



SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

Continuité numérique : réduire les risques liés aux programmes d'électrification dans l'industrie aéronautique

Synthèse

Alors que nous entrons dans une nouvelle ère du développement aéronautique, il ne fait plus aucun doute que des technologies comme que le jumeau numérique aideront les entreprises à révolutionner les processus tout au long du cycle de vie des produits. Ce document explore les nombreux défis auxquels les entreprises et les fournisseurs de l'industrie aéronautique sont confrontés aujourd'hui. Il propose également des pistes de réflexion sur manière dont l'entreprise basée sur un modèle (MBE) réduit les risques et ouvre de nouvelles voies d'innovation en matière d'électrification.

Sommaire

Introduction	3
L'électrification des avions	4
Gérer la complexité des programmes et maîtriser les risques	5
L'industrie prépare l'avenir de l'aéronautique.....	6
L'émergence du jumeau numérique	7
Les jumeaux numériques du produit, de la production et de la performance.....	8
Capital : jumeau numérique et continuité numérique	9
Comment Capital aide à réduire les risques pendant les phases d'intégration.....	11
Conclusion.....	12

Introduction

Les exigences en matière de conception électronique et électrique constituent un enjeu considérable pour les entreprises de l'industrie aéronautique. L'une des préoccupations essentielles reste à ce jour la rentabilité des programmes. Afin d'assurer la pérennité d'un programme, les entreprises doivent innover en permanence. Mais cette innovation ne vient pas sans risques. Alors, comment gérer tout cela ?

Pour mener à bien des projets, il faut prendre en compte tous les aspects du processus. L'électrification est une valeur à long terme, mais son intégration peut s'avérer complexe. Les stratégies d'intégration des plateformes étaient jusqu'à présent dominées par des processus optimisés pour le domaine mécanique.

Ces approches doivent être repensées pour tenir compte de la complexité de la conception aéronautique d'aujourd'hui. Plus que jamais, les interactions entre les différentes disciplines de conception influent sur les exigences et réorganisent toute la chaîne d'approvisionnement. Les implémentations deviennent plus complexes et donc plus risquées.

Par ailleurs, les entreprises doivent faire face à d'autres difficultés qui mettent en péril la réussite des programmes :

- La pression de la concurrence
- La nécessité d'augmenter les cadences de production
- Le durcissement des réglementations gouvernementales et des normes de sécurité
- Le contrôle strict des coûts
- Le respect des délais de livraison et l'amélioration de la qualité des produits
- Comment redéfinir et utiliser des données sur plusieurs avions
- Comment encourager la collaboration et optimiser l'automatisation de la chaîne d'approvisionnement

Pour s'adapter et rester compétitives, les entreprises cherchent à digitaliser la conception et l'intégration des systèmes d'électrification. Le terme digitalisation désigne l'utilisation de technologies numériques pour améliorer les performances opérationnelles d'une entreprise : elle a pour but d'optimiser les flux de travail et les opérations tout au long de la chaîne de valeur.

Adopter une approche intégrée et numérique qui exploite toutes données du produit et de son processus de production permet aux fabricants d'innover en limitant les risques. Toutes les informations nécessaires sont disponibles dans le système, ce qui permet aux équipes de conception de rester dans les délais, tout en respectant le budget qui leur est alloué. Des solutions numériques intelligentes ont déjà été déployées dans divers domaines de programmes pour concevoir et mettre en œuvre des systèmes d'électrification ou électroniques destinés aux avions. L'intégration de ces outils a été un franc succès pour la réussite des programmes, et cette tendance se confirmera à mesure que l'électrification se démocratisera.

L'utilisation d'électronique dans tous les aspects de l'appareil rend les méthodes de développement semi-manuelles inadaptables. Dans de nombreuses situations, elles deviennent même contre-productives. Aujourd'hui, un avion civil peut comporter des centaines, voire des milliers de composants électroniques, des kilomètres de câblage électrique. C'est une multitude de configurations qu'il faut mettre en place, ainsi que de nombreuses exigences de sécurité et de certification à prendre en considération. Transmettre les exigences, les données de conception des travaux en cours et les descriptions des produits finaux manuellement n'est plus une pratique efficace. Le Tableau 1 met en évidence les avantages apportés par le numérique.

