

Apport et utilisation de l'IA dans le domaine de l'aéronautique

Par Pascal TEA et Guillaume SOULÉ

Palantir Technologies

L'industrie de l'aviation exploite les données depuis longtemps, mais ce n'est que grâce à un paysage de données régulé et à l'utilisation d'un modèle sémantique de données (par exemple l'ontologie) que les opérations peuvent être optimisées et que l'IA peut être pleinement exploitée. L'IA a été utilisée pour des applications avancées, telles que la maintenance prédictive, l'analyse des problèmes de qualité et l'expérience client personnalisée, entre autres, mais n'a été une réussite qu'en ayant une organisation robuste sous-jacente de la donnée utilisée. Les *large language models* (LLM) en IA transforment déjà l'industrie des compagnies aériennes, mais à l'avenir cette révolution doit prendre en compte de manière native les risques autour de la sécurité et de la précision de ces outils.

Introduction

Les données pour l'aéronautique, un environnement régulé mais disparaté

Les données sont essentielles dans l'aviation moderne, permettant l'innovation, améliorant la sécurité et augmentant l'efficacité opérationnelle. L'industrie génère quotidiennement d'énormes quantités de données, allant des indicateurs de performance des avions à la gestion du trafic aérien. L'exploitation et l'analyse de ces données débloquent des informations et favorisent l'amélioration dans divers domaines. Les progrès en IA et en apprentissage automatique permettent aux parties prenantes de développer des modèles de maintenance prédictive et d'améliorer les processus de prise de décision. En analysant les historiques de maintenance, les algorithmes d'IA identifient des modèles et anticipent les défaillances d'équipement, favorisant des mesures proactives pour minimiser les perturbations. L'analyse des données aide à réduire la consommation de carburants, bénéficiant aux économies de coûts et à la durabilité environnementale. Cependant, le succès nécessite des données utilisables à la fois du point de vue de l'utilisateur et du régulateur.

La nécessaire régulation des données dans l'aviation

Bien que l'utilisation des données apporte des avantages, elle soulève des préoccupations concernant la confidentialité, la sécurité et la propriété des dites données. Avec des informations sensibles sur les passagers et des données opérationnelles, des réglementations et des protocoles appropriés sont essentiels pour une gestion et une protection responsable des données. Les organismes de réglementation, tels que l'OACI, l'EASA et la FAA, mettent en place

des règles autour de considérations clés comme la collecte, le stockage, le partage et les droits d'utilisation des données. Il est primordial d'équilibrer l'accès aux données pour l'innovation et la protection de la vie privée. Des réglementations claires sur la propriété des données, le consentement et la transparence sont nécessaires pour établir la confiance parmi les passagers, les opérateurs et les parties prenantes de l'écosystème de l'aviation. Cela est encore plus important avec l'actuel "Data Act" et le futur "AI Act", qui ajouteront davantage de réglementation et serviront de lignes directrices pour les fournisseurs de logiciels offrant des capacités de données et d'IA. Les autorités de l'aviation doivent établir des cadres et des normes robustes de gouvernance des données, pour favoriser la confiance et la responsabilité.

La collaboration entre les parties prenantes de l'industrie de l'aviation, y compris les compagnies aériennes, les aéroports, les régulateurs et les fournisseurs de technologie, est essentielle pour une gouvernance et un traitement harmonisé des données. Cet effort renforce la sécurité des données et favorise l'innovation responsable tout en abordant les risques de mauvaise utilisation des données. Un exemple parfait est Skywise, lancée par Airbus sur la base de technologies fournies par Palantir Technologies. Skywise est une plateforme d'analyse de données aéronautiques conçue pour analyser d'énormes quantités de données générées par les systèmes et les opérations d'avions, garantissant un contrôle précis et fin de l'accès aux données.

En trouvant le bon équilibre, l'industrie de l'aviation doit utiliser les avantages procurés par l'utilisation des données tout en atténuant leurs risques. Cependant, des données de bonne qualité sont une condition préalable à une IA efficace dans l'aérospatiale : "*garbage in, garbage out*".

De l'importance d'avoir une donnée organisée et unifiée

La jeune industrie de l'aviation s'est rapidement transformée, s'adaptant à un environnement complexe et rapide de fusions, de consolidations et de partenariats mondiaux. L'irruption des données a considérablement augmenté la vitesse à laquelle les informations pouvaient être utilisées, avec des impacts majeurs.

