

L'IA EN ACTION DANS L'INGÉNIERIE DES SYSTÈMES EMBARQUÉS

9 CAS D'USAGE DÉPLOYÉS AVEC SUCCÈS, SÉLECTIONNÉS PAR NOS EXPERTS



(expleo)

En ingénierie des systèmes embarqués, la précision n'est pas une option, c'est une nécessité. Que ce soit, automobile ou en transport, les ingénieurs travaillent dans des conditions réelles exigeantes : puissance de calcul limitée, normes de sécurité strictes, et aucune marge d'erreur possible.

Chez Expleo, nous considérons que l'IA n'a pas vocation à remplacer l'excellence en ingénierie, mais à la renforcer. L'IA embarquée améliore les performances, accélère les tests et réduit la complexité, lorsqu'elle est déployée avec pragmatisme et discernement.

C'est précisément ce que ce playbook illustre.

Les cas d'usage clients présents ici mettent en lumière une IA véritablement intégrée : prédiction des pannes matérielles dans les véhicules électriques, automatisation des bancs de test ou allègement de la charge cognitive des pilotes de chasse. Dans chaque exemple, l'IA apporte des gains mesurables en performance, sécurité et rapidité d'ingénierie.

Ces exemples reflètent notre approche : une IA concrète, conçue pour fonctionner avec vos contraintes, et non malgré elles.

Avec Expleo, élevez la performance produit, à la puissance de l'IA.



Philippe Gonçalves

VP Electronics & Embedded Systems, Expleo

L'IA dans l'ingénierie
des systèmes embarqués

Page 4

Comment l'IA va transformer
l'ingénierie des systèmes embarqués

Page 5

Améliorer la performance et la sécurité des produits

Sécurité aérienne intégrée :
des capteurs IA au cœur
des systèmes

Page 7

Comment l'IA allège
la charge cognitive
des pilotes de Rafale

Page 8

Agriculture intelligente :
comment l'IA embarquée aide
les agriculteurs à dompter
la surcharge cognitive

Page 9

Conduire plus intelligemment :
comment LightlyEdge
accélère le développement
des véhicules autonomes
grâce à l'IA en edge computing

Page 11

Maintenance prédictive :
l'IA embarquée au cœur
de la stratégie d'un leader
automobile mondial

Page 12

Améliorer l'efficacité de l'ingénierie

Volkswagen intègre l'IA
à sa gestion du cycle de
vie pour transformer son
ingénierie système en
profondeur

Page 15

Quilter réinvente la
conception de cartes de
circuit imprimé (PCB)
grâce à l'ingénierie
hardware assistée par l'IA

Page 16

Tests HIL nouvelle génération :
l'IA au service d'un leader
européen de l'automobile

Page 17

Bosch améliore l'efficacité
de l'ingénierie grâce à
l'automatisation des tests
par l'IA

Page 19

A propos d'Expleo

Page 20

L'IA DANS L'INGÉNIERIE DES SYSTÈMES EMBARQUÉS

COMMENT L'IA VA TRANSFORMER L'INGÉNIERIE DES SYSTÈMES EMBARQUÉS ^(AI)

Le quotidien d'un ingénieur en systèmes embarqués s'apprête à évoluer. L'IA interviendra tout au long du cycle de vie projet, au-delà d'un simple gain de productivité.

En passant de la qualité par les tests théoriques à la qualité par la conception pratique, l'IA renforcera les projets en amont et contribuera à bâtir des solutions robustes dès le départ.

COMMENT L'IA VA TRANSFORMER L'INGÉNIERIE DES SYSTÈMES EMBARQUÉS^(IA)

1. Gestion des exigences

L'IA valide et affine les exigences en vérifiant l'absence d'ambiguïté, leur exhaustivité et leur cohérence.

Garanti une compréhension partagée afin de réduire les modifications coûteuses lors des prochaines étapes.

2. Spécifications fonctionnelles et conception détaillée

À partir des exigences validées, l'IA aide les ingénieurs à générer des spécifications fonctionnelles (ex. comportements, etc.) et à les traduire en architectures logicielles, y compris en machines à états.

Accélère la conception, améliore la fiabilité dès la première version et favorise la réutilisation des designs.

3. Implémentation

L'IA assiste les ingénieurs dans l'analyse des schémas et des fiches techniques, et peut même générer du code logiciel embarqué ainsi que le routage PCB à partir de la conception détaillée.

Accroît la productivité des ingénieurs logiciel/électronique embarqué en automatisant les tâches répétitives.

5. Validation des systèmes

L'IA génère des cas de test de validation et garantit le lien entre les tests systèmes et les exigences d'origine.

Facilite la certification en garantissant une traçabilité complète et une conformité avec les référentiels réglementaires tels que l'ISO 26262 et le DO-178C.

4. Tests unitaires et d'intégration

L'IA produit des cas de test unitaires directement à partir de la conception détaillée (ex. conditions limites, modes de défaillance) et propose des scénarios de test d'intégration basés sur les interactions et flux de données au niveau de l'architecture.