La digitalisation permet	Ce qui entraîne
Automatisation	Moins d'erreurs, moins de risques
Simulation	Meilleures conceptions
Vérification	Réduction des coûts de développement
Optimisation	Réduction des coûts de production
Réutilisation	Temps de cycle plus courts
Redéfinition	Plus d'innovation
Partage et rapports	Meilleure image de marque

Tableau 1 : Passer des plans au numérique.

"Dans le cadre de notre transformation numérique, le partenariat que nous avons passé avec l'équipe Siemens-Mentor associe l'expertise et le savoir de Boeing aux meilleurs outils de conception électrique du marché."

Boeing

L'électrification des avions

Deux grandes tendances façonnent l'industrie aéronautique aujourd'hui. Tout d'abord, les objectifs de missions font monter les exigences de performance en flèche. Qu'il s'agisse d'étendre encore plus la portée des avions civils bimoteurs ou d'améliorer l'efficacité militaire à l'aide d'un essaim de drones télécommandés, les entreprises souhaitent disposer d'une plus grande polyvalence.

La deuxième tendance est l'électrification. Les développeurs déploient des fonctionnalités destinées à apporter de nouvelles capacités de mission, avec des solutions qui privilégient l'électrification. Il peut s'agir de fonctionnalités pour les systèmes d'autoland et de divertissement en vol (IFE). L'électrification va remplacer les fonctionnalités mécaniques, pneumatiques et hydrauliques. Elle a déjà été déployée depuis de nombreuses années pour les systèmes de commandes de vol et les instruments de bord (EFIS et CVS). L'électricité sera la discipline dominante du futur. Pourquoi ? Les avantages sont considérables, on peut notamment citer : une meilleure fiabilité, une réduction de la masse et de la consommation énergétique des avions.

L'industrie aéronautique a fait des progrès considérables dans l'électrification des avions, avec des avantages évidents, tant pour les entreprises que pour l'utilisateur final. Les statistiques révèlent que la consommation d'énergie à bord des avions modernes a été multipliée par 10 au cours des 50 dernières années.

Il n'y a pas si longtemps, les leaders du secteur aéronautique étaient réticents à l'idée d'installer des ports USB pour les passagers sur les avions civils, de peur que cela entraîne une hausse trop importante de la consommation d'énergie à bord de l'avion. En intégrant des solutions d'électrification, les constructeurs ont pu augmenter la production énergétique et permis aux passagers de recharger leurs appareils via un port USB directement de leur siège. Cet exemple concret illustre l'enjeu que l'électrification représente aujourd'hui.

L'utilisation croissante de ces solutions d'électrification soulève également certaines difficultés liées au poids, à la taille et à la complexité du système d'interconnexion du câblage électrique (EWIS) qui les relie. Afin d'avoir une idée de ce qu'est un EWIS, prenons l'exemple d'un jet privé : ce genre d'avion peut être équipé de plus de 120 systèmes électriques indépendants. Le système de câblage de cet appareil peut être composé de 350 faisceaux électriques et jusqu'à 30 000 segments de câbles. En tout, cela représente plus de 80 km de fil et plus de 100 000 pièces.

Avec l'optimisation de la capacité électrique des avions, le poids des EWIS a augmenté plus rapidement que celui des autres composantes de l'appareil, pour atteindre aujourd'hui trois pour cent de son poids total. Face au développement des communications numériques, les connexions analogiques point à point ont été remplacées par des systèmes de connexion numériques plus sophistiqués afin de faciliter la circulation des données sur le réseau à bord de l'avion. Cette infrastructure peut s'avérer coûteuse ; elle nécessite une connectique et un grand volume de bande passante qui pèsent lourd sur le coût total de la fabrication d'un EWIS. Par ailleurs, l'EWIS doit respecter une multitude de règles pour assurer la certification de l'avion, comme par exemple, limiter les interférences électriques, ou encore, identifier les zones à risque.

"Capital... permettra à nos équipes de conception d'explorer de nouvelles architectures électriques pour nos systèmes intégrés. Nos clients disposeront de produits optimisés et plus légers, qui leur permettront de faire des économies au niveau du cycle de vie."

