



ÉVÈNEMENT

CAO 4.0 : MINI-RÉVOLUTION ?

ISSN 1293-1950

SOLUTION

P. 24

L'IA REDÉFINIT LES PALMES
de plongée signées Decathlon

REPÈRE

P. 28

LA CONCEPTION GÉNÉRATIVE
parle votre langue

PRODUIT

P. 35

INGÉNIERIE IMMERSIVE
signée Sony et Siemens



Manufacturing Digital Innovation



©General Motors



©Oem



©Braincube



©UniWersal Robots

Le rendez-vous de l'innovation digitale
industrielle proposé par

 **MANUFACTURING.FR**

Plus d'infos sur
notre site



ÉDITO



LA MER MONTE, MAIS LE NIVEAU BAISSÉ...

Les dernières études internationales, qu'il s'agisse de Pisa (Programme international pour le suivi des acquis des élèves ou de Timms (Trends in International Mathematics and Science Study), montrent un affaissement régulier des élèves français notamment en mathématique et en sciences. En 2020, par exemple, la France est classé dernière au sein de l'UE pour les mathématiques dans le classement des CM1, selon l'enquête internationale TIMSS et avant-dernière pour les classes de 4e. En 2022, la France chute plus fortement que tous les pays de l'OCDE qui ont enregistré une baisse due notamment à la crise sanitaire : -21 points par rapport à 2018 (contre -15 pour la moyenne des systèmes évalués). En compréhension de l'écrit, la baisse est, elle aussi, colossale (19 points, contre 10 points pour la moyenne).

Bref, le temps n'est plus aux polémiques d'il y a dix ans sur l'élévation ou la baisse de niveau des élèves, les faits sont implacables. Et le niveau scientifique de leurs aînés n'est pas là non plus pour relever le gant. Si les

élèves sont mauvais, c'est en partie la faute au niveau de leurs enseignants pour combler la pénurie. Un article signé *Le Point* révèle qu'en 2022 : « dans le premier degré : la barre d'admission du concours était à 5,45/20 dans l'académie de Créteil et de 7/20 à Versailles pour les mathématiques. Partout, la consigne est désormais de « noter large » et d'éviter de sortir les candidats dès l'écrit. »

Et quand on entend une journaliste de France Inter assurer que la « science » entérine le fait qu'une transition de genre permet à un homme de devenir femme et vice-versa, on comprend le malaise. Non, la biologie différencie encore la femme de l'homme sur les plans chromosomiques, hormonal, osseux, organiques, etc. Chacune des 100 000 milliards de cellules qui constituent un humain est sexuée : chromosomes XX pour la femme, XY pour l'homme. Et ce n'est pas parce que l'apparence peut être modifiée par la chirurgie ou les thérapeutiques médicales, que le sexe n'est plus une réalité biologique.

Il suffit également d'écouter les prises de position de certains leaders politiques, pour entendre des erreurs d'échelle de 10 voir 100 sur des sujets comme la production d'énergie indispensable à nos civilisations. Je me souviens même avoir entendu une fameuse écologiste, récemment réélue au 1er tour des récentes législatives, dire qu'en matière d'énergie « on s'en fout de la quantité de mégawatt à produire, ce n'est pas le sujet », et une autre fois : « on ne peut pas appréhender uniquement intellectuellement ce qui va se passer, les politiques se sont privés de leurs sentiments et de leurs émotions, on n'a pas besoin d'être rationnel ».

... Bah si, un peu quand même. —

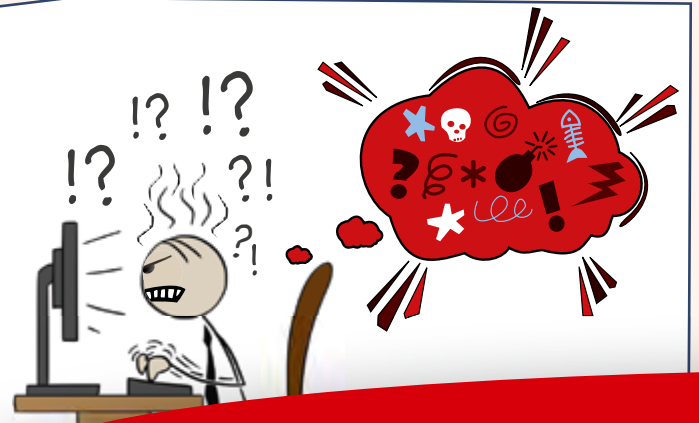


Christian GLADIEUX

Rédacteur en chef



PARTOUT, LA CONSIGNE EST DÉSORMAIS DE « NOTER LARGE » ET D'ÉVITER DE SORTIR LES CANDIDATS DÈS L'ÉCRIT.



Cad Xp a fait le plein de nouveautés

Nouvelle interface, recherches facilitées, possibilités accrues pour la communauté.

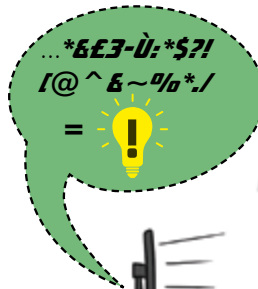


CADxp

CAO et nouvelles technologies



BON...
ALLONS VOIR
SUR **CADxp**.*
UN MEMBRE AURA
PEUT-ÊTRE
UNE SOLUTION



* LE SEUL FORUM
EN FRANÇAIS DE
DISCUSSION ET
D'ENTRAIDE DE LA
COMMUNAUTÉ CAO



TROUVEZ DES RÉPONSES
SUR **CADxp*** ET REJOIGNEZ
LES 40 000 MEMBRES !

www.CADxp.com

SOMMAIRE

01 ÉDITO

01 La mer monte, mais le niveau baisse...

04 EN BREF

04 Nouveaux produits, partenariats, acquisitions, réussites commerciales : la vie des entreprises et de notre secteur d'activité en quelques lignes.

12 ÉVÈNEMENTS

12 CAO 4.0 : mini-révolution ?

16 INNOV'ACTION

16 L'innovation sous toutes ses formes pour doper votre créativité.

20 SOLUTIONS

20 La simulation multiphysique à la vitesse du son

24 L'IA redéfinit les palmes de plongée signées Decathlon

26 REPÈRES

26 Trois conseils pour faire de l'IA une alliée des projets PLM !

28 La conception générative parle votre langue



12



28

34 PRODUITS

34 Aveva Connect : la plateforme ouverte des projets industriels

35 Ingénierie immersive signée Sony et Siemens

36 Creo 11 : la CAO à part entière

38 La numérisation 3D made in china



34

40 COUP DE COEUR

40 Reconstitution d'un crâne de 2 millions d'années

Crédits couverture : ©DR



24

VIE DES SOCIÉTÉS

VALEO S'ASSOCIE À DASSAULT SYSTÈMES

Valeo va déployer la plateforme 3DExperience de Dassault Systèmes afin d'optimiser le développement de nouvelles technologies pour une mobilité «plus sûre et plus durable». Le fabricant s'appuiera notamment sur les solutions industrielles « Global Modular Platform » et « Smart, Safe & Connected ». Plus de 15 000 utilisateurs de Valeo des départements R&D, achats ou production seront connectés dans un écosystème virtuel doté de capacités de conception générative et de data science.



Ce déploiement aidera Valeo à développer les technologies nécessaires pour rendre la voiture plus électrifiée, autonome et définie par logiciel. Il

soutiendra également l'optimisation des dépenses en recherche et développement de l'entreprise.

EMOTORS CHOISIT SIEMENS POUR SES SIMULATIONS NVH

Emotors adopte les solutions Simcenter de Siemens pour les essais NVH (Noise Vibration & Harshness) de ses moteurs électriques automobiles de nouvelle génération. Fondée en 2018 sous la forme d'une coentreprise entre Stellantis et Nidec Leroy-Somer, Emotors est basée à Carrières-sous-Poissy (France). L'entreprise a conçu une gamme de moteurs électriques de nouvelle génération qui sont utilisés par des marques de Stellantis telles que Peugeot, Opel, DS Automobile et Jeep.

Avec les solutions Simcenter de Siemens, Emotors a créé en seulement cinq ans une gamme de moteurs électriques de nouvelle génération d'une puissance de 25 à 250 kW. L'entreprise a utilisé les outils d'essais Simcenter dans toutes les disciplines pour trouver les meilleurs compromis entre le bruit, les performances et le coût



PRINTING BOURGES : LA FABRICATION ADDITIVE À L'HONNEUR

Le Cetim (Centre Technique des Industries Mécaniques), MBDA et KNDS ont inauguré Printing Bourges, une plateforme collaborative dédiée à la fabrication additive, ou impression 3D, au profit des secteurs de la défense et de l'aéronautique. Initié en 2018 à travers un partenariat stratégique, ce projet repose sur l'expertise commune de trois acteurs majeurs de l'industrie de Défense en région Centre-Val de Loire, dans le but de créer une plateforme d'excellence autour de la fabrication additive. Printing Bourges permet ainsi de consolider les capacités industrielles dans ce domaine, en accompagnant la montée en compétences de l'ensemble de la filière mécanicienne, afin d'en améliorer encore la compétitivité et d'en pérenniser son impact pour créer une filière industrielle souveraine.

LA FABRICATION ADDITIVE AU SERVICE DES PATIENTS

L'entreprise d'impression 3D Sculpteo obtient la norme ISO 13485 pour la fabrication de dispositifs médicaux. Cette certification couvre un large éventail de produits médicaux. Elle définit les exigences pour un système de gestion de la qualité applicable aux dispositifs médicaux. Elle impose des critères stricts établis par l'organisme de certification, garantissant une traçabilité parfaite de toutes les opérations et une maîtrise du changement dans les procédés de fabrication. Il existe différentes classes de dispositifs médicaux, chacune associée à un niveau de risque spécifique, allant de la catégorie de classe I à la catégorie de classe III. Le périmètre de certification de Sculpteo couvre les classes I et IIa :

– **Classe I** (classe de risque la plus faible) qui comprend par exemple les habillages de prothèse, les lunettes correctrices, les



véhicules pour personnes handicapées, les béquilles, etc.

– **Classe IIa** (risque modéré/mesuré), qui comprend par exemple certaines emboitures de prothèse, les lentilles de contact, les appareils d'échographie, les couronnes dentaires ;



L'entreprise renforce donc sa position dans la fabrication de prothèses, orthèses et casques de plagiocéphalie, des solutions innovantes répondant aux besoins spécifiques de ses clients et de leurs patients.