Accélère les tests en phase amont, augmente la couverture et la fiabilité des tests tout en réduisant les erreurs humaines lors de la création des tests.

AMÉLIORER LA PERFORMANCE ET LA SÛRETÉ DES PRODUITS

[expleo]



SÉCURITÉ AÉRIENNE INTÉGRÉE : DES CAPTEURS IA AU CŒUR DES SYSTÈMES

[expleo]

Dans l'aviation, la sécurité ne se négocie pas. Chaque instrument à bord doit fonctionner de manière irréprochable, en particulier lorsqu'il mesure des paramètres critiques, comme la vitesse d'un avion par rapport à l'air dans lequel il évolue (vitesse air). Mais que se passe-t-il lorsque le système principal, le tube Pitot, perd sa fiabilité en plein vol ?

◀ Avant l'IA : les défis derrière le projet

Un grand constructeur aéronautique européen s'est retrouvé face à cette problématique. Bien que les tubes Pitot soient conçus pour résister aux obstructions, ils restent vulnérables aux cristaux de glace en haute altitude ou aux débris présents sur le tarmac. Dans de rares cas, plusieurs capteurs peuvent tomber en panne simultanément, privant ainsi les pilotes de données fiables sur la vitesse, un risque inacceptable. Ce constructeur s'est fixé un objectif ambitieux : concevoir un système de secours infaillible pour mesurer la vitesse, sans s'appuyer sur les sondes externes. Ce système devait

fonctionner de manière autonome, avec une puissance de calcul embarquée limitée et s'intégrer parfaitement aux systèmes existants de l'avion.



Comment l'IA a été appliquée : le tournant décisif

Les experts en aéronautiques et data science d'Expleo ont proposé une solution basée sur l'IA, capable de transformer les données issues des capteurs moteurs existants en outil de mesure de la vitesse. Déjouant les contraintes des environnements informatiques embarqués, les experts ont développé un modèle de deep learning - un perceptron multicouche, un type de réseau neuronal artificiel - capable de traiter en temps réel des paramètres moteurs tels que les écarts de pression et la vitesse de rotation des pales, pour calculer la vitesse.

Ce modèle d'IA a été entraîné sur des données de vol issues de dizaines de trajets commerciaux, en comparant les relevés des capteurs moteurs aux mesures validées par les tubes Pitot. Une fois déployé, il fournit des estimations de vitesse avec une marge d'erreur inférieure à 10 nœuds, suffisante pour agir comme système de secours sans intervention du pilote.

Pour atteindre ce niveau de précision, les ingénieurs d'Expleo ont affiné le jeu de données d'entraînement en excluant les manœuvres atypiques et le bruit, puis ont itéré à de multiples reprises, d'après les retours des spécialistes systèmes embarqués du constructeur. Résultat : un système d'IA suffisamment robuste pour gérer la complexité des opérations en vol, même en conditions turbulentes.

**Ce qui a
changé,
résultats
mesurables
et impact
business**

La solution fait déjà ses preuves. Après des essais concluants sur des avions équipés de deux types de moteurs différents, le constructeur a validé les modèles et en a commandé une troisième version

pour une nouvelle configuration moteur. Intégré dans l'avionique, le modèle d'IA fonctionne en arrière-plan, alertant les pilotes uniquement lorsque les capteurs traditionnels délivrent des données

suspectes. Avec cette avancée, l'IA n'est plus seulement un mot à la mode, elle est désormais intégrée au cœur de l'avion, renforçant la résilience des systèmes embarqués et réduisant les risques là où cela compte le plus.

COMMENT L'IA ALLÈGE LA CHARGE COGNITIVE DES PILOTES DE RAFALE

[expleo]

Le pod TALIOS de Thalès transforme les missions de combat aérien en réduisant la charge cognitive des pilotes, grâce à une IA embarquée qui voit, interprète et les assiste en analysant en temps réel ce qu'elle capture.



Avant l'IA : les défis derrière le projet

Sur le champ de bataille, la réussite d'une mission dépend de la lisibilité des informations et chaque seconde gagnée compte. Dans l'Armée de l'air française, les pilotes de Rafale doivent rapidement prendre des décisions à fort enjeu, souvent dans des situations à haute pression et à grande vitesse. Flux électro-optiques, signatures infrarouges, coordonnées GPS, alertes de menaces... Jusqu'à récemment, il revenait au pilote ou à l'officier responsable des systèmes d'armes d'interpréter manuellement ce déluge de données capteurs, en plein vol. Cette charge cognitive pouvait réduire l'efficacité des missions, augmentant les risques fatals.



