificielle et l'industrie

Une collection thématique des résultats de la recherche innovante financée par l'UE

Mai 2020

Booster l'industrie européenne

Recherche et innovation

Table des matières

3
Des drones assistés par IA pour les tâches de maintenance difficiles

5
Extraction robotisée des fibres d'amiante des bâtiments

7
Des robots assistés par IA pour accélérer la production de pièces métalliques et composites

9
Des matériaux abondants sur Terre pour catalyser la production d'énergie verte?

11
L'IA apporte plus d'autonomie aux travailleurs intelligents du futur

13
Recours à l'IA pour des compétences intelligentes et une fabrication zéro défaut

15
Un système intergiciel utilise l'IA pour coordonner la gestion énergétique des bâtiments

18
Renforcer la collaboration homme-machine dans les usines du futur

20
Une plateforme d'IA innovante pour stimuler l'efficacité énergétique et améliorer l'utilisation des ressources

22
Les essaims de capteurs ouvrent la voie à une exploration approfondie du monde

24
S'inspirer du monde animal pour poser les bases de robots plus résilients et plus adaptatifs

27
Déployer des solutions de maintenance conditionnelle prédictive reposant sur l'IA pour faire évoluer les processus de fabrication

29
Des robots intelligents qui joueront un rôle essentiel dans les usines du futur

Éditorial

Booster l'industrie européenne

L'intelligence artificielle (IA) et la robotique avancée ouvrent de nouveaux horizons dans tous les secteurs de l'industrie, en ce qui concerne à la fois le développement de nouvelles techniques de fabrication et la révolution de l'interaction entre les travailleurs humains et les outils automatisés. Ce Results Pack de CORDIS présente les premiers résultats innovants de treize projets Horizon 2020 en cours (ou récemment terminés) qui indiquent la voie à suivre pour l'intégration des applications basées sur l'IA dans l'industrie.

L'«industrie 5.0» est un terme qui s'est imposé ces dernières années, et sa définition la plus large désigne une évolution majeure de la production industrielle vers un état de coopération beaucoup plus étroite et imbriquée entre les hommes et les machines. Elle promet la création d'un nouvel environnement symbiotique avec une main-d'œuvre composée à la fois d'opérateurs humains et de collègues mécaniques de plus en plus autonomes et intelligents. Cette transition, fortement influencée par le développement phénoménal de la robotique avancée et de l'intelligence artificielle, devrait ouvrir un vaste champ d'occasions en or pour l'Europe.

Exploiter les avantages de l'IA

Depuis plus de deux siècles, l'industrie manufacturière et la production industrielle sont les piliers de la prospérité et de la croissance économiques de l'Europe. Et c'est dans ces usines que certaines des premières grandes innovations basées sur l'IA sont lancées et mises en œuvre.

L'introduction des procédés d'IA dans le secteur de la fabrication offre de nombreux avantages, tels que le développement de nouveaux procédés industriels pour les activités existantes et émergentes, l'amélioration de l'efficacité de la production et la redéfinition du rôle des travailleurs humains, ces derniers assumant de nouvelles fonctions et responsabilités afin de collaborer avec leurs collègues mécaniques dotés d'IA et de superviser leurs tâches (souvent répétitives). Il convient de souligner que l'utilisation des techniques d'IA et de réalité augmentée dans les usines promet de rendre les tâches accomplies par les humains moins dangereuses, moins monotones et moins épuisantes physiquement.

Faciliter la propagation de l'IA dans l'industrie manufacturière européenne

Toutefois, il reste encore beaucoup à faire pour remanier complètement l'industrie européenne puis l'adapter à ces nouvelles technologies et, par extension, à ces nouvelles opportunités, et ce, indépendamment du fait que l'Europe est déjà l'un des principaux leaders mondiaux dans le développement de l'IA.

Dès lors, la Commission européenne s'efforce de renforcer le leadership de l'Europe dans le domaine de l'IA, qu'elle considère comme un secteur d'importance stratégique et une source cruciale de croissance économique pour l'avenir. La Commission s'est employée à travailler en collaboration avec les États membres afin d'encourager une stratégie véritablement collaborative en matière d'IA, officialisée en 2018 par une communication intitulée «Artificial Intelligence for Europe», qui souligne également l'importance de l'IA dans le secteur européen de la fabrication. La Commission a aussi augmenté massivement les financements qu'elle accorde aux recherches portant sur l'IA dans le cadre du programme Horizon 2020, avec 1,5 milliard d'euros engagés pour la période 2018-2020, et elle continuera à financer la recherche et les applications dans ce domaine dans le cadre des programmes Horizon Europe et Digital Europe.

Treize projets pionniers

Ce Results Pack de CORDIS présente treize projets qui ont fait œuvre de pionniers dans le domaine des technologies d'IA destinées à l'industrie et à la fabrication.

Des drones assistés par IA pour les tâches de maintenance difficiles

Imaginez un drone équipé de bras articulés et d'un système d'intelligence artificielle le rendant apte à s'occuper des tâches de maintenance les plus inaccessibles, les plus complexes et les plus délicates. Comparez maintenant ce drone avec d'autres alternatives, et vous constaterez à quel point il permet une maintenance moins coûteuse, plus rapide et plus efficace. Vous venez de faire la connaissance d'une nouvelle génération de drones développés dans le cadre du projet AEROARMS.

© AEROARMS

Les drones AEROARMS ne sont pas des drones ordinaires. Ils offrent aux grandes raffineries qui exploitent des dizaines de milliers de kilomètres de tuyaux une solution unique pour prévenir la corrosion et les accidents. Les drones peuvent voler vers les structures les plus élevées, cartographier celles-ci, calculer l'épaisseur des parois des tuyaux grâce à leurs capteurs ultrasoniques, déployer des capteurs de contrôle non destructif (CND), et même effectuer d'importantes tâches de maintenance. Tout cela avec la promesse d'économiser jusqu'à 700 000 euros de frais d'inspection par raffinerie et par an.

La principale innovation du projet AEROARMS (AErial RObotic system integrating multiple ARMS and advanced manipulation capabilities for inspection and maintenance) réside dans

les premiers manipulateurs robotiques aériens intelligents au monde, constitués de bras articulés et de plateformes multi-poussées (rotors inclinés) qui peuvent exercer des forces dans toutes les directions. Grâce à leur IA avancée, les drones peuvent s'accrocher à un objet avec un bras tout en l'inspectant avec un autre. Leurs talents ont été démontrés avec succès dans des situations réelles, notamment des mesures de l'épaisseur des parois de tuyaux et de réservoirs.

Nous ciblons déjà de nouvelles applications dans l'agriculture, la recherche et le sauvetage, et même dans la logistique et le transport, où nos manipulateurs aériens intelligents pourraient apporter des livraisons directement aux personnes.

«Nous avons fait une démonstration des manipulateurs aériens dans une cimenterie du sud de l'Espagne et dans une raffinerie du nord de l'Allemagne. Les démonstrations ont consisté en l'installation de capteurs permanents dans des lieux inaccessibles ainsi que des mesures de l'épaisseur de parois, lesquelles sont très importantes pour évaluer l'effet de la corrosion et éviter les accidents dus aux fuites de gaz explosifs», explique Anibal Ollero, coordinateur du projet, professeur et chef du laboratoire de robotique, vision et contrôle de l'Université de Séville, en Espagne.

Il ne s'agit bien sûr que d'une illustration des capacités des drones. Ils peuvent être utilisés pour installer des capteurs de surveillance et des équipements de communication comme des antennes dans des sites inaccessibles ou, comme l'Université de Séville et le centre de technologie aérospatiale CATEC l'ont démontré dans le cadre du projet AEROBI, pour détecter et évaluer des fissures dans les piliers de pont en utilisant les capteurs à ultrasons placés dans l'actionneur situé à l'extrémité de leur bras. «C'est très pertinent si l'on considère la nécessité d'inspecter et d'évaluer le très grand nombre de ponts routiers et ferroviaires de l'Union européenne âgés de plus de 50 ans», déclare le Anibal Ollero.

Les drones peuvent voler de manière autonome pour la plupart des opérations, et un pilote de secours peut prendre le contrôle en cas d'urgence.

D'innombrables opportunités

Sept mois après la fin du projet, AEROARMS a été largement reconnu pour sa contribution à la consolidation de la manipulation aérienne en tant que nouveau domaine technologique dans lequel l'IA peut être appliquée. Il a donné lieu à plusieurs applications industrielles et à la création d'une start-up – Vertical Engineering Solutions (VES) – qui met actuellement au point une nouvelle version du système AEROX – l'un des drones du projet développé au CATEC – et a été invitée à en faire la démonstration aux États-Unis dans les prochains mois.

En décembre 2019, le projet de suivi AERIAL-CORE a été lancé pour repousser les limites de la robotique aérienne. «Le nouveau projet utilise l'intelligence artificielle pour augmenter le champ d'action et la sécurité des robots aériens. Il vise à mettre en œuvre l'IA dans l'inspection aérienne à longue distance (kilomètres), dans la manipulation aérienne, ainsi que dans le cadre d'interventions conjointes de robots aériens et de personnes travaillant en hauteur», explique Anibal Ollero. «Parallèlement, grâce à ma subvention avancée GRIFFIN du Conseil européen de la recherche (CER), les résultats d'AEROARMS sont utilisés pour développer une nouvelle génération de manipulateurs robotiques aériens bio-inspirés.»

Il semble que rien ne puisse arrêter la vague d'innovation inspirée par AEROARMS, et l'avenir pourrait réserver encore plus de surprises. Lorsqu'on lui demande s'il s'attend à ce que des applications soient développées pour d'autres marchés, Anibal Ollero répond par l'affirmative. «J'en suis persuadé. Nous ciblons déjà de nouvelles applications dans l'agriculture, la recherche et le sauvetage, et même dans la logistique et le transport, où nos manipulateurs aériens intelligents pourraient apporter des livraisons directement aux personnes sur leur lieu de travail, ou à la maison lorsqu'elles ne peuvent pas se déplacer.» Une idée très actuelle en effet, alors que la plupart des Européens sont confinés chez eux en attendant que la crise du coronavirus s'apaise.

PROJET
AEROARMS – AErial RObotic system integrating multiple ARMS and advanced manipulation capabilities for inspection and maintenance

COORDONNÉ PAR
Université de Séville, Espagne

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ICT

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/644271/fr

SITE WEB DU PROJET
aeroarms-project.eu

Extraction robotisée des fibres d'amiante des bâtiments

L'Europe a payé un lourd tribut à l'amiante, à laquelle plus de 100 000 décès ont été imputés. En première ligne dans la lutte pour éliminer l'amiante des bâtiments, les travailleurs du secteur de la construction pourraient bientôt trouver un allié sous la forme d'un système robotique piloté par IA.