Pilatus Aircraft Ltd

Gérer la complexité des programmes et maîtriser les risques

Aujourd'hui, il n'est pas rare qu'un avion civil soit doté de centaines d'unités de contrôle électronique, de dizaines, voire des centaines de kilomètres de câbles et des configurations uniques. Toute cette infrastructure doit répondre à des normes de certification très strictes. Avec l'augmentation de la complexité des systèmes électriques, effectuer une seule itération peut mettre en péril l'ensemble du programme. Adopter une solution numérique intelligente pour gérer la complexité aiderait les constructeurs aéronautiques à limiter des surcoûts pharamineux pendant le développement :

- Un grand constructeur américain a dû absorber 1,26 milliard de dollars de pertes à cause de problèmes de câblage ayant entraînés des dommages au niveau du circuit carburant d'un avion d'essai
- Une autre entreprise a vu son calendrier de livraison reculer de six mois, puis a connu un second retard de sept mois après avoir annoncé qu'elle avait du mal à installer le câblage dans l'un de ses avions
- En 2015, un autre grand constructeur aéronautique a essuyé plus de 4 milliards de dollars de pertes. Certains de ces revers étaient directement imputables aux systèmes électriques et électroniques de l'avion



L'industrie prépare l'avenir de l'aéronautique

L'utilisation des technologies numériques est en passe de transformer le secteur. La digitalisation donne naissance de nouveaux modèles, comme le MBE, par exemple, qui fait collaborer plusieurs domaines d'ingénierie en amont et en aval de la chaîne d'approvisionnement. Le MBE crée une chaîne de valeur interconnectée et automatisée qui va au delà du constructeur. Les parties prenantes au sein de son écosystème exploitent la continuité des données et utilisent le jumeau numérique du système électrique de l'avion, tout au long du cycle de vie de l'appareil. Les trois principes d'une entreprise basée sur un modèle sont le numérique, l'automatisation et la réutilisation des données (Schéma 1).

Développer une chaîne de valeur interconnectée et automatisée

Avec une approche basée sur un modèle, les conceptions, les équipes et les services opérationnels sont regroupés autour du même objectif : innover. Toutes les parties impliquées dans le programme travaillent ensemble

pour construire le meilleur produit possible, au lieu de perdre du temps à résoudre les erreurs et défaillances du programme.

Mettre en place ce nouveau modèle

Un avion est constituée de systèmes multi-domaines qui sont soigneusement intégrés pour remplir les fonctions prévues lors de sa conception. Il faut des outils capables de fournir une automatisation avancée à travers un flux multi-domaines allant de la définition de l'architecture E/E, en passant par la conception électrique détaillée et la fabrication de faisceaux de câbles, jusqu'à la documentation et au diagnostic. Ces outils doivent s'intégrer sans difficulté à d'autres disciplines de conception, telles que les outils de conception mécanique assistée par ordinateur, les outils d'ingénierie des systèmes et les systèmes de fabrication et d'atelier. Ils doivent également être capables de réduire le volume des ordres de modification avec une qualité initiale supérieure obtenue grâce au jumeau numérique.



Schéma 1 : Grâce à une approche basée sur modèle, les entreprises renforcent leur chaîne de valeur, optimisent les délais de livraison, tout en améliorant la qualité des pièces et en maîtrisant leurs coûts.

L'émergence du jumeau numérique

Siemens travaille sur la technologie du jumeau numérique depuis de nombreuses années et a vu son adoption se généraliser dans de nombreuses industries, y compris l'aéronautique. Un jumeau numérique est une représentation virtuelle d'un produit ou d'un processus physique, qui permet de comprendre et de prédire les caractéristiques de performances de son équivalent physique. Les jumeaux numériques sont utilisés tout au long du cycle de vie du produit pour simuler, anticiper et optimiser le comportement du produit et/ou le système de production avant d'investir dans des prototypes et des ressources physiques.