Comment l'IA a été appliquée : le tournant décisif

TALIOS (Targeting Long-range Identification Optronic System) a été développé par Thalès pour décharger les pilotes de ces tâches. Ce système optronique embarqué pour avions de combat est doté de capacités IA, conçu pour transformer la manière dont les unités collectent, traitent et exploitent les données tactiques, ainsi que la façon dont les pilotes opèrent. Les versions précédentes intégraient déjà des capteurs haute résolution et une capacité jour/nuit. Ceci permettant aux pilotes de suivre des cibles en mouvement et de réaliser plusieurs opérations ISR (intelligence, surveillance, reconnaissance) simultanément. Mais l'ajout

Ce qui a changé, résultats mesurables et impact business

Grâce à des algorithmes entraînés sur des milliers d'images de défense souveraines, TALIOS peut désormais analyser les flux vidéo en temps réel. En s'appuyant sur le deep learning, il identifie et signale des points d'intérêt en quelques millisecondes, ne transmettant à l'équipage que les données les plus pertinentes. Les coordonnées des cibles sont désormais traitées jusqu'à 100 fois plus rapidement. Pour un pilote volant

à vitesse supersonique, cela fait toute la différence entre réagir et anticiper. Étant donné que plusieurs systèmes embarqués (drones, avions de chasse, satellites) transmettent des données capteurs aux unités dans le futur environnement de « combat collaboratif », ce dernier nécessitera les capacités IA de TALIOS pour s'assurer que seules les informations critiques sont transmises aux pilotes, réduisant ainsi leur temps de réaction.



Le rôle d'Expleo dans l'ingénierie des systèmes embarqués et l'IA pour la défense

Partenaire clé en matière d'IA pour les missions critiques, Expleo apporte une expertise approfondie en systèmes embarqués et en développement de modèles destinés à des cas d'usage temps réel, allant de la sécurité aéronautique à des scénarios de combat sécurisés. Dans des contextes similaires, Expleo a développé des modèles d'IA pour les avions, capables de calculer la vitesse grâce aux capteurs moteurs, même lorsque les systèmes traditionnels sont défaillants. Un défi nécessitant un calcul embarqué et des environnements de traitement extrêmement contraints.

Les frameworks d'IA d'Expleo sont conçus pour la fiabilité, la clarté et la rapidité : exactement le type d'automatisation intelligente qui rend possibles des systèmes comme TALIOS.

AGRICULTURE INTELLIGENTE : COMMENT L'IA EMBARQUÉE AIDE LES AGRICULTEURS À DOMPTER LA SURCHARGE COGNITIVE

[expleo]

Le système See & Spray de John Deere embarque vision par ordinateur et IA dans les champs. Il offre aux agriculteurs un copilote en temps réel qui repère les mauvaises herbes, gère l'usage de produits chimiques de manière à le limiter autant que possible, leur évitant beaucoup de stress.



◀ Avant l'IA : les défis derrière le projet

Dans un secteur agricole sous pression constante, les agriculteurs modernes doivent être à la fois chimistes, analystes de données, conducteurs de machines et météorologues. La complexité croissante des opérations sur le terrain, qu'il s'agisse de comprendre la pression exercée par les mauvaises herbes ou de calibrer le matériel de pulvérisation, rend difficile le maintien d'une gestion optimale. Sans soutien digital, les agriculteurs doivent s'appuyer

sur leur mémoire, leur intuition et d'innombrables essais. Pulvériser ne consiste pas simplement à actionner un levier, des variables comme le type de mauvaises herbes, l'historique du champ, l'humidité du sol, la maturité de la culture, le calibrage des buses et la réglementation environnementale doivent être gérées simultanément. La marge d'erreur est donc faible, tandis que le coût du surdosage en herbicide ne cesse d'augmenter.



Comment l'IA a été appliquée : le tournant décisif

Pour John Deere et Blue River Technology, la réponse est See & Spray. une machine équipée d'une vision embarquée conçue pour agir comme un décideur intelligent intégré directement au pulvérisateur, grâce au machine learning. Le système utilise 36 caméras,

chacune transmettant ses images à un processeur embarqué entraîné à distinguer les mauvaises herbes des cultures en quelques millisecondes, en temps réel.

AGRICULTURE INTELLIGENTE : COMMENT L'IA EMBARQUÉE AIDE LES AGRICULTEURS À DOMPTER LA SURCHARGE COGNITIVE

[expleo]

Ce qui a changé, résultats mesurables et impact business

Lorsqu'une mauvaise herbe est détectée, une buse déclenche un jet précis d'herbicide. Dans le cas contraire, le pulvérisateur continue sa route. Grâce à ce système boosté par l'IA qui cible uniquement les plantes nécessitant un traitement, les agriculteurs ayant testé See & Spray ont constaté une réduction de 60 à 70 % de leur usage d'herbicides. Cela diminue l'utilisation de produits chimiques, préserve la santé des cultures et optimise le temps passé à recharger

les réservoirs. De plus, les données collectées à chaque passage sont automatiquement transmises au centre d'opérations John Deere, où elles alimentent des cartes de mauvaises herbes. Ces informations visuelles permettent aux agriculteurs d'identifier des schémas, comme une densité plus forte de mauvaises herbes près d'anciennes lignes d'arbres, et d'adapter leurs traitements futurs en conséquence. En bref, l'IA transforme les don-

nées brutes en intelligence spatiale et la mémoire en connaissance exploitable. John Deere a repensé le rôle de l'IA embarquée pour l'agriculture. Elle réduit la fatigue cognitive et accélère désormais le retour sur investissement opérationnel, souvent en moins de 18 mois. Pour de nombreux agriculteurs, cette technologie autrefois perçue comme intimidante est désormais indispensable. Comme le résume l'un d'eux : « Sans cette invention, je n'achèterais même pas de pulvérisateur. »