ACCORD HISTORIQUE ENTRE NEMETSCHKEK GROUP ET AUTODESK

Nemetschek Group et Autodesk annoncent un accord historique d'interopérabilité pour les secteurs du BTP et de l'Entertainment. Les deux concurrents sur ce secteur AEC ont compris que leurs clients avaient bien souvent des solutions provenant de leurs deux portefeuilles. L'optimisation des flux de travail entre Nemetschek Group et Autodesk permet aux données de circuler plus facilement d'une plateforme cloud ou d'une application bureautique à l'autre afin que les informations parviennent aux bonnes personnes au bon moment.

L'interopérabilité est assurée par Autodesk Platform Services (APS), un ensemble d'interfaces de programmation d'applications (API) et de services web ouverts, qui permet à dTwin, Bluebeam Cloud, BIMcloud et BIMplus de Nemetschek Group de se connecter aux clouds industriels d'Autodesk - Forma, Fusion et Flow - ainsi qu'aux solutions de conception. Cela permettra aux clients et aux partenaires de connecter leurs données et leurs capacités à travers les solutions respectives afin que les utilisateurs puissent se concentrer sur l'optimisation de leurs projets grâce à l'automatisation, à l'IA et aux recommandations.

Selon les termes de l'accord, Nemetschek Group et Autodesk

fourniront un accès mutuel à leurs API et à leurs clouds industriels, permettant ainsi aux développeurs d'accéder aux solutions Nemetschek Group, notamment Allplan, Archicad, Bluebeam, Maxon One, Vectorworks, ainsi qu'aux plateformes cloud de Nemetschek Group pertinentes ; de même qu'aux solutions AutoCAD, Revit, 3ds Max et Maya, ainsi qu'à Autodesk Forma et Autodesk Construction Cloud.



VIE DES SOCIÉTÉS

L'INTÉRÊT DU PROTOTYPAGE VIRTUEL POUR LE SECTEUR MANUFACTURIER

ESI Group s'est associée aux analystes industriels d'Aberdeen Strategy and Research pour présenter de nouvelles perspectives sur les avantages du prototypage virtuel dans le développement de produits. Le résultat de cette collaboration s'intitule *Shift Left : The Value of Virtual Prototyping for Digital Transformation of the Product Development Lifecycle*, une analyse approfondie de la façon dont le prototypage virtuel peut révolutionner des industries telles que l'automobile, l'aérospatiale et les machines lourdes.

Le rapport a révélé que les organisations performantes qui adoptent le concept de «*shift left*» - une approche numérique



précoce pour les tests de performance des produits - ont réussi à réduire considérablement leur dépendance aux prototypes physiques de 75,6 % et à diminuer les ordres de modification en ingénierie de 73,8 %, ce qui a entraîné une réduction de 75,2 % du temps de développement global. Le rapport explore également les principaux défis pour un déploiement réussi et détaille les «*Top*

10» des avantages à long terme réalisés par les organisations qui adoptent une stratégie de prototypage virtuel solide.



Le rapport est disponible sous forme d'une présentation vidéo de 26 minutes (en anglais) ou sous forme d'eBook téléchargeable : https://www.esi-group.com/the_value_of_virtual_prototyping

UN CLUB Jumeaux Numériques Spécial BIM

Digital Twin Alliance est un nouveau «*club*» entièrement dédié à la mise en place et à l'utilisation de jumeaux

numériques pour les Infrastructures, la Construction, les Territoires et les Énergies. Il propose un espace de

collaboration entre professionnels, chercheurs, développeurs, intégrateurs et utilisateurs. Les membres du club bénéficient tout au long de l'année de rencontres régulières à Paris, en régions et en ligne pour favoriser les échanges et partager de nombreux cas d'usage.



Ce club permet non seulement de répondre à vos interrogations : À quoi ça sert ? Combien ça coûte ? Qu'est-ce que cela change ? À qui je m'adresse ? Peut-on y aller progressivement ? Il donne aussi accès à des porteurs de projets qui sont passés à l'action ainsi qu'aux meilleurs offreurs de solutions pour vous conseiller et vous accompagner. Dans une volonté permanente de favoriser les initiatives destinées à soutenir la structuration du marché, BIM World | Jumeaux Numériques prend en charge votre adhésion jusqu'au 1^{er} septembre 2024 au club «*Digital Twin Alliance*».

MECALLIANS LANCE UN GUIDE DE LA DÉCARBONATION

La FIM, Fédération des Industries Mécaniques et le Cetim, ont édité sous la bannière Mecallians un Guide de la décarbonation à l'usage des entreprises de la mécanique. Son objectif est de permettre aux industriels de réaliser en autonomie les premiers pas d'une démarche de décarbonation de leurs activités, produits et services, et de communiquer sur ces résultats. L'ouvrage illustre différents parcours de décarbonation avec une vingtaine de fiches pratiques.

La décarbonation de l'industrie française fait partie intégrante de la Stratégie Nationale Bas Carbone prévoyant une réduction de 81% des émissions en 2050 par rapport à 2015. Les activités industrielles représentent en effet environ 19 % des émissions de Gaz à effet de serre (GES) en



France. Dans ce contexte, les 50 sites industriels les plus émetteurs de GES (représentant 55% des émissions industrielles, soit 11 % des émissions nationales totales) ont signé des contrats de transition.

Une perspective qui concerne aussi les PME industrielles manufacturières. Pour anticiper leurs obligations actuelles ou à venir (réglementaires, contractuelles, sociétales...), il est nécessaire de

prévoir un accompagnement dans leur démarche de décarbonation en tenant compte de leurs ressources (humaines, financières...) limitées.

Basé sur une démarche structurée en 5 étapes, le guide met à disposition des fiches conseils pragmatiques et opérationnelles pour permettre aux industriels de réaliser en autonomie leurs premiers pas dans la décarbonation. Des parcours « types » en fonction de leur profil (sous-traitant, fabricant d'équipements, métiers de la mécanique) sont ainsi proposés.

Rappelons que Mecallians est le nom de la bannière commune créée par la Fédération des Industries Mécaniques (FIM), le Cetim, l'Union de Normalisation de la Mécanique (UNM) et Sofitech/Cemeca.

DASSAULT SYSTEMES S'EXPOSE À PICCADILLY CIRCUS

Notre champion national dans le domaine du logiciel, Dassault Systèmes, se paye les illuminations durant une semaine de Piccadilly Circus à Londres et son écran géant de 780 m². Une occasion pour présenter au grand public les innovations fondées sur la technologie de ses jumeaux virtuels. Toutes les 10 minutes, une vidéo immersive en 3D de 40 secondes plonge les spectateurs dans une expérience valorisant plusieurs applications concrètes : du premier modèle au monde d'un cœur humain en 3D entièrement fonctionnel, à des démonstrations de collaboration entre hommes et robots pour la fabrication de produits à partir de pièces recyclées, en passant par des drones futuristes survolant des grandes villes et à un dôme permettant la culture de plantes dans n'importe quel environnement sur terre et même sur la Lune.



Le public a également la possibilité d'approfondir son expérience grâce à une application de réalité augmentée sur son smartphone. Elle permet aux spectateurs de découvrir à quoi pourrait ressembler Piccadilly Circus

dans un avenir plus durable, d'en apprendre davantage sur les mondes virtuels et de partager leur expérience sur les réseaux sociaux.

TENDANCES TECHNO

AVEVA CONNECT : LA PLATEFORME OUVERTE DE PLANT DESIGN

Baptisée « *plateforme d'intelligence industrielle* », Aveva Connect est une plateforme cloud agrégeant logiciels et données au cœur des projets de construction d'usines. Fondée sur les logiciels d'Aveva, Connect rassemble également des applications de divers

fournisseurs ou partenaires comme Schneider Electric, RIB, et ETAP.

Plateforme numérique ouverte et neutre couvrant l'ensemble du cycle de vie industriel en temps réel, Connect propose des services de données

natifs, des services de visualisation, des capacités de modélisation et d'analytique, des services de développement d'applications, et permet la gestion de services et d'usage. Les données, le jumeau numérique, l'intelligence artificielle industrielle et l'expertise approfondie du secteur industriel sont réunis pour être accessibles à partir d'un seul point d'entrée. Basé sur Microsoft Azure, la plateforme offre également aux industries des capacités évolutives. « *De la rationalisation des workflows à la surveillance et au contrôle en temps réel, sans oublier l'amélioration de la collaboration à distance et l'optimisation de la performance tout au long du cycle de vie des actifs industriels, Connect répond à l'ensemble des enjeux de transformation numérique de l'industrie* », déclare Caspar Herzberg, le PDG de la firme.



NOUVELLE TECHNOLOGIE D'IMPRESSION 3D SIGNÉE SIKA

Sika est une entreprise spécialisée en chimie de bâtiment, bien connue pour ses produits pour le collage, l'étanchéité, l'amortissement, et le renforcement, utilisés dans la construction, mais aussi dans le secteur automobile. L'entreprise suisse plus que centenaire lance sa nouvelle technologie d'impression 3D grandes dimensions : SikaBiresin MC80 – MC100. Cette dernière repose sur un processus inédit permettant de fabriquer des moules composites, en polyuréthane, utilisés dans le cadre de la fabrication de prototypes et de petites séries. Les avantages ? Réduction des coûts, des temps de fabrication, et de l'impact environnemental de la phase de moulage.



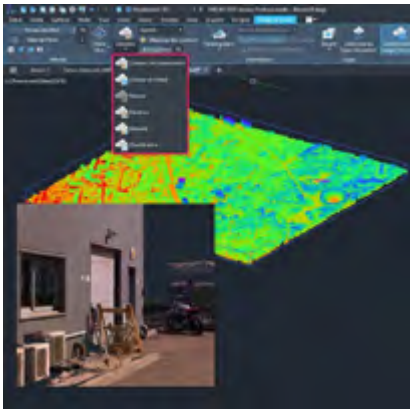
La technologie SikaBiresin MC80 – MC100 consiste à passer du modèle numérique au modèle physique, via l'interface d'un robot d'impression 3D, avec une formulation polyuréthane bi-composante (polyol et Isocyanate). Elle permet ainsi d'imprimer la forme la

plus approchée d'une pièce maîtresse ou d'un outillage prototype plutôt que de la concevoir par blocs assemblés manuellement, et d'obtenir un usinage de finition optimum avec l'état de surface et le dimensionnel voulus.

ZWCAD EST DISPONIBLE EN VERSION 2025

Alternative économique à Autocad, le logiciel de CAO ZWCad d'origine chinoise mais commercialisé en France, annonce 1,4 millions d'utilisateurs. Il repose sur une compatibilité totale avec le format DWG propre à Autodesk, une interface très semblable, mais la liberté de choisir une licence perpétuelle, sans abonnement.

La version 2025 de ZWCAD est disponible depuis le 16 mai dernier. Interface améliorée, moteur graphique optimisé, nouvel environnement cartographique, fonctionnalités 3D repensées, mais également de nouveaux styles visuels de nuages de points, des fonctions de vectorisation d'images sont au menu de ce nouveau millésime.