© Kim Britten, Shutterstock

L'évolution constante et multiforme de la société a laissé très peu d'industries inchangées. Pour la plupart des secteurs, cela s'est traduit par une automatisation accrue. Pour la plupart, mais pas tous. Un secteur inflexible est resté largement fidèle à ses anciennes habitudes: le secteur de la construction.

Ces 200 dernières années, les mêmes tâches de construction répétitives, standardisées et physiquement éprouvantes ont été effectuées par des travailleurs de leurs propres mains. Mais cela pourrait bientôt changer, car des voix émergentes – dont certaines ont décidé de s'unir dans le cadre du projet Bots2ReC (Robots to Re-Construction) – insistent pour que le secteur s'ouvre à l'automatisation.

Le raisonnement qui sous-tend Bots2ReC est simple: certaines tâches sont tout simplement trop dangereuses pour être accomplies par l'homme, et des machines pourraient facilement le remplacer. «Outre l'exposition, certains procédés ou les matériaux manipulés dans le cadre de ces procédés génèrent des risques pour la santé sous la forme de poussière, de vibrations, de bruit ou de substances toxiques. C'est précisément pour ces tâches que nous pourrions retirer de grands avantages – et

montrer le potentiel énorme – de l'automatisation pour réaliser des améliorations socio-écologiques durables», déclare Tobias Haschke, coordinateur du projet au nom de l'Université RWTH d'Aix-la-Chapelle.

Adapté aux besoins du secteur de la construction

Pour permettre cette automatisation, le consortium du projet a d'abord dû surmonter des obstacles liés à la nature du secteur de la construction. Alors que la plupart des industries opèrent dans un environnement défini, l'industrie de la construction a historiquement dû faire face à un environnement en constante évolution avec des règles et des procédures variables. Comme l'explique Tobias Haschke: «La clé du succès réside dans la maîtrise technique de cette évolution constante.»

Des développements récents dans le domaine de l'informatique, des systèmes de stockage et des capteurs ont été des facteurs clés qui ont mis Bots2ReC en mouvement. Ils ont permis l'introduction de solutions semi-autonomes grâce à la gestion mobile de la complexité de l'environnement.

L'IA combine un format de données léger adapté à la représentation de l'environnement avec un module de planification complexe. En conséquence, elle peut fournir un système évolutif en termes de taille du parc robotique et s'adapte automatiquement aux plans d'étage disponibles.

Sur une période de trois ans, l'équipe du projet a développé un système robotisé capable de gérer le désamiantage sur les chantiers de construction. «Le robot procède à un désamiantage complet, et non pas seulement morceau par morceau. Grâce à ses capacités en matière d'IA, il est également parfaitement adapté pour une utilisation dans des conditions réelles», explique Tobias Haschke. «L'IA combine un format de données léger adapté à la représentation de l'environnement avec un module de planification complexe. En conséquence, elle peut fournir un système évolutif en termes de taille du parc robotique et s'adapte automatiquement aux plans d'étage disponibles.»

La plupart des tests du projet Bots2ReC ont été effectués avec un disque abrasif pour refléter le processus réel de désamiantage. Cela a permis à l'équipe de comprendre puis de contrôler les mécanismes complexes de cette interaction. En outre, il a été vérifié que le système pouvait être utilisé dans des bâtiments résidentiels normaux, et des tests ont été réalisés dans différentes constellations de pièces et de plans d'étage. Les résultats sont prometteurs, l'accessibilité de base atteignant près de 90 % des surfaces murales d'une habitation standard. Une comparaison directe avec le travail manuel est toujours en cours et sera mise en œuvre dans le cadre du suivi du projet.

La plus grande réalisation

«Selon moi, notre plus grande réalisation est le robot lui-même. Sa conception et son mode de fonctionnement sont adaptés aux exigences du secteur de la construction, et sa méthode de conception est unique. Cela se traduit par une hauteur de plafond traitable de 3 m, qui est simultanément associée à une charge utile de 20 kg pour le bras et à une alimentation électrique continue via le système tandem mobile et omnidirectionnel», explique Tobias Haschke.

Le projet a déjà suscité l'attention du secteur de la construction, tant pour son système robotique complet que pour ses composants. Bien que le projet Bots2ReC se soit achevé en novembre 2019, l'équipe examine depuis lors les possibilités de développements ultérieurs des processus d'abrasion, de la logique de planification et de la technologie radar. Il existe déjà une demande pour ces produits et ils devraient être commercialisés dans les deux prochaines années. «Nous sommes particulièrement fiers des produits qui ont été découplés au cours du projet et qui sont déjà disponibles sur le marché sous la forme de deux robots mobiles chez Robotnik Automation SLL et de divers capteurs radar améliorés de la société Indurad GmbH», note Tobias Haschke.

En mettant l'accent sur l'amiante, Bots2ReC est bien placé pour réduire le fardeau sanitaire qui pèsera à l'avenir sur les travailleurs. Il ne fait aucun doute que le coût de la technologie sera facilement compensé par l'ampleur de ses avantages sociaux et de son efficacité économique. Le projet pourrait être adapté à l'élimination d'autres produits dangereux, tels que la peinture au plomb.

PROJET
Bots2ReC – Robots to Re-Construction

COORDONNÉ PAR
Université RWTH d'Aix-la-Chapelle, Allemagne

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ICT

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/687593/fr

SITE WEB DU PROJET
bots2rec.eu

Des robots assistés par IA pour accélérer la production de pièces métalliques et composites

Des robots améliorés sur le plan cognitif ont récemment été testés dans des scénarios de production de pièces métalliques et composites, et leurs performances pourraient avoir une influence déterminante sur le secteur. Contrôlés par IA, ces robots autonomes et collaboratifs réduisent le temps de production et peuvent même apprendre de leurs expériences.

La différence majeure entre les robots actuels et leur lignée future, inspirée de la science-fiction, peut se résumer en deux mots: informatique cognitive. C'est la même limitation qui empêche aujourd'hui la plupart des robots utilisés sur les lignes de production d'effectuer autre chose que des opérations répétitives. En surmontant celle-ci, on pourrait obtenir un temps de production plus rapide et des coûts réduits.

Le projet COROMA (Cognitively enhanced robot for flexible manufacturing of metal and composite parts) a relevé ce défi de front en développant un robot «cognitivement amélioré» destiné spécifiquement à la production de pièces métalliques et composites. Capable de comprendre son environnement et d'en tirer des enseignements, ce robot utilise ses capacités de raisonnement

© sdecoret, Shutterstock

et de détection intégrées pour être plus performant que ses homologues – de manière autonome.

«Notre robot s'appuie sur des techniques de compréhension de scènes basées sur la vision pour naviguer dans un atelier encombré et trouver les pièces qui doivent être fabriquées», explique Asier Barrios, chercheur à IDEKO et coordinateur du projet COROMA. «Il peut fonctionner en coopération avec les humains, exploiter le même savoir-faire du processus de fabrication et imiter la façon dont nous apprenons au moyen de capteurs et d'algorithmes d'apprentissage automatique.»

Notre robot s'appuie sur des techniques de compréhension de scènes basées sur la vision pour naviguer dans un atelier encombré et trouver les pièces qui doivent être fabriquées.

Prenons l'exemple du broyage, une étape essentielle dans de nombreux processus industriels qui consiste à briser mécaniquement des matériaux en fines granules. Le robot COROMA comprend parfaitement le processus d'usure d'une machine de broyage. Il prédit les moments où des vibrations indésirables peuvent se produire sur la base d'expériences antérieures, apprend comment certaines zones de certains types de pièces sont plus susceptibles de présenter des défauts et les inspecte en premier lieu pour gagner du temps.

Combiner des solutions d'autonomie basées sur l'IA

Interrogé sur ce qu'il considère comme l'aspect le plus innovant du projet, Asier Barrios souligne la combinaison de différentes solutions de renforcement de l'autonomie basées sur l'intelligence artificielle. «Ceci est vrai tant du point de vue du processus de fabrication que de celui de l'interaction homme-robot. Notre solution permet aux robots de fournir de meilleures performances, une productivité accrue et une meilleure qualité des pièces, tout en offrant une plus grande adaptabilité à l'évolution des environnements et des besoins de production. Il en résulte également un accroissement de la sécurité, de la mobilité et des fonctions de compréhension de scènes», dit-il.

Pour tester ses robots en action, l'équipe du projet a effectué des démonstrations de prototypes dans des environnements opérationnels et des ateliers reproduisant les sites des usines. Ils ont utilisé de vraies pièces provenant des secteurs de l'aérospatiale, de la marine et de la production d'énergie, et ont fait exécuter diverses tâches aux robots. «Les robots ont rectifié des pièces de moteurs d'avion, ébavuré et meulé des tubes et des râteliers pour le stockage de combustible nucléaire et inspecté des buses de générateurs de vapeur en utilisant la technologie ultrasonique. Ils ont également poncé des moules pour fabriquer la coque de grands bateaux en fibre de verre et usiné des pièces composites pour les profils de bateaux et d'avions», explique Asier Barrios.

Les résultats ont été exceptionnels. Grâce à l'IA et la mécatronique intégrées dans le robot, son temps de programmation a été réduit de 38 % à 98 %. Dans certains scénarios, la durée totale de fabrication a été réduite jusqu'à 60 %, tandis que le temps nécessaire pour mettre en place la fabrication de nouvelles pièces a été abaissé jusqu'à 85 %.

Grand intérêt du marché

Le projet COROMA s'est achevé avec succès en septembre 2019, mais les travaux se poursuivent. Certains résultats sont déjà commercialisés par les partenaires du projet sous forme de solutions autonomes, telles que des logiciels de saisie robotique et du matériel de localisation d'objets par laser.

«Plusieurs partenaires du projet travaillent à l'exploitation de la solution COROMA complète pour le meulage de pièces métalliques et le ponçage de grands moules pour les composites. Certaines tierces parties aimeraient en effet les commercialiser sous la forme de solutions clés en main. En outre, nous sommes encore en phase de certification pour certaines technologies, comme le module de sécurité, et d'autres sont en cours de perfectionnement en vue d'une commercialisation par des tiers. Parmi ces technologies figurent la prédiction d'un usinage robotisé stable, l'apprentissage de l'usure des outils de broyage et l'apprentissage tout au long de la vie des caractéristiques les plus susceptibles de générer des défauts de pièces métalliques et composites pour le contrôle non destructif», conclut Asier Barrios.

PROJET
COROMA – Cognitively enhanced robot for flexible manufacturing of metal and composite parts

COORDONNÉ PAR
IDEKO, Espagne

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ADVMANU

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/723853/fr

SITE WEB DU PROJET
coroma-project.eu

Des matériaux abondants sur Terre pour catalyser la production d'énergie verte?

Le projet CritCat a peut-être fait d'une pierre deux coups. En remplaçant des métaux rares par des matériaux abondants sur Terre dans les réactions catalytiques, son équipe propose une voie vers une empreinte carbone réduite et un coût de production moins élevé pour l'industrie chimique, tout en augmentant la viabilité des nouvelles technologies de conversion de l'énergie.