Grâce à leurs fonctionnalités de simulation multiphysique, d'analyse des données et d'apprentissage automatique, les jumeaux numériques peuvent montrer l'impact des modifications de conception, des options de production, des scénarios d'utilisation, des conditions environnementales et d'innombrables autres variables. Ils réduisent ainsi

le besoin de prototypes physiques, ce qui réduit le temps de développement et améliore la qualité du produit ou du processus final.

Les applications d'un jumeau numérique dépendent de l'étape du cycle de vie du produit qui est modélisée. Les jumeaux numériques sont en général de trois types : produit, production et performance (Schéma 2).

Ils sont intégrés dans une continuité numérique au fur et à mesure de l'évolution du processus. Ce fil conducteur d'information rassemble la totalité des données générées lors de toutes les étapes des cycles de vie de conception, de production et d'exploitation. La continuité numérique est rendue possible par l'utilisation d'une architecture logicielle qui intègre des données numériques à travers les nombreuses représentations du produit, ses processus de production et son environnement d'exploitation.

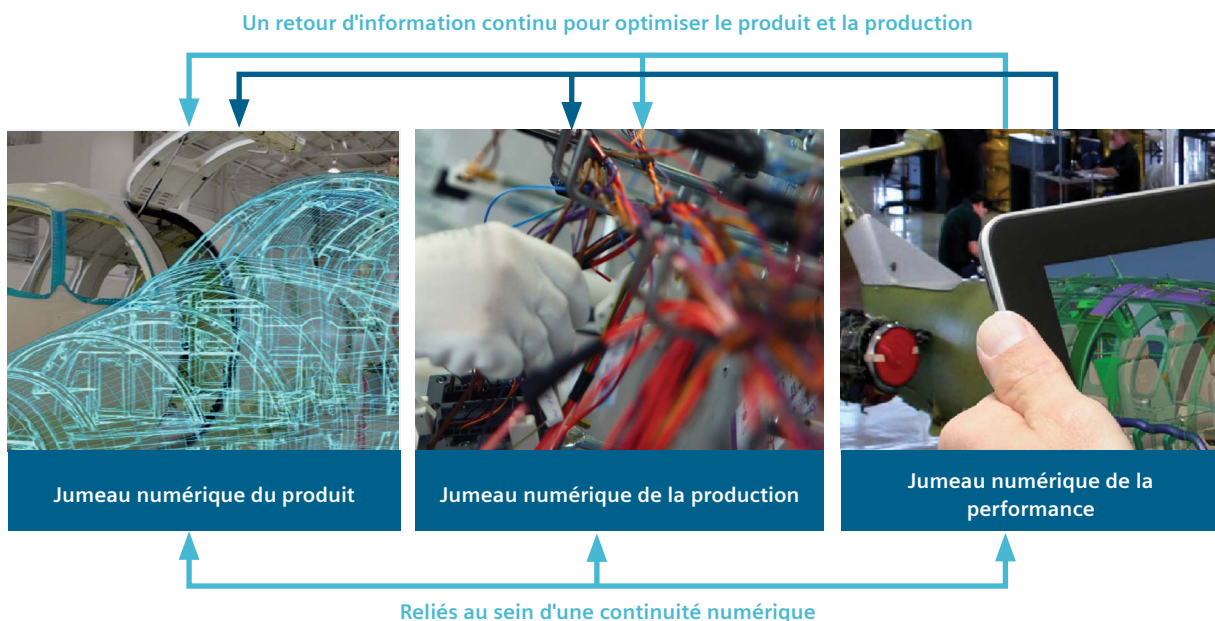


Schéma 2 : Le jumeau numérique du produit, de la production et de la performance évoluent dans une boucle d'information numérique qui représente le "fil conducteur" regroupant les données des cycles de vie de conception, de production et d'exploitation.

Les jumeaux numériques du produit, de la production et de la performance

Un jumeau numérique fournit un modèle de base du cycle de vie du produit, ce qui permet aux équipes de l'industrie aéronautique (et aux futurs ingénieurs) de créer, d'itérer, de reproduire et d'améliorer les programmes. Utiliser des jumeaux numériques ouvre la voie vers des fonctionnalités d'automatisation avancée, réduit les risques et rationalise le processus de conception et d'intégration des systèmes des avions. Ce modèle offre également des avantages lors des opérations de maintenance. Vous disposez d'un outil d'analyse avancée des coûts qui vous permet de faire des économies et d'optimiser la disponibilité opérationnelle et la maintenance des appareils.