Le rôle d'Expleo dans l'ingénierie des systèmes embarqués et l'IA

En combinant une expertise approfondie en IA et une rigueur en ingénierie systèmes, Expleo aide de grands industriels à déployer des IA embarquées qui allègent la charge cognitive d'opérateurs humains. Leur travail sur des modèles de machine learning embarqués a permis à des clients d'interpréter des données captées dans des environnements de calcul contraints, à l'image de la détection en temps réel des mauvaises herbes par See & Spray. Expleo s'assure que l'IA embarquée permette un traitement rapide et fiable de l'information.

CONDUIRE PLUS INTELLIGEMMENT : COMMENT LIGHTLYEDGE ACCELÈRE LE DÉVELOPPEMENT DES VÉHICULES AUTONOMES GRÂCE À L'IA EN EDGE COMPUTING

Trop de données, c'est le paradoxe de l'innovation en véhicule autonome. En théorie, plus de données devrait signifier de meilleurs résultats, mais en pratique, un volume excessif et non structuré peut ralentir les progrès et faire grimper les coûts. Pour les constructeurs automobiles européens, déjà confrontés à des réductions d'effectifs et à une concurrence féroce de leader comme Tesla, la gestion efficace des données est devenue essentielle.



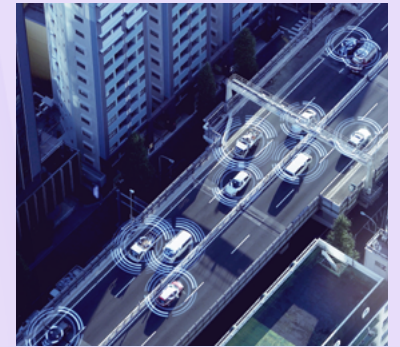
Avant l'IA, les défis derrière le projet

Coûts de stockage qui explosent, lenteur de transmission des données, cas critiques noyés dans des heures d'images inutiles... Les méthodes traditionnelles de collecte, consistant à enregistrer chaque seconde de conduite depuis les capteurs du véhicule, se sont révélées coûteuses et parfois inefficaces pour traiter efficacement les données.



Comment l'IA a été appliquée : le tournant décisif

La start-up zurichoise Lightly a détecté ce problème très clairement. Sa réponse : LightlyEdge, une solution d'IA embarquée révolutionnaire. En exploitant la tendance croissante du edge AI, où les modèles traitent les données directement depuis les capteurs et caméras, LightlyEdge transforme la collecte de données d'un enregistrement passif en un processus intelligent et sélectif.



Ce qui a changé, résultats mesurables et impact business

Plutôt que de transmettre des téraoctets sans fin, le système analyse les données en temps réel et ne communique que les informations pertinentes : situations de conduite à risque, événements météorologiques inhabituels, comportements imprévus de piétons.

LightlyEdge réduit ainsi le volume de données à stocker, à transmettre et à traiter. Diminuant fortement les coûts opérationnels et accélérant l'entraînement des modèles d'IA. Cet atout stratégique offre aux constructeurs européens un avantage compétitif, leur permettant de rivaliser avec les leaders établis de l'IA appliquée aux véhicules autonomes.

Le nanosatellite ExpleoLissa redéfinit la collecte de données dans tous les secteurs

ExpleoLissa bénéficie d'une IA embarquée et permet de reconfigurer un nanosatellite en orbite, grâce à sa conception software-defined (définie par logiciel), garantissant ainsi une transmission rapide et sécurisée des informations essentielles aux utilisateurs. Si la mission du satellite doit être modifiée, ExpleoLissa peut être reconfiguré rapidement, en quelques clics, à distance

et en toute sécurité, grâce au chiffrement des données. Qu'il s'agisse de suivre des marchandises médicales dans le monde entier, de fournir des informations critiques pour la gestion des incendies de forêt ou de combler les lacunes en matière de sécurité aérienne, ExpleoLissa offre des solutions de collecte et d'analyse de données polyvalentes, efficaces et sécurisées.

MAINTENANCE PRÉDICTIVE : L'IA EMBARQUÉE AU CŒUR DE LA STRATÉGIE D'UN LEADER AUTOMOBILE MONDIAL

[expleo]

Découvrez comment le pipeline de machine learning d'Expleo pour systèmes embarqués établit de nouveaux standards en termes de sécurité et de performance.

◀ Avant l'IA, les défis derrière le projet

Avec la généralisation des véhicules électriques, les attentes en matière de sécurité et de disponibilité augmentent rapidement. Pour un constructeur automobile international (OEM), il était essentiel de garantir la performance irréprochable de ses composants à haute tension. En effet, une seule panne du chargeur embarqué suffit à affecter la fiabilité du véhicule et à dégrader la confiance en la marque.