C'est l'un des plus grands paradoxes de la société: la volonté politique d'économiser les ressources et de préserver le climat alors que les technologies les plus populaires sont gourmandes en énergie et dépendent de ressources et de matériaux rares. Les smartphones et leur dépendance aux métaux de terres rares en sont un exemple courant. Mais il en va de même pour les catalyseurs – des substances qui augmentent la vitesse des réactions chimiques et qui s'avèrent constituer la clé des technologies de conversion de l'énergie verte.

Le problème des catalyseurs était au cœur du projet CritCat (Towards Replacement of Critical Catalyst Materials by Improved Nanoparticle Control and Rational Design). Son objectif: remplacer les métaux critiques rares utilisés dans la catalyse hétérogène et électrochimique (généralement des métaux du groupe du platine (MGP)) par des matériaux disponibles en abondance sur Terre. Pendant trois ans, le consortium du projet a examiné les propriétés de nanoparticules ultra-petites de métaux de

© Antoine2K, Shutterstock

transition (MT) pour favoriser des technologies émergentes de conversion de l'énergie.

Pour ce faire, l'équipe a successivement décomposé l'eau en hydrogène et en oxygène pour identifier les alternatives aux MGP catalytiques parmi les métaux de transition, a synthétisé des échantillons, les a caractérisés et les a utilisés dans des réactions chimiques de référence pour mesurer leur activité catalytique. Enfin, ils ont développé des prototypes d'électrolyseurs à partir des candidats les plus prometteurs pour étudier leurs performances.

La fin des expérimentations par tâtonnements ?

Le caractère innovant du projet ne réside toutefois pas uniquement dans l'identification de nouveaux matériaux moins coûteux. Au lieu d'utiliser le processus traditionnel d'expérimentations par tâtonnements en laboratoire, l'équipe a opté pour l'intelligence artificielle et les simulations informatiques, sous la forme d'une plateforme de modélisation des matériaux pour la conception de catalyseurs.

«Nous fournissons un écosystème complet allant des simulations de structures électroniques (théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT)) aux réactions réelles, et nous incorporons des algorithmes d'apprentissage automatique pour rationaliser et traiter des surfaces d'énergie potentielle (SEP) complexes pour l'énergétique de réaction», explique Jaakko Akola, coordinateur de CritCat au nom de l'Université de Tampere.

Il poursuit : «La plateforme nécessite d'abord des données d'entrée issues de la DFT, afin que les algorithmes puissent être formés pour prédire les SEP. L'étape suivante consiste à introduire d'autres algorithmes d'apprentissage automatique pour identifier les propriétés caractéristiques (descripteurs) qui sont intimement liées à l'activité catalytique. À mesure que la base de données DFT s'accroît, la capacité de la plateforme à prédire les propriétés des nouveaux matériaux augmente également.»

Vers des solutions énergétiques basées sur l'hydrogène

Le prototype d'électrolyseur du projet est une étape importante vers la production d'énergie verte à base de matériaux disponibles en abondance sur Terre. Il pourrait éventuellement résoudre, par exemple, le problème du caractère intermittent de l'approvisionnement en énergie solaire/éolienne en convertissant l'électricité en hydrogène.

La plateforme de modélisation du projet, quant à elle, n'a pas non plus encore révélé tout son potentiel. Premièrement – bien que la plateforme de modélisation ne soit pas encore plus efficace que l'expérimentation par tâtonnements –, il est très prometteur que sa capacité de prédiction augmente à mesure que la base de données des matériaux étudiés est alimentée et que les outils d'apprentissage automatique se développent. Les connaissances chimiques acquises peuvent également être réutilisées ultérieurement, ce qui n'est pas le cas dans le cadre d'une méthode d'expérimentation par tâtonnements.

La plateforme nécessite d'abord des données d'entrée issues de la DFT, afin que les algorithmes puissent être formés pour prédire les SEP. L'étape suivante consiste à introduire d'autres algorithmes d'apprentissage automatique pour identifier les propriétés caractéristiques (descripteurs) qui sont intimement liées à l'activité catalytique.

Deuxièmement, l'équipe n'a fait qu'effleurer la surface des applications potentielles, comme le souligne Jaakko Akola: «La plateforme a été conçue avant tout pour la réaction de dégagement d'hydrogène (HER), qui est pertinente pour la production d'énergie hydrogène par décomposition de l'eau. Cependant, notre objectif a été de produire une infrastructure de modélisation qui peut être facilement appliquée à d'autres réactions chimiques – tant en phase gazeuse qu'en électrochimie.»

C'est précisément ce sur quoi l'équipe du projet travaille depuis la fin du projet CritCat en juin 2019. Elle travaille actuellement sur des catalyseurs et des prototypes de dispositifs destinés aux piles à combustible, ainsi que sur la conversion du CO_2 en carburants synthétiques.

PROJET
CritCat – Towards Replacement of Critical Catalyst Materials by Improved Nanoparticle Control and Rational Design

COORDONNÉ PAR
Université de Tempere, Finlande

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ADVMAT

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/686053/fr

SITE WEB DU PROJET
critcat.eu

L'IA apporte plus d'autonomie aux travailleurs intelligents du futur

L'intelligence artificielle peut être exploitée pour conférer plus d'autonomie aux travailleurs dans les usines intelligentes du futur. Des chercheurs de l'UE ont mis au point des outils, notamment des algorithmes évolutifs, pour optimiser la répartition des tâches et faire en sorte que le personnel puisse réaliser pleinement son potentiel professionnel.

Des solutions d'intelligence artificielle développées dans le cadre du projet Factory2Fit (Empowering and participatory adaptation of factory automation to fit for workers) ont été conçues pour permettre aux salariés d'avoir une plus grande influence sur leur travail et d'assumer une plus grande responsabilité dans leur propre apprentissage et le développement de leurs compétences. Des solutions finales ont été testées dans des environnements industriels et ont démontré l'impact positif que l'IA peut avoir à la fois sur la productivité et le bien-être des travailleurs.

Depuis l'achèvement du projet, certains de ces outils, tels qu'un système de partage des connaissances, ont été intégrés par les partenaires industriels du projet, tandis que les partenaires de recherche étudient actuellement d'autres opportunités d'application.

© Quality Stock Arts, Shutterstock

«Une leçon importante tirée de ce projet est le fait que lorsque l'on augmente l'automatisation dans les usines, les technologies doivent être intégrées en douceur à l'expertise humaine», explique Eija Kaasinen, coordinatrice du projet chez VTT en Finlande. «Pour être acceptées et largement adoptées par les utilisateurs, les nouvelles solutions doivent tenir compte des caractéristiques, des compétences et des préférences de chaque travailleur.»

Des solutions centrées sur l'homme

Les usines intelligentes utilisent les technologies TIC pour planifier, surveiller et contrôler la production. Cela permet de réaliser des gains en termes d'efficacité opérationnelle, de répondre aux besoins individuels des clients et de fournir aux travailleurs des emplois plus spécialisés. Toutefois, étant donné les préoccupations croissantes concernant l'impact de l'automatisation sur l'emploi, il est essentiel de donner la priorité aux solutions industrielles centrées sur l'homme.

À cet égard, il est de plus en plus admis que la technologie ne doit pas être considérée comme une menace, mais plutôt comme une opportunité de reconcevoir les environnements de travail en tenant compte des travailleurs en tant qu'individus qualifiés. Tel était le concept global du projet Factory2Fit.

«Notre objectif était de piloter des solutions industrielles centrées sur l'homme, d'améliorer les flux de travail et de faire participer les travailleurs», explique Eija Kaasinen. «Toute solution d'usine intelligente doit garder à l'esprit que la technologie elle-même n'est pas intelligente; c'est la combinaison d'une technologie avancée et de connaissances pratiques humaines qui est intelligente.»

Le projet Factory2Fit a débuté par l'observation des travailleurs et d'autres experts industriels, suivie d'entretiens, afin d'obtenir une compréhension approfondie de leurs besoins et de leurs attentes. Les travailleurs des sociétés pilotes ont participé à de nombreuses activités de co-conception et d'évaluation. Les partenaires du projet ont ensuite développé des outils, conçus pour aider les salariés à réaliser leur potentiel sur le lieu de travail.

Des outils intelligents pour des salariés qualifiés

Parmi les outils qui ont fait leurs preuves, citons une solution intelligente de répartition des tâches, développée dans le cadre d'un système plus large d'aide à la décision destiné à aider les superviseurs d'usine à distribuer la charge de travail. L'outil utilise un algorithme évolutif qui prend en compte de nombreux critères tels que les compétences, les capacités et les préférences personnelles des travailleurs. Le Worker Feedback Dashboard, un tableau de bord synthétisant les retours d'expérience des travailleurs, a également été établi afin de fournir des informations personnelles sur les accomplissements et le bien-être des salariés.

Un certain nombre de solutions ont également été élaborées pour aider les travailleurs à influer sur leur propre travail. Une usine virtuelle, par exemple, a été construite pour tester et développer des idées lors de sessions de co-conception avec les travailleurs et d'autres membres de la communauté de travail. De nouvelles techniques de ludification ont également été exploitées pour encourager le partage des connaissances. Ces outils peuvent être utilisés dans des contextes industriels et des environnements de travail très variés.

«Ces solutions qui visent à impliquer la communauté de travail, en incluant notamment le partage des connaissances, la formation et des systèmes de conception participative, ont été testées auprès des partenaires industriels Continental (plus tard CPT Group GmbH), Prima Power et UTRC», explique Eija Kaasinen. «Les projets pilotes se sont révélés très fructueux, 93 % des utilisateurs industriels s'étant montrés favorables à l'adoption des solutions. Cela indique que les salariés sont prêts à jouer un rôle plus actif dans la conception de leur propre travail. Une communauté de travail motivée est flexible et bien préparée aux changements, car les salariés se sentent responsables, non seulement de leurs performances quotidiennes, mais aussi de l'avenir de l'entreprise. Lorsque les gens peuvent influer sur leur travail, ils considèrent celui-ci comme plus important.»

Les nouvelles solutions doivent tenir compte des caractéristiques, des compétences et des préférences de chaque travailleur.

