



Le métavers industriel

Quand le Cloud industriel réinvente l'exploitation des jumeaux numériques

L'industrie mondiale est en pleine mutation. Sous l'effet conjugué des nouvelles politiques économiques, de la transition énergétique, des nouvelles technologies et d'une pénurie croissante de compétences, les modèles traditionnels atteignent leurs limites. L'enjeu est de repenser l'agilité opérationnelle et l'attractivité.

Hervé Labarge

3dverse, Vice-Président

Laurent Mismacque

Siemens, Directeur du Service Client de Siemens Digital Industries

Olivier Riou

Siemens, Directeur Digital Experience Center Paris-Saclay

Laurent Rémy

Siemens EDA, Directeur commercial

Yohann Mesmin

Siemens Digital Industries Software, Portfolio Development Manager

L'Industrie 5.0, la technologie au service de l'entreprise l'humaine ¹

Dans ce contexte, les technologies 4.0 de connectivité ouvrant au big data, qui trouve sa valeur dans l'aide à la décision augmentée par l'IA et la simulation, se voient bousculées par les progrès des technologies numériques telles que le

cloud, la réalité augmentée/virtuelle ou l'IA générative. Il devient maintenant possible aujourd'hui pour une usine complète de disposer de son clone sur tous ses métiers, dynamique, doué d'un agent d'IA, et communicant. Ceci préfigure la naissance du métavers, pilier d'une usine 5.0 au service de l'humain.

C'est dans ce contexte que 3dverse s'inscrit, avec l'ambition non pas de créer un « univers parallèle », mais de rendre les jumeaux numériques réellement exploitables à l'échelle industrielle. Pour y par-

¹ <https://www.horizon-europe.gouv.fr/l-industrie-50-une-vision-transformatrice-pour-l-europe-29294>



Figure 1 : Chaîne d'assemblage intégrant ERP MES IA et Automatisation (source 3dverse).

●●● venir, 3dverse (figure 1) s'est affranchie des architectures historiques, fortement dépendantes du matériel local et des capacités de calcul embarquées, pour concevoir un système d'exploitation 3D nativement cloud. Celui-ci orchestre et mutualise les ressources GPU directement dans le cloud, plutôt que de les imposer côté utilisateur.

Cette approche permet de déployer des environnements 3D temps réel sécurisés, à faible latence et économiquement maîtrisés, tout en offrant une capacité de montée en charge adaptée aux usages industriels, multisites et multi-utilisateurs. Les jumeaux numériques changent ainsi d'échelle car il s'agit de passer d'une représentation du bâtiment à la ville, de la machine à l'usine, ...

Qu'est-ce que le métavers industriel ?

Popularisé par les géants de la tech, le métavers est souvent associé aux mondes virtuels grand public. Le terme a été popularisé par le roman de science-fiction Snow Crash (1992) de Neal Stephenson, mais il est aujourd'hui associé à des projets concrets portés par des entreprises comme Microsoft,

Siemens, et Meta (Facebook). En 2025, le métavers est perçu comme une évolution possible d'Internet, bien que son adoption massive et son interopérabilité restent des défis.

Par définition, il se conçoit comme un univers virtuel, immersif, persistant et partagé, accessible via des interfaces 3D ou 2D (AR/VR, visioconférence, etc.) où les avatars des utilisateurs peuvent interagir entre eux et avec des objets virtuels, vivre des expériences collectives, et participer à une économie propre (achats, ventes, création de contenus, etc.)

Pourtant, son application industrielle est bien plus profonde et pourrait bien devancer les applications grand public du fait de la numérisation massive des activités de conception et de production d'une part et de l'impératif de collaboration entre équipes d'autre part : du produit au process, de client à fournisseur, des concepteurs de machine aux utilisateurs.

Une évolution des jumeaux numériques ?