Problème : son approche à la maintenance privilégiait la réactivité, ce qui entraînait le traitement des dysfonctionnement, après leur apparition, tandis que le défi se cachait réellement dans l'architecture de ses données. Ce constructeur collecte des données en temps réel via ses systèmes embarqués, mais avec un faible taux d'échantillonnage. Les ingénieurs disposent donc de très peu d'informations pour repérer les premiers signes d'une défaillance. Prédire une panne de batterie avant qu'elle ne survienne était donc trop complexe avec les outils standards.

🚀 Comment l'IA a été appliquée : le tournant décisif

C'est à ce moment là que le constructeur s'est tourné vers Expleo, en quête d'un partenaire capable de conférer une véritable capacité de prévision à des données pourtant limitées. Les équipes conjointes Expleo - OEM ont lancé un proof-of-concept centré sur les composants à haute-tension. Les data scientists d'Expleo ont conçu un pipeline de machine learning, un « kernel » conçu pour fonctionner malgré les contraintes du système existant. Ils ont développé du code Python sur-mesure et livré un lot de rapports techniques, spécifications et modèles, qui ne suggèrent même pas de modifier l'architecture du véhicule.



MAINTENANCE PRÉDICTIVE : L'IA EMBARQUÉE AU CŒUR DE LA STRATÉGIE D'UN LEADER AUTOMOBILE MONDIAL

[expleo]

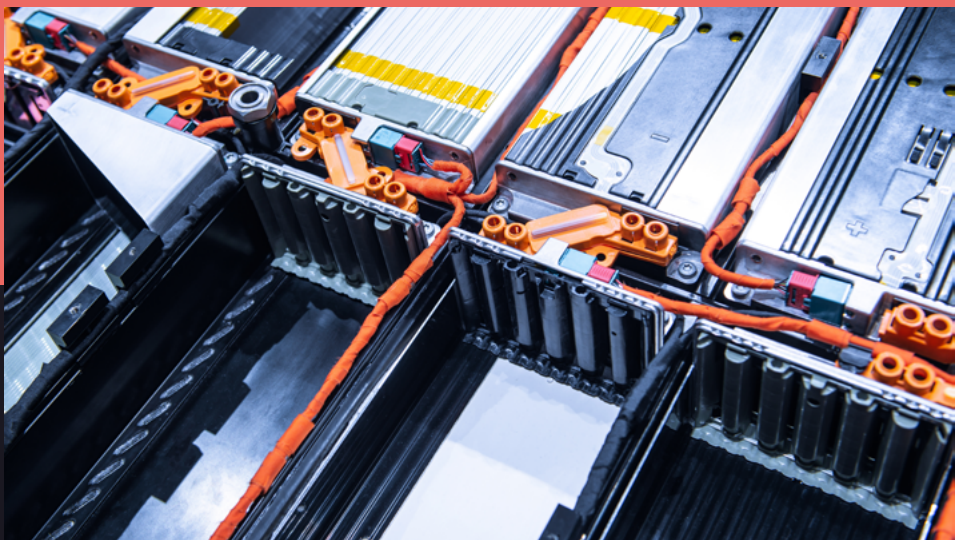
Ce qui a changé, résultats mesurables et impact business

La solution : un modèle d'IA embarqué doté d'un réel pouvoir prédictif. Il est capable d'anticiper les pannes du chargeur embarqué avec une précision de 99 %, en utilisant uniquement les données déjà présentes dans le véhicule. Aucun nouveau capteur, aucun matériel supplémentaire. Ce changement a permis au constructeur d'anticiper les défaillances, de mener des opérations de maintenance au bon moment, de réduire les coûts de garantie et de prolonger la durée de vie des batteries, tout en préservant la conception d'origine du véhicule.

Au delà de la question économique, cette IA pose de nouvelles exigences sur la fiabilité d'un véhicule. Avec une IA intégrée au niveau système, le constructeur est désormais proactif quant aux dysfonctionnements, un pas vers des véhicules plus sûrs, un entretien plus efficace et de meilleures expériences côté conducteurs.

Cette approche est donc devenue un modèle pour d'autres cas d'usage au sein du groupe. Ce projet ouvre également la voie à des méthodologies de diagnostic innovantes. Maintenant que le proof-of-concept a démontré son potentiel, l'entreprise prévoit de déployer l'intelligence prédictive sur l'ensemble de sa gamme de véhicules électriques.

Pour ce constructeur, Expleo a fourni un accompagnement 360°: développement logiciel, machine learning, livraison agile et conseil technique, pour mieux démontrer que la maintenance prédictive peut être intelligente, rentable et immédiatement utile, sans compromettre l'intégrité du système. Au point où le kernel d'Expleo servira de base à d'autres applications : fiabilité logicielle, fonctions autonomes et surveillance en temps réel de l'état des véhicules.