Quelques exemples d'applications utiles de la donnée en aéronautique

Airbus, l'exemple de l'A350¹

Pour planter le décor, un A350 est composé de millions de pièces et assemblé par des centaines d'équipes, réparties dans quatre pays et plus de huit usines. Les données qui pilotent la production – les calendriers de production, les horaires de travail, les livraisons de pièces, les ordres de travail, les problèmes de qualité, etc. – sont également réparties entre les équipes et les pays. Les systèmes informatiques existants doivent être mis en relation avec des systèmes plus récents, des données non structurées ou même avec des notes de décision manuelles des utilisateurs. La taille des données se situe dans le domaine des pétaoctets (unité de données numériques qui équivaut à un million de gigaoctet de données) et d'une complexité impossible à gérer par un esprit humain seul.

En conséquence, les données sont nécessaires pour aider l'humain à répondre aux questions clés : quel travail reste-t-il, à un moment donné, sur un avion donné ? Et comment prioriser ce travail sans bloquer le travail d'une autre équipe ?

Dans le contexte des premières séries d'A350 produites, Airbus et Palantir ont travaillé à créer certains outils pour mieux guider la planification et aider au dépannage pour tous ceux qui travaillent sur la production de l'A350. Une meilleure compréhension du processus global et une meilleure collaboration

entre les équipes ont finalement accéléré la livraison des A350 de 33 % au cours des premières années, à la suite de l'entrée en production de ce nouveau programme.

Lilium²

Lilium s'est fixé pour objectif de débloquer l'avenir d'une mobilité aérienne rapide, abordable et durable avec un écosystème de données complet construit autour de leurs jets électriques à décollage et atterrissage verticaux. Étant une nouvelle entreprise, ils ont centré leur stratégie sur une approche axée sur les données, en utilisant Palantir Foundry, pour diffuser des téraoctets de données brutes de capteurs, puis transformées en une base de données unifiées de capteurs sur laquelle l'ontologie s'appuie pour alimenter la maintenance prédictive, la modélisation de la durée de vie des batteries, l'accélération de l'examen de la préparation au vol et la gestion rapide des défauts.

Lilium a transformé les données en informations six fois plus rapidement qu'auparavant, permettant à leurs ingénieurs de se concentrer sur l'action et l'innovation.

Skywise écosystème³

La plateforme Skywise d'Airbus (construite sur les services et les technologies de Palantir) relie les données de vol, d'ingénierie et d'exploitation de l'industrie de l'aviation dans un écosystème sécurisé, couvrant plus de 11 000 avions en service dont plus de la moitié de la flotte en service d'Airbus.

La plateforme gère de multiples intégrations, des transactions synchrones et un énorme volume de données (à l'échelle du pétaoctet). Par exemple, elle gère les données de séries temporelles provenant de nombreux capteurs par avion, chacun fournissant 20 à 100 points de données par seconde, soit environ 1 000 000 de points de données par vol, et ce pour des milliers par jour. Airbus propose désormais un changement d'échelle et la transformation d'une industrie tout entière grâce à Skywise.

¹ <https://www.palantir.com/impact/airbus/>

² <https://www.palantir.com/offerings/automotive-mobility/>

³ <https://www.palantir.com/impact/airbus/>

At Airbus, Palantir delivered an effective solution at speed, producing business results in a matter of months. Following the initial A350 use case, the partnership rapidly expanded to adjacent problem spaces, such as aircraft maintenance. Palantir's support program helped drive user adoption across the organization and equip Airbus teams to build new capabilities on top of Foundry. In the following years, the partnership grew to include industry partners through a platform called Skywise.

	YEAR	USER COUNT	ACHIEVEMENTS
PHASE 01	2015	50	Palantir and Airbus began their partnership, increasing production of the A350 aircraft by 33%.
PHASE 02	2016	500	The data asset Palantir and Airbus started to build enabled us to tackle more than 20 adjacent use cases across supply chain, scheduling, and finance.
PHASE 03	2017	4,000	Palantir and Airbus partnered to extend the platform beyond the walls of Airbus to connect the entire industry. Skywise is an open data platform that aims to eliminate inefficiencies throughout the value chain.
PHASE 04	2020	18,000+	Today there are more than 100 airlines onboarded to the Skywise platform. Independent third-party analysis estimates that the Skywise platform creates a revenue opportunity.

Figure 1 : Évolution de Skywise au cours du temps (© 2024 Palantir Technologies Inc.).

Skywise aide les compagnies aériennes à améliorer la disponibilité de leurs avions, optimiser l'exploitation des flottes et réduire les coûts. De même, la plateforme permet à Airbus d'optimiser certains processus industriels et d'accompagner la montée en cadence de production.