La vision du métavers partagée par Roland Busch, Directeur général et Président de Siemens, au CES Las Vegas 2026

À propos de 3dverse

Fondée au Canada en 2021 par un "serial" entrepreneur et d'anciens salariés de Microsoft et d'Apple, 3dverse a pour mission de démocratiser l'accès à la 3D et de transformer la façon dont nous interagissons avec les jumeaux numériques. Forte d'une équipe d'experts, la société 3dverse met à disposition sa plateforme de rendu 3D en temps réel pour le secteur industriel. L'entreprise bénéficie du soutien financier d'un fonds d'investissement américain, concrétisé par un plan quinquennal de 25 millions d'euros, reflétant son potentiel disruptif.

<https://3dverse.com>



s'inscrit dans la continuité du portefeuille des solutions de jumeaux numériques de Siemens mais enrichi par l'IA, bénéficiant d'un rendu photoréaliste, et nourri par la simulation autant que par les données industrielles réelles.

La clé de voûte du métavers industriel sera le "Digital Twin Composer", produit qui sera disponible mi-2026 (figures 2, 3). Celui-ci permettra :

- de créer des jumeaux numériques complets de sites, de lignes de production ou de produits ;
- de les intégrer dans un environnement virtuel 3D collaboratif et photo-réaliste ;
- de bénéficier de la vision passée, présente, et des alternatives dans le futur
- de disposer d'une vision dynamique du système dans sa configuration, son fonctionnement et ses conditions d'utilisation



Figure 2 : Annonce au CE Las Vegas de la sortie du Digital Twin Composer par Roland Busch, CEO & President of Siemens AG.

Un métavers enrichi par l'IA qui optimisera la conception des nouvelles puces spécialisées pour l'IA, telle est la nouvelle version de l'œuf et la poule proposée par Roland Busch et Jensen Huang, à l'occasion de leur échange et qui est rendue possible par le partenariat Siemens NVIDIA.

“ Le métavers est le catalyseur de l'Industrie 5.0 : un espace collaboratif où fusionnent les systèmes d'information, les processus métiers et l'expertise humaine au cœur de l'environnement industriel. ”