Par ailleurs, ce modèle fournit un retour d'information tout au long de la chaîne de valeur. Le processus qui constitue la continuité numérique démarre aux premières étapes de la conception des produits et transmet de nombreuses données afin d'optimiser l'avion tout au long de son cycle de vie : de la production à son exploitation, en passant par la maintenance. Toutes les parties prenantes collaborent et créent un environnement décisionnel

complet en boucle fermée pour améliorer tous les aspects de la chaîne de valeur.

Pour l'industrie aéronautique, adopter le MBE, allié aux jumeaux numériques offre les avantages suivants :

- Réduction des risques de dépassement des budgets et des délais
- Améliorations de la productivité
- Performances techniques optimisées
- Automatisation des systèmes électroniques et électriques
- Amélioration de la qualité et de l'efficacité de conception

Le jumeau numérique permet aux responsables de programmes de tenir leurs engagements qualité en offrant aux équipes d'ingénieurs la possibilité d'explorer de nouvelles alternatives de conception et de se concentrer sur l'innovation.

"Les contraintes sont définies dès le départ... puis maintenues tout au long du flux pour s'assurer que le routage des câbles tels que construits (as-built) répond aux exigences de l'EWIS."

Bombardier Aéronautique

Capital : jumeau numérique et continuité numérique

Siemens se consacre depuis près de deux décennies à la réalisation de ce modèle d'entreprise dans le domaine de l'électrification. Ces efforts ont abouti à la création de Capital®, un environnement logiciel conçu autour de la continuité numérique. Les données sont capturées et utilisées afin d'alimenter les jumeaux numériques.

Capital réduit les risques auxquels sont confrontées les équipes de programme lorsqu'elles conçoivent et intègrent des systèmes d'électrification destinés aux avions. Avec la suite d'outils Capital, les risques sont réduits à tous les stades du cycle de vie des produits et les équipes bénéficient d'une plus grande flexibilité pour innover.

Capital :

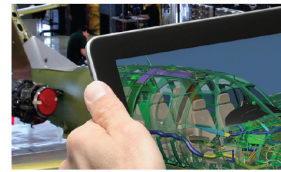
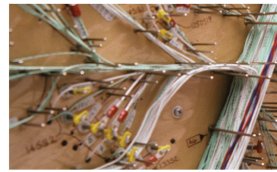
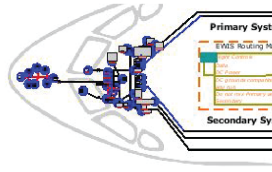
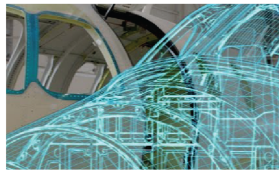
- Communique les modifications dans les deux sens, le long de la chaîne de valeur afin que les ingénieurs systèmes, les concepteurs et les équipes de fabrication ne soient pas pris au dépourvu
- Interroge le jumeau numérique du système électrique et alerte en cas de non conformité, dès qu'elles surviennent
- Contrôle l'accès à la propriété intellectuelle assure la protection des équipes du programme contre la divulgation non autorisée d'informations
- Communique les nomenclatures complètes aux équipes de production afin de réduire les stocks de pièces

Avec Capital, les équipes impliquées deviennent proactives ; elles anticipent les risques, au lieu d'y réagir. Cela leur permet de travailler ensemble pour soutenir l'excellence d'exécution du programme.