CRÉER DES FORMES 3D GRÂCE À L'IA GÉNÉRATIVE

Autodesk dévoile un projet de recherche inédit baptisé « Bernini », et son premier modèle expérimental d'IA générative qui génère des formes 3D « supérieures » à partir d'une variété d'entrées. Y compris une seule image 2D, plusieurs images montrant différentes vues d'un objet, des nuages de points, des voxels et du texte. Le premier modèle Bernini est parfaitement adapté aux flux de travail géométriques professionnels et peut générer de multiples variations fonctionnelles d'une forme 3D à partir d'une entrée donnée. L'éditeur américain travaille à la création de modèles génératifs qui pourraient être utilisés dans les domaines de l'architecture, du manufacturier, du divertissement, etc. L'entreprise se concentre sur la génération de structures 3D fonctionnelles, car les articles construits ou fabriqués à partir des résultats de ces modèles doivent fonctionner dans le monde réel et servir l'objectif que le concepteur s'est fixé.

Un exemple simple est celui d'un pichet d'eau. De nombreux autres modèles génératifs 3D peuvent produire des formes qui ressemblent à une cruche avec des textures qui améliorent leur apparence superficielle dans un environnement lumineux très spécifique. Mais le modèle Bernini génère la forme et la texture séparément, sans confondre ni fusionner ces variables. Ainsi, les pichets d'eau générés sont creux au milieu et peuvent réellement contenir de l'eau, comme tout pichet du monde réel devrait le faire.

Pour en savoir plus : [WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=H_QUNBGM_EY](https://www.youtube.com/watch?v=H_QUNBGM_EY)

NUMÉRISER TOUT OBJET N'IMPORTE OÙ !

La division Manufacturing Intelligence d'Hexagon dévoile une nouvelle technologie de numérisation 3D portable qui complète sa gamme de systèmes d'inspection de fabrication. Baptisés Atlascan Max et Marvelscan, ces équipements permettent de mesurer des pièces dans une multitude d'environnements où la métrologie n'est en général pas utilisée, ainsi que dans les domaines classiques de l'industrie et dans le cadre de projets de restauration et de conservation du patrimoine.

Les utilisateurs peuvent instantanément adapter les flux de travail à l'aide de boutons de commande actionnés avec le pouce, dans les espaces confinés, les environnements difficiles ou en plein air. Plus besoin de PC pendant la mesure. Les utilisateurs peuvent, par exemple, scanner des surfaces ouvertes avec le mode Standard, puis passer rapidement en mode Fin avec les éléments de commande intégrés à l'appareil pour relever les caractéristiques complexes avec une plus haute résolution. Les données



collectées dans ces différents modes sont automatiquement combinées en un seul nuage de points exploitable.

Ces scanners intègrent également un mode de capture flash qui permet d'acquérir instantanément dans la même prise de vue les données de nombreux trous et rainures, en accélérant et facilitant ainsi cette mesure.

TENDANCES TECHNO

NAVIGATION 3D SANS EFFORT, PARTOUT ET À TOUT MOMENT

Pour les utilisateurs de logiciels d'ingénierie, 3Dconnexion annonce la nouvelle SpaceMouse Wireless Bluetooth Edition. Avec l'ajout de la technologie Bluetooth, les utilisateurs peuvent désormais bénéficier d'une plus grande liberté, en naviguant sans effort dans leurs conceptions sans être liés à un bureau. En plus de la connectivité Bluetooth, la SpaceMouse Wireless Bluetooth Edition dispose également d'un port USB-C pour une charge pratique, qui peut également être utilisé pour connecter le périphérique chaque fois qu'une connexion sans fil n'est pas favorite. Ce modèle prend en charge plus de 200 applications CAO et de 3D.



PTC CREO 11 EST DISPONIBLE

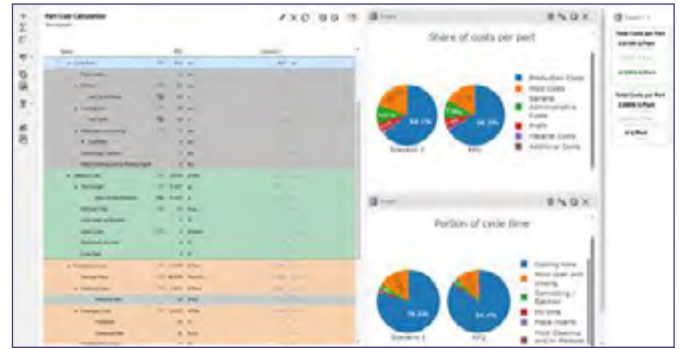
PTC annonce la mise sur le marché de Creo11, la dernière version de son logiciel de CAO, accompagnée de la dernière mouture de Creo+, la version SaaS, dans la version la plus aboutie à ce jour. Cette 11ème version apporte une série d'améliorations significatives dans les domaines clés, tels que la gestion des systèmes électriques et des pièces composites, l'approche MDB (Model Based Definition), la simulation et la fabrication.

Brian Thompson, General Manager of Creo chez PTC : « grâce aux améliorations apportées aux fonctionnalités de conception générative alimentée par l'IA et de simulation intégrée d'Ansys, Creo permet aux clients d'utiliser l'approche de conception basée sur la simulation plus tôt dans le processus de développement afin d'améliorer les délais de mise sur

le marché, la qualité des produits et d'optimiser les coûts de production. PTC continue à faire évoluer les capacités de Creo pour l'utilisation des principes MBD, la conception de sous-systèmes électriques, le composite et la fabrication avancée. »

Creo+ offre aux utilisateurs l'accès à toutes les fonctionnalités éprouvées de Creo en

mode SaaS, couplées à des outils basés sur le cloud conçus pour améliorer la collaboration en matière de conception et simplifier toute l'administration de la CAO. Entièrement compatible avec les versions de Creo sur site, Creo+ repose sur la même technologie de base que Creo. Ainsi, aucune conversion de données n'est nécessaire.



NOUVEAU MODULE SIGMASOFT POUR LES PLASTURGISTES

Totalement intégré au logiciel Sigmasoft Virtual Molding, Sigmaecon permet le calcul et la comparaison des coûts de production. Ce module est livré gratuitement aux utilisateurs de Sigmasoft après seulement une journée de formation. L'outil est connecté aux résultats des calculs, des plans d'expérience (DOE) et même des Optimisations Autonomes (IA) réalisés à l'aide du logiciel de l'éditeur allemand. Le coût pièce peut donc devenir un objectif d'étude à part entière pour les optimisations comme peuvent l'être une cote, une planéité, une ligne de soudure ou un temps de cycle.

Tous les paramètres peuvent être pris en compte, qu'ils proviennent du calcul (force de fermeture, temps d'injection, volume pièce ...), des bases de données (prix des matières, coût horaire des machines, ...), ou de choix spécifiques (coût d'achat du moule et de ses variantes). Et toutes les composantes du prix pièce peuvent être inclus (insert, moule, emballage, main d'œuvre, ...). L'utilisateur peut construire lui-même la liste des entrées ou utiliser des tableaux déjà sauvegardés.

INGÉNIERIE DES STRUCTURES : GT STRUDL

La division Asset Lifecycle Intelligence d'Hexagon propose une nouvelle version de son logiciel GT Strudl 41. Utilisé dans les domaines de l'énergie, le génie civil, la construction navale et les infrastructures, cette application prend totalement en charge l'aspect ingénierie des structures. Elle répond donc aux exigences de conception des structures en acier et en béton, et notamment les codes et réglementations en vigueur. Avec cette nouvelle version, les ingénieurs peuvent construire, évaluer et établir des rapports sur des systèmes structurels de toute taille, conformément à plus de 25 normes internationales de codes structurels, y compris : ASCE-7, qui permet de générer des charges de vent sur des structures ouvertes et fermées, le code AISC, avec la possibilité d'utiliser plusieurs éditions et de réutiliser le même fichier pour le « *retravail* », ou encore les codes du nucléaire, y compris le code N690. Enfin, GT Strudl 41 s'intègre pleinement avec Smart 3D, ISIP, Caesar II, CADWorx Structure, Dimensional Solutions MAT 3D, et SDS/2.



LE JUMEAU NUMÉRIQUE POUR GÉRER LE STOCKAGE DU GAZ



Alors que des chantiers de rénovation débutent sur plusieurs sites de Storengy, le leader européen du stockage souterrain de gaz naturel annonce équiper six de ses sites de jumeau numérique. Pour la

première fois en Europe, des sites de stockage de gaz ont été passés au crible de relevés laser 3D et photos, afin de disposer d'une représentation très précise de la réalité venant du terrain. A l'issue

d'un traitement utilisant l'intelligence artificielle, les quelques 12.000 équipements relevés sur un site de stockage ont été identifiés et connectés aux schémas techniques. Ceci permet d'identifier

toute incohérence entre le terrain et les plans, ainsi que d'accéder simplement à l'ensemble des systèmes informatiques existants via une réplique virtuelle 3D vérifiée en continu.

En « *apportant un site de stockage à portée d'écran* », Storengy prévoit, optimise et sécurise toute intervention sur site. Au-delà de la réduction des déplacements sur site par les équipes, les bénéfices du jumeau numérique sont importants tant sur des programmes de formation pour les nouveaux arrivants et sous-traitants que sur des opérations comme la préparation d'études et de chantiers, l'expertise à distance, ou la préparation des plans de prévention.

COMPTE-RENDU

CAO 4.0 : MINI-RÉVOLUTION ?

L'IA, la réalité augmentée /virtuelle, le cloud, les tablettes numériques... bouleversent la manière de concevoir des produits manufacturés. Quelles sont ces technologies ? Comment répondent-elles à vos besoins de modélisation 3D ? Comment les intégrer au mieux dans votre process d'ingénierie ?

Autant de questions posées à deux interlocuteurs spécialistes du domaine à l'occasion de Manufacturing Digital Innovation 2024, l'évènement que nous avons organisé en mai dernier autour du thème de l'intelligence artificielle. Thierry Simon, Expert technique, PTC et Olivier Leboissetier, fondateur et CEO de Realitycad

Votre podium des trois technologies qui changent la donne en matière de CAO et d'ingénierie de développement ?

T. Simon : En premier le SaaS pour la CAO. En second la conception pour la fabrication additive, avec ses fonctionnalités particulières sur lesquelles PTC travaille depuis presque dix ans. Et la plus importante : la conception générative.

O. Leboissetier : Sur mon podium je mettrai également tous les outils de simulation qui permettent de simuler des environnements de plus en plus complexes. Exemple : lors d'un tour du monde à la voile certaines équipes simulaient le comportement en mer de leur trimaran. Enfin, n'oublions pas les solutions immersives qui permettent d'aller beaucoup plus loin dans la compréhension, dans la conception de machines complexes. Et même dans la formation des opérateurs et la présentation des produits aux clients ?