PROJET
Factory2Fit – Empowering and participatory adaptation of factory automation to fit for workers

COORDONNÉ PAR
VTT, Finlande

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ADVMANU

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/723277/fr

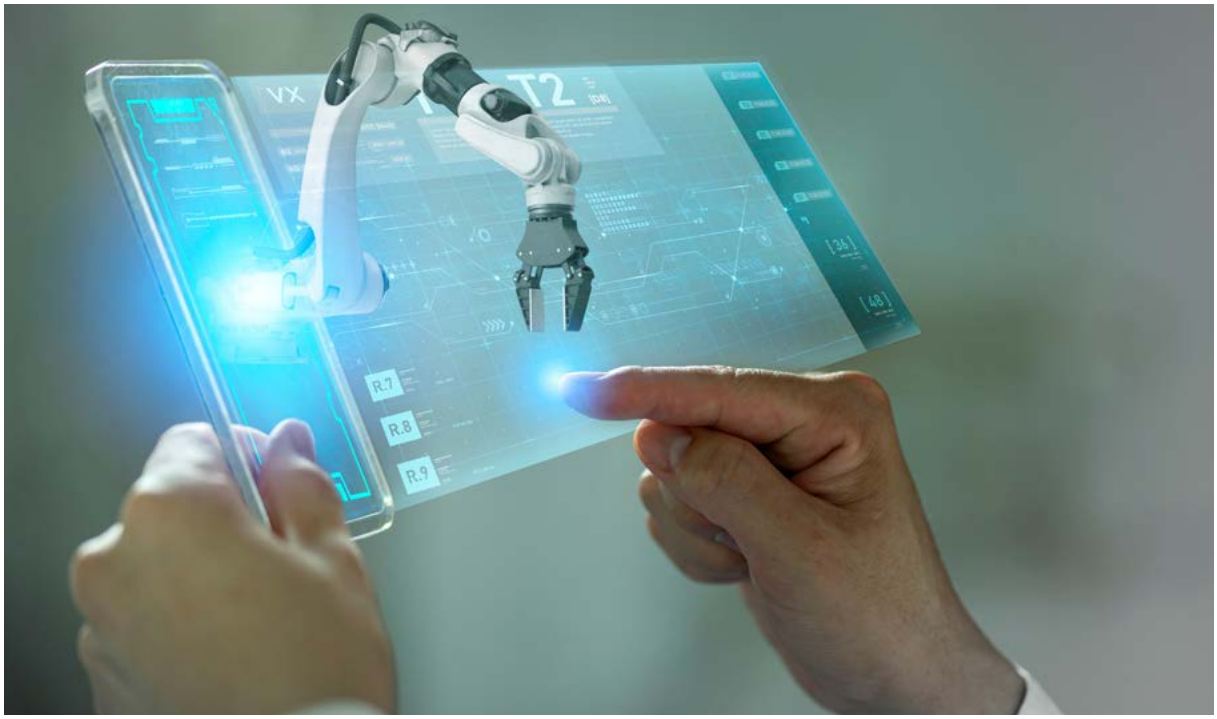
SITE WEB DU PROJET
factory2fit.eu

Recours à l'IA pour des compétences intelligentes et une fabrication zéro défaut

Des chercheurs de l'UE ont démontré qu'une architecture de fabrication zéro défaut intégrant l'intelligence artificielle peut apporter de réels avantages dans toute une série de secteurs. Les réactions des partenaires industriels concernés ont été très positives, et deux demandes de brevet pour des outils d'inspection intelligents ont été déposées.

«Un avantage majeur est que l'architecture que nous avons conçue est suffisamment générale pour être appliquée à des processus de fabrication très différents, allant de la production de masse à la production par lots», explique Cristina Cristalli, coordinatrice du projet GOOD MAN (aGent Oriented Zero Defect Multi-stage mANufacturing) de Loccioni – AEA en Italie. «Des algorithmes robustes, des capteurs et des systèmes multi-agents ont été construits pour fonctionner sur des ensembles de données non idéales et avec différentes machines, afin de refléter les conditions réelles dans une véritable usine.»

L'architecture GOOD MAN et ses composants ont été déployés avec succès dans trois études de cas industriels: chez Volkswagen Autoeuropa, Zannini et Electrolux. Chaque étude de cas a



© thinkhubstudio, Shutterstock

nécessité un degré de personnalisation et de configuration en fonction des processus et objectifs spécifiques. «Chez Volkswagen Autoeuropa, les systèmes ont fonctionné en continu pendant plus d'un an, recueillant et analysant des données en temps réel sur la production de plus de 140 000 voitures», explique Cristina Cristalli.

L'IA dans les processus industriels

La fabrication en plusieurs étapes est la structure la plus courante des systèmes de production modernes. Elle fait intervenir de nombreux processus qui sont exécutés en série, parfois en parallèle, pour réaliser une séquence d'opérations nécessaires à la production ou à l'assemblage d'un produit. Cette structure est typique de nombreux secteurs, de l'automobile à la fabrication d'appareils électroménagers et de l'aérospatiale à l'électronique grand public.

La qualité globale de tout produit final dépend de la performance de chacun de ces processus individuels. De plus, la performance des processus en aval peut être affectée par des déviations en amont. Les usines de fabrication modernes doivent donc être comprises non seulement en termes de processus individuels, mais aussi en termes de relations entre ces processus.

«La bonne nouvelle, c'est que les usines numérisées modernes créent une énorme quantité de données en temps réel», dit Cristina Cristalli. «Nous pouvons observer les corrélations de processus et construire des modèles de données pour mettre en œuvre des stratégies de contrôle innovantes basées sur l'intelligence artificielle, et ce afin de prévenir les défauts et de maintenir les performances globales du système. Cependant, même si ces concepts sont largement discutés au niveau académique, il n'y a toujours pas de preuves qu'une telle approche puisse être mise en œuvre efficacement.»

L'objectif du projet GOOD MAN, financé par l'UE, était donc de déplacer cette discussion académique vers des applications industrielles. «Dès le début, nous avons été très clairs sur les exigences de l'utilisateur final», ajoute Cristina Cristalli. «Nous avons investi beaucoup d'efforts et de temps dans le développement de technologies qui sont prêtes à être généralisées et faciles à déployer dans l'environnement de fabrication.»

Des outils intelligents pour une fabrication qualifiée

Un autre aspect clé a été l'intégration de différentes technologies développées, afin de proposer l'architecture et la méthodologie GOOD MAN en tant que nouvelle approche du contrôle de la qualité. La collecte de données en temps réel et le diagnostic des défauts ont été effectués à chaque niveau de processus, ainsi qu'entre les processus afin d'avoir une idée plus précise des corrélations entre les étapes. Cela a été réalisé en combinant le contrôle des processus et de la qualité dans une architecture de système distribué grâce à des systèmes multi-agents (SMA), qui permettent de distribuer des renseignements et des algorithmes d'analyse de données par un réseau de nœuds intelligents distribués.

Nous avons investi beaucoup d'efforts et de temps dans le développement de technologies qui sont prêtes à être généralisées et faciles à déployer dans l'environnement de fabrication.

Plusieurs outils d'inspection intelligents ont également été développés au cours de ce projet de trois ans. «Deux d'entre eux ont mené à deux demandes de brevet par l'Université polytechnique des Marches», note Cristina Cristalli. La première concerne un scanner laser portable basé sur un smartphone pour aider les opérateurs lors de l'assemblage des carrosseries automobiles. Ce scanner permet d'améliorer leur capacité de mesure et de les intégrer pleinement dans la chaîne de production.

«Cela concrétise le concept de l'humain dans la boucle, qui est important pour éviter que l'automatisation n'ait un impact négatif sur la main-d'œuvre», explique Cristina Cristalli. La deuxième innovation porte sur un système de vision télécentrique pour la détection des bavures dans les pièces métalliques tournées. Les deux systèmes ont satisfait aux exigences de mise en œuvre industrielle.

PROJET
GOOD MAN – aGent Oriented Zero Defect Multi-stage mANufacturing

COORDONNÉ PAR
AEA srl, Italie

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ADVMANU

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/723764/fr

SITE WEB DU PROJET
go0dman-project.eu

Un système intergiciel utilise l'IA pour coordonner la gestion énergétique des bâtiments

Que faire si un bâtiment n'est pas aussi économe en énergie qu'il devrait l'être ? Une nouvelle plateforme open-source de gestion de l'énergie des bâtiments utilise l'intelligence artificielle pour diagnostiquer et résoudre les problèmes.

© HIT2GAP project

De nos jours, les bâtiments sont soigneusement conçus pour être efficaces sur le plan énergétique. Pourtant, ils n'ont pas toujours les performances attendues. Cette différence est appelée écart de performance énergétique.

La construction peut être inexacte, ce qui fait apparaître des lacunes et autres défauts involontaires. En outre, l'efficacité des systèmes de ventilation et de contrôle de la température laisse parfois à désirer une fois qu'ils ont été installés. Les occupants des bâtiments peuvent également se comporter de manière imprévisible.

C'est une plateforme de constructeurs, un peu comme le système d'exploitation de l'iPhone, où les développeurs peuvent créer des logiciels pour la plateforme afin de répondre à leurs propres besoins.

Il n'est pas simple de faire en sorte que les bâtiments écoénergétiques fonctionnent comme prévu. Le projet HIT2GAP (Highly Innovative building control Tools Tackling the energy performance GAP), financé par l'UE, a développé une nouvelle plateforme de gestion énergétique des bâtiments qui tient compte des facteurs de complication pour réduire l'écart de performance. Le système, qui comprend des modules basés sur des algorithmes d'intelligence artificielle (IA) et des techniques telles que l'exploration de données et la découverte de connaissances, se concentre sur la phase opérationnelle de la vie d'un bâtiment, c'est-à-dire la longue période après la construction et avant le démantèlement pendant laquelle des locataires occupent le bâtiment. Le projet a développé un nouveau paradigme pour la construction de plateformes de gestion de l'énergie et a commercialisé le produit qui en résulte.

Une plateforme intergicielle et son magasin de modules

Le système est une plateforme intergicielle open-source appelée BEMServer. Cette plateforme reçoit des informations mesurées par les systèmes de gestion des bâtiments et d'autres infrastructures de capteurs. Après un traitement centralisé, divers modules spécialisés accèdent aux données et fournissent des informations exploitables aux gestionnaires et aux occupants des bâtiments. Par exemple, les modules peuvent identifier des défauts ou des réglages inappropriés sur les équipements du bâtiment ou signaler des comportements d'utilisateurs peu efficaces sur le plan énergétique.

Tous les modules se connectent au BEMServer. Ils peuvent échanger des informations avec d'autres modules, ce qui rend possible de nouveaux ensembles de données et des analyses combinées et donc de nouveaux services avancés.

Des modules créés par l'utilisateur

La particularité du projet HIT2GAP réside dans le fait que les modules peuvent être créés par des développeurs tiers. BEMServer étant délibérément open-source, les développeurs n'ont pas à recréer les fonctionnalités de base de l'intergiciel. Pascale Brassier, coordinatrice du projet, explique: «C'est une plateforme de constructeurs, un peu comme le système d'exploitation de l'iPhone, où les développeurs peuvent créer des logiciels pour la plateforme afin de répondre à leurs propres besoins.»

Le système peut donc être modifié et amélioré, et restera à jour vis-à-vis des technologies émergentes. Les systèmes fonctionnant sur une base totalement commerciale n'ont pas cette flexibilité.