AMÉLIORER L'EFFICIENCE DE L'INGÉNIERIE

[expleo]



VOLKSWAGEN INTÈGRE L'IA A SA GESTION DU CYCLE DE VIE POUR TRANSFORMER SON INGÉNIERIE SYSTÈME EN PROFONDEUR

[expleo]

Pour gérer la complexité du développement automobile moderne, il faut repenser la manière dont les ingénieurs travaillent. Volkswagen a travaillé avec Microsoft et PTC, une collaboration qui démontre comment l'IA peut redéfinir l'efficacité en ingénierie

◀ Avant l'IA : les défis derrière le projet

Aujourd'hui, concevoir une voiture revient à orchestrer des millions de lignes de code au sein d'un véhicule de plus en plus intelligent et défini par logiciel (hardware-defined). Avec ce changement, les ingénieurs de Volkswagen doivent relever des défis croissants tout au long du cycle de vie du développement produit.

Les exigences se multiplient, les normes de sécurité se renforcent, les systèmes deviennent plus interconnectés et les véhicules eux-mêmes évoluent, passant de constructions mécaniques à des plateformes numériques intégrant logiciels embarqués, réseaux de capteurs et connectivité.

🚀 Comment l'IA a été appliquée : le tournant décisif

Pour relever cette complexité croissante, le groupe Volkswagen a adopté la plateforme Codebeamer de PTC, une solution robuste de gestion du cycle de vie applicatif (Application Lifecycle Management, ALM),

et l'a intégrée à Microsoft Copilot ainsi qu'à Microsoft Cloud for Manufacturing. L'objectif était clair : rendre l'ingénierie système plus intelligente, plus rapide et plus résiliente.

Ce qui a changé : résultats mesurables et impact business

Grâce à cette intégration, les équipes d'ingénierie de Volkswagen disposent désormais d'un assistant IA intégré directement à leur environnement de développement. Copilot ne se contente pas de répondre à des requêtes. Il aide à générer des spécifications d'exigences, à rédiger des cas de tests et à retrouver des données historiques pertinentes. Cela réduit considérablement les doublons, améliore la traçabilité et diminue le temps de

développement de 40 %. L'outil apprend de l'historique d'ingénierie propre à Volkswagen, permettant ainsi aux équipes de se concentrer davantage sur l'innovation.

Chez Volkswagen, l'ingénierie système est devenue un moteur de rapidité et de qualité. Les tâches d'ALM, autrefois exécutées via une supervision et une coordination constantes, avancent désormais plus vite et avec une meilleure

précision, grâce à la combinaison de l'IA, de l'évolutivité du cloud et d'outils adaptés à l'industrie. Avec le déploiement progressif de Codebeamer dans tout le groupe Volkswagen, l'entreprise ne se contente pas de répondre aux défis actuels du développement, elle établit aussi une base solide pour les véhicules de demain, définis par logiciel.

QUILTER RÉINVENTE LA CONCEPTION DE CARTES DE CIRCUIT IMPRIMÉ (PCB) GRÂCE À L'INGÉNIERIE HARDWARE ASSISTÉE PAR L'IA

[expleo]

Concevoir le « système nerveux » d'un appareil : sa carte de circuit imprimé (PCB), est l'une des tâches les plus complexes et chronophages de l'ingénierie des systèmes embarqués. Avec l'IA de Quilter, ce processus est en train d'être radicalement redéfini.



Avant l'IA : les défis derrière le projet

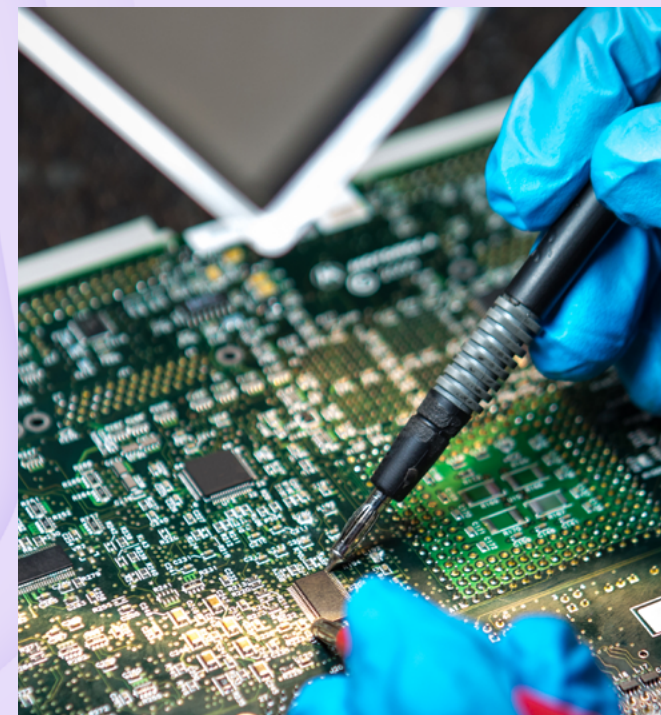
Concevoir une carte de circuit imprimé signifiait repartir de zéro et s'appuyer fortement sur l'expérience acquise. Les ingénieurs étaient contraints de placer manuellement chaque composant, tracer les connexions et résoudre des problèmes complexes, allant de l'intégrité du signal aux performances thermiques et ce plusieurs jours voire semaines. C'était un processus lent et répétitif, laissant peu de place à l'itération.