C'est quoi la conception générative pour le quotidien d'un ingénieur ?

T. Simon : C'est une méthode de conception où la géométrie va être générée automatiquement à partir d'un jeu d'exigences. Elle se différencie de l'optimisation topologique en étant capable, par exemple, de prendre en compte les procédés de fabrication dans



PARCE QUE LES LOGICIELS SONT PLUS ACCESSIBLES ET LEUR COUVERTURE FONCTIONNELLE PLUS ÉTENDUE, LES ENTREPRISES DOIVENT REPENSER LEUR STRATÉGIE DE FORMATION, D'ENCADREMENT, DE MONTER EN COMPÉTENCE DE LEURS SALARIÉS ET MÊME DE RECRUTEMENT.

THIERRY SIMON, Expert technique, PTC



ces exigences. Au lieu de modifier votre pièce, vous définissez ses interfaces avec l'environnement externe, des contraintes, des efforts, des zones d'exclusion de matière typiquement des zones où potentiellement il peut y avoir des interférences avec d'autres pièces mais aussi des zones dont vous avez besoin pour accéder, pour la maintenance... Vous spécifiez également le volume de travail dans lequel la géométrie pourrait être générée, éventuellement un objectif de poids, et c'est le logiciel qui propose les différentes possibilités qui répondent à ce cahier des charges grâce à des algorithmes d'IA et d'outils de simulation intégrés. Donc, on peut générer 10, 20, 30 maquettes différentes que l'on peut comparer pour choisir la plus pertinente et modifier ensuite dans votre logiciel de CAO, avec une totale continuité numérique pendant toute la phase d'ingénierie.



Les technologies numériques ont révolutionné le métier de dessinateur projeteur et des personnes chargés du développement des produits manufacturés.

L'ambition de Reality CAD, c'est démocratiser la RA et la RV dès la phase d'ingénierie ?

O. Leboissetier : Exactement. Les technologies immersives sont utilisées dans les grands groupes depuis de nombreuses années. Mais la révolution réside aujourd'hui dans leur accessibilité par des PME. Le prix des solutions a réellement baissé et leur mise en œuvre s'est simplifiée. Et là aussi on bénéficie d'une continuité numérique de bout en bout. Nos clients peuvent exploiter directement leurs fichiers CAO, sans préparation dans notre outil de réalité virtuelle. Ils peuvent visualiser leur modèle à l'échelle 1, prendre des mesures sur une géométrie exacte, faire des coupes, partager cette visualisation avec des partenaires à distance, aussi simplement qu'une téléconférence bureautique. Un simple lien envoyé par mail suffit, et

vous pouvez utiliser un casque ou bien votre écran classique. Cela garantit une compréhension supérieure des concepts proposés, la possibilité à des non-spécialistes de la CAO d'apporter leurs idées en matière de maintenance, de sécurité au travail, de design... pour finalement innover et gagner du temps.

Si l'on reste sur la réalité augmentée, elle peut être utilisée pour « vendre » votre produit en interne ou au client final. C'est le même logiciel qui dans ce cas va mettre en situation le fichier Step de votre produit dans un environnement quelconque à partir du scan 3D de celui-ci. Vous pouvez positionner votre modèle où vous le souhaitez, prendre des mesures, le faire bouger en temps réel grâce à un module de cinématique et vérifier ainsi la justesse de votre proposition, sans aller sur place et très tôt dans votre phase de conception. Tout

cela avec des lunettes de réalité augmentée qui coûte moins de 1000 € !

Développer un produit à plusieurs autour d'une web conférence et avec un seul outil c'est une réalité aujourd'hui ?

T. Simon : C'est même l'un des points forts des solutions comme Creo+ disponible sur le web. Vous pouvez partager en temps réel un modèle 3D, répercuter vos actions sur le poste distant d'un collègue, inviter un autre partenaire à partir de sa simple adresse électronique. En fonction de son rôle et des autorisations, la plateforme gère totalement les outils qu'il peut employer et les dossiers auxquels il accède. Non seulement cela simplifie la gestion des droits d'accès et des licences, mais l'étendue des fonctions disponibles au sein de la plateforme en termes de CAO, de modélisation de surfaces

COMPTE-RENDU



Les solutions de CAO comme Creo couvrent désormais presque tous les métiers de la conception depuis la modélisation 3D jusqu'à la conception générative en passant par la simulation, la FAO ou la revue de projet.

complexes, de simulation de haut niveau, de cinématique, de FAO... que l'on a plus besoin ou presque de logiciels externes.

L'impact sur le métier de concepteur, de dessinateur ?

T. Simon : Evidemment, il faut se former à ces différents logiciels et poser des limites en fonction des compétences de chacun. Même si les logiciels de simulation intégrés à Creo sont formatés pour un usage bureau d'étude, un dessinateur ne peut utiliser un outil de simulation ou de design génératif sans encadrement. Mais une fois formé, il déchargera le spécialiste des problèmes les plus simples pour se concentrer là où sa valeur ajoutée sera la plus forte.

Parce que les logiciels sont plus accessibles et leur couverture fonctionnelle plus étendue, les entreprises doivent repenser leur stratégie de formation, d'encadrement, de monter en compétence de leurs salariés et même de recrutement. Mais cela pour davantage de performance industrielle, de flexibilité des équipes et d'intérêt pour les opérateurs.

Nous travaillons d'ailleurs sur l'usage de l'intelligence artificielle pour détecter les difficultés d'un utilisateur de nos logiciels lors d'une phase de modélisation par exemple. L'objectif est de lui proposer immédiatement une solution pour concevoir sa géométrie sur la base des méthodes classique mais également en

tenant compte des solutions employées dans sa propre société. Et de lui proposer ensuite une formation sur ce cas précis afin de le faire progresser.

Suffit-il de brancher son casque de RV sur un PC pour se lancer dans les mondes virtuels, plus besoin de préparer ses modèles 3D, un scénario, etc. ?

O. Leboissetier : Côté formation technique à l'utilisation du logiciel, une demi-journée suffit en général. Nous adoptons les mêmes standards que l'industrie utilise depuis de nombreuses années. Les bonnes questions sont davantage à quel moment et pour quel type de problème dois-je utiliser la RV ou la RA pour en bénéficier pleinement ? Quant à la préparation des fichiers, les

choses ont changé. RcadTouch s'installe comme n'importe quelle autre application. Connectez ensuite vos lunettes de réalité virtuelle ou augmentée et profitez dans l'instant d'une expérience immersive et/ou holographique unique en important vos fichiers Step, IFC, STL... de vos projets 3D, cela sans modification et avec les fichiers exacts. Le module de communication et de collaboration vous permet d'échanger en direct comme si vous étiez en visio. Chacun peut intervenir en manipulant, paramétrant, assemblant ou annotant les modèles CAO.

L'interopérabilité des formats de données avec en plus des outils dans le cloud, d'autres sur sa machine, ce n'est plus un problème aujourd'hui ?

T. Simon : Cela reste toujours un problème. Mais Creo est un logiciel très ouvert qui permet d'absorber des données quasiment depuis tous les logiciels de CAO connus en les ouvrant sans les convertir. On va pouvoir les utiliser en contexte pour les modifier et garder un lien avec les données natives originelles. Ainsi, si les données natives changent, elles se mettent à jour dans Creo, et c'est géré dans notre PLM. Mais il y a des limites sur ce qu'on va récupérer des fichiers natifs. On ne récupère pas toute l'intelligence du modèle si les modeleurs sont différents. Côté infrastructure, on passe du Onpremise au cloud sans soucis particulier, c'est juste une démarche à gérer par l'administration informatique de l'entreprise. Avec le cloud, la mise à jour logiciel est automatique avec une information poussée vers les utilisateurs quant aux nouveautés de cette nouvelle version, même chose pour les sauvegardes de vos données, c'est automatique. Bref, le travail des DSI sera grandement simplifié. —



Utiliser un casque de RV, aussi facilement qu'une souris devient possible aujourd'hui grâce à des solutions comme celle de RealityCAD.



cad-magazine



**CAD MAGAZINE,
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE LA CONCEPTION.**

Plus d'infos sur :



UNE MOISSON DE PROJETS SÉRIEUX DU FARFELUS. L'INNOVATION SOUS TOUTES SES FORMES POUR DOPER VOTRE CRÉATIVITÉ.



RÉALITÉ VIRTUELLE



LENSCAPE : LA RÉALITÉ VIRTUELLE AU SERVICE DE L'OPTIQUE

Eyesoft, la start up bordelaise spécialiste des technologies optiques, dévoile LenScape, une solution de réalité virtuelle qui bouscule l'expérience client en magasin d'optique. Grâce à un casque VR, les clients peuvent désormais tester virtuellement différents types de verres et environnements de vie, afin de choisir l'option la plus adaptée à leurs besoins et préférences. Cette expérience immersive permet de personnaliser le conseil client en fonction des habitudes et des besoins de chacun, de faciliter le choix des équipements optiques et d'augmenter la satisfaction client.

LenScape ne nécessite aucun équipement supplémentaire et fonctionne en Wi-Fi. Cette solution est accessible à partir de 119 € HT/mois. Elle comprend le casque de VR, les accessoires et la mise à disposition d'une plateforme de gestion et d'un logiciel utilisé pour l'identification des capacités oculomotrices des clients.



MATÉRIAUX

UN NOUVEAU CIMENT ZÉRO ÉMISSION DE CO₂

Ciment et béton sont depuis des décennies les piliers du secteur de la construction. Matériaux extraordinaires, ils permettent de construire vite, solide, selon toutes les fantaisies possibles et à moindre coût. Mais, ils sont responsables de 8% des émissions de CO₂ sur la planète, principalement en raison de la décarbonatation du calcaire qui libère du dioxyde de carbone et de la combustion de combustibles fossiles pour chauffer les fours. Cependant, il existe plusieurs approches pour réduire ces émissions, que ce soit par des innovations dans le processus de fabrication, des substituts de matériaux ou des nouvelles technologies.

Différentes méthodes existent pour diminuer ces rejets nocifs pour le climat. Remplacer une partie du clinker, ingrédient principal du ciment, par d'autres matériaux comme le laitier de hauts fourneaux. Améliorer l'efficacité globale du processus en récupérant par exemple la chaleur fatale.



Trouver de nouvelles sources d'énergie décarbonées. Ou bien innover avec de nouvelles formulations de ciment.

C'est ce qu'annonce une équipe de chercheurs avec un nouveau type de ciment à zéro émission de CO₂, appelé «*Cambridge Electric Cement*». Cette innovation combine le recyclage de l'acier et du ciment en un seul processus alimenté par de l'électricité

renouvelable, permettant de réduire drastiquement les émissions de CO₂ dans les deux industries.