Dans le cadre du concept HIT2GAP, les utilisateurs paient uniquement pour les modules et non pour l'intergiciel BEMServer.

L'IA pour modéliser les informations du bâtiment

Certains modules utilisent des algorithmes d'IA, notamment le module FDD-PCA (Fault Detection and Diagnosis – Principal Component Analysis) qui utilise l'accès aux données intégrées du projet HIT2GAP pour offrir des capacités de surveillance améliorées qui évaluent le comportement des bâtiments par rapport au fonctionnement normal. Si le module détecte un défaut, il est possible d'isoler celui-ci et de localiser les variables qui en sont à l'origine, ce qui permet aux équipes de maintenance d'identifier plus facilement les causes ou d'expliquer pourquoi le défaut est apparu. Parallèlement, le système de détection et de diagnostic des défauts (FDD) utilise des méthodes basées sur l'apprentissage automatique qui analysent en permanence les données chronologiques du BEMServer et envoient un message aux opérateurs du bâtiment si des anomalies sont détectées.

Enfin, un autre module utilisant l'IA, ENIXO, est une application qui produit des recommandations sur les situations de gaspillage d'énergie dans l'ensemble du système et envoie des messages aux gestionnaires d'installations et autres utilisateurs ciblés en utilisant le raisonnement sémantique.

«Jusqu'à présent, 12 modules ont été livrés», indique Pascale Brassier. «La plateforme BEMServer a été déployée sur quatre sites pilotes: en France, en Irlande, en Pologne et en Espagne.» Chaque pilote a sélectionné les modules les plus pertinents pour ses besoins et pour les différents problèmes rencontrés dans son bâtiment.

BEMServer a fonctionné comme prévu, en connectant les bâtiments aux modules de gestion de l'information. Lors des tests, le système a correctement fourni de nombreux avertissements et alertes et a aidé les gestionnaires des bâtiments à prendre des décisions. La documentation relative au système, et à la plupart des modules, a été mise à la disposition des développeurs.

Les prochaines étapes pour BEMServer

À présent, l'équipe prévoit de développer d'autres scénarios de démonstration et d'étendre la plateforme BEMServer grâce à des fonctions nouvelles ou améliorées, y compris des fonctionnalités de base supplémentaires basées sur l'IA. Les développements futurs se concentreront sur des fonctions de prétraitement avancées capables de détecter et de corriger les erreurs de données en assurant un niveau minimum de qualité.

L'équipe prévoit également d'améliorer l'expérience des utilisateurs, notamment en mettant à jour les fonctions administratives et autres. Bientôt, une deuxième version, plus commerciale, sera mise sur le marché.

PROJET
HIT2GAP – Highly Innovative building control Tools Tackling the energy performance GAP

COORDONNÉ PAR
NOBATEK/INEF4, France

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ADVMANU

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/680708/fr

SITE WEB DU PROJET
hit2gap.eu

Renforcer la collaboration homme-machine dans les usines du futur

L'analyse de données et la réalité augmentée vont faciliter la coopération entre l'homme et la machine dans les sites de fabrication du XXIe siècle. Un projet financé par l'UE se trouve à l'avant-garde de cette métamorphose industrielle.

L'avenir de la fabrication dépendra de l'évolution de la relation entre les hommes et les machines, comme les robots, notamment dans la conception et la création de produits hautement spécialisés et personnalisables.

En développant des technologies et des systèmes pour soutenir la conception et le fonctionnement des sites de fabrication qui favorisent la collaboration entre l'homme et d'autres opérateurs et les machines, le projet MANUWORK (Balancing Human and Automation Levels for the Manufacturing Workplaces of the Future) se trouve au cœur de cette mission de coopération.

Le projet a conçu: une méthode de calcul pour optimiser les niveaux d'automatisation humaine dans l'équilibrage des charges

© PaO_STUDIO, Shutterstock

de travail; un cadre pour l'évaluation de la satisfaction, de la sécurité et de la santé des travailleurs; un système pour le réseautage social industriel dans le secteur manufacturier; et une solution pour faciliter l'utilisation de la réalité augmentée (RA) dans les sites de fabrication.

Les travailleurs ne devraient pas seulement être capables de collaborer physiquement avec une machine, ils devraient également être en mesure de traiter avec la contrepartie numérique d'une machine, ce que l'on appelle son "jumeau numérique".

«À l'aube de l'industrie 4.0 qui demande des machines plus complexes et une technologie d'automatisation sur les lieux de fabrication, il est essentiel que toutes les technologies et tous les processus nécessaires soient en place pour que l'homme et l'automatisation puissent tirer parti de leurs points forts respectifs», explique Kosmas Alexopoulos, coordinateur de MANUWORK et ingénieur de recherche au laboratoire des systèmes de fabrication de l'Université de Patras.

Une nouvelle réalité

Les projets pilotes de MANUWORK ont été testés avec des technologies portables et la RA appliquée à l'interaction homme-robot. L'objectif principal était d'aider les opérateurs dans leurs activités quotidiennes, en ajoutant du texte, des hologrammes ou des objets virtuels à l'image visuelle du monde réel, créant ainsi une image en RA.

Un objet virtuel peut indiquer au travailleur humain l'endroit où une nouvelle pièce s'insère le mieux dans un outil de pliage de métal. Dans ce cas, l'application de RA adapte ses fonctionnalités au profil et au niveau de compétence de l'opérateur et lui propose une formation et une orientation tout au long du processus. La RA est également utilisée pour l'analyse visuelle interactive des opérations entre les humains et les robots, montrant aux humains les zones interdites sur la trajectoire d'un robot pour éviter les accidents.

Un autre cas d'utilisation du projet se concentre sur les travailleurs souffrant de handicaps cognitifs. «Dans ce cas précis, un robot et la RA ont été mis conjointement à profit pour guider pas à pas les salariés dans l'exécution de travaux de câblage électrique, de sorte qu'ils n'ont pas besoin d'interpréter eux-mêmes les schémas électriques et qu'il n'est même nécessaire qu'ils sachent lire correctement ou aient une bonne conscience spatiale», explique Johan Kildal, chercheur chez Tekniker (membre de l'Alliance basque pour la recherche et la technologie).

Mettre la technologie à l'épreuve

Suite aux tests réalisés l'année dernière, quatre nouveaux cas d'essais industriels sont en cours. L'un d'entre eux concerne le constructeur automobile Volvo, pour la création d'un composant clé du moteur, un second est en place auprès de Lantegi Batuak, une organisation qui fournit des emplois protégés aux travailleurs handicapés.

«Globalement les retours des opérateurs de l'usine montrent qu'ils se sentent à l'aise en travaillant à proximité des robots et voient des utilisations potentielles évidentes pour ce type d'automatisation dans leur travail quotidien», explique Kosmas Alexopoulos.

L'équipe MANUWORK considère la collaboration avec Lantegi Batuak comme un excellent exemple de la façon dont les technologies des usines du futur peuvent aider les travailleurs handicapés à effectuer des tâches qui étaient auparavant hors de leur portée. «De cette façon, les futures usines peuvent être plus inclusives et socialement durables», ajoute Kosmas Alexopoulos.

Alors que les nouvelles technologies en général, et les innovations en matière d'IA en particulier, continuent de révolutionner la manière dont les humains travaillent, des systèmes tels que MANUWORK seront indispensables pour assurer un partenariat fructueux entre l'homme et la machine. «Les travailleurs ne devraient pas seulement être capables de collaborer physiquement avec une machine, ils devraient également être en mesure de traiter avec la contrepartie numérique d'une machine, ce que l'on appelle son "jumeau numérique"», conclut Kosmas Alexopoulos.

PROJET
MANUWORK – Balancing Human and Automation Levels for the Manufacturing Workplaces of the Future

COORDONNÉ PAR
Université de Patras, Grèce

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ADVMANU

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/723711/fr

SITE WEB DU PROJET
manuwork.eu

Une plateforme d'IA innovante pour stimuler l'efficacité énergétique et améliorer l'utilisation des ressources

Un laboratoire axé sur les données permet aux experts de collaborer, de modéliser, de développer et d'évaluer de nouvelles fonctions de contrôle prédictif de manière rapide et rentable.

Les industries de transformation, qui fabriquent et traitent de grands lots de matériaux, font une utilisation intensive de matières premières et d'énergie. Ainsi, même de petites améliorations de l'efficacité peuvent mener à de grandes économies en termes de coûts économiques et environnementaux. C'est notamment le cas de certains processus industriels spécifiques, tels que la fusion de l'aluminium primaire, dans lesquels la production est organisée autour de différents sites, notamment l'usine de production d'anodes, les chaînes de cuves et la fonderie, et qui se caractérisent globalement par une consommation importante d'énergie et de matières premières.

J'aimerais mettre en avant et remercier tous les partenaires de MONSOON pour leur formidable collaboration au sein du projet et aussi au-delà.

Une solution pour améliorer considérablement les performances consiste à recourir à la modélisation prédictive, en utilisant des capteurs, en traitant des données à grande échelle et en tirant parti des techniques d'IA. Cependant, le suivi des processus de production reste difficile car il nécessite la collecte et l'évaluation de grandes quantités d'informations; et, par ailleurs, l'adoption de fonctions prédictives basées sur des modèles n'est pas toujours possible pour un coût acceptable ou avec une fiabilité suffisante.

Le projet MONSOON (MOdel based coNtrol framework for Site-wide OptmizatiON of data-intensive processes), financé par l'UE, entendait remédier à ce problème en établissant un cadre et une série d'outils axés sur les données pour permettre aux experts de diverses disciplines de travailler ensemble de manière efficace dans l'objectif d'améliorer l'efficacité de la production de l'industrie européenne. MONSOON utilise des approches prédictives basées sur l'IA pour optimiser les processus de production à l'échelle de l'usine et du site.

Données et développement

Le cadre de MONSOON est divisé en deux composantes principales: la «plate-forme d'exploitation des usines en temps réel» et le «laboratoire de données intersectorielles».

La plate-forme d'exploitation des usines en temps réel est conçue pour être déployée sur site et remplit diverses fonctions, notamment: la collecte de données et la surveillance des ressources de l'usine; le traitement des questions d'interopérabilité et la gestion des flux de données; la détection des problèmes et des défauts qui pourraient compromettre les opérations de la plate-forme MONSOON; et l'exécution de fonctions prédictives élaborées comme, par exemple, la prévision de comportements anormaux dans des processus spécifiques.

Le laboratoire des données est un environnement collaboratif, où des informations provenant de multiples sources sont analysées à l'échelle. Cela permet: la collaboration entre les scientifiques

des données et les experts des processus; une modélisation avancée; un accès simplifié aux données recueillies sur le terrain; et la conception, le développement et la mise à l'essai de nouvelles fonctions prédictives.

