

Transformez la fabrication aéronautique

Comment adopter une stratégie de fabrication numérique rentable qui transforme les opérations

Par Aziz Tahiri, VP Aéronautique et Spatial





Sommaire

01	Une industrie qui aspire à rationaliser la fabrication	4
02	Une seule vérité à propos de la fabrication	8
03	Jumeau numérique et simulation	11
04	Le "vrai" jumeau numérique	12
05	Entrer dans l'univers numérique sans intégration complexe	15
06	Un modèle opérationnel plus flexible	16
07	Quatre cas d'application de la numérisation, dans la construction aéronautique	19
	• Usinage CN en boucle fermée	20
	• Fabrication additive de bout en bout	21
	• Assemblage virtuel	22
	• Automatisation et inspection en ligne	23
08	Conclusion	24



01

Une industrie qui aspire à rationaliser la fabrication

Après la pandémie du COVID 19, les constructeurs aéronautiques et leurs fournisseurs évoluent sur un marché mondial plus complexe et volatile, qui les contraint à analyser leurs priorités d'investissement technologique.

Les fabricants et compagnies aériennes ne sont pas seulement confrontés à une chute imprévue, précipitée et prolongée de leur activité et de leurs bénéfices. Ils doivent aussi affronter un nouvel acteur mondial, le Chinois Comac.

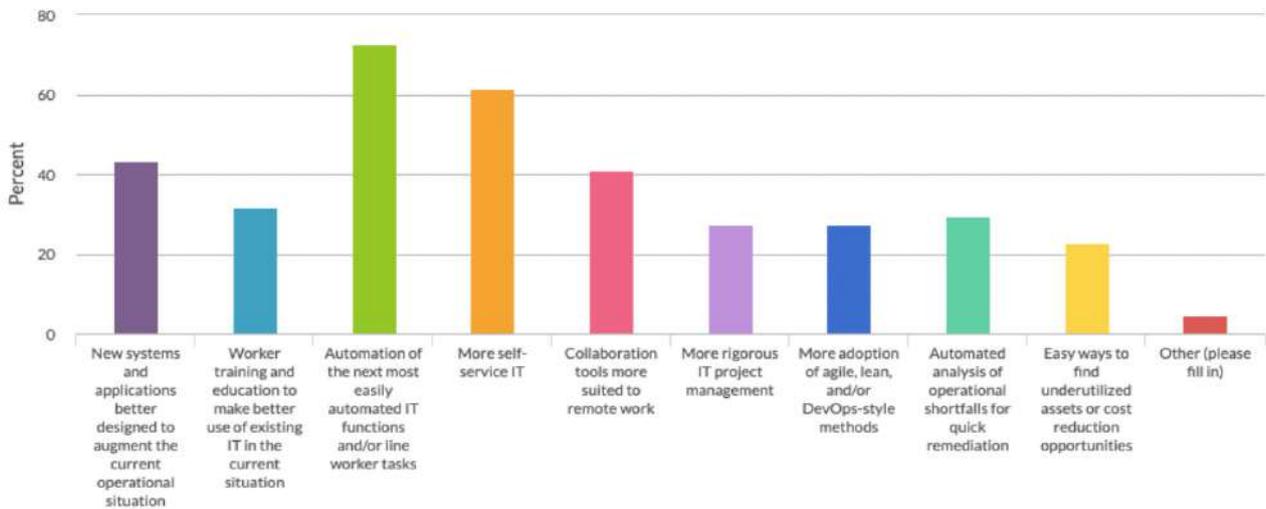
Parallèlement aux défis de fabrication déjà présents avant la crise sanitaire. En 2019, on prévoyait un parc mondial deux fois plus étendu d'ici 2038.¹ Bien que certaines compagnies aériennes aient repoussé

la livraison d'avions en raison des pressions financières dues au COVID 19, la production accuse toujours encore des retards.

En même temps, les constructeurs et équipementiers aéronautiques doivent investir dans le développement d'avions durables, se partager le marché avec de nouveaux concurrents - notamment en Asie - et répondre à la demande de services tels que la customisation.

Confrontés à un environnement exigeant, les fabricants aéronautiques et de la défense doivent trouver un équilibre entre les besoins à court et à long terme, c'est-à-dire entre des opérations plus économiques et productives et une fabrication plus flexible et plus verte.

6. What do you estimate would dramatically improve IT effectiveness and/or ROI right now in your organization? (Select up to five that apply)



Source: Constellation Research

77 % des CIO voient la transformation numérique comme leur plus grande priorité budgétaire en 2021.”

La reconnaissance du potentiel de numérisation augmente dans l'industrie. Dans le cadre d'un sondage mené auprès de 100 CIO leaders, 77 % des participants ont déclaré que la transformation numérique était leur plus grande priorité budgétaire en 2021.¹ Pour les constructeurs aéronautiques se pose la question de savoir quels efforts de numérisation auront le plus grand impact.

Cet eBook montre comment des investissements dans des améliorations opérationnelles peuvent répondre à des impératifs à court terme, comme la réduction des coûts, tout en favorisant la réalisation d'objectifs stratégiques, comme la création d'activités connectées plus autonomes qui exploitent les données d'une manière efficace et rationnelle.

Les erreurs de conception, de fabrication et d'assemblage de pièces aéronautiques leurs coutent très cher. Plus les fabricants arrivent à identifier les sources d'erreur et à les éliminer, plus ils réussiront à obtenir de bons résultats de production dès le début et bénéficieront donc d'une meilleure productivité et d'une réduction des coûts.

Les constructeurs dans le secteur de l'aéronautique et de la défense réalisent effectivement des investissements technologiques rigoureux, d'une part pour recueillir et mieux utiliser des données opérationnelles et d'autre part pour créer des systèmes de fabrication plus intelligents et plus autonomes.

Beaucoup d'entre eux doivent accélérer le déploiement technologique afin de réduire les coûts et d'automatiser encore plus les processus.

¹ WalkMe/Constellation Research: The CIO Outlook 2021 - Delivering Business ROI at Scale

Capter, analyser, impacter la production !

Une partie de la réponse est tactique. Elle revient à identifier des tâches précis de la conception, de la fabrication et de l'inspection qui présentent des points faibles, et à utiliser des technologies spécifiques pour les éliminer. C'est une approche incrémentale de la transformation numérique et elle offre l'avantage de fournir rapidement des résultats mesurables. On observe un intérêt croissant, par exemple pour le contrôle automatisé et la télésurveillance de ressources, de même que pour des logiciels d'analyse avancés qui modélisent des scénarios et recommandent des actions optimales.