Le processus commence par le recyclage des déchets de béton provenant de la démolition des bâtiments. Le béton est broyé pour séparer les pierres et le sable de la poudre de ciment. Cette poudre de ciment est ensuite utilisée à la place du


ÉCOLOGIE

© EOH/Laurent Critot

UN SECOND PARC ÉOLIEN EN MER À FÉCAMP

C'est le deuxième parc d'éoliennes maritimes que la Seine-Maritime vient d'inaugurer près de Fécamp. Les éoliennes seront localisées entre 13 et 24 km au large de Fécamp, sur une surface globale de 60 km². L'emprise sur le fond marin représente moins de 1% de cette surface. La production envisagée du parc permettra de couvrir l'équivalent de la consommation domestique en électricité de plus de 770 000 personnes, soit plus de 60 % des habitants de Seine-Maritime.

flux de chaux traditionnel dans les fours électriques pour le recyclage de l'acier. Le flux de chaux est habituellement utilisé pour purifier l'acier fondu, mais ici, la poudre de ciment remplit ce rôle. Après la purification de l'acier, le flux restant, qui est maintenant une forme de clinker, est refroidi rapidement et broyé pour produire du ciment Portland.

Cette méthode ne nécessite pas de changements majeurs dans les procédés de production existants et pourrait être mise en œuvre à grande échelle. Les premiers essais industriels sont en cours, visant à produire environ 66 tonnes de ciment en deux heures. Si ce processus est alimenté par des sources d'énergie renouvelables, il pourrait permettre de fabriquer du ciment véritablement neutre en carbone.

L'invention a reçu un financement supplémentaire pour approfondir la recherche et optimiser le processus. Les chercheurs espèrent que ce développement contribuera non seulement à une réduction significative des émissions de CO₂, mais aussi à une meilleure reconnaissance par les gouvernements des opportunités d'innovation nécessaires pour atteindre des objectifs de zéro émission dans divers secteurs.


IA

CHATGPT-4O ENCORE PLUS FORT QUE CHATGPT

L'intelligence artificielle ne dort jamais. OpenAI, le créateur de ChatGPT vient de lancer une nouvelle version de son « agent conversationnel » : ChatGPT-4o. Cette fois-ci, le logiciel est capable de gérer du texte, de l'audio et des images. Bref de voir, d'entendre et de parler comme vous et moi et cela instantanément pour répondre à toutes vos interrogations. En plus, l'éditeur annonce sa gratuité, y compris pour des versions de GPT personnalisées, et une vitesse supérieure à GPT4 pour un coût moindre. De quoi séduire les plus réfractaires avec une interaction plus simple, capable de traiter davantage de domaines et des problématiques plus complexes.



Les applications ? Elles sont multiples : traductions linguistiques temps réel, commentaires ou résumés de textes, tableaux et graphiques, conversation audio, génération de textes en plusieurs langues, mais aussi de contenu mêlant texte, audio et images, reconnaissance et description textuelle ou audio d'images, etc.

Attention, plusieurs tests de ChatGPT montrent ces limites avec des réponses parfois aberrantes à des questions simples. Donc ne pas prendre systématiquement ce que vous raconte cette AI pour argent comptant..



AUTOMOBILE

NAVETTE AUTONOME : UN DÉMONSTRATEUR RENAULT À ROLLAND GARROS

A l'occasion du tournoi de Tennis de Roland Garros, les spectateurs ont pu monter à bord d'une navette autonome électrique entre le stade de la Porte d'Auteuil et le parking. Développé en collaboration avec la société WeRide, ce minibus était d'un niveau L4 d'autonomie. C'est-à-dire qu'il était capable de gérer seul les situations de conduite, dans un domaine opérationnel défini, avec supervision à distance, mais sans opérateur à bord.



Une démarche qui illustre la politique du constructeur français dans le domaine autonome. Renault Group a fait le choix d'aborder le véhicule autonome en dissociant les attentes pour les véhicules individuels et besoins pour le transport public. Dans le premier cas, il s'agit plus de l'assistance que l'autonomie, avec une conduite assistée par des ADAS (aides à la conduite). Dans le second, l'autonomie est pertinente et nécessaire, pour répondre efficacement aux besoins croissants de mobilité décarbonée des territoires.

Pour le véhicule individuel, l'automatisation plus poussée de certaines fonctions visant l'autonomie complète semble pour l'instant peu envisageable pour Renault au regard des réglementations actuelles, des attentes clients, ainsi que des coûts induits par la complexité technologique à mettre en œuvre. S'agissant de transport public, le Groupe développe une plateforme de minibus électrique, robotisée et prééquipée qui accueillera différentes solutions d'automatisation de partenaires spécialisés.

Pour rappel, il existe un consensus international autour de 6 niveaux de « conduite automatisée et autonome », qui s'étend du niveau L0 (L pour Level) sans aucune assistance à la conduite, au niveau L5, le niveau ultime dans lequel le véhicule serait entièrement autonome, dans toutes les situations et sans opérateur à bord.



ROBOT

IL EST BEAU MON ROBOT

La robotique de service était particulièrement mise en avant à l'occasion du salon Vivatech. L'un d'entre eux, Mirokaï, est un robot de « logistique sociale », développé par Enchanted Tools, une entreprise française créée par Jérôme Monceaux (multi-entrepreneur, cofondateur de Aldebaran & co-créateur des robots Nao et Pepper) et Samuel Benveniste (PhD et ancien directeur du centre d'expertise national en stimulation cognitive). Son robot humanoïde à tête d'elfe, répond à trois défis : la navigation automatisée dans des espaces semi-standardisés ; la saisie d'objets automatisée ; les interactions sémantiques et émotionnelles avec des utilisateurs non préparés.

Sa structure est étonnante, puisqu'il se déplace sur une sphère motorisée et qu'il peut saisir tout type d'objet à partir du moment où on a fixé à celui-ci une poignée standardisée. Cela permet aussi d'être sûr qu'il déplace le bon objet. On peut le déplacer, comme on déplacera un enfant en le poussant dans le dos, et lui commander oralement d'aller chercher tel objet à tel endroit... Pour l'instant, c'est un prototype, mais Enchanted Tools a réalisé



la plus grosse levée de fonds d'amorçage de l'histoire française en robotique (15M€), et obtenu les labels Deeptech de BPI France et FrenchTech 2030.

Elle a pour objectif la production de 100 000 robots en 10 ans et d'adresser un marché mondial avec notamment les hôpitaux, les maisons de retraite où tout secteur où il peut soulager le personnel des tâches pénibles.



© VOLOCOPTERE GmbH



TRANSPORTS

TAXI AÉRIEN : LA FIN DES BOUCHONS ?

A l'occasion du salon parisien Vivatech, ADP présentait sur son stand le Volocity développé par l'entreprise Volocopter. Cet appareil électrique à décollage et atterrissage vertical (eVtol) devrait entrer en service cette année d'après son constructeur allemand. Il desservira en premier les aéroports parisiens et quelques sites précis dans Paris à l'occasion des JO. Pas de clients lambdas, mais des vols pour VIP afin d'installer ce type de locomotion d'un nouveau genre dans l'esprit des

riverains et surtout de bénéficier du tremplin médiatique de cet évènement mondial.

Après le lancement des Volocity à Paris dès 2025, Volocopter ambitionne d'occuper le ciel de Rome, New-York, Singapour, Osaka, l'Arabie Saoudite... Côté sécurité, il devrait suivre la réglementation aérienne et les couloirs aériens de navigation. L'appareil est doté de deux places, d'un tout petit coffre à bagages, de 18 hélices et de neuf

batteries permettant d'éviter toute panne intempestive. Totalement électrique, le mini hélicoptère est donc silencieux, et n'émet pas de rejet carboné.

Autre application de l'engin, le sanitaire et le médical. ADP et l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris (AP-HP), vont tester trois cas d'usages spécifiques : le transport de greffons et de blessés légers, et le déplacement de médecins sur des lieux d'accident.



ROBOTIQUE

HEP PLATO, UN WHISKY !

Encore un robot de service découvert à Vivatech, Plato, un robot développé par United Robotics Group, une entreprise française malgré son nom. Dans les restaurants et les hôtels, le robot Plato aide et accompagne les employés du secteur de l'hôtellerie, de la restauration ou du médical en réalisant des tâches quotidiennes répétitives et fatigantes comme le transport de charge et les allers-retours. Ce « *cobiot* » de service créé par URG améliore les conditions de travail du personnel et leur permet de se concentrer sur l'essentiel du métier de service. Il dispose de trois plateaux pouvant recevoir tout type de choses et se déplace automatiquement d'un point A à un point B en s'adaptant à son environnement. Il peut également suivre le personnel en portant le matériel nécessaire à son travail.



www.cad-magazine.com

≡ CAS D'ÉCOLE ≡



LA SIMULATION MULTIPHYSIQUE À LA VITESSE DU SON

A forte puissance sonore, les enceintes acoustiques produisent parfois un son saturé et dénaturé. Pour optimiser la conception de ces enceintes de concert, L-Acoustics utilise la solution de simulation multiphysique de Comsol, et gagne ainsi des semaines de développement produit.

L-Acoustics fabrique des systèmes de sonorisation pour les arènes et les salles de concert depuis une quarantaine d'années. Pour accélérer l'évolution de ses concepts d'enceintes bass reflex, l'entreprise simule leur comportement acoustique loin d'être linéaire. A très fort volume, il y a en effet des turbulences d'air dans l'enceinte et autour de son événement. Résultat : une perte de niveau sonore, des distorsions, des sifflements... et une restitution dégradée.

PROJETER LE SON COMME UN LASER PROJETTE LA LUMIÈRE

Le physicien Christian Heil a lancé L-Acoustics en 1984 et, en 1992, la société a présenté sa technologie Line Source Array V-Dosc, devenue la norme mondiale

pour les systèmes de haut-parleurs professionnels. C'est en résumé la forme en banane des rangées de haut-parleurs que l'on voit dans toutes les salles de spectacle. Ces sources linéaires projettent le son à la manière dont un laser dirige la lumière. La puissance potentielle d'un laser est indissociable de sa précision, ce qui est également vrai pour les haut-parleurs.

« Nous voulons créer une enceinte de haut-parleurs aussi linéaire que possible », explique Yoachim Horyn, responsable de la recherche acoustique chez L-Acoustics. « Nous essayons de supprimer toute quantité d'énergie émise à des fréquences ou harmoniques plus élevées, plutôt qu'à la fréquence prévue. Peu importe à quel point nous augmentons la puissance d'entrée, nous voulons que le son résultant soit le

Yoachim Horyn
et Yves Pene de
L-Acoustics.