«Grâce à la solution MONSOON, les spécialistes des données impliqués dans la collaboration avec les experts des processus peuvent développer, évaluer et déployer de nouvelles solutions de contrôle prédictif de manière rapide et rentable, créer des fonctions prédictives à l'aide d'algorithmes d'apprentissage automatique et effectuer des simulations, éventuellement en utilisant des données en ligne provenant de l'environnement de production connecté», explique Claudio Pastrone, responsable du département IoT and the Pervasive Technologies Research Area chez Links Foundation.

Introduction de MONSOON

La solution MONSOON a été déployée et testée dans deux sites pilotes, démontrant des prévisions en temps quasi réel pour l'amélioration de la qualité des produits et de la maintenance des machines. Dans une usine de fabrication de GLN au Portugal, MONSOON a été utilisé pour améliorer le moulage par injection. L'autre site pilote était axé sur les domaines du carbone et de l'électrolyse de la production d'aluminium primaire et impliquait Aluminium Pechiney et une usine de Liberty House en France. Dans l'ensemble, le projet a abordé les aspects liés à la numérisation des usines, à la collecte de données et à la création de fonctions prédictives spécifiques, et a favorisé le travail d'équipe entre les scientifiques spécialistes des données et les experts en processus.

Dans le cadre de la révolution numérique de l'Industrie 4.0 en cours, le projet MONSOON pourrait contribuer à une plus large adoption par les industries manufacturières européennes de la surveillance et du contrôle à l'échelle des usines et des sites. En raison de la réduction de la durée des processus et de la consommation de ressources et d'énergie, le projet pourrait également contribuer à stimuler la position de l'industrie européenne dans la course mondiale à la compétitivité et à la viabilité.

«J'aimerais mettre en avant et remercier tous les partenaires de MONSOON pour leur formidable collaboration au sein du projet et aussi au-delà», ajoute Claudio Pastrone. «J'ai eu l'occasion de travailler avec de grands professionnels de toute l'Europe», conclut-il.

PROJET
MONSOON – MOdel based coNtrol framework for Site-wide OptmizatiON of data-intensive processes

COORDONNÉ PAR
Fondation LINKS, Italie

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ADVMANU

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/723650/fr

SITE WEB DU PROJET
spire2030.eu/monsoon

© VibyPhoto, Shutterstock

Les essaims de capteurs ouvrent la voie à une exploration approfondie du monde

Un projet financé dans le cadre du programme Technologies futures et émergentes d'Horizon 2020 devrait nous permettre d'explorer, de cartographier et de comprendre les environnements les plus dangereux et les plus difficiles d'accès.

Les humains sont des explorateurs. Chaque nouvel environnement que nous comprenons nous apporte des connaissances susceptibles de profiter à l'ensemble de la société. Pourtant, il reste beaucoup à explorer, y compris les structures que nous créons chaque jour.

Cartographier les canalisations pourrait nous aider à détecter les défauts structurels ou les fuites qui affectent l'approvisionnement en eau potable ou à vérifier sa qualité. Explorer les canaux souterrains pourrait améliorer l'efficacité de l'extraction du gaz naturel et nous aider à identifier de nouveaux lieux de stockage

© Bart van Overbeeke, 2019

pour le CO_2 issu des technologies de capture du carbone. Observer le fond des volcans et des glaciers pourrait permettre aux scientifiques de mieux modéliser le changement climatique. Cependant, même les capteurs les plus avancés ne peuvent pas atteindre ces endroits de manière sûre et efficace.

C'est là qu'intervient le projet Phoenix (Exploring the Unknown through Reincarnation and Co-evolution). Phoenix a intégré des éléments de logiciel, de matériel et d'intelligence artificielle pour créer des essaims de minuscules sphères robotisées qui peuvent se rendre dans des endroits encore inconnus, et explorer, détecter et cartographier à mesure qu'elles se déplacent.

Je suis certain que nous n'aurions pu trouver aucune autre source de financement disposée à investir dans une idée aussi risquée, et par conséquent nous n'aurions absolument pas pu explorer et faire évoluer cette technologie, sans Horizon 2020!

«Nous rencontrons sans cesse des gens qui souhaitent essayer notre technologie Phoenix SMARBLE pour de nouvelles applications, comme l'inspection de cuves de mélange industrielles, l'inspection de systèmes d'égouts et de nettoyage de l'eau, la surveillance des maisons et (mais ce sera plutôt dans le futur) pour des applications médicales», déclare Peter Baltus, professeur et président du groupe Circuits intégrés du département d'ingénierie électrique de l'université de technologie d'Eindhoven et coordinateur du projet Phoenix.

Une simplicité de pointe

Ces petits robots ne font que six centimètres de diamètre, mais, avec des composants avancés, ils pourraient être réduits à une sphère de l'ordre d'un cm ou moins. Étant donné leur taille réduite et grâce à une technologie de batterie améliorée, les robots peuvent également fonctionner beaucoup plus longtemps.

Ils sont équipés de dispositifs électroniques à ultrasons miniaturisés et très efficaces ainsi que de transducteurs, qui prennent moins de place et consomment moins d'énergie. Les tests ont montré que la communication entre les robots peut fonctionner jusqu'à plusieurs mètres sous l'eau.

Il importe de souligner également que, afin d'être plus efficace et plus petit, une grande partie de ce matériel utilise des composants facilement disponibles sur le marché. À l'avenir, ces composants pourront être aisément remplacés au fur et à mesure des progrès technologiques.

L'intelligence des foules

Cette technologie repose notamment sur la capacité des petits robots à s'organiser, à s'adapter à de nouveaux environnements et à répartir le travail entre eux de manière autonome et dans des situations très variées.

Cette flexibilité ouvre de nouvelles perspectives d'utilisation de la technologie, notamment pour des applications soumises à des conditions restrictives en termes de taille, de paramètres des capteurs, de durée de vie des batteries et de robustesse face à des effets tant physiques que chimiques.

«Phoenix semble très bien se prêter à une adaptation à ces différentes exigences, car nous n'avons pas besoin d'un unique capteur qui puisse tout faire, mais plutôt de répartir le travail», explique le professeur Baltus.

L'essor de Phoenix

L'équipe de Phoenix a été contactée par un large éventail de groupes intéressés, qui envisagent une utilisation de la technologie dans le cadre de leur travail ou de leurs recherches.

«C'est formidable de voir tant d'intérêt et d'enthousiasme pour une idée qui, il y a quelques années encore, était souvent considérée comme de la science-fiction, au mieux. Je suis certain que nous n'aurions pu trouver aucune autre source de financement disposée à investir dans une idée aussi risquée, et par conséquent nous n'aurions absolument pas pu explorer et faire évoluer cette technologie, sans Horizon 2020!»

PROJET
Phoenix –Exploring the Unknown through Reincarnation and Co-evolution

COORDONNÉ PAR
Université de technologie d'Eindhoven, Pays-Bas

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-FET

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/665347/fr

SITE WEB DU PROJET
phoenix-project.eu

S'inspirer du monde animal pour poser les bases de robots plus résilients et plus adaptatifs

Ne vous fiez pas aux personnages de robots merveilleusement robustes que vous voyez dans les films de science-fiction, les robots d'aujourd'hui peuvent être, et sont généralement, loin d'être aussi résistants. Un projet financé par le Conseil européen de la recherche a mis au point de nouveaux algorithmes permettant aux robots de récupérer de manière autonome en l'espace de quelques minutes après avoir subi des dommages inattendus.

Même après 50 ans de recherche en robotique, la plupart des robots existants sont loin d'être aussi résilients que les animaux les plus petits et les plus simples; pour faire court, ils peuvent facilement cesser de fonctionner s'ils sont confrontés à des conditions difficiles ou chutent de manière inattendue. Pour que les robots s'intègrent mieux aux sociétés humaines et qu'ils se montrent utiles dans les situations d'urgence, ils doivent remédier à leur fragilité inhérente.

L'objectif de notre projet était de développer de nouveaux algorithmes permettant aux robots de récupérer rapidement de manière autonome sans avoir à anticiper tous les types de dégâts possibles.

C'est là qu'intervient le projet ResiBots (Robots with animal-like resilience). «L'objectif de notre projet était de développer de nouveaux algorithmes permettant aux robots de récupérer rapidement de manière autonome sans avoir à anticiper tous les types de dégâts possibles», explique Jean-Baptiste Mouret, le chercheur principal du projet. «Ceci est particulièrement important lorsqu'il s'agit de dommages mécaniques qui sont très difficiles à diagnostiquer avec les capteurs embarqués. Notre objectif est de développer des robots qui ont la capacité d'"improviser" lorsqu'ils doivent accomplir une mission difficile.»

Adopter un nouveau mode de pensée pour des robots plus résilients

Cette vision contraste fortement avec l'approche actuelle de tolérance aux défaillances, héritée des systèmes critiques de sécurité (comme pour les vaisseaux spatiaux ou les centrales nucléaires). Elle est par ailleurs inadaptée aux robots autonomes à faible coût dans la mesure où elle repose sur des procédures de diagnostic qui requièrent des capteurs proprioceptifs coûteux et des plans d'urgence, qui ne peuvent même pas couvrir toutes les situations possibles qu'un robot autonome fonctionnant indépendamment peut rencontrer.

Cependant, les algorithmes développés par Jean-Baptiste Mouret et son équipe échappent à cette ancienne manière de penser car ils sont spécifiquement conçus pour une adaptation efficiente en termes de données (c'est-à-dire avec très peu de données) en

robotique. «Par exemple, nos algorithmes permettent à un robot à six jambes de trouver une nouvelle allure de marche en moins de 2 minutes», explique Jean-Baptiste Mouret. «L'idée générale est de tirer parti d'une simulation d'un robot "intact" pour accélérer l'adaptation d'un robot ayant subi des dommages inconnus.»