Les paysages de données et d'IT sont souvent complexes, coûteux et rigides

La nature fragmentée des systèmes informatiques de l'aviation, la complexité du *enterprise resource planning* ou ERP (planification des ressources d'entreprise) et des nouveaux systèmes de données (capteurs, temps réel) posent des défis significatifs. Les ERP existants ont été mal utilisés, devenant coûteux et rigides. D'autre part, les nouveaux systèmes de données génèrent des données pour l'optimisation des opérations ou la diffusion d'informations en temps réel pour des applications encore plus influentes.

L'intégration de systèmes disparates et de sources de données est essentielle pour permettre aux compagnies aériennes et aux exploitants d'aéroports de prendre des décisions éclairées et d'optimiser les opérations. La standardisation des formats de données, l'intégration des systèmes et la promotion de la collaboration exploitent le plein potentiel des données et de la technologie pour améliorer l'efficacité, la sécurité et l'expérience passager.

Skywise d'Airbus a été développée pour intégrer et analyser les données provenant de multiples sources, permettant une compréhension globale et des capacités de maintenance prédictive. Le but de ce travail est de consolider les données fragmentées, d'améliorer la collaboration, et d'améliorer l'ensemble des opérations des avions et des compagnies aériennes. Cela a été rendu possible grâce à l'ontologie Skywise, qui a abstrait les spécificités de myriades de systèmes différents en usage au sein de toutes les compagnies aériennes en une seule manière commune de modéliser l'aviation.

Un moyen de contrôler et d'utiliser correctement les données : l'ontologie⁴

Au lieu d'avoir de nombreuses sources de données et tables de données, les entreprises devraient investir dans une représentation unique des données de leur entreprise. Cela permet de réconcilier toutes les sources de données, tous les formats, pour tous les types d'utilisateurs, afin de s'assurer d'une définition unique des données de l'entreprise (et des permissions associées), et se concrétise par la création d'un modèle sémantique de données.

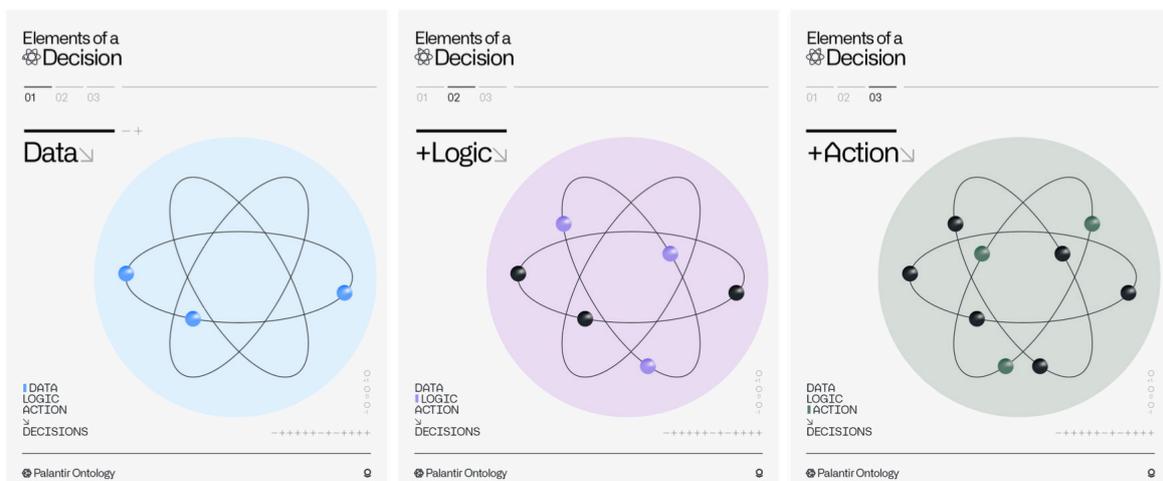
Chez Palantir, cette approche porte un nom : l'ontologie. Ce terme sera utilisé dans le reste du texte pour y faire référence.

L'ontologie est conçue pour représenter les décisions dans une entreprise, et non simplement les données. L'objectif principal de chaque organisation est de prendre les meilleures décisions possibles, souvent en temps réel, tout en faisant face à des conditions internes et externes en constante évolution. L'entreprise moderne a besoin d'une architecture logicielle centrée sur la décision. La valeur de l'ontologie repose sur ces trois éléments constitutifs de toute décision :

- les données, ou l'information utilisée pour prendre une décision ;
- la logique, ou le processus d'évaluation d'une décision ;
- l'action, ou l'exécution de la décision.