Basée en France, L-Acoustics a fourni des systèmes de sonorisation à plus de 10 000 salles dans 80 pays, et ses équipements ont été utilisés par la moitié des 20 plus grands festivals de musique du monde.



provoquer des pertes acoustiques importantes pouvant atteindre plusieurs dB. Malgré ce risque, les avantages potentiels d'un résonateur en font un outil important pour L-Acoustics, qui s'efforce de remplir de son des espaces immenses.

« Nos haut-parleurs doivent fonctionner à un niveau de sortie très élevé », explique Yves Pene, ingénieur acoustique de l'équipe de Yoachim Horyn. « Un résonateur mal conçu pourrait perdre jusqu'à la moitié de sa puissance potentielle en raison des turbulences. Il est donc très important que nous concevions l'événement pour qu'il fonctionne efficacement. »

BOIS, ARGILE ET FUMÉE...

« Depuis plusieurs années, concevoir et tester des événements constitue un défi pour les équipes de développement », explique Y. Horyn. « Nous n'avions aucun moyen de prédire avec précision l'ampleur des pertes créées par une enceinte présentant un niveau élevé de déplacement d'air. » Cela signifiait que l'équipe devait construire et tester des prototypes en bois à chaque modification de l'enceinte. Dans certains cas, ils appliquaient de l'argile pour modifier rapidement la forme de l'ouverture d'un événement ou des passages intérieurs. Un processus lent et incomplet en termes d'informations révélées.

« Mesurer la perte et la distorsion acoustiques est intéressant, mais cela ne vous donne pas toujours une idée de

l'origine des problèmes », explique Y. Horyn. « Parfois, les problèmes proviennent d'une partie de l'enceinte, ou d'une partie de l'événement, à laquelle on ne s'attendrait pas. Un modèle en bois ne vous montre pas exactement où se situent les problèmes. » L'équipe de L-Acoustics a contourné ce problème avec des panneaux transparents au sein de l'enceinte permettant de voir les turbulences avec de la fumée injectée à l'intérieur... Encore une fois un processus long et peu précis.

SIMULATION POUR LES PROJETS ACTUELS ET FUTURS

D'où le choix de l'entreprise d'opter pour la simulation multiphysique. La simulation intègre les effets couplés du mouvement du haut-parleur et du mouvement du fluide qui en résulte, y compris la turbulence et les phénomènes associés. Pour valider les résultats de la simulation, l'équipe a mené des tests sur une enceinte de haut-parleur dotée d'aérations amovibles. Résultat : les pertes acoustiques prévues s'écartent de moins de 1 dB des valeurs réelles mesurées lors des tests en direct.

Le projet de simulation a révélé des informations qui ne pouvaient pas être obtenues avec le seul prototypage. Et notamment une cartographie détaillée de la vitesse et du tourbillon dans l'ensemble du modèle 3D de l'enceinte et des événements. Cela a fourni des données sur la manière exacte dont chaque partie des surfaces modélisées peut créer des turbulences et affecter la

même, mais plus fort. Toutefois, la distorsion ne constitue qu'une partie du problème. Des non-linéarités peuvent apparaître avec une perte globale de sortie à la fréquence émise. »

Outre l'ingénierie du haut-parleur lui-même, la conception du boîtier ou de l'enceinte d'un haut-parleur joue un rôle important dans ses performances. Par exemple, une conception de boîtier bass reflex intègre une ouverture ventilée appelée résonateur de Helmholtz. En reliant le volume intérieur du boîtier de l'enceinte à l'air extérieur, un résonateur peut aider à récupérer une partie de l'énergie émise à l'intérieur de l'enceinte qui serait autrement perdue. Cela augmente la puissance, mais cela introduit également des turbulences, qui déforment le rendu du haut-parleur et peuvent également

CAS D'ÉCOLE

qualité sonore globale. Cette perspective granulaire a révélé des sources de distorsion que l'équipe n'avait pas envisagées auparavant.

Par exemple, la cartographie des mouvements des fluides a montré que l'emplacement d'un événement dans l'enceinte avait un impact étonnamment important sur le débit global. Cela suggère que l'équipe devrait accorder plus d'attention à l'emplacement d'un événement ainsi qu'à sa forme.

Avant la simulation numérique, les ingénieurs de L-Acoustics attendaient généralement des semaines avant de voir les résultats des tests de chaque modèle physique. Désormais, comme l'explique Y. Horyn, « la simulation est utilisée par notre équipe de développement pour tester ses idées au quotidien, afin que nous puissions prédire l'efficacité d'une nouvelle conception avant de construire des prototypes. En outre, nous pouvons désormais construire des prototypes et être sûrs qu'ils fonctionneront correctement du premier coup. »

DÉMOCRATISER LA SIMULATION AU SEIN DE L'ÉQUIPE

Une partie du travail de Acoustics Research consiste à s'assurer que les outils qu'ils développent peuvent ensuite être utilisés efficacement par l'équipe de développement. L'Application Builder de Comsol Multiphysics permet à l'équipe de créer des interfaces utilisateur spécialisées à partir de leurs modèles, qui peuvent ensuite être distribuées dans toute l'entreprise. Yoachim Horyn : « à la fin de ce projet, l'équipe d'ingénierie acoustique a construit une application simple basée sur le modèle multiphysique de l'enceinte réalisé par Yves Pene. Les utilisateurs doivent définir uniquement les paramètres spécifiques dont ils ont besoin pour leur projet, car d'autres valeurs nécessaires sont déjà en place. »

L'application est ensuite distribuée aux autres membres de l'équipe via le COMSOL Server qui permet aux utilisateurs d'accéder et d'exécuter des simulations par eux-mêmes. « C'est une solution très pratique, car elle nous permet d'avoir davantage de personnes utilisant la simulation à un coût raisonnable. »

Loudspeaker



Figure 2. Schéma d'un haut-parleur bass reflex.

Vent

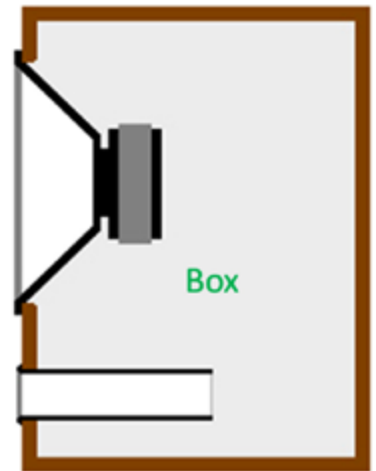


Figure 3. Configuration de mesure extérieure pour une mesure de perte acoustique typique. La flèche indique la position du microphone.

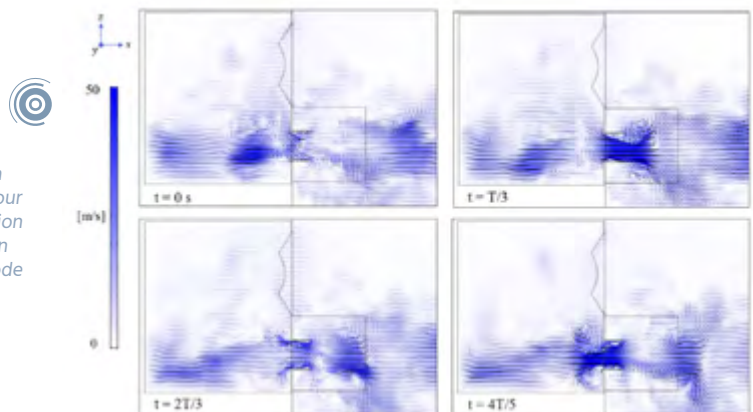


Figure 4. Amplitude de la vitesse à la résonance pour une conception de ventilation sur une période donnée.

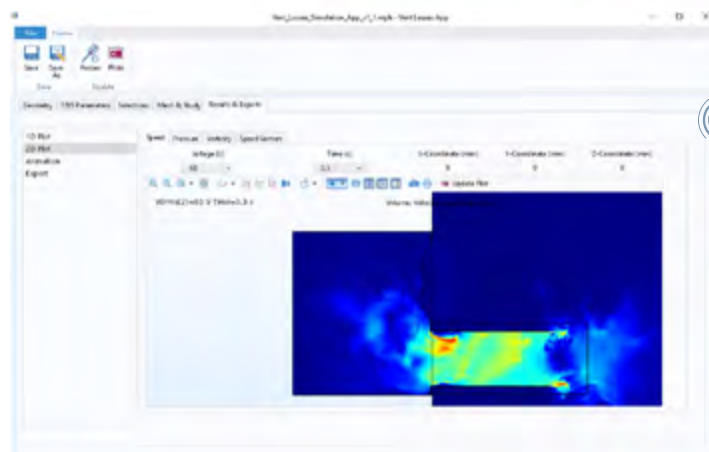


Figure 5. Une application de simulation pour l'équipe R&D de L-Acoustics.

Abonnez-vous à l'e-Newsletter
bimensuelle et recevez gratuitement
toute l'actualité de la conception numérique



REPORTAGE

L'IA REDÉFINIT LES PALMES DE PLONGÉE SIGNÉE DECATHLON

L'innovation de Decathlon est au cœur de sa réussite. Après avoir réinventer le masque de plongée il y a quelques années avec l'EasyBreath, l'entreprise française se penche sur les palmes, ceci avec l'aide de l'intelligence artificielle et d'Autodesk.

L'intelligence artificielle devient LE sujet du moment, en positif comme en négatif d'ailleurs. Evidemment tous les industriels commencent à s'interroger sur l'usage de cette technologie pour leurs propres besoins, que cela soit pour la production, mais aussi pour les phases amont d'ingénierie. Dans ce dernier cas, Decathlon proposera en 2025 une paire de palmes de plongée dont l'impact carbone est réduit de 50% comparé à la référence marché. Et cela grâce à une conception fondée sur la plateforme « Design & Make » qui intègre des algorithmes d'IA.

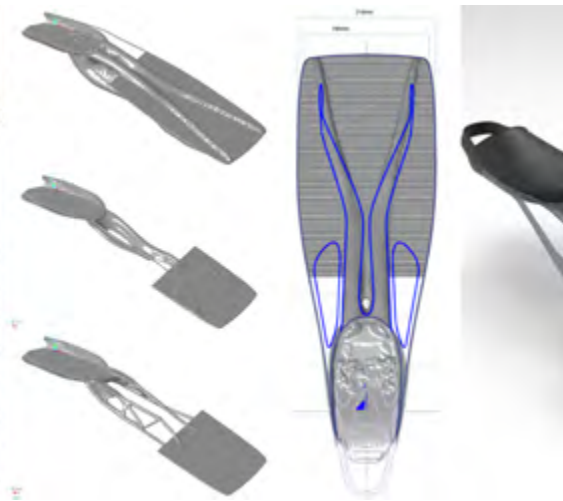
En 2020, les équipes de Decathlon et d'Autodesk ont repensé le design d'un vélo de course en s'appuyant sur ces nouvelles technologies de conception, de



simulation, mais aussi en mettant en place des nouveaux processus de collaboration interne. Aujourd'hui, le Projet de la « Palme React » est inspiré par ce projet du « vélo du futur ».