Du diagnostic aux algorithmes de renforcement

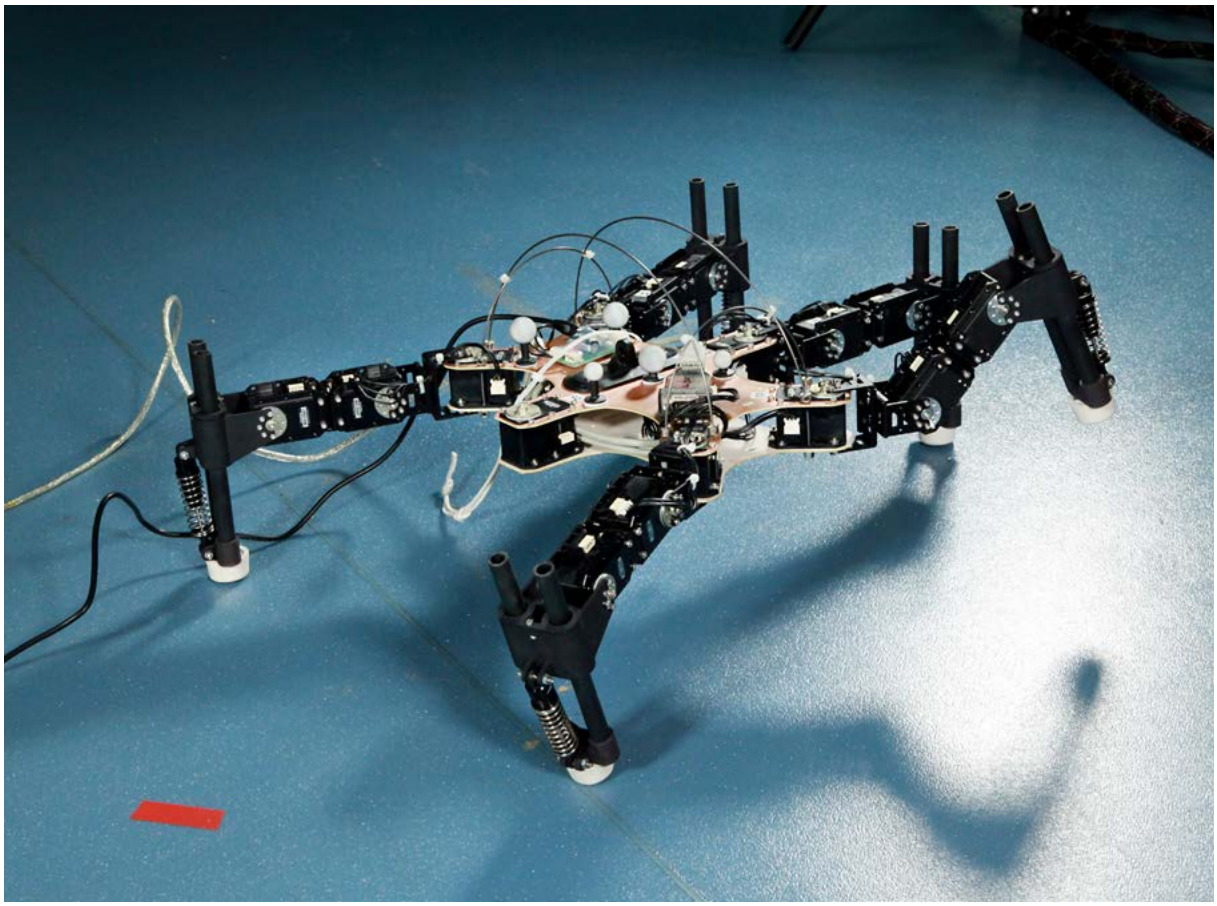
Pour ce projet, il est important que ces premiers résultats reposent sur un "apprentissage épisodique", ce qui signifie que chaque essai commence exactement dans la même position. Un algorithme plus récent permet au robot d'apprendre de manière indépendante, sans aucune réinitialisation, tout en tenant compte de son environnement. «Par exemple, il n'y a aucune raison pour que le robot tente une démarche susceptible de le faire avancer si nous savons qu'un obstacle se trouve sur son chemin», explique Jean-Baptiste Mouret.

Comme il le fait valoir, les machines – et en particulier les robots – ont été jusqu'à présent essentiellement "aveugles", les tâches faciles pour les animaux (comme la reconnaissance d'un objet) s'étant avérées trop compliquées pour les algorithmes de vision des robots. Mais grâce aux récents progrès de l'apprentissage profond, les machines sont désormais capables de comprendre beaucoup mieux leur environnement, ce qui ouvre les portes à de nombreuses applications possibles, y compris celles au-delà de l'usine.

«Cependant, si nous voulons disposer de robots capables d'apprendre réellement de nouvelles compétences et/ou tâches, nous devons leur fournir des algorithmes de renforcement et pas seulement des algorithmes de perception», avertit Jean-Baptiste Mouret. «Pour cela, nous devons les rendre plus efficients en termes de données avant de pouvoir les déployer en dehors des laboratoires de recherche.» Il n'envisage pas le déploiement de robots capables d'apprendre à effectuer de nouvelles tâches par eux-mêmes dans les 5 prochaines années, mais il se montre optimiste quant à la possibilité que cela se produise dans les 5 à 15 suivantes.

Regarder vers l'avenir

ResiBots a réellement été pionnier en ouvrant la voie à la réalisation de cet objectif. Jean-Baptiste Mouret et son équipe entendent poursuivre leurs recherches même après la fin officielle du projet en avril 2020. «Nous voulons introduire l'apprentissage par essais et erreurs dans la robotique humanoïde, et les robots humanoïdes sont la "prochaine frontière" de la robotique



© Inria / Photo F. Nussbaumer - Signatures

car ils combinent tous les défis» dans ce domaine, explique Jean-Baptiste Mouret.

Ces défis incluent la nécessité de synchroniser de nombreuses articulations (généralement 24) et celle de réagir rapidement et de conserver l'équilibre. Bien qu'aucun robot humanoïde actuel n'utilise pour l'instant l'apprentissage par essais et erreurs afin de s'adapter aux modifications de son environnement, Jean-Baptiste Mouret et son équipe entendent être à la pointe de cette évolution.

Et quand on lui demande ce dont il est le plus fier dans ResiBots, Jean-Baptiste Mouret répond: «Nous avons régulièrement des robots qui apprennent à marcher sous nos yeux, en quelques minutes seulement, alors qu'il leur fallait des heures ou même des jours auparavant. Je dois reconnaître qu'il s'agit du genre de robots dont je rêvais vraiment quand j'étais enfant!»

PROJET
ResiBots – Robots with animal-like resilience

INSTITUTION D'ACCUEIL
Inria, France

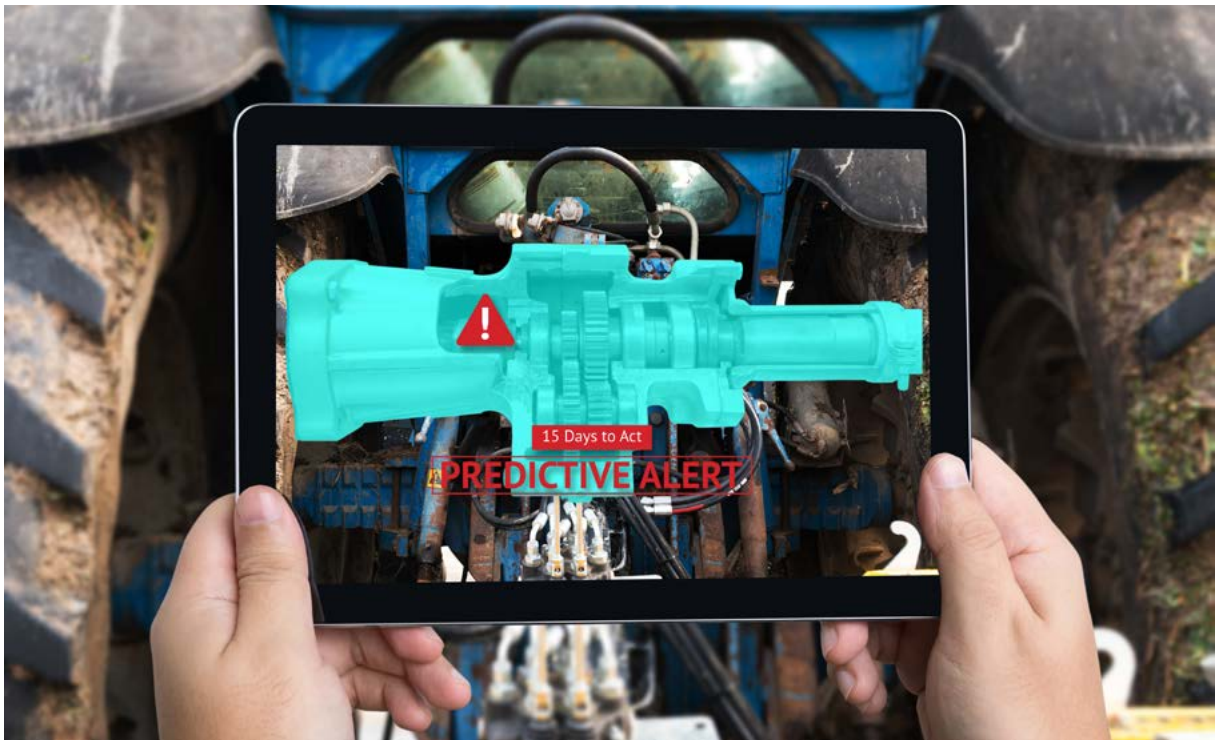
FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-ERC

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/637972/fr

SITE WEB DU PROJET
resibots.eu

Déployer des solutions de maintenance conditionnelle prédictive reposant sur l'IA pour faire évoluer les processus de fabrication

L'intelligence artificielle peut potentiellement comporter de nombreux avantages pour le secteur manufacturier, et pas uniquement. Ainsi, SERENA, un projet financé par l'UE, a fait un grand pas en avant grâce au développement d'une plateforme industrielle Internet des Objets évolutive et résiliente, qui permettra le déploiement de services d'intelligence artificielle dont l'objectif est de réduire les coûts et d'améliorer la productivité.



© Zapp2Photo, Shutterstock

En résumé, nous avons développé une plateforme industrielle distribuée, légère et évolutive de l'Internet industriel des objets (IIdO) qui, grâce à l'utilisation collective de ses services intégrés, fournira des solutions de maintenance prédictive au personnel des ateliers.

L'intelligence artificielle (IA) pourrait être le prochain grand bond technologique qui guidera les prouesses technologiques humaines, et le projet SERENA (VerSatilE plug-and-play platform enabling remote pREdictive mainteNAnce), financé par l'UE, est à l'avant-garde de cette révolution. Spécifiquement conçue pour le secteur manufacturier, sa plateforme repose sur quatre technologies clés : la surveillance et le contrôle à distance des conditions de travail, la maintenance conditionnelle basée sur l'IA, les outils de réalité augmentée (RA) pour l'assistance à distance et le soutien aux opérateurs humains, et, enfin, une plateforme Cloud pour réaliser des diagnostics polyvalents à distance.

«En résumé, nous avons développé une plateforme industrielle distribuée, légère et évolutive de l'Internet industriel des objets (IIdO) qui, grâce à l'utilisation collective de ses services intégrés, fournira des solutions de maintenance prédictive au personnel des ateliers», déclare Massimo Ippolito, coordinateur du projet SERENA.

Présentation du système SERENA

La plate-forme utilise une architecture légère de micro-services, ainsi que des conteneurs Docker pour empaqueter les services offerts dans des unités déployables.