L'ontologie intègre ces trois éléments dans une base évolutive, dynamique et collaborative qui reflète les conditions et ambitions en constante évolution de l'organisation au fur et à mesure qu'elles évoluent en temps réel. D'autres éléments clés concernent les capacités de construction de scénarios ; l'extensibilité

⁴ <https://www.linkedin.com/pulse/connecting-ai-decisions-palantir-ontology-palantir-technologies-twdq>



At a fundamental level, every decision is comprised of data (the information used to make a decision), logic (the process of evaluating a decision), and action (the execution of the decision).

Figure 2 : Éléments constitutifs de l'ontologie (© 2024 Palantir Technologies Inc.).

(grâce à un kit de développement logiciel, le SDK de l'ontologie – pour *software development kit*) ; les différentes façons de connecter des modèles d'IA génératifs commerciaux et *open-source* à des sous-ensembles sécurisés de données, de logique et d'action ; et les méthodes pour étendre le travail d'équipe humain-IA à l'ensemble de l'entreprise.

Sans données correctes et une ontologie appropriée, les entreprises ne peuvent pas obtenir des résultats à grande échelle et fort impact. La qualité des données, la cohérence, les permissions intégrées et la sécurité sont essentielles pour la nouvelle révolution de l'IA.

L'impact de l'IA pour l'aéronautique : une révolution constante

Historique de l'impact de l'IA dans le domaine aéronautique

Avec la révolution de l'IA en cours, en particulier autour des *large language models* (LLM), il convient de noter que l'aviation explore depuis longtemps des applications concrètes de l'IA qui façonnent l'industrie. Comme mentionné, l'IA seule ne peut pas accomplir de miracles sans des données appropriées et des paradigmes organisationnels. Par exemple, dans le partenariat Airbus & Palantir, l'accent a été mis sur la création d'une base solide de données, de produits de données et d'une ontologie pour alimenter les applications et les approches de l'IA.

Certaines des applications d'IA avec le plus d'impact et d'utilité ont été :

- Maintenance prédictive pour les compagnies aériennes : l'IA analyse les données des capteurs des avions pour prévoir et prévenir les problèmes de maintenance, améliorant la disponibilité, réduisant les coûts et renforçant la sécurité.
- Problèmes de qualité récurrents dans les environnements de production : l'analyse automatisée des problèmes de qualité sur les chaînes de production pour réduire l'effet sur le temps de cycle global. Des solutions ont été fournies pour trier et regrouper automatiquement les problèmes de non-qualité, offrant des recommandations pour les éliminer en tirant parti des connaissances métiers des travailleurs et des capacités d'IA de la plateforme.
- Formation et simulation : IA dans les simulateurs de vol pour créer des scénarios de formation réalistes pour les pilotes et les contrôleurs de la circulation aérienne.

En résumé, le succès de la première révolution de l'IA a été permis par la combinaison de données robustes, de connaissances métiers humaines et de capacités d'IA uniques, accélérant et changeant la manière dont les avions sont produits et entretenus. Elle repose fortement sur la qualité et la profondeur des données sous-jacentes pour former des modèles dans le but visé, soulevant les défis de garantir la confidentialité des données et l'éthique.

En fin de compte, l'ontologie permet à chaque organisation de connecter l'IA directement à leurs opérations principales et de contrôler précisément comment et quand les recommandations, les augmentations et les automatisations basées sur l'IA peuvent être utilisées dans des contextes de première ligne. Ceci est possible de manière unique lorsque l'ontologie est centrée sur la décision, et non simplement sur les données ; elle rassemble les éléments constitutifs de la prise de décision – données, logique et action – au sein d'un seul système logiciel.

Les nouvelles données peuvent être rapidement intégrées dans une représentation sémantique particulièrement précise ; les nouveaux algorithmes et la logique métier peuvent être facilement mis à la disposition des utilisateurs humains et de l'IA ; et l'intégration d'actions robustes est réalisée grâce à des connexions en temps réel avec l'ensemble des systèmes opérationnels. L'ontologie de chaque organisation est un puits en temps réel sur les conditions changeantes, les ambitions et les décisions prises par les équipes – garantissant que l'IA soit toujours ancrée dans la réalité de l'entreprise.

Cela a été l'état du monde jusqu'au début de 2023. Puis est arrivée la révolution des LLM, avec la capacité de transformer et d'accélérer encore davantage ces changements.

La révolution des *large language model* (LLM) et ses risques

Les LLM sont des technologies d'IA générant un langage semblable à celui des humains et répondant à des questions complexes, révolutionnant la compréhension du langage et améliorant les *chatbots* et les assistants virtuels. Les LLM personnalisent les expériences utilisateurs en analysant de vastes données et images, en transformant le traitement du langage naturel, en améliorant les expériences utilisateurs, en accélérant la recherche et en automatisant la création de contenu.