TOUTES LES SOLUTIONS ET NON QUELQUES SOLUTIONS

La conception générative est une forme d'intelligence artificielle qui permet, à partir d'une liste de contraintes précises fixées par un ingénieur, d'obtenir en quelques minutes des centaines, voire des milliers, de solutions possibles à un problème de



conception posé. La technologie utilise des algorithmes, l'apprentissage automatique et la simulation numérique pour explorer rapidement plusieurs solutions. Ce processus change radicalement la manière de concevoir et d'optimiser un produit. L'IA propose en effet toutes les solutions répondant aux contraintes initiales exprimées, et non les 3 ou 4 réponses qu'un concepteur lambda pourrait imaginer.

Outre le gain en termes de performance, d'innovation et de temps gagné, ce projet a également permis aux ingénieurs des bureaux d'études de l'équipementier sportif

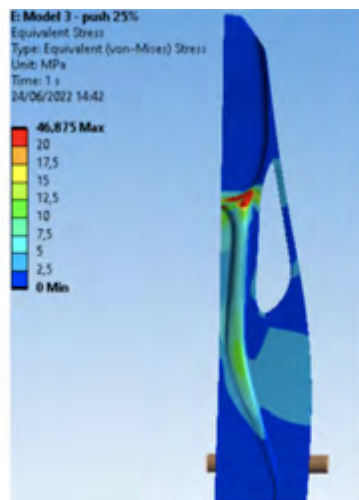
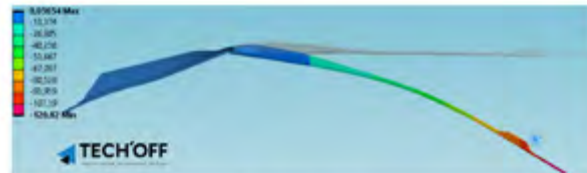


La nouvelle palme de plongée imaginée par Decathlon réduit l'impact carbone de 50% par rapport à la référence marché.



Constituée d'une voilure en plastique recyclé, cette palme monomatériau pourra, une fois arrivée en fin de vie, être recyclée sans démantèlement.

La conception générative permet d'obtenir en quelques minutes des centaines, voire des milliers, de solutions possibles à un problème de conception posé.



Decathlon a élaboré une nouvelle démarche de développement centrée autour de l'éco-conception.

de se familiariser avec les techniques d'IA. Car, ce n'est pas magique. L'utilisation de l'IA générative exige de poser convenablement le problème, parfois de revenir sur les contraintes initiales car le compromis est impossible, puis de choisir parmi ces propositions celle qui sera la plus pertinente.

LE DÉFI AUTOUR DE L'ÉCO-INNOVATION

Cette nouvelle palme FF 500 React a été générée avec le moins de matière possible. Résultat : un impact carbone 50% plus faible par rapport

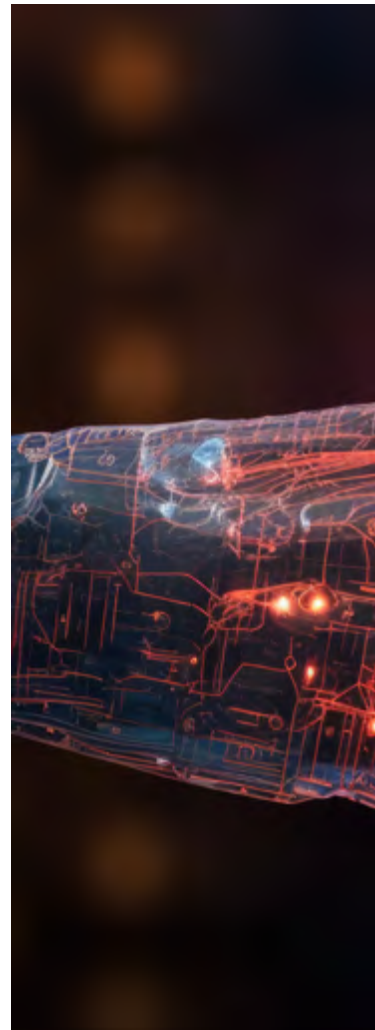
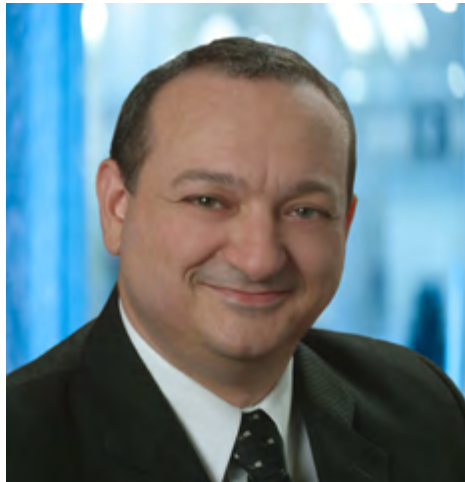
à la référence du marché. Constituée d'une voilure en plastique recyclé, cette palme monomatériau pourra, une fois arrivée en fin de vie, être recyclée sans démantèlement. Armand Macé, l'ingénieur produit chez Decathlon, à l'origine de cette palme : « notre objectif était de créer un objet disruptif. Le défi était de taille : concevoir une palme qui, contrairement aux modèles traditionnels où la rigidité diminue du pied vers la pointe, maintiendrait une épaisseur constante tout en respectant des critères stricts d'éco-conception. Nous avons décidé de repartir d'une feuille blanche. »

« Le design génératif nous a ouvert des horizons inexplorés, nous permettant d'imaginer des solutions de conception qui étaient auparavant hors de notre portée » explique Raphaël Vis, Chef de projet circularité et designer chez Decathlon. En plus d'un gain de poids réduisant son impact environnemental, la Palme React offre un nouvel esthétisme. « Nous avons changé notre façon de voir le produit. Ce n'est plus seulement une question de puissance ou de vitesse, mais aussi de légèreté, d'esthétisme et d'impact environnemental » déclare Raphaël Vis. —

≡ AVIS D'EXPERT ≡

TROIS CONSEILS POUR FAIRE DE L'IA UNE ALLIÉE DES PROJETS PLM !

Par Fred Weiller, Directeur Marketing Europe d'Aras, l'un des principaux fournisseurs de solutions de gestion du cycle de vie des produits et de continuité numérique.



A lors que l'Intelligence Artificielle générative (GenAI) est sur toutes les lèvres, avec des applications plus ou moins utiles, une chose est sûre : nous ne sommes qu'au début de ce qui se présente comme une nouvelle révolution technologique. Les applications de GenAI vont continuer à se multiplier, et vont avoir des impacts majeurs sur un certain nombre de secteurs d'activité.

La gestion du cycle de vie des produits (PLM) ne fait pas exception. Les analystes du Gartner* prévoient que l'IA générative jouera un rôle dans 70 % des tâches contenant un grand nombre de textes et de données d'ici 2025, contre moins de 10 % en 2023. Ils estiment également que d'ici 2026, les capacités d'IA générative seront mises en œuvre dans 50 % des solutions des fournisseurs de PLM, contre un taux d'adoption actuel de 5 %.

Et de fait, l'utilisation de l'IA tout au long du processus de conception et de fabrication des produits est extrêmement prometteuse. Mais son intégration présente aussi des défis importants pour les entreprises qui évoluent dans un paysage complexe et changeant.

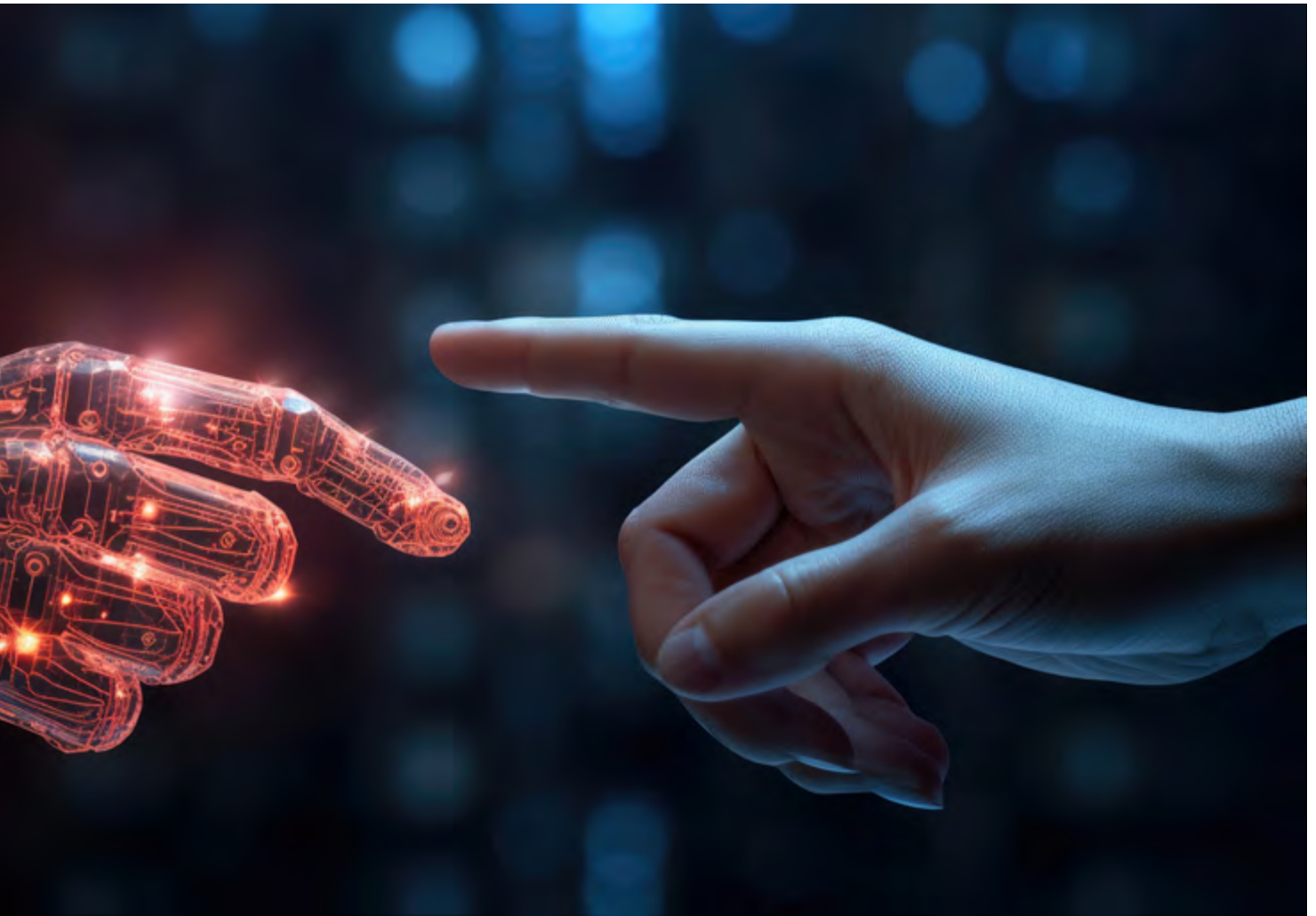
CONSEIL N°1 : VOIR L'IA COMME UN OÙIL D'OPTIMISATION PLUTÔT QUE D'AUTOMATISATION

Le plus grand défi auquel vont devoir faire face les entreprises cherchant à utiliser l'IA dans leurs processus PLM sera sûrement d'éviter de se laisser emporter par l'euphorie de l'IA, pour s'appliquer les deux conseils valables à chaque grande rupture technologique. D'une part, commencer petit, avec des projets rapides à mettre en œuvre et à rentabiliser (les fameux « *quick wins* »). D'autre part, s'assurer de l'utilité d'un projet, parce qu'il répond à un besoin, à un usage ou à un problème (la fameuse question de la « *valeur* » d'une innovation).