Les composants IA de SERENA pour l'analyse prédictive, à la fois distribués et centralisés, sont utilisés pour estimer les défaillances potentielles des équipements de fabrication, permettant une planification et une programmation des activités de maintenance qui respectent un calendrier spécifique, ce qui garantit que le processus de production global au sein de l'usine n'est pas interrompu. De plus, le système SERENA facilite l'assistance à distance du personnel de maintenance grâce à des technologies reposant sur la RV/RA qui l'aident à évaluer l'état des machines et de l'ensemble des équipements au sein de l'usine. L'accès à ces technologies se fait par le biais de lunettes intelligentes, de smartphones et de tablettes.

Relever les défis

Bien que ces innovations démontrent que la plateforme SERENA est effectivement très prometteuse, le déploiement du projet ne s'est pas fait sans heurts. «Il est devenu évident dès les premières phases du projet que l'analyse prédictive n'est pas seulement une question de disponibilité des données, mais aussi de qualité de ces données», explique Massimo Ippolito. «Si les données ne contiennent pas les caractéristiques qui correspondent à la défaillance potentielle [de l'équipement], alors elles ne sont d'aucune utilité.»

Qui plus est, il n'existe pas une règle unique qui s'applique à chaque cas. L'analyse humaine et des corrélations complexes sont nécessaires pour extraire des correspondances significatives, tout comme le sont les connaissances d'un expert. «Néanmoins, l'étape franchie par SERENA dépasse ces limites en introduisant un mécanisme d'auto-évaluation et une méthodologie qui pourrait potentiellement être suffisamment générique pour saisir une grande variété de problèmes», ajoute Massimo Ippolito.

Enfin, une autre série de défis rencontrés et surmontés a été la nécessité de déployer le système SERENA dans des environnements polyvalents avec des capacités de connectivité et des systèmes existants très différents (la différence qui existe, par exemple, entre une usine de pointe produisant des iPhones Apple et une usine séculaire spécialisée dans une industrie traditionnelle). Pour ce faire, le système SERENA a dû être conçu et mis en œuvre de manière à pouvoir prendre en charge des cas fortement polyvalents. C'est pour cela qu'il permet un déploiement soit via le Cloud soit directement sur site.

Regarder vers l'avenir

En ce qui concerne l'avenir, Massimo Ippolito croit fermement que, globalement, le temps est venu pour que des solutions commercialement viables reposant sur l'IA commencent progressivement à se répandre sur le marché. «À l'avenir, il est plus que probable que les applications d'IA continueront à s'étendre à de nouveaux domaines, fournissant des résultats interprétables avec une précision accrue et un temps de réponse réduit», prédit-il.

Et pour finir, qu'en est-il de l'avenir de l'équipe SERENA, puisque le projet se termine officiellement en septembre 2020? Massimo Ippolito reste plutôt prudent sur le sujet, mais confirme que les activités de diffusion des résultats se poursuivront et que de futures initiatives visant à étendre le système SERENA et sa myriade de solutions sont à l'étude; donc, affaire à suivre.

PROJET
SERENA – VerSatilE plug-and-play platform enabling remote pREdictive mainteNAnce

COORDONNÉ PAR
Comau S.p.A., Italie

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ADVMANU

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/767561/fr

SITE WEB DU PROJET
serena-project.eu

Des robots intelligents qui joueront un rôle essentiel dans les usines du futur

En s'appuyant sur l'intelligence artificielle et l'automatisation avancée, une équipe de chercheurs de l'UE met au point un robot à double bras capable de se déplacer librement dans une usine et d'effectuer des tâches complexes.

Depuis des décennies, l'industrie est tributaire du modèle de production en série ou de la chaîne de montage pour la production de biens. Toutefois, étant donné que l'industrie européenne est de plus en plus centrée sur le client, un besoin croissant se fait sentir de disposer d'un mode de production de pièces et de produits plus flexible, capable de s'adapter rapidement aux diverses demandes des clients tout en minimisant les coûts engendrés par des stocks importants.

Une solution envisageable consiste à utiliser des robots intelligents. Or, c'est exactement l'objectif du projet THOMAS (mobile dual arm roboTic workers with embedded cognition for Hybrid and

© Zapp2Photo, Shutterstock

dynamically recOnfigurable MAnufacturing Systems), financé par l'UE.

«THOMAS entend créer des usines reconfigurables dynamiquement en utilisant des travailleurs robots mobiles et autonomes», explique Niki Kousi, chercheuse au LMS (Laboratory for Manufacturing Systems and Automation) de l'Université de Patras.

«Grâce à leur configuration à double bras et à leur capacité à se déplacer librement dans un atelier, ces robots sont capables d'effectuer des tâches avancées, créant ainsi un nouveau paradigme de production», ajoute Sotiris Makris, responsable du groupe Robots, Automation and Virtual Reality in Manufacturing au LMS.

Des bibliothèques de perception pour robots

Ce qui rend les robots THOMAS uniques, c'est leur capacité à percevoir leur environnement. Ils sont par ailleurs capables d'un raisonnement avancé, ce qui leur permet de coopérer entre eux et avec d'autres ressources de production, dont les opérateurs humains. Chaque robot est équipé de dispositifs de détection certifiés qui lui permettent de se déplacer et d'interagir avec les humains en toute sécurité dans un environnement sans clôture.

THOMAS entend créer des usines reconfigurables dynamiquement en utilisant des travailleurs robots mobiles et autonomes.

Derrière ces capacités avancées se trouve une technologie innovante appelée bibliothèques de perception pour robots. Exploitant la puissance de l'intelligence artificielle, ces bibliothèques de perception permettent aux robots de circuler sans se heurter, de s'aligner correctement et de s'amarrer virtuellement à différents postes de travail, ainsi que de détecter l'emplacement des différents outils utilisés pendant le processus d'assemblage. «Ces travailleurs robotisés peuvent se déplacer de manière autonome dans une usine, et effectuer de multiples tâches comme visser, manipuler et percer, pour n'en citer que quelques-unes», explique Niki Kousi.

Alors que d'aucuns pourraient considérer THOMAS comme un nouvel exemple de perte d'emplois au profit de l'automatisation, Sotiris Makris est catégorique: ce n'est pas le cas. «THOMAS est conçu pour servir d'assistant à ses opérateurs humains, en prenant en charge les tâches les plus dangereuses et les plus pénibles», dit-il. «Non seulement cela augmentera la sécurité de nos usines, mais cela permettra également aux humains de concentrer leur attention sur les tâches plus pointues et complexes, y compris la programmation robotique.»

Surmonter les obstacles

Bien que THOMAS représente une percée dans la manipulation robotique mobile à double bras, il reste de nombreux problèmes à résoudre. «Tout en haut de notre liste figurent les limites de la précision de la perception, les contraintes de la détection continue d'objets en temps réel et les problèmes de largeur de bande du réseau lorsque plusieurs dispositifs de détection sont impliqués», explique Niki Kousi.

Un autre obstacle est la réglementation actuelle en matière de sécurité, qui interdit aux opérateurs humains de travailler à proximité, en parallèle ou dans la même zone que les robots. «Créer une meilleure synergie entre les développeurs de technologies et les experts en sécurité, une synergie qui exploite les dernières avancées en matière d'IA, nous permettra de mettre au point de nouvelles solutions innovantes qui pourraient, à terme, stimuler la normalisation», commente Sotiris Makris.

Indépendamment de ces limites, le projet est parvenu à introduire un nouveau mode de fonctionnement dans les usines, qui exploite les progrès de la robotique mobile et de l'IA. L'équipe du projet mène actuellement des essais pilotes industriels dans deux usines, l'une située en France et l'autre en Espagne.

«La mise en œuvre de THOMAS dans de véritables usines de production offre une occasion unique de valider nos idées originales et nos prototypes», conclut Sotiris Makris.

PROJET
THOMAS – Mobile dual arm robotic workers with embedded cognition for hybrid and dynamically reconfigurable manufacturing systems

COORDONNÉ PAR
Université de Patras, Grèce

FINANCÉ AU TITRE DE
H2020-LEIT-ADVMANU

FICHE DESCRIPTIVE CORDIS
cordis.europa.eu/project/id/723616/fr

SITE WEB DU PROJET
thomas-project.eu

CORDIS Results Pack

Disponible en ligne en six langues: cordis.europa.eu/article/id/417992

Publié
au nom de la Commission européenne par CORDIS
à l'Office des publications de l'Union européenne
2, rue Mercier
L-2985 Luxembourg
LUXEMBOURG

cordis@publications.europa.eu

Coordination éditoriale
Zsófia TÓTH, Silvia FEKETOVÁ

Avis de non-responsabilité
Les indications en ligne concernant le projet et les liens publiés dans le numéro actuel de ce Results Pack de CORDIS sont corrects au moment où cette publication est mise sous presse. L'Office des publications ne peut être tenu responsable des informations qui ne sont plus à jour ou des sites web qui n'existent plus. Ni l'Office des publications ni toute autre personne agissant en son nom ne sont responsables de l'utilisation qui pourrait être faite des informations contenues dans cette publication ou de toute erreur qui pourrait subsister dans les textes, malgré l'attention portée à leur préparation.

Les technologies présentées dans cette publication peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle.

Ce Results Pack est le fruit d'une collaboration entre CORDIS et la direction générale de la recherche et de l'innovation

Print	ISBN 978-92-78-42173-1	doi:10.2830/705185	ZZ-AK-20-009-FR-C
HTML	ISBN 978-92-78-42176-2	doi:10.2830/720023	ZZ-AK-20-009-FR-Q
PDF	ISBN 978-92-78-42171-7	doi:10.2830/68160	ZZ-AK-20-009-FR-N

Luxembourg: Office des publications de l'Union européenne, 2020
© Union européenne, 2020

Réutilisation autorisée, moyennant mention de la source
La politique de réutilisation des documents de la Commission européenne
est régie par la décision 2011/833/UE (JO L 330 du 14.12.2011, p. 39).
Toute utilisation ou reproduction de photos ou de tout autre matériel dont l'Union européenne
ne possède pas les droits d'auteur requiert l'autorisation préalable des titulaires des droits en question.
Photo de couverture: © Gorodenkoff, Shutterstock

MAGAZINE RESEARCH*EU NUMÉRO 91
Favoriser une intégration plus poussée du numérique dans le secteur européen de l'éducation

Pour réussir dans le monde du travail moderne, les étudiants doivent posséder les compétences les plus demandées par les employeurs. Il apparait donc nécessaire d'intégrer l'acquisition des compétences numériques dès le début de l'enseignement classique, de la maternelle à l'enseignement supérieur. Ce numéro du magazine Research*eu présente sept projets qui donnent une impulsion numérique aux systèmes éducatifs européens.

Naviguer, télécharger ou s'abonner sur:
cordis.europa.eu/research-eu/fr

Suivez-nous aussi sur les réseaux sociaux!
facebook.com/EUresearchResults
twitter.com/CORDIS_EU
youtube.com/CORDISdotEU
instagram.com/cordis_eu

Office des publications de l'Union européenne

FR