Avec Capital, les équipes :

- Enrichissent le jumeau numérique du système d'électrification tout au long du cycle de vie de l'avion
- Réduisent le nombre modifications techniques coûteuses
- Produisent des items fonctionnels et conformes avec moins d'itérations de conception/intégration/production
- Réutilisent les informations qui composent le jumeau numérique des systèmes d'électrification afin d'optimiser chaque étape du cycle de vie du produit : de sa fabrication, en passant par son cycle opérationnel et sa maintenance
- Améliorent la productivité globale du programme
- Se consacrent à l'innovation
- Capital fournit une automatisation avancée à travers un flux multi-domaines allant de la définition de l'architecture E/E, en passant par la conception électrique détaillée et la fabrication de faisceaux de câbles, jusqu'à la documentation et au diagnostic (Schéma 3)
- Capital comprend des caractéristiques de vérification fonctionnelle, de génération d'instructions de travail pour la fabrication et de gestion de la configuration et des changements de conception

Capital electrical system model-based design and validation



DEFINE

Optimize architectures functional, logical, SW

DESIGN

Create, verify, analyze electrical wiring system

MANAGE

Manage processes, assets and integration

PRODUCE

Engineer, cost and produce harnesses

MAINTAIN

Create publications and enhance diagnostics

Mechanical co-design and product lifecycle management collaboration

Connected by a comprehensive digital thread

Schéma 3 : La suite d'outils Capital est une solution numérique de bout en bout qui couvre le cycle de vie des produits du système électrique des avions. Elle intègre des outils E/E dans tous les domaines du cycle de vie de l'appareil, soutient les étapes clés du projet et les transitions entre les phases du cycle de vie.

Capital peut être utilisé pendant toutes les phases du développement d'un programme, y compris :

- La définition : Optimise les architectures électriques/électroniques en fonction des objectifs de coût et de masse
- La Conception : Optimise l'efficacité du développement des systèmes électriques et des faisceaux de câblage et la qualité des données. Fournit un environnement complet couvrant la capture de la connectivité des signaux, la conception du câblage au niveau du système et de l'avion, ainsi que la conception et l'ingénierie des faisceaux
- La production : Améliore l'efficacité de la conception de faisceaux et de formboards. Optimise l'assemblage des faisceaux et contribue à en réduire le coût. Génère automatiquement des instructions de travail qui reflètent la conception du faisceau
- Maintenance : Réduit le coût et améliore la précision et la rapidité des publications techniques en créant une documentation formatée directement à partir des données de conception source. Fournit un accès temps réel aux informations de service et guide le technicien dans ses tâches de maintenance ou de réparation

La modélisation et la gestion de données sont au cœur de Capital et viennent compléter la stratégie d'entreprise basée sur un modèle. Conçu pour les déploiements d'entreprises, Capital est construit pour s'intégrer aux disciplines adjacentes, comme la CAO mécanique, l'exécution de la fabrication et la gestion du cycle de vie des produits. L'évolutivité, les dispositifs de sécurité et les environnements informatiques modernes sont pris en charge. Capital peut être déployé dans un environnement SGBDR Oracle ou mis en œuvre à l'aide de sa propre base de données intégrée.

90 % de réduction des ordres de modification technique : les améliorations apportées par Capital incluent la modélisation détaillée des composants, la vérification exhaustive des règles de conception (DRC) et la stabilité de la base de données.

[L3 Link](#)

Comment Capital aide à réduire les risques pendant les phases d'intégration

Cette solution est connue pour optimiser et rationaliser les flux de travail dans tous les domaines de la conception et de la fabrication.

Intégration complète

Capital vérifie que tout est connecté comme prévu. Les vérifications des règles de conception (DRC) garantissent la connectivité électrique et assure que les pièces physiques en aval ont été définies et prennent en charge le schéma logique. Capital crée un espace de collaboration multi domaine entre les différentes disciplines de CAO afin de garantir que la longueur des faisceaux de câbles soit adaptée au routage de l'avion.

Vérification de la capacité opérationnelle (PRR)

Cette étape clé marque la transition entre ingénierie et production/fabrication. Capital réunit les éléments essentiels de cette étape en réalisant la conception complète du faisceau physique à l'aide des données définies dans le schéma logique. La solution génère automatiquement des instructions de travail en fonction de la disposition et de l'équipement de l'atelier de production, conçoit des formboards en fonction de règles de placement et en fournit une nomenclature structurée aux équipes de production.