Laurent Mismacque

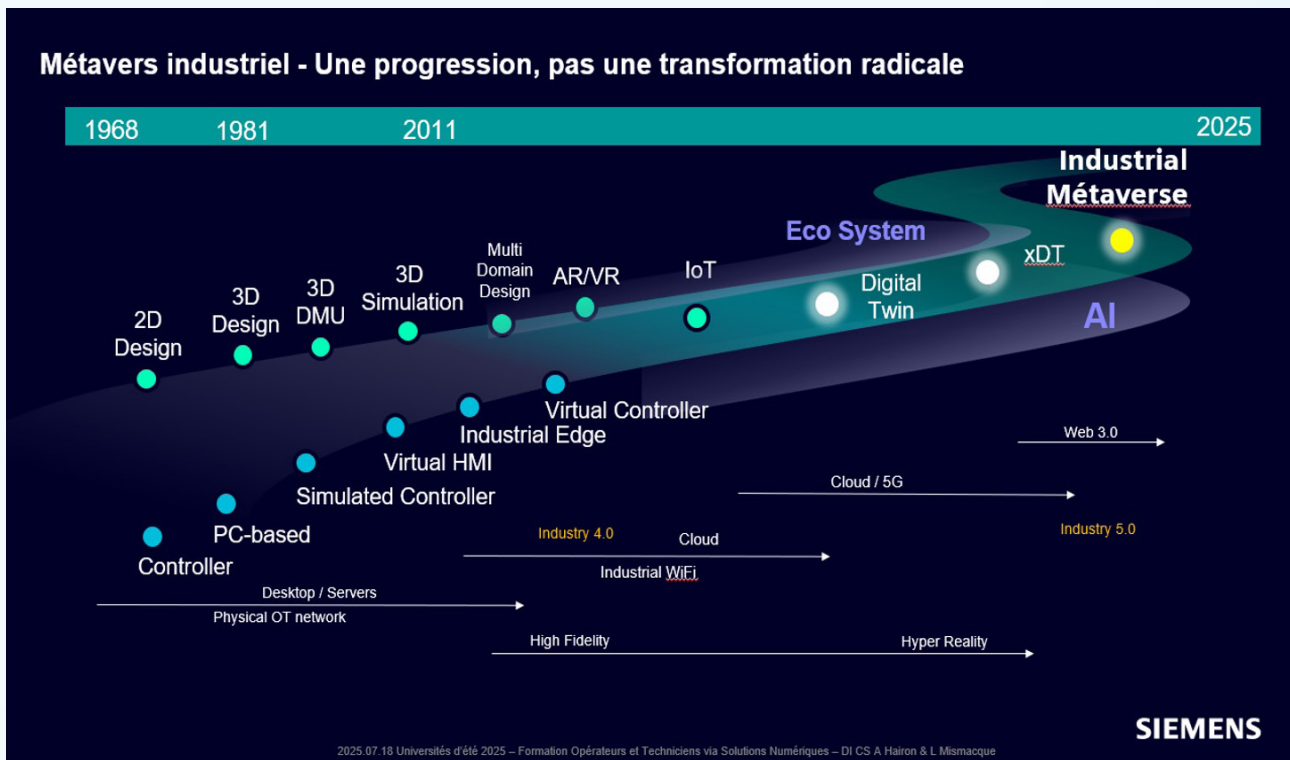


Figure 3 : Evolution de la donnée jusqu'aux métavers.

... Les jumeaux numériques : une multitude d'outils spécialisés

Acteur majeur dans l'électrification, puis de l'automatisation mondiale des activités industrielles, Siemens a investi sur 10 ans plus de 25 milliards d'euros dans la construction d'un portefeuille de jumeaux numériques qui combine la représentation numérique et la conduite effective d'un domaine afin de raccourcir l'introduction des innovations. Ces jumeaux adressent toutes les activités de l'entreprise sans être exhaustifs à savoir :

- La simulation de systèmes multi-physiques (Simcenter),
- La chaîne d'approvisionnement (XCargo, Supply Chain Suite, AX4 et IPL)
- L'ensemble des processus de production (Process Simulate),
- L'intralogistique (Plant simulation),
- La conception de machines (PLC SIM – SIMIT – NX MCD),
- La maintenance d'un parc d'équipements (Senseye),
- La simulation des procédés (Gproms),
- La supervision et la stabilité du réseau énergétique global (Grid Software),
- La gestion d'un réseau d'eau (Buntplanet),
- La conception des réseaux électriques dans les bâtiments et les usines (SIMARIS),
- La supervision et l'amélioration continue de sa consommation (Energy manager),
- L'Ingénierie électrique embarquée sur les véhicules et avions (Capital),
- La conception des réseaux de communication industriels (SINEC),
- Les projets d'automatisation de motion, les interactions humain-machine et les accès réseaux (TIA portal),
- La supervision des opérations (Win CC Unified, XHQ),
- L'accès par l'IT des métiers à leurs données industrielles (Industrial Edge et Insights Hub).

Au-delà d'une compatibilité aux outils du marché, toutes ces solutions s'inscrivent vers une migration progressive d'accès en

La plateforme Supplyframe

En 2021, Siemens investissait dans la plateforme Supplyframe pour se doter du jumeau numérique de la chaîne d'approvisionnement des composants électroniques. Cette solution intégrée offre aux clients une visibilité en temps réel sur la disponibilité, la demande, le coût et la conformité des composants au niveau mondial et ce, dès la phase de conception. Dite «Design-to-Source», la plateforme Supplyframe se connecte à Xpedition, le logiciel de conception de systèmes électroniques de Siemens et Teamcenter, son PLM. Cet ensemble mets à la disposition les outils et les technologies dont les industriels ont besoin pour être compétitifs dans un marché de plus en plus imprévisible.

mode Cloud SaaS pour permettre aux utilisateurs d'accéder facilement et au juste besoin à l'ensemble des solutions. Ceci rend d'autant plus naturelle l'intégration dans un métavers et d'autant plus proche le support d'agent d'IA pour assister des tâches inter-systèmes.