Les fabricants économisent aussi de l'argent en simulant l'impact des exigences de production physiques et de l'utilisation pratique sur une pièce conçue, ce qui permet de les modifier avant de réaliser un prototype coûteux. En outre, ils utilisent des logiciels

pour obtenir des résultats plus précis avec les machines exploitées, par exemple en testant et en vérifiant le code ISO avant d'usiner. Cela réduit les erreurs et le rebut.

De plus en plus d'avionneurs combinent les performances de logiciels d'analyse et de simulation pour créer des jumeaux numériques de pièces et de systèmes s'appuyant sur des données de diverses sources pour reproduire en permanence les modifications apportées à leur homologue physique.

Indépendamment de l'aspect opérationnel, une solution économique idéale repose sur des technologies qui exploitent les données pour réaliser à la fois les objectifs tactiques immédiats et les buts de transformation numérique stratégiques à long terme, en rendant possible :

1. Capturer la réalité

Le scanning 3D et la collecte de données numériques des pièces et outils, qui permettent de contextualiser et de structurer ces données afin de les rendre utilisables tout au long de l'opération.

2. Simuler et analyser

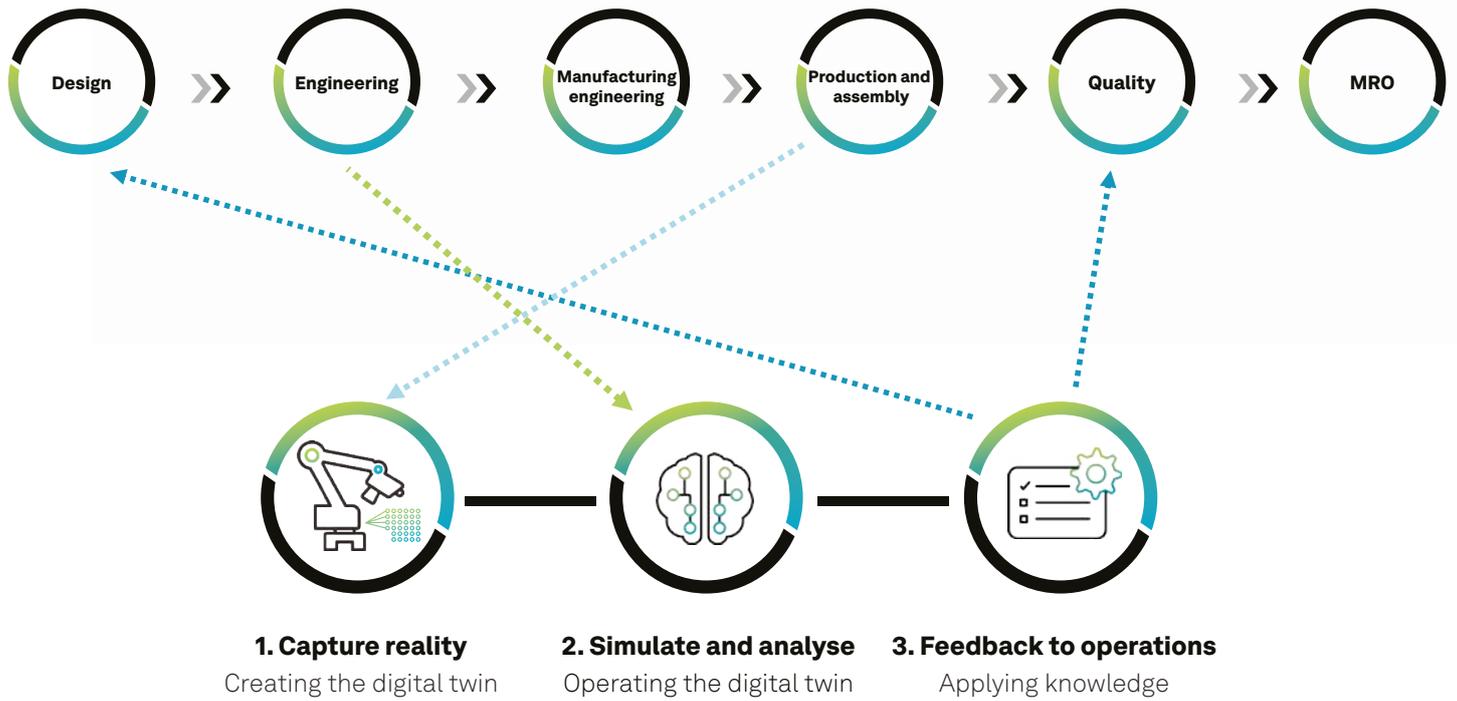
Exécuter des simulations qui éclairent les décisions sur les rectifications à mettre en œuvre ou corrigent directement les processus, par exemple, en générant de nouvelles trajectoires d'outil CN.

3. Impacter les opérations

Filtrer et traiter des données pour visualiser les paramètres opérationnels clés et faire remonter des informations pertinentes aux opérateurs et à leurs responsables opérationnels.

CAPTURER, ANALYSER, IMPACTER

Créer et utiliser le jumeau numérique en trois étapes clés



02

Une seule vérité à propos de la fabrication plus intelligente

La généralisation de systèmes fiables et accessibles - qu'il s'agisse des systèmes IoT, du cloud computing, de l'apprentissage automatique ou bien d'outils de visualisation et d'analyse - rend l'automatisation et l'accélération de la collecte, de l'analyse et de l'utilisation des données bien plus abordables.

Mais il n'est pas toujours simple de recueillir des données de processus de machines opérationnelles et de systèmes virtuels, ni de structurer ces données dans une forme que les concepteurs, ingénieurs, opérateurs de machine et directeurs peuvent partager.

Souvent le cloisonnement entrave l'interopérabilité : les données peuvent être mal interprétées, perdues ou rester inexploitées lorsqu'elles sont transférées entre des systèmes.

Il en résulte que les constructeurs aéronautiques manquent d'informations cruciales sur l'évolution des produits durant leur cycle de vie, ce qui influe sur la future conception de produits.

Pour comprendre l'impact des décisions de conception sur le cycle de vie, les industriels doivent disposer d'informations

sur la fabrication réelle de tout composant, assemblage et produit.

Les équipes de conception, de production et de contrôle interfacent déjà des systèmes pour résoudre des problèmes. C'est ainsi, par exemple, que les équipes de contrôle utilisent actuellement des systèmes de métrologie en temps réel pour positionner des fixations destinées à de grands assemblages aéronautiques, pour les contrôler pendant leur réalisation et pour envoyer des modifications directement aux systèmes de conception. Des logiciels CAO/FAO spécialisés permettent de générer, gérer et optimiser les trajectoires d'outils d'usinage CN, en accélérant ainsi considérablement le fraisage.