Pour que l'IA fasse une différence notable dans les processus PLM de conception de produits, il est ainsi préférable de se concentrer sur l'amélioration de l'efficacité et de la productivité des processus existants, plutôt que de tenter de tout automatiser par de l'IA. L'idée étant plutôt de faciliter le travail de l'utilisateur et d'accélérer et/ou de « *dériskuer* » certaines de ses tâches plutôt que de les supprimer.

CONSEIL N°2 : CHOISIR DES PROJETS SUR LESQUELS L'IA A UNE VALEUR IMMÉDIATE ET DÉMONSTRABLE

Le champ d'application de l'IA est encore à inventer, et par nature infini, mais certaines parties des processus des entreprises sont plus propices à apporter une preuve rapide de l'intérêt de la GenAI. Par exemple, la conformité et la documentation technique. L'identification d'un ensemble d'exigences de conformité réglementaire lors de la conception de produits est une tâche difficile et souvent complexe. Ce problème s'intensifie avec le nombre d'industries et de régions dans lesquelles un produit est destiné à être vendu ou utilisé. Le fait de ne pas tenir compte avec précision de la réglementation augmente le risque de conception excessive (trop d'exigences ajoutées) ou d'un échec (exigences non respectées). En intégrant l'IA dans le processus, l'identification des exigences et l'examen final d'une



conception en cours peuvent être accélérés, et la capacité de former l'IA pour qu'elle reste à jour avec les dernières modifications réglementaires, fréquentes, peut aussi apporter une valeur ajoutée et continue.

La rédaction de la documentation technique, essentielle aux tests et fonctionnement de nombreux produits, peut, elle aussi, prendre beaucoup de temps. L'IA générative peut aider à rédiger des guides d'utilisation, des manuels de maintenance et d'autres documents importants, tout en garantissant l'exactitude et l'exhaustivité du contenu.

CONSEIL N°3 : SÉCURISER SES DONNÉES ET SA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

Ce ne sont que de premiers exemples. À l'avenir, les possibilités de l'IA dans l'industrie de la fabrication et du développement de produits s'élargiront davantage, tant l'IA a un potentiel

énorme pour accélérer les cycles de conception, et améliorer en continu la qualité des produits.

Mais bien sûr, comme pour toute technologie, la mise en œuvre de l'IA peut présenter des défis. La protection de la Protection Industrielle de l'entreprise va ainsi devenir encore être plus stratégique, au fur et à mesure où les modèles de données vont venir nourrir l'Intelligence Artificielle. Sans compter que la qualité des données, socle de l'efficacité de l'IA, vont devoir être le nouveau cheval de bataille des entreprises. Car une IA, entraînée sur de mauvaises données, peut être dangereuse.

Or, les entreprises dépendent du PLM pour créer des produits que nous utilisons dans notre vie quotidienne. Les voitures que nous conduisons, les ascenseurs que nous prenons et même les appareils que nous gardons dans nos poches doivent être sans danger pour leurs usagers. Et nous ne pouvons pas compter sur l'IA pour nous

donner 100% de réponses correctes, 100% du temps. Nous devons donc disposer de processus de gouvernance et de méthodes de vérification stricts pour garantir le respect de toutes les réglementations, et de tous les principes de sécurité.

En conclusion, l'intégration de l'IA dans les plateformes PLM et les fonctions associées représentent une étape importante dans l'évolution de la conception et de l'ingénierie des produits. L'IA peut contribuer à améliorer l'efficacité, à réduire les coûts et à ouvrir de nouvelles opportunités d'innovation. A deux conditions : commencer là où la valeur de l'IA peut être réalisée, gérée et comprise par l'organisation dans son ensemble, et s'assurer de comprendre tous les risques pour éviter les pièges d'une mauvaise utilisation de cette technologie passionnante. —

*Chiffres Cabinet Gartner : <https://www.gartner.fr/fr/articles/comprenez-et-exploitez-l-ia-generative-avec-le-nouveau-rapport-radar-des-incidences-gartner>

≡ ZOOM ≡

LA CONCEPTION GÉNÉRATIVE PARLE VOTRE LANGUE.

L'intelligence artificielle impacte de plus en plus la transition numérique des entreprises. Côté production par exemple pour analyser les données, anticiper la maintenance, optimiser les process. Mais aussi côté conception avec notamment l'introduction de la conception générative dans de nombreux logiciels de CAO.

LA CONCEPTION GÉNÉRATIVE KESACO ?

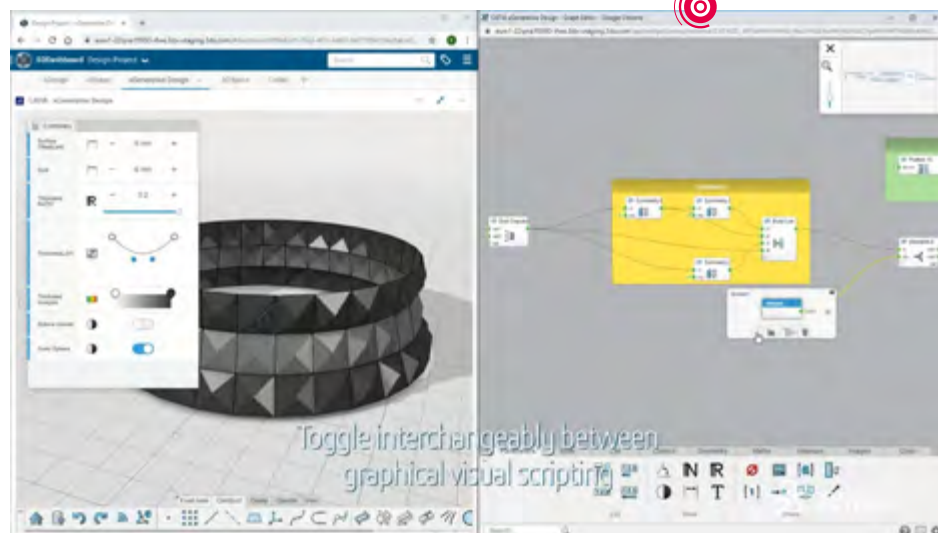
La conception générative est une capacité des logiciels de CAO 3D qui s'appuie sur l'IA et la simulation numérique pour générer automatiquement des conceptions optimales à partir d'exigences définies au niveau du système. Les ingénieurs spécifient les objectifs et les contraintes : cible de poids, espace de conception réduit, zones à protéger ou à exclure, charges mécaniques, matières, process de fabrication, etc... Un algorithme calcule alors une ou toutes les solutions potentielles. L'utilisateur peut ensuite sélectionner la meilleure option, ou relancer le calcul avec de nouvelles contraintes dans le cas par exemple où un compromis entre ces exigences est impossible, ou s'il souhaite affiner sa demande. La conception générative peut être appliquée à des pièces usinées, moulées ou forgées. Et cela pour optimiser des pièces existantes, ou à l'inverse innover à partir d'une feuille blanche.

TROIS AVANTAGES DE CETTE TECHNOLOGIE :

Même si vous êtes génial, vous aurez du mal à produire plus de deux ou trois concepts répondant à un ensemble de contraintes et cela dans le temps imparti au projet. Les techniques d'apprentissage automatique de l'IA propre à la conception générative permettent de proposer toutes les solutions qui

répondent. Ces modèles peuvent être modifiés, l'aide de fonctionnalités paramétriques standard ou d'outils de modélisation directe, pour convenir à des formes industrialisables.

Avec une démarche classique, vous connaissez les exigences structurelles d'une pièce ou d'un sous-assemblage, mais vous devez attendre de finaliser votre géométrie pour les valider.



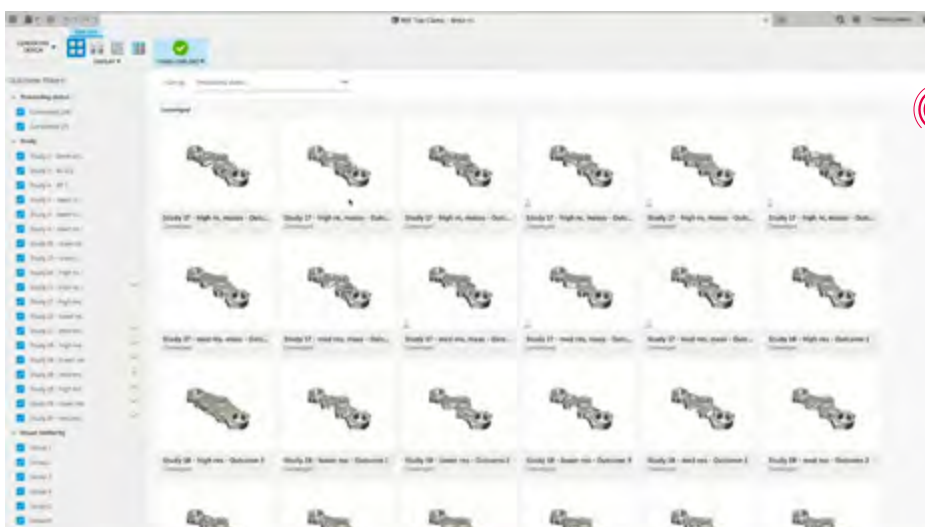