Les gains apportés par les jumeaux numériques

Fidèle au comportement réel, le jumeau numérique permet de préserver une référence passée, de jouer des scénarios de production ou de concevoir et tester des hypothèses. Cette agilité est requise pour :

- Être compétitif sur des gammes de produits renouvelées plus vite, de séries plus courtes et plus personnalisées.

- Intégrer des machines qui gagnent en complexité et en autonomie pour répondre à une main d'œuvre plus volatile et moins technique.

- Transférer les connaissances à une génération qui attend une information instantanée.

De la conception du produit à celle de l'outil de production à la performance obtenue, la continuité numérique permet aujourd'hui de connaître le réel impact d'une cotation sur la fabricabilité et la performance attendue. De même elle permet d'évaluer l'impact d'un écart de production sur la définition du produit et sa fiabilité, aidant au traitement dérogatoire. Partagé avec son client, ses fournisseurs, le jumeau numérique devient un outil de coconception mais aussi, et du fait des gains de compétitivité obtenus, un outil de fidélisation et de vente qui entre dans les exigences des appels d'offre.

Pourquoi le métavers change-t-il la donne ?

Si le métavers change la donne c'est d'abord parce qu'il permet de partager le même constat visuel entre experts et non experts. « Voir de ses yeux » reste l'argument le plus indiscutable. Le métavers tire sa valeur de la fidélité au réel des jumeaux numériques spécialisés tout en offrant une collaboration fluide. Interopérable, il assure un monde persistant dans lequel les utilisateurs peuvent entrer pour collaborer indépendamment de leur localisation et des supports utilisés. Cette convivialité surprend parce qu'elle semble évidente comme lorsqu'on découvre son tout premier smart-

“ De la conception du produit à celle de l'outil de production à la performance obtenue, la continuité numérique permet aujourd'hui de connaître le réel impact d'une cotation sur la fabricabilité et la performance attendue. ”



Figure 4 : Intervention pompier assistée par les jumeaux numériques.

phone (figure 4, qui utilise 3dverse, un composant du métavers Industriel).

Il est évident qu'il offre à l'IA un terrain de jeu idéal rassemblant non seulement les données réelles et les modèles scientifiques mais aussi l'accès à la conduite par la connectivité au contrôle commande.

On peut enfin se poser la question, pour les logiciels comme pour les prestations de conseils, de savoir si elles seront délivrées sur le clone ou le réel. « La qualité du dialogue engagé avec nos équipes techniques, la réactivité et le professionnalisme de 3dverse, nous ont convaincu qu'une nouvelle étape était possible. Qu'au-delà des gains de performance industrielle, nous pouvons mettre à disposition sur smartphone des usines virtuelles complètes et aider ainsi les écoles à motiver les jeunes à rejoindre l'industrie et forger leur avenir », souligne Olivier Riou.

Conscient que la performance industrielle passe par la collaboration, Siemens a lancé la démarche Xcelerator qui constitue une « market place » de solutions industrielles éprouvées et apporte au marché des solutions pré-intégrées et gages de valeur ajoutée.

La rencontre avec 3dverse en 2023 a donc cheminé pour confirmer la capacité à délivrer ensemble et dans des conditions industrielles : ouverture, cybersécurité, connectivité, prix, support, ... une

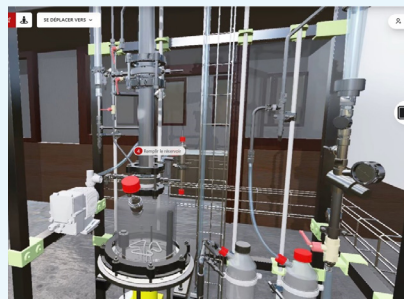
offre qui défend un retour sur investissement rapide.