Mais les fabricants aéronautiques réaliseront les plus grandes économies lorsqu'ils pourront accéder à des données pertinentes de systèmes d'inspection et de fabrication, et les analyser pour comprendre toutes les conséquences des décisions de conception et de fabrication sur le cycle de vie. Une fois qu'ils disposent d'une vue d'ensemble, sur la base de résultats virtuels et réels, ils peuvent agir rapidement pour réduire le rebut, améliorer la productivité ou adapter la conception afin de faciliter la fabrication d'un composant ou d'accélérer l'assemblage d'un avion.





MACHINE NUMBER: SIN 212793

CB54684Q

SYSTEM



Production Capacity: 409/day

Uptime: 99%

Energy State: Active

Pressure: 42/3

Auto

Errors: 0



Part 01
98%
BN298364S

Part 03
95%
LW234568F

Part 04
99%
CB54684Q

Part 05
97%
AA31534H





03

Jumeau numérique et simulation

En ayant immédiatement accès à des informations physiques et virtuelles, les concepteurs peuvent valider et vérifier (V&V) à un stade précoce la conception pour détecter des erreurs et éviter ainsi des modifications coûteuses et chronophages pendant la phase de test au sol et dans le ciel.

Mais la performance des systèmes d'analyse statistique et d'apprentissage automatique, dépend toujours de la qualité des données source.

Les analyses statistiques pertinentes et l'IA reposent sur un écosystème ouvert, connecté vers des données réelles et virtuelles à la fois précises et exploitables. Les fabricants doivent par conséquent éliminer les problèmes d'interopérabilité pouvant impacter les flux de données, en utilisant des systèmes ouverts. Et ils doivent être en mesure de le faire sans coûts d'intégration élevés et sans augmenter la complexité. Sinon, ils auront des difficultés à déployer la continuité numérique et les jumeaux numériques qui leur permettent de déterminer et de mettre en œuvre des mesures d'économie.

04

Le jumeau numérique

Les jumeaux numériques sont une représentation virtuelle d'objets et de processus physiques. Ils sont conçus de manière à réduire le temps, les ressources et les coûts en permettant de simuler l'impact des choix dans un environnement virtuel avant l'intégration dans l'univers réel.

Un jumeau numérique permet, par exemple, aux concepteurs et ingénieurs d'adapter des conceptions sans devoir construire des prototypes coûteux. Les jumeaux numériques jouent aussi un rôle important dans l'évaluation de la possibilité de fabriquer un composant et permettent ainsi aux ingénieurs de développer un système efficace dès le début, qui évite de rectifier des composants à l'étape de validation physique. Il est aussi possible de créer un jumeau numérique pour détecter et visualiser en temps réel la véritable cause des problèmes dans l'atelier de fabrication, pour aider à mettre en service un nouvel équipement, pour former de nouveaux opérateurs ou pour simuler différentes configurations d'atelier. Cela aide les responsables de la fabrication à résoudre des problèmes qui retardent la production.

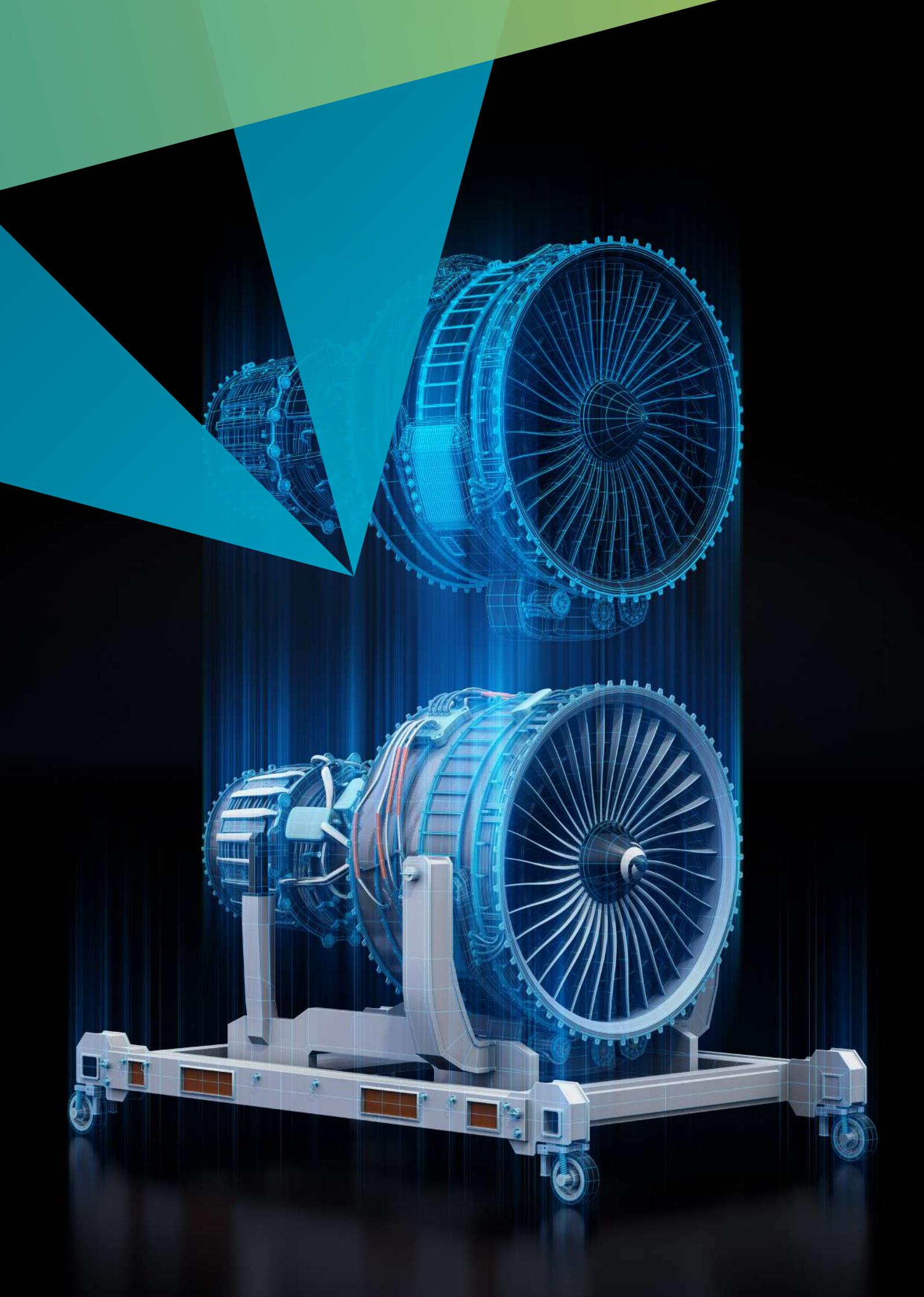
Ces exemples montrent que les jumeaux numériques sont souvent créés et utilisés avec des paramètres fonctionnels distincts, mais peuvent aussi être interconnectés pour former un système plus complexe.