Certification de type (TC)

Capital s'assure que le programme soit conforme aux réglementations en vigueur. Par exemple, la séparation des signaux de l'EWIS peut être codifiée en règles et en contraintes de conception dès le début du processus de conception afin de répondre aux exigences de conformité. L'analyse de la charge électrique, le déclassement des fils, la chute de tension, l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (FMEA) et l'analyse des circuits parasites sont des analyses supplémentaires qui viennent compléter les réglementations électriques prévues.

Mise en service (EIS)

L'EIS donne aux compagnies aériennes la possibilité de commencer à générer des revenus et de renforcer leur rentabilité, deux enjeux majeurs soutenus par Capital.

Conclusion

Les technologies numériques révolutionnent les grandes industries à travers le monde et le secteur aéronautique ne fait pas exception à la règle. Le numérique oblige les entreprises à sortir des sentiers battus, à se réinventer en intégrant de nouvelles méthodes pour relever les défis à venir et réduire les risques tout au long du cycle de vie des produits.

La suite d'outils Capital accompagne les concepteurs de l'aéronautique dans leur efforts d'innovation. En ancrant la discipline électrique dans un environnement plus intégré et virtuel, les entreprises mobilisent leurs équipes d'ingénieurs et les fournisseurs pour travailler vers un but commun. Ensemble, ils introduisent de nouvelles technologies, réduisent le coût de la documentation et optimisent toute la chaîne de valeur grâce à la réutilisation des données. Avec Capital, ils ont les outils nécessaires pour anticiper et réduire le risque d'être surpris par

un problème inattendu lors de l'intégration qui pourrait forcer une itération coûteuse, qui à son tour pourrait avoir un impact sur le budget et le calendrier.

Capital crée une continuité d'informations numériques de bout en bout pour la conception et l'intégration de systèmes électriques. Il s'agit du seul environnement qui couvre toute la chaîne de valeur du système électrique, de la définition du système, en passant par la conception, la fabrication et enfin, le support et la maintenance.

Pour en savoir plus sur la manière dont Boeing utilise Capital dans son entreprise, consultez ce [communiqué de presse de Siemens](#). Pour avoir plus d'informations sur la manière dont Capital aide les entreprises de l'Aéronautique et de la Défense à atteindre l'excellence d'exécution, consultez cette page web.

Si vous souhaitez obtenir plus d'informations sur la gamme d'outils Capital, rendez-vous sur [cette page](#).

Siemens Digital Industries Software

Siège social

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

Amériques

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

Europe

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD, Royaume-Uni
+44 (0) 1276 413200

Asie-Pacifique

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

À propos de Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software facilite la transformation numérique des entreprises intéressées par des solutions d'avenir en matière de conception, d'ingénierie et de fabrication. Nos solutions aident les entreprises de toutes tailles à créer et à exploiter des jumeaux numériques qui offrent aux entreprises de nouvelles perspectives, opportunités et niveaux d'automatisation pour stimuler l'innovation. Pour d'autres informations sur les produits et les services de Siemens Digital Industries Software, visitez www.sw.siemens.com, ou suivez-nous sur [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) et [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow.

À propos de l'auteur

Anthony Nicoli dirige le secteur aéronautique pour le segment d'activité Integrated Electrical Systems (IES) de Siemens. Il a pour mission de développer les activités IESD sur ce marché. Avant d'occuper ce poste, Tony a dirigé l'équipe de vente technique de Mentor Graphics au service de Boeing. Il a rejoint Mentor en 1999, où il a évolué jusqu'à diriger l'organisation marketing de la ligne de produits de vérification physique des circuits intégrés de Mentor Graphics, Calibre, avant de rejoindre l'équipe commerciale de Mentor. Il a passé près de vingt ans dans l'industrie de la défense, développant des systèmes et des entreprises électro-optiques et électro-acoustiques, travaillant principalement dans les domaines de la contre-mesure des missiles tactiques et de l'imagerie sous-marine. Tony est titulaire d'un Bachelor et d'un Master en ingénierie électrique du Massachusetts Institute of Technology et d'un Master en administration des affaires de la Northeastern University.

siemens.com/software

© 2020 Siemens. Pour consulter la liste des marques déposées de Siemens, cliquez sur [ce lien](#).
Les autres marques déposées sont la propriété de leurs titulaires respectifs.

78630-83119-C5-FR 12/20 LOC