« Cette collaboration fait suite à une phase pilote réussie menée conjointement avec les équipes techniques de l'entreprise, sur ses moyens industriels, en partenariat avec ALTEN, VLM Robotics et Festo. Elle positionne 3D verse comme un acteur clé de la transformation numérique industrielle grâce au métavers. » (Laurent Mismacque).

L'exemple des véhicules

Les jumeaux numériques, fidèles aux conditions de conduite et au comportement système, au service de la conception des véhicules de nouvelle génération

Le nouveau modèle de jumeau numérique PAVE360 Automotive vient d'être présenté en direct et pour la première fois au salon CES 2026. Prêt à l'emploi sur le cloud, il permet aux constructeurs et équipementiers automobiles de commencer immédiatement à développer des systèmes complets, réduisant ainsi le temps de configuration de plusieurs mois à quelques jours. Le jumeau numérique du véhicule évoluant dans une représentation de son environnement futur accélère le développement des systèmes avancés d'aide à la conduite (ADAS), de conduite autonome (AD) et d'info-divertissement embarqué (IVI) en utilisant les dernières technologies automobiles de leaders du secteur tels qu'Arm.



PIGNAT - Transformation de supports pédagogiques techniques en formations immersives, permettant l'apprentissage sécurisé et à distance de procédés industriels.



ALTEN - Connexion en temps réel entre équipements industriels (Mini Plant 4.0) et jumeau numérique, via MQTT et OPC UA, pour l'analyse, la simulation et la collaboration à faible latence.



FESTO - MPS 403 & son jumeau numérique : former autrement, partout, et au plus près de l'industrie 4.0. Véritable référence pédagogique, la MPS 403 de FESTO offre une expérience immersive pour explorer, programmer et dépanner une ligne de production — réelle ou virtuelle — afin de développer les compétences industrielles de demain.



VLM ROBOTICS - Assistance à distance par un expert sur des procédés complexes pour la fabrication additive sur usine mobile.