Cela peut sembler assez simple, mais les jumeaux numériques ne sont pas toujours faciles à construire dans la pratique. L'une des raisons tient au coût et à la complexité de l'alimentation des modèles en flux de données fiables et cohérents. La connexion des modèles à l'équipement de l'atelier, de même qu'aux systèmes PLM, MES et ERP pose également des défis. Sans flux de données intégré et unifié entre les systèmes, les jumeaux numériques peuvent être dans l'impossibilité de cerner l'évolution des produits et processus dans le cadre de la chaîne de travail.

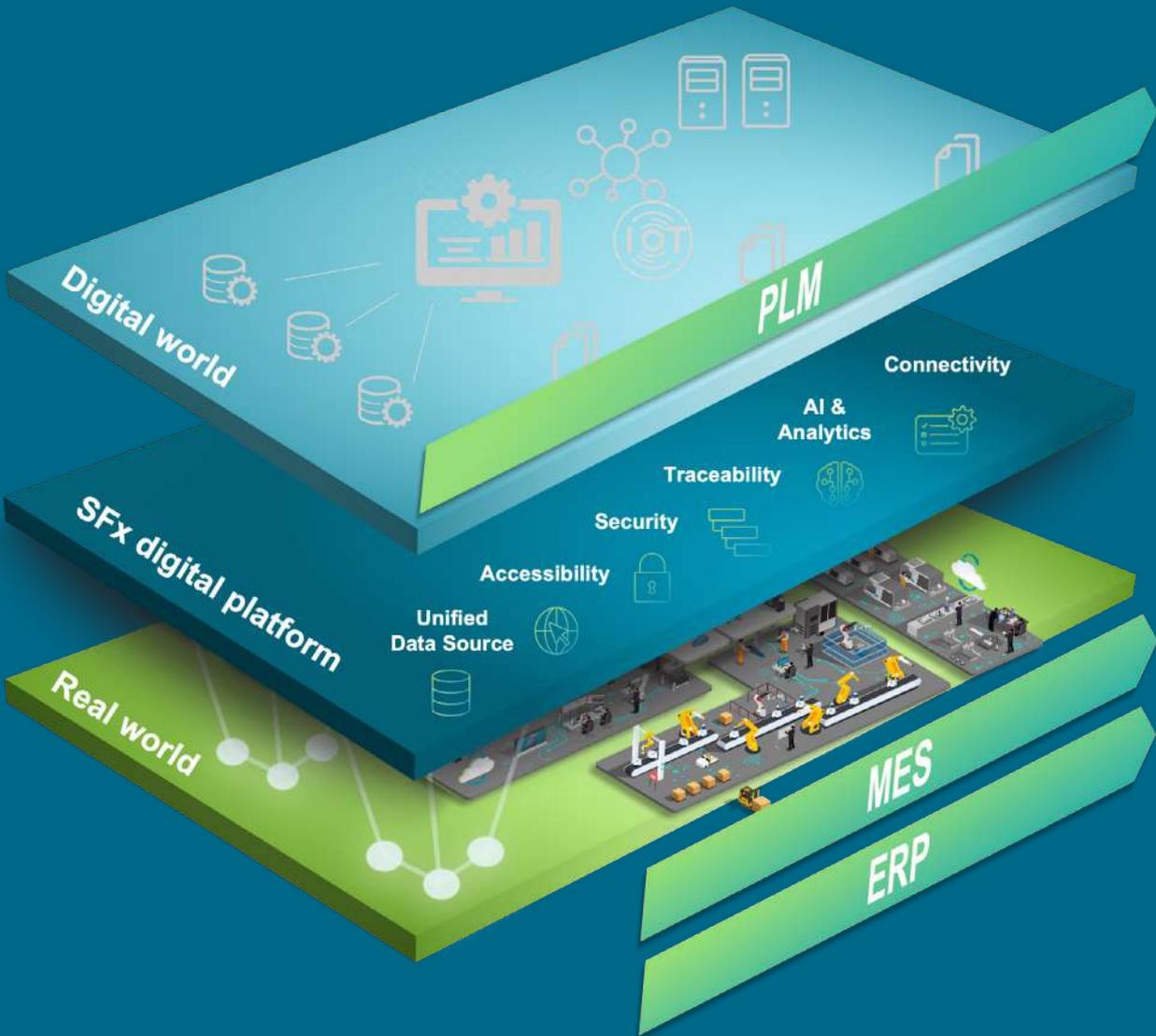
La société d'analyse IDC a montré qu'il est difficile d'utiliser des données dans la prise de décisions lorsque les silos OT et les systèmes d'entreprise IT ne sont pas interfacés.

« Appliquer une stratégie de convergence IT/OT est une priorité dans plus de 90% de sociétés industrielles, mais l'intégration reste problématique. Les entreprises ont déclaré que le plus gros défi lors de l'utilisation de données pour la prise de décisions, est l'intégration de systèmes OT à travers les silos, et l'interfaçage de ces équipements avec les systèmes d'entreprise, en particulier les progiciels de gestion intégrés (ERP) », selon IDC²

² IDC : IDC Asie/Pacifique présente des prévisions sur la convergence TI/TO pour favoriser une prise de décisions résiliente en 2021 et au-delà



Rapprocher l'atelier de fabrication et le monde virtuel



05

Entrer dans l'univers numérique sans complexité

À moins de partir de zéro, la meilleure façon de créer un vrai jumeau numérique et une vraie continuité numérique, est d'établir une plateforme numérique qui orchestre et surveille le domaine physique, connecte différentes étapes du flux de travail, ainsi que les systèmes PLM, MES et ERP. Ainsi, chaque étape de conception, de fabrication et de contrôle peut profiter de multiples sources pertinentes de données virtuelles et physiques pour créer un flux sûr d'informations pouvant être utilisé pour optimiser les opérations réelles.