Cependant, la complexité de la conception matérielle embarquée augmente de jour en jour. Les appareils boostés par l'IA deviennent plus petits, plus rapides et plus interconnectés. Pourtant, la carte de circuit imprimé, l'infrastructure physique qui relie tous les composants, doit supporter cette complexité sans compromettre sa taille, sa fabricabilité ou son coût. Pour les ingénieurs, cela implique de réussir en un essai et naviguer avec des compromis difficiles.



Comment l'IA a été appliquée : le tournant décisif

C'est alors que Sergiy Nesterenko (fondateur de Quilter) fort de son expérience initiale en avionique chez SpaceX, a posé une question simple : pourquoi la conception de cartes de circuit imprimé ne pourrait-elle pas être automatisée ? Cette réflexion a mené à la création de Quilter, une plateforme alimentée par l'IA. Celle-ci utilise l'apprentissage par renforcement et la modélisation physique, pour générer des cartes répondant à un large éventail d'exigences de conception et de fabrication, le tout en une fraction de temps habituel.



Ce qui a changé, résultats mesurables et impact business

Grâce à cela, Quilter permet désormais aux ingénieurs de produire plusieurs options de disposition de cartes en seulement quelques heures. Les utilisateurs définissent contraintes : taille de la carte, emplacement des composants, règles de fabrications et l'IA explore des milliers de possibilités avant de proposer les plus efficaces. Un exemple concret, une carte qui

aurait demandé plusieurs jours de conception a été finalisée en seulement deux heures et demie, puis directement envoyée en fabrication. La conception de cartes de circuit imprimé est ainsi devenue non seulement plus rapide mais aussi beaucoup plus intelligente. Les ingénieurs peuvent désormais explorer un champ de solutions plus vaste,

mieux comprendre les compromis de conception et mettre au point des prototypes plus robustes, plus rapidement. Quilter ne remplace pas l'expertise humaine, elle l'amplifie, libérant les talents pour se concentrer sur l'innovation à forte valeur ajoutée sur le long terme.

TESTS HIL NOUVELLE GÉNÉRATION : L'IA AU SERVICE D'UN LEADER EUROPÉEN DE L'AUTOMOBILE

[expleo]

Dans la course au développement des véhicules de nouvelle génération, définis par logiciel (hardware-defined), les phases de test et de validation sont des étapes incontournables.



◀ Avant l'IA : les défis derrière le projet

Pour cette entreprise historique engagée dans la transition vers les véhicules définis par logiciel, garantir la qualité et la sécurité de systèmes embarqués de plus en plus complexes reposait depuis longtemps sur les tests Hardware-in-the-Loop (HiL). Mais à mesure que le nombre de fonctionnalités augmentait et que le logiciel prenait le pas sur le matériel, les méthodes de validation traditionnelles se sont retrouvées sous pression. Les coûts augmentaient, les délais s'allongeaient et les responsables qualité avaient besoin d'un nouvel allié. Qu'il s'agisse de valider les fonctionnalités des systèmes avancés d'aide à la conduite (ADAS), la gestion de l'énergie ou la sécurité haute tension, le HiL permet de simuler en temps réel les interactions entre matériel et logiciel. Mais avec la multiplication des plateformes de véhicules et l'explosion du nombre d'unités de contrôle électronique, ce processus était devenu particulièrement gourmand en ressources et difficile à faire évoluer. Ce constructeur cherchait un moyen de moderniser sa validation HiL dans tous les domaines afin d'améliorer la productivité et d'intégrer davantage d'innovation, tout en conservant sa rigueur d'ingénierie emblématique.

🚀 Comment l'IA a été appliquée, le tournant décisif

Le changement est apparu avec l'intégration d'ExpleoSophia, un outil de génération de cas de test boosté par l'IA. Conçu pour les responsables qualité et les équipes d'ingénierie, ExpleoSophia lit les exigences fonctionnelles et génère automatiquement des cas de test système, d'intégration et de validation utilisateur. Les ingénieurs n'avaient donc plus besoin de traduire manuellement des spécifications complexes en scripts de test. Qu'elles soient exprimées en langage naturel ou sous forme de diagrammes de processus, ExpleoSophia associait chaque scénario aux critères de test, réduisant considérablement le temps nécessaire à la conception des tests.

TESTS HiL NOUVELLE GÉNÉRATION : L'IA AU SERVICE D'UN LEADER EUROPÉEN DE L'AUTOMOBILE

[expleo]



Ce qui a changé, résultats mesurables et impact business

Ce qui a rendu cette transformation particulièrement efficace, c'est l'adaptabilité de d'ExpleoSophia. L'outil a été déployé dans différents départements et environnements HiL, garantissant la cohérence tout en permettant aux équipes locales d'adapter les flux de travail à leur contexte. Les ingénieurs ont ainsi pu concentrer leurs efforts sur des tests exploratoires et l'analyse de cas limites, des tâches où le jugement et la créativité humaine apportent une forte valeur ajoutée.