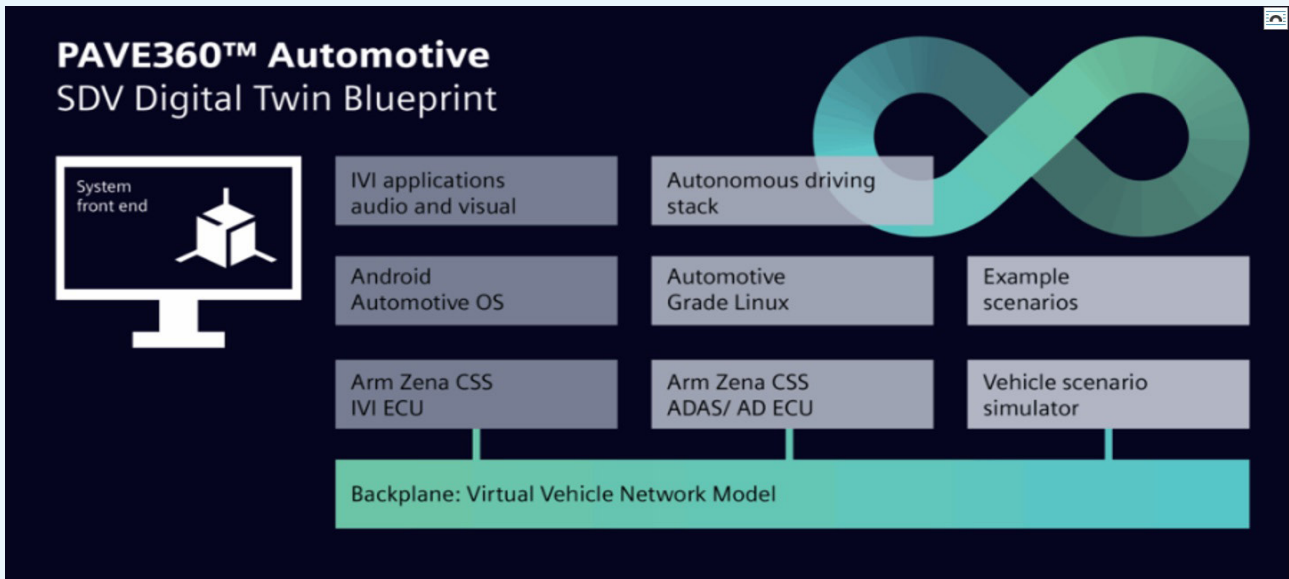


Figure 5 : Le jumeau numérique SDV (Software-Defined Vehicle).

- Siemens répond ainsi à la complexité croissante de l'intégration du matériel et des logiciels dans l'industrie automobile.

Les exigences accrues en termes de personnalisation, de motorisation, de sécurité, d'info-divertissement, d'assistance, de connectivité et plus récemment de conduite autonome ont conduit l'automobile à passer d'une approche fondée sur une multiplication des équipements à une architecture de plateforme numérique unifiée plus évolutive d'une part et configurable d'autre part. Cela permet une intégration plus rapide des nouvelles spécifications et une personnalisation extrême des véhicules.

PAVE360 Automotive permet aux constructeurs et fournisseurs automobiles d'accélérer le développement de véhicules définis par logiciel (figure 5 : SDV, pour *software-defined vehicle*) grâce à une intégration virtuelle précoce de l'ensemble des systèmes, qui reflète le matériel réel du véhicule et accélère le développement d'applications et de logiciels de bas niveau pour les systèmes ADAS, AD et IVI. Les industriels n'ont ainsi plus besoin de créer leurs propres jumeaux numériques avant de tester les logiciels, ce qui réduit considérablement le délai de mise sur le marché des applications critiques, qui passe de plusieurs mois à quelques jours.

“ Alors que les véhicules sont de plus en plus définis par l'IA, les constructeurs automobiles et leurs partenaires spécialisés dans les semi-conducteurs ont besoin de nouvelles méthodologies pour gérer la complexité croissante sans ralentir l'innovation. ”



Suraj Gajendra,
vice-président des produits et solutions
de la division Physical AI chez Arm

Dans un contexte de complexité croissante des composants matériels et logiciels, de compétitivité accrue, de besoin d'innovation constant, les méthodologies de développement traditionnelles ne suffisaient plus pour gérer les interdépendances au niveau système entre les fonctionnalités ADAS, AD et IVI ; une nouvelle approche était nécessaire. Il est dorénavant possible de développer l'ensemble d'un système sur une puce qui n'est pas encore choisie ou d'évaluer l'impact d'un changement de puce (saut de puce).

PAVE360 Automotive : un modèle virtuel pour le développement de jumeaux numériques

PAVE360 Automotive tire parti de l'expertise de Siemens en matière de techno-

logie des jumeaux numériques pour permettre aux constructeurs automobiles :

- d'accélérer le développement de systèmes de véhicules dès ses premières étapes grâce à des conceptions de référence virtuelles personnalisables d'ADAS, d'AD et d'IV ;
- d'unifier le développement, d'optimiser l'efficacité et d'accroître la collaboration dans le cloud grâce à un jumeau numérique unique accessible à toutes les équipes du projet véhicule ;
- de personnaliser et d'adapter la solution en y ajoutant des logiciels, des modèles et du matériel externe ;
- d'accélérer le développement de logiciels en tirant parti de la vitesse de simulation –



Figure 6 : PAVE360 et ARM.

proche de celle obtenue avec un système matériel ;

- de procéder à la validation grâce à un retour d'information composé de données réelles en connectant les jumeaux numériques au matériel physique et en effectuant des tests dans des véhicules réels.

PAVE360 Automotive et Arm

PAVE360 Automotive (Figure 6) utilise en particulier les solutions d'Arm. Dans la continuité de la création d'environnements virtuels accélérés pour l'Arm Cortex-A720AE en 2024 et l'Arm Zena Compute Subsystems (CSS) en 2025, Siemens intègre désormais l'Arm Zena CSS avec PAVE360 Automotive afin d'accélérer le développement des industriels sur ce composant.