Dans l'industrie aérospatiale, les LLM offrent de nombreux avantages par rapport à l'apprentissage automatique traditionnel, notamment le fait qu'ils peuvent être utilisés immédiatement « sortis de la boîte » et affinés si nécessaire. Les principaux domaines d'application sont les suivants :

- inspection de la qualité : analyse de documents manuscrits ou complexes détaillant les problèmes de qualité dans la production ou la maintenance ;
- maintenance et dépannage des avions : les LLM analysent les données de maintenance, prédisent les besoins, identifient les défauts et soutiennent la prise de décision des techniciens ;
- formation et soutien des pilotes : simulation de scénarios, génération de matériel de formation interactif, réponse aux questions et guidage de tâches complexes pour une formation efficace des pilotes ;

- conformité réglementaire : compréhension des réglementations complexes de l'aviation et aide à l'adhésion, la sécurité, la documentation et la déclaration.

Cependant, ces avantages des LLM s'accompagnent également de risques qui doivent être abordés concernant la précision des modèles, la propagation des erreurs, les risques de cybersécurité, la mauvaise utilisation et l'abus du LLM, ou le manque de transparence des modèles. Ceci est inhérent aux modèles d'IA, et exacerbé avec les LLM en raison de la soi-disant compréhension du langage humain que le modèle pourrait avoir. Cela signifie également qu'une grande variété de LLM coexisteront et seront utilisés indistinctement, comme des produits de base, sans toujours avoir la possibilité de les comparer de manière précise et juste.

La bonne utilisation de ces technologies viendra de la manière de contrôler les LLM et de traiter correctement leurs risques pour tirer pleinement parti de l'IA générative dans un contexte réel en utilisant des données opérationnelles, comme ce que Palantir propose avec Palantir AIP. Palantir propose de s'appuyer sur une approche centrée autour de l'ontologie qui permet de capitaliser sur les investissements existant autour des données, de la sécurité et des connaissances métiers. En effet, quand des LLM sont déployés sur une base de données soigneusement gouvernée dans l'ontologie, il est possible de mettre en place des contrôles particuliers, garantissant que le LLM ne récupère que des informations précises et pertinentes, et n'est capable d'exécuter que des actions appropriées sous la direction d'un expert formé à ces sujets. Ceci est nécessaire pour donner aux LLM un rôle central dans le processus de prise de décision.

Les LLM révolutionneront l'industrie et notre façon de travailler, mais ils devraient tirer parti des bonnes données, des bonnes réglementations et des bons accès. Cela libère la valeur des LLM pour être entraînés et utilisés avec les données correctes et dans le bon contexte de l'aviation, avec également la possibilité d'avoir l'humain dans la boucle pour corriger et examiner les LLM.

Conclusion : L'IA ne peut être efficace, utile et sûre qu'avec une ontologie et la possibilité de la tester en production

En conclusion, les technologies basées sur les données recèlent un grand potentiel pour l'aviation, mais leur mise en œuvre réussie nécessite un cadre réglementaire robuste, une organisation des données compétente et une gouvernance habilitée avec des capacités technologiques appropriées. L'IA n'est pas magique et ne peut fonctionner qu'une fois que les autres briques (données, sécurité, gouvernance) ont été déployées à grande échelle, et le choix ainsi que le contrôle final doivent être donnés aux utilisateurs.

L'IA n'est réelle que lorsqu'elle est construite et expérimentée sur le terrain, comme le fait actuellement

Palantir avec certains acteurs de l'aéronautique. Afin d'éviter de se lancer dans de longues initiatives de R&D et des projets IT coûteux, les entreprises et les institutions peuvent tester l'IA directement sur le terrain avec des cas d'utilisation opérationnels.

L'IA n'est réelle que lorsque l'on capitalise sur les données pertinentes et les connaissances métiers régies par une ontologie, car cela permet de développer réellement des modèles d'IA robustes. Sans une ontologie, le risque est fort de multiplier les démonstrateurs intéressants mais coûteux, qui ne passent pas à l'échelle et finissent par n'avoir aucun impact.

L'IA n'est réelle que lorsque vous lui faites confiance pour soutenir vos décisions commerciales ou stratégiques. Vous devriez investir (ou travailler avec des partenaires de confiance) pour construire une approche sécurisée et centrée autour de la validation humaine, pour favoriser l'impact de votre IA.