Pour amplifier ce gain de productivité, le constructeur automobile international a restructuré ses opérations HiL autour d'un modèle de collaboration mondiale. Il a mis en place un dispositif bestshore 50/50, dans lequel les centres d'ingénierie en Inde et en Égypte gèrent désormais la moitié de la charge de travail HiL. Les équipes allemandes assurent la coordination et supervisent les validations à haut risque.

Ce modèle permet à ce constructeur de faire évoluer la validation dans tous les domaines du véhicule : des fonctions de conduite aux systèmes de recharge, tout en conservant un contrôle local. La transparence et la responsabilité sont intégrées aux processus, notamment grâce à ExpleoSophia qui fluidifie le développement de tests multi-sites et réduit les charges supplémentaires habituellement liées à une QA distribuée. L'approche repensée du HiL par ce constructeur a redéfini la validation à grande échelle des systèmes embarqués. En combinant excellence technique et productivité alimentée par l'IA, l'entreprise a établi un nouveau standard de qualité et d'efficacité. Cette validation optimisée par l'IA marque le début d'une stratégie plus intelligente, capable de suivre le rythme et l'ambition du développement automobile moderne.

BOSCH AMÉLIORE L'EFFICACITÉ DE L'INGENIERIE GRÂCE À L'AUTOMATISATION DES TESTS PAR L'IA

[expleo]

Les tests sont essentiels en ingénierie, en particulier dans le développement des systèmes de propulsion électrique. Chez Bosch, l'IA contribue désormais à transformer l'une des phases les plus gourmandes en ressources du cycle de développement.



Avant l'IA, les défis derrière le projet

Recueillir les données nécessaires à l'entraînement et au calibrage des modèles pour moteurs électriques impliquait de longues campagnes sur bancs d'essai. Les ingénieurs devaient planifier les trajectoires de fonctionnement, exécuter les expérimentations et surveiller les conditions de sécurité. Tout ceci, en veillant à ce que le système reste dans les seuils définis pour la température, les vibrations ou la charge. Cela nécessitait de longues heures, une attention experte et des coûts opérationnels élevés.

À mesure que Bosch élargissait son offre d'unités de contrôle embarquées dotées d'IA et de composants de propulsion électrique, la pression pour raccourcir les cycles de développement s'intensifiait. Des données de test de haute fidélité étaient indispensables pour construire des jumeaux numériques et des capteurs virtuels précis, mais leur acquisition à grande échelle restait lente et coûteuse. L'approche traditionnelle ne permettait plus de suivre le rythme de l'innovation.



Comment l'IA a été appliquée, le tournant décisif

Les chercheurs de Bosch ont introduit une solution basée sur l'IA appelée Safe Active Learning, conçue pour automatiser les opérations sur bancs d'essai. Construite autour d'un algorithme d'apprentissage séquentiel, la solution planifie, exécute et adapte les trajectoires de test en temps réel.

Elle apprend quelles combinaisons d'entrées sont les plus informatives pour l'entraînement, tout en respectant en permanence les contraintes critiques de sécurité.

Ce qui a changé, résultats mesurables et impact business

Les bancs d'essai équipés de Safe Active Learning peuvent désormais fonctionner de manière autonome, y compris la nuit et le week-end. L'IA détermine quelles mesures manquent encore, calcule de nouvelles trajectoires sûres, les exécute via des interfaces standards et met à jour le modèle interne après chaque série de tests. Cela réduit considérablement la durée des campagnes de mesure

et augmente la productivité des équipes d'ingénierie de Bosch. Bosch a ainsi pu développer des modèles d'IA prêts pour la production en quelques heures au lieu de plusieurs semaines. L'IA évite les arrêts inutiles, accélère l'entraînement et optimise l'utilisation des bancs d'essai dans toutes les divisions. Cette approche accélère déjà le déploiement de fonctionnalités alimentées par l'IA,

dans les chaînes de traction électriques comme les capteurs de température virtuels, qui remplacent les capteurs physiques grâce à l'inférence de données en temps réel.

À PROPOS D'EXPLEO

[expleo]

Chez Expleo, nous coupons court au bruit autour de l'IA pour nous concentrer sur l'essentiel : vous aider à réinventer ce qui compte pour vous (à la puissance de l'IA). Nous mettons à votre service des décennies d'expertise en ingénierie, en production, en IT et en data, associées à un savoir-faire pratique en IA, pour concevoir des solutions sur mesure qui répondent à vos vrais enjeux terrain.

Mais surtout, nous mettons à vos côtés des experts qui écoutent, comprennent, s'adaptent et retroussent leurs manches. Nos équipes travaillent main dans la main avec les vôtres pour rendre l'IA pratique, utilisable et, surtout, précieuse. Que vous en soyez aux premiers pas ou en phase de déploiement à grande échelle, nous faisons en sorte que l'IA fonctionne pour votre entreprise, vos équipes et vos objectifs.

Avec Expleo, réinventez ce qui compte (à la puissance de l'IA).

Discutons-en



**Découvrez-en plus sur
expleo.com**

[expleo]