Les constructeurs et ses équipementiers, utilisateurs de PAVE360 peuvent non seulement personnaliser leurs solutions en tirant parti de la flexibilité unique de l'architecture Arm, mais aussi valider et itérer beaucoup plus tôt dans le cycle de développement, ce qui leur permet d'accélérer la mise sur le marché de leurs produits.

Grâce à un logiciel tel que PAVE360 Automotive, les constructeurs automobiles peuvent innover à grande échelle avec

confiance et agilité. Ils établissent la norme de ce qui devient possible dans tous les secteurs d'activité : simuler un système complet et développer ses sous-ensembles jusqu'à la puce avant même qu'elle ne soit choisie.

L'exemple des réseaux de câblage

Les architectures de câblage et réseaux embarqués électriques et électroniques ont aussi leur jumeau !

Pour l'automobile et l'aéronautique, les jumeaux numériques du réseau électrique sont une réplique virtuelle complète et dynamique de tout ou partie d'un réseau électrique physique. Un tel jumeau peut être alimenté par des données en temps réel provenant de capteurs et de systèmes de contrôle du réseau physique. Il accompagne et facilite les phases de conception, de mise en service, de maintien en conditions opérationnelles et de reconception.

Pour concevoir les faisceaux, les schémas électriques et l'intégration véhicule, Siemens propose le logiciel Capital (figure 7) qui, couplé à Amesim, adresse la simulation multi-physique et dynamique des systèmes, donne vie à un jumeau numérique fidèle, précis et complet. Capital

Les auteurs



Vice-Président 3dverse, l'expertise de **Hervé Labarge** couvre l'agrégation et la visualisation des données industrielles (Convergence IT OT), avec une forte expérience des jumeaux numériques avec SIEMENS depuis 2011.



Directeur Service Client de la Division Digital Industries de Siemens, **Laurent Mismacque** est très impliqué dans le déploiement effectif et rentable des technologies numériques. Fort d'un parcours technique et commercial, son expertise lui permet de porter des projets innovants. Ambassadeur des Ecoles, il essaime l'ingéniosité et la passion de l'industrie dans ses équipes et auprès des jeunes.



Fort d'une expérience dans les secteurs automobile, aéronautique et des systèmes gouvernementaux, **Olivier Riou** est aujourd'hui Directeur du Digital Experience Center de Siemens à Saclay. Il accompagne les industriels français dans l'appréhension des nouvelles technologies au service de la performance industrielle.

permet de modéliser avec une grande précision les schémas électriques, les diagrammes de câblage, les harnais et les composants. Pour un réseau électrique, cela inclut les sous-stations, les transformateurs, les disjoncteurs, les lignes de transmission, les systèmes de protection, etc. Le logiciel est d'une aide précieuse pour l'étape de V&V (Vérification et Validation) puisque qu'il s'assure de la conformité aux normes, détecte des erreurs de conception et valide la fonctionnalité du système électrique avant même

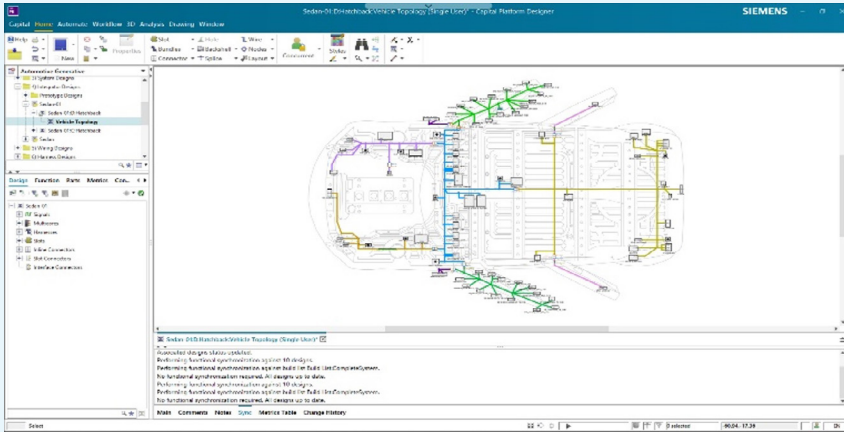


Figure 7 : Le logiciel Capital.