C'est pourquoi Hexagon s'est servi de ses compétences aéronautiques ancrées dans l'univers physique et numérique pour développer la plateforme numérique HxGN Sfx destinée à l'aéronautique. La plateforme Sfx connecte les systèmes IT et OT depuis la conception jusqu'au contrôle pour aider à collecter et fournir une source de données cohérente, précise et unifiée.

Le diagramme ci-dessus montre comment le chemin des données unifiées est facilité à l'intérieur des systèmes OT/IT d'un constructeur aéronautique par la plateforme numérique Sfx et par une approche ouverte, interopérable du développement technologique.

L'engagement d'Hexagon à assurer l'interopérabilité avec des tiers, au moyen de protocoles standard incluant SYSML, STEP, XML, et OPC-UA, aide les constructeurs aéronautiques à rationaliser la fabrication en s'appuyant sur des systèmes PLM, MES et ERP existants.

L'un des points forts de Sfx est de combiner les univers numérique et réel en facilitant la collecte et la surveillance d'informations sur les systèmes physiques et en permettant de les partager avec des systèmes virtuels.

Il est possible de déclencher et de surveiller des outils terrain dans l'architecture Sfx pour optimiser le séquençage des tâches. Les concepteurs peuvent ainsi déterminer plus facilement, à un stade précoce, l'impact que des modifications de paramètres individuels, comme la composition du matériau ou l'acoustique, ont sur la performance globale. Cela ne réduit pas seulement le temps consacré à la conception, mais donne aussi aux ingénieurs les connaissances, la rapidité et l'assurance nécessaires pour effectuer des innovations de conception.

En attendant, la plateforme d'orchestration Sfx soutient le MES en apportant des informations d'usinage, de perçage, de fixation, d'inspection ou de fabrication additive à l'atelier de fabrication pour le relier à une chaîne de processus connectée intelligente.

ABOUT SFX SOLUTIONS →

06

Un modèle opérationnel plus flexible

Un accès rapide aux données de simulation, de fabrication et d'inspection permet d'effectuer une analyse virtuelle de fabricabilité, ce qui est un élément crucial. Les solutions de fabrication numérique d'Hexagon aident à créer un modèle numérique des composants fabriqués en utilisant des données de métrologie, connectées au PLM du client pour réaliser des corrélations avec le tout dernier modèle conçu. Des processus d'usinage à la fabrication additive ou au formage de métaux, les jumeaux numériques « réels » peuvent alors exécuter les scénarios de simulation les plus avancés, en proposant le jeu de paramètres optimal. Les informations peuvent remonter vers l'atelier de fabrication – à travers le MES – sous différentes formes, telles que de nouvelles trajectoires d'outil, de nouveaux modes de fixation de pièces, de nouveaux matériaux ou tableaux de bord opérationnels basés sur les gains de productivité attendus.

Les solutions de fabrication numériques d'Hexagon s'appuient sur plus de 40 années d'expérience aéronautique. Ce sont des solutions flexibles de création de jumeau numérique connectées à l'infrastructure IT/ OT des clients et fournissant les bonnes informations au bon endroit et au bon moment. Conçu pour être axé sur le workflow et entièrement modulaire, l'outil d'orchestration opérationnel SFX aide les équipes à exploiter les connaissances issues des processus aéronautiques pour anticiper les problèmes de fabrication et d'assemblage, surveiller les cycles de production et appliquer des mesures correctives dans l'atelier de fabrication.

Le résultat est personnalisable et les flux de travail automatisés facilitent la gestion et l'analyse avancées des données.

Être capable de simuler les processus de fabrication à l'avance est une grande source potentielle de réduction des coûts, compte tenu des frais et du travail qu'engendre la correction de processus de fabrication réels. Le résultat est un modèle opérationnel plus flexible qui souligne la précision de fabrication et la qualité du produit.

La plateforme SFX d'Hexagon facilite l'adoption rapide de technologies distinctes qui résolvent des problèmes spécifiques, en permettant de créer un écosystème de fabrication plus automatisé et autonome. L'autonomie est la forme ultime d'exploitation des données. Elle permet de libérer des ressources humaines et d'exécuter des tâches réalisables avec la même voire une plus grande efficacité par des machines, pour que le personnel puisse se concentrer sur la résolution de problèmes créative dans la fabrication. En suivant cette voie, les constructeurs aéronautiques peuvent s'assurer des retours sur investissement mesurables à court terme et atteindre à long terme l'objectif consistant à créer un environnement Smart Manufacturing plus économique et flexible.

Unified data source



Accessibility



Security



Traceability



AI and analytics



Connectivity



Empower your organisation

Autonomous workflows



Embedded and assured quality



Flexible scalability



Advanced analytics



Collaborative innovation



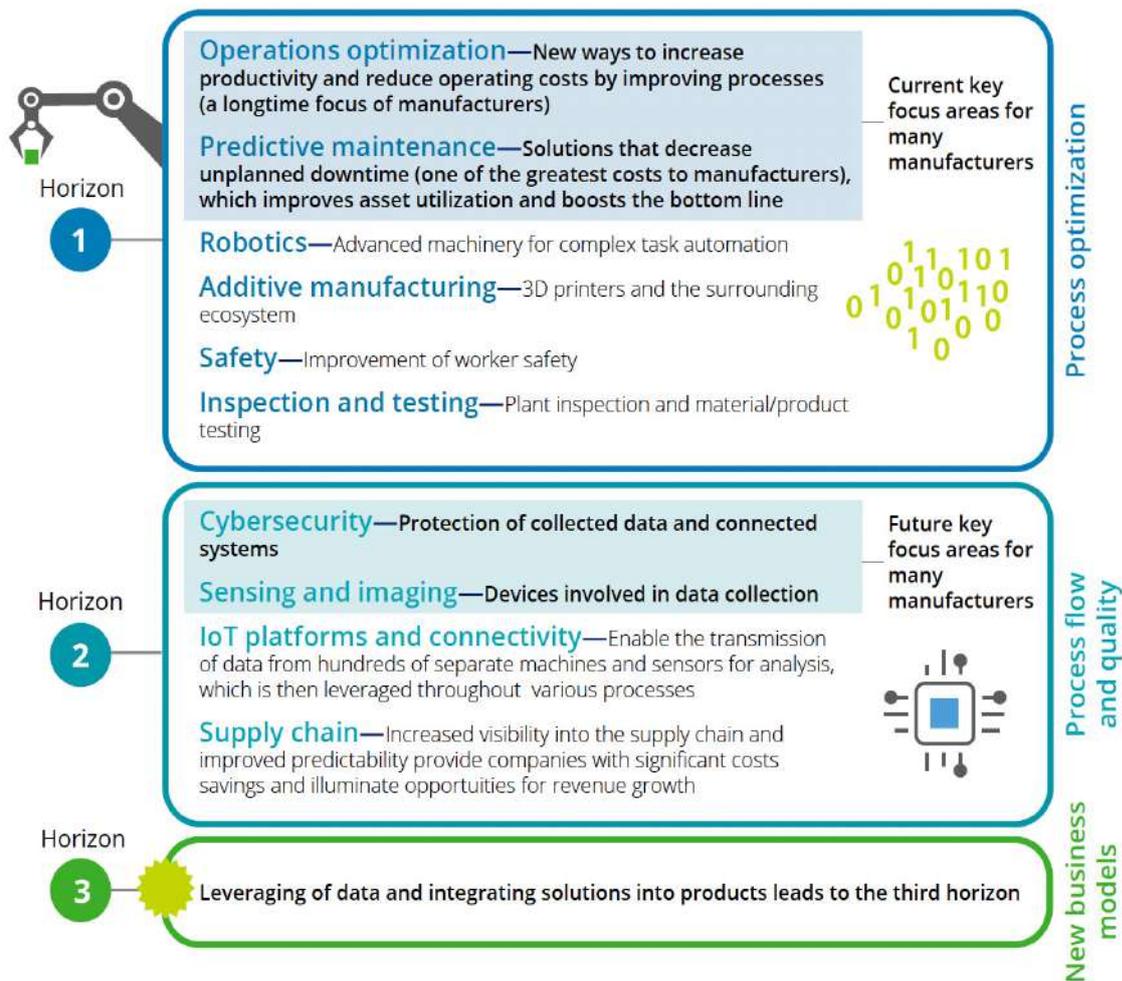
Cost optimisation



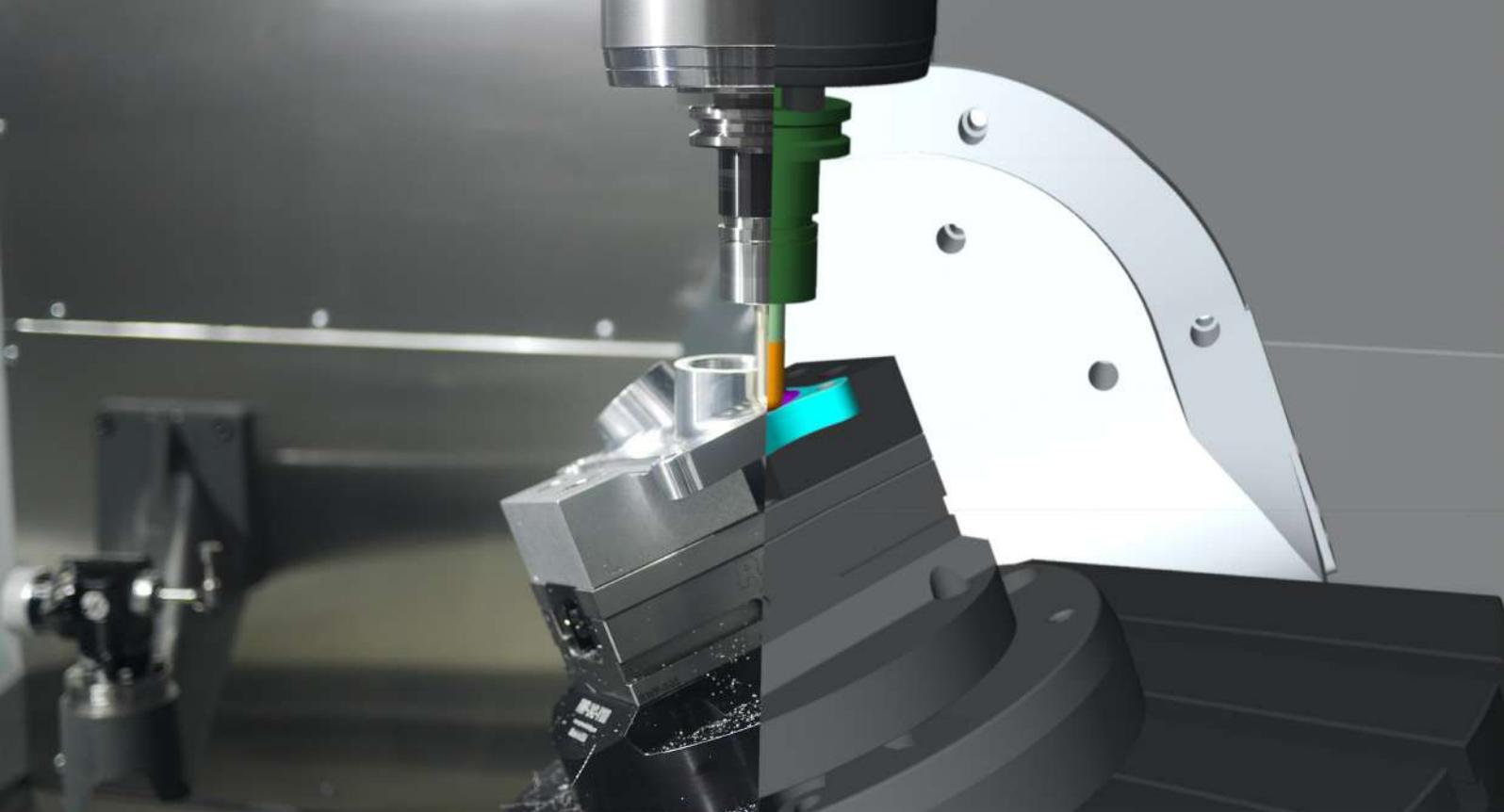
Increased productivity



Domaines de développement clés de la **numérisation**



Source: Deloitte



07

Cas d'application de la numérisation dans la production aéronautique

L'intégration réussie d'une stratégie numérique passe par la sélection, le cadrage et la définition de l'étendue des projets susceptibles de créer de la valeur. C'est l'un des plus grands défis pour les fabricants. Pour l'ensemble du potentiel du Smart Manufacturing, des études indiquent que moins de 30 % des projets de transformation numérique réussissent.³ Les projets fructueux s'appuient sur des facteurs de succès clés, allant de la planification du projet à la fourniture. Cela commence par le ciblage et la détermination des résultats escomptés du projet.

Ce chapitre présente quatre cas d'application dans l'industrie aérospatiale qui peuvent immédiatement tirer profit de la numérisation et de l'intégration de la technologie du Smart Manufacturing:

1. **Usinage CN en boucle fermée**
2. **Fabrication additive**
3. **Assemblage virtuel**
4. **Automatisation et contrôle en ligne**

En concentrant les nouvelles initiatives technologiques sur de telles activités, les constructeurs aéronautiques peuvent s'assurer que l'investissement stratégique est fructueux avant d'adopter une approche similaire dans d'autres domaines d'activité.

³ McKinsey: Unlocking success in digital transformations

Usinage en boucle fermée

L'usinage CN en boucle fermée est l'un des nombreux domaines dans l'aéronautique où les améliorations opérationnelles connectées, fondées sur des données, sont profitables.

Avec un système d'usinage CN en boucle fermée, les retours d'information sont automatiquement envoyés aux contrôleurs CN et permettent au programme machine d'effectuer des ajustements pour exclure des erreurs. Cela est particulièrement important dans l'aéronautique où l'on fraise de grandes pièces complexes constituées de matériaux coûteux.

Les logiciels de vérification de l'usinage simulent les caractéristiques réelles des machines, outils CN et matériaux pour simuler, contrôler et optimiser les programmes CN pour des machines 5 axes et plus complexes. Il est ainsi possible de réaliser un usinage sans collisions, ce qui réduit le gaspillage, et réduit la durée de fabrication d'une pièce en optimisant automatiquement les vitesses d'avance des outils d'usinage. De telles solutions peuvent faciliter l'échange d'informations à travers les interfaces CAO/ FAO et assurent une importation fluide de toutes les données FAO existantes.

Les solutions de contrôle de machines-outils d'Hexagon permettent d'inspecter et d'aligner des éléments du fuselage pendant l'usinage, en offrant la possibilité de détecter tout écart et d'exécuter des actions correctives.

Entre-temps, les solutions intelligentes de contrôle de machines permettent de gérer différentes machines-outils, en fournissant des aperçus détaillés et des analyses historiques qui peuvent être utilisés pour améliorer de futurs processus. Les versions avancées sont capables de calculer les valeurs de correction spécifiques à l'outil et de les envoyer directement au système de commande de la machine-outil, en automatisant l'amélioration de la qualité du produit et en optimisant la stabilité.

LEARN MORE →

Figure 1 : des solutions CN adaptatives telles que Q-DAS IMC utilisent des données pour réaliser des corrections pendant le processus



Fabrication additive

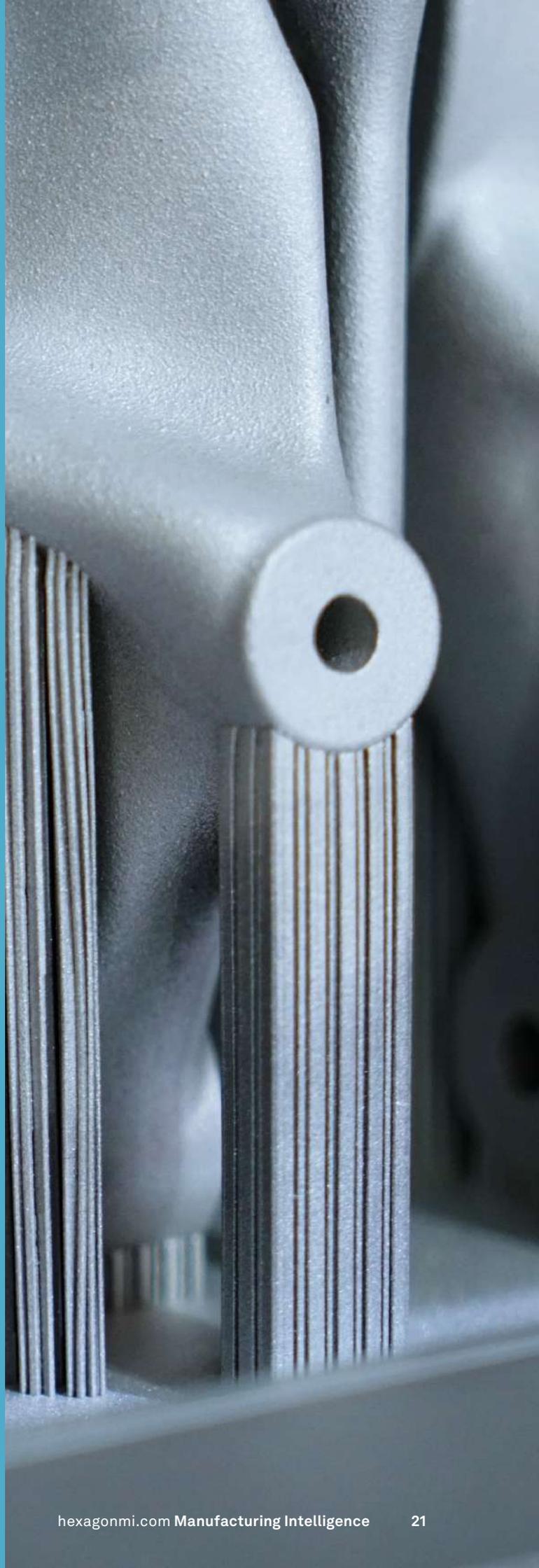
La fabrication additive (FA) joue un rôle important dans la réalisation d'avions plus durables et plus légers. Les processus de fabrication tels que le placement automatisé de fibres (AFP) et le placement automatisé de rubans (ATL), rendent les avions plus légers et plus rapides, en particulier lorsqu'ils sont soutenus par des techniques de contrôle dédiées automatisées, comme l'orientation des fibres dans les pièces composites, par exemple les panneaux d'aile.

Mais le marché de la FA évolue rapidement et offre une série de technologies telles que la Powder Bed Fusion (PBF) ou la Directed Energy Deposition (DED), qui ne sont pas toujours faciles à mettre en œuvre sur le plan industriel. La plateforme SFx permet une intégration flexible des processus FA dans les systèmes de conception, d'ingénierie, de fabrication et de contrôle. Grâce à cela, les fabricants peuvent distiller plus de connaissances et d'analyse automatisée dans leurs processus et améliorer en continu leurs flux de travail FA.

Le résultat est une industrialisation accélérée de la technologie FA, de la conception générative à l'assurance qualité finale du produit en passant par la fabrication.

[LEARN MORE →](#)

Figure 2 : la fabrication additive de pièces aéronautiques offre un grand potentiel dans des domaines comme la construction légère



Assemblage virtuel

Traditionnellement, les constructeurs aéronautiques ont abordé la complexité pratique du raccordement des ailes au fuselage après la fabrication des pièces. Une approche plus rapide, plus précise et plus économique consiste à traiter les défis d'assemblage pendant la phase de conception initiale, à l'aide d'une combinaison de données de simulation et d'informations venant de systèmes d'inspection.

L'équipement métrologique contrôle les caractéristiques dimensionnelles de pièces aéronautiques, règle et vérifie les dispositifs de serrage et fixations, en fournissant des données mesurées pour une simulation de l'assemblage. Les laser trackers, par exemple, peuvent être utilisés pour acquérir des références permettant de calculer virtuellement les déplacements réels finaux dans le cadre d'un assemblage manuel ou robotisé.

En outre, la solution Virtual Assembly de Hexagon permet de simuler l'assemblage dynamique du fuselage, prenant en compte la déformabilité des pièces, ce qui permet de mettre en évidence les retouches d'usinage, les calages et les modifications de trajectoires robots nécessaires à un assemblage optimal en chaîne de production. Cette nouvelle méthode d'assemblage vise en premier lieu à anticiper et corriger les défauts d'assemblage en amont des opérations en chaîne, en vue d'optimiser les indicateurs OTD (On Time Delivery) de nos clients.

LEARN MORE →

Figure 3 : assemblage assisté par la métrologie d'un fuselage d'avion



Automatisation et inspection intégrées

La fabrication et le contrôle d'éléments de moteur aéronautiques, tels que les aubes et engrenages, exigent le plus haut niveau de précision. Les pièces ne sont pas faciles à saisir. Les aubes ont souvent des courbures complexes, des surfaces à forme libre, une épaisseur variable, de petits rayons aux bords et sont dépourvues d'axe de symétrie.

Malgré cette complexité, les équipes d'inspection doivent à la fois agir rapidement et recueillir un ensemble de données de contrôle précises.

Les machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) dotées de systèmes automatiques de changement de capteur, permettent une numérisation très rapide des profils. En même temps, elles assurent aussi des palpings tactiles de haute précision pour l'alignement géométrique critique de la base de la pale. Tout cela pendant un cycle d'inspection court. Une MMT munie d'un système de compensation de température doit permettre une inspection précise dans un environnement de production exigeant avec des températures jusqu'à 40 °C.

Les composants aéronautiques peuvent être difficiles à mesurer avec des systèmes sans contact, puisqu'ils incluent souvent des pièces en aluminium très réfléchissantes et en fibre de carbone. Les scanners laser plus avancés peuvent cependant fournir des données de mesure de surface détaillées et hautement dynamiques à grande vitesse, tout en réalisant un contrôle rapide des pièces.

Pour les composants les plus volumineux, une numérisation laser 3D automatisée utilisant un robot SCARA, peut assurer une inspection de surface intégrée rapide de pales de ventilateur et grands panneaux de fuselage multi-matériaux. Cette solution robotisée est très flexible et demande moins de calibrages. Elle est donc idéale pour diverses tâches d'inspection de grandes surfaces.

[LEARN MORE →](#)

Figure 4 : contrôle sans contact de surfaces de pale sur une MMT de haute précision



DÉCOUVREZ NOS SOLUTIONS AÉRONAUTIQUES →

From smart manufacturing to sustainable operations

The central image shows a white commercial airplane on a runway inside a hangar. The airplane is semi-transparent, revealing its internal structure. Several circular callouts are connected to different parts of the aircraft, each representing a specific technology or solution. The callouts include: 'Structures & materials light-weighting design' (a 3D model of a wing structure), 'Closed loop CNC machining' (a close-up of a CNC machine), 'Additive manufacturing' (a 3D printer), 'Virtual assembly' (a virtual assembly environment), 'In-process automation & inspection' (a robotic arm with a sensor), 'Digitization & reverse engineering' (a 3D model of an engine), 'Hydrogen-electric propulsion engineering' (a turbine engine), and 'Extreme environment & hypersonics vehicle engineering' (a hypersonic flow visualization).

Structures & materials light-weighting design

Closed loop CNC machining

Additive manufacturing

Virtual assembly

In-process automation & inspection

Digitization & reverse engineering

Hydrogen-electric propulsion engineering

Extreme environment & hypersonics vehicle engineering

HEXAGON



08

Conclusion

Alors que le secteur de l'aéronautique et du spatial augmente le régime de production post-COVID et cherche à développer et à construire l'avion du futur, plus durable et performant, il doit concilier les plus grands efforts d'innovation avec une meilleure maîtrise des coûts et une plus haute efficacité. À cet effet, il peut choisir un déploiement ciblé de la transformation numérique, qui améliore de manière mesurable les processus de conception et de fabrication.

**SPEAK TO AN
AEROSPACE EXPERT →**

Sur la base d'analyse de retours utilisateurs ciblés, et la mise en place d'objectifs atteignables et mesurables, Hexagon propose une approche incrémentale basée sur la capture de données physiques permettant la création et l'exploitation de "vrais" jumeaux numériques. Les écarts entre le réel et le nominal étant rapidement mis en évidence, la modélisation numérique des procédés de production, permet alors de simuler et de prioriser différents scénarios de corrections des opérations. C'est cette approche terrain, ciblée sur des étapes de production que nos outils expérimentent déjà depuis plus de 40 ans que nous souhaitons proposer pour aider l'industrie aéronautique dans sa transformation numérique. Les solutions Hexagon s'interface dans l'écosystème PLM, MES et ERP de nos clients avec le seul objectif de réduire les délais et les coûts de production et d'augmenter leur flexibilité pour les années "plus vertes" à venir.



Hexagon est un leader mondial dans le domaine des solutions de réalité numérique, combinant capteurs, logiciels et technologies autonomes. Nous mettons les données au service de l'efficacité, la productivité, la qualité et la sécurité dans les applications industrielles, la fabrication, les infrastructures, le secteur public et la mobilité.

Nos technologies façonnent les écosystèmes liés à la production et aux personnes afin qu'ils deviennent de plus en plus connectés et autonomes, garantissant ainsi un avenir durable et évolutif.

Hexagon (Nasdaq Stockholm : HEXA B) emploie environ 21 000 personnes dans 50 pays et réalise un chiffre d'affaires net de près de 3,8 milliards d'euros.

Pour en savoir plus, consultez le site Internet [hexagon.com](https://www.hexagon.com) et suivez-nous @ [HexagonAB](https://twitter.com/HexagonAB).