●●● qu'il ne soit construit ou ultérieurement lors de ses évolutions.

Véritable base de données centralisée, Capital agit comme une source unique de vérité pour toutes les données électriques. Cela inclut les spécifications des câbles, les connecteurs, les composants, les logiques de contrôle, etc., ainsi qu'une traçabilité et gestion des révisions qui s'avèrent essentielles en phase de service après-vente. Capable d'exporter les modèles et les données, il alimente les outils de simulation de réseau électrique plus complexes (par exemple, pour l'analyse de flux de puissance, la stabilité, les transitoires).

Enfin, il est d'un apport essentiel pour générer automatiquement des listes de matériaux (BOM), des instructions de fabrication et des

plans d'installation de harnais, parfois spécifique à un avion.

Capital permet notamment de :

- Simuler et d'analyser le comportement du réseau dans différentes conditions,
- Tester des modifications ou des mises à niveau avant de les implémenter physiquement,
- Prédire les pannes et les défaillances et donc d'optimiser les opérations et la maintenance.

Il constitue donc une source unique de vérité pour tous les acteurs impliqués sur le projet. ■

Les auteurs



Après avoir rejoint Siemens en 2013 suite à l'acquisition de la société LMS et renforcé son expertise aux postes de Responsable et Directeur Technique, **Yohann Mesmin** occupe aujourd'hui le poste de Portfolio Development Manager au sein de Siemens Digital Industries Software. Il pilote le développement stratégique de l'offre logicielle orientée sur la transformation digitale des industries autour des sujets de jumeaux numériques et continuité numérique.



Fort de 20 ans d'expérience internationale dans le domaine des semi-conducteurs, **Laurent Rémy** est Directeur commercial au sein de la branche logicielle Siemens EDA qui fait partie du groupe Siemens. Il a occupé différentes fonctions de R&D, Vente et Management dans plusieurs grands groupes internationaux. Il est diplômé Docteur en Nanoélectronique de l'Université de Provence et Ingénieur de l'Ecole Polytechnique Universitaire de Marseille.

Résumé

L'explosion des puissances de calcul a permis l'évolution des outils de conception, passant de l'optimisation d'une fonction à l'intégration continue d'un système global, dans tous les domaines scientifiques et industriels.

L'optimisation des usines par silos métiers favorise la prise de décision en équipe à l'aide d'un outil holistique et réactif. Accoutumée à bénéficier de services globaux pour leurs besoins propres, la nouvelle génération s'attend à une transparence immédiate sur le fonctionnement de l'usine, à des fonctionnalités riches et des recommandations renforcées par l'IA. C'est au sein de l'écosystème ouvert Xcelerator, que Siemens, en collaboration avec 3dverse, fédère les parties prenantes qui ont la capacité de passer des jumeaux numériques à des métavers, garantissant une collaboration optimale entre métiers et tout au long de la chaîne d'approvisionnement. ■

Abstract

The explosion in computing power has enabled design tools to evolve from optimizing a single function to the continuous integration of the entire system, across all scientific and industrial fields. Optimizing factories by departmental silos fosters team decision-making within a holistic and responsive tool. Accustomed to relying on global services for their individual needs, the new generation expects immediate transparency into factory operations, rich functionalities, and AI-powered recommendations. It is within the open Xcelerator ecosystem that Siemens, working with 3dverse, unites stakeholders capable of moving from digital twins to Metaverses, ensuring optimal collaboration between departments and throughout the entire supply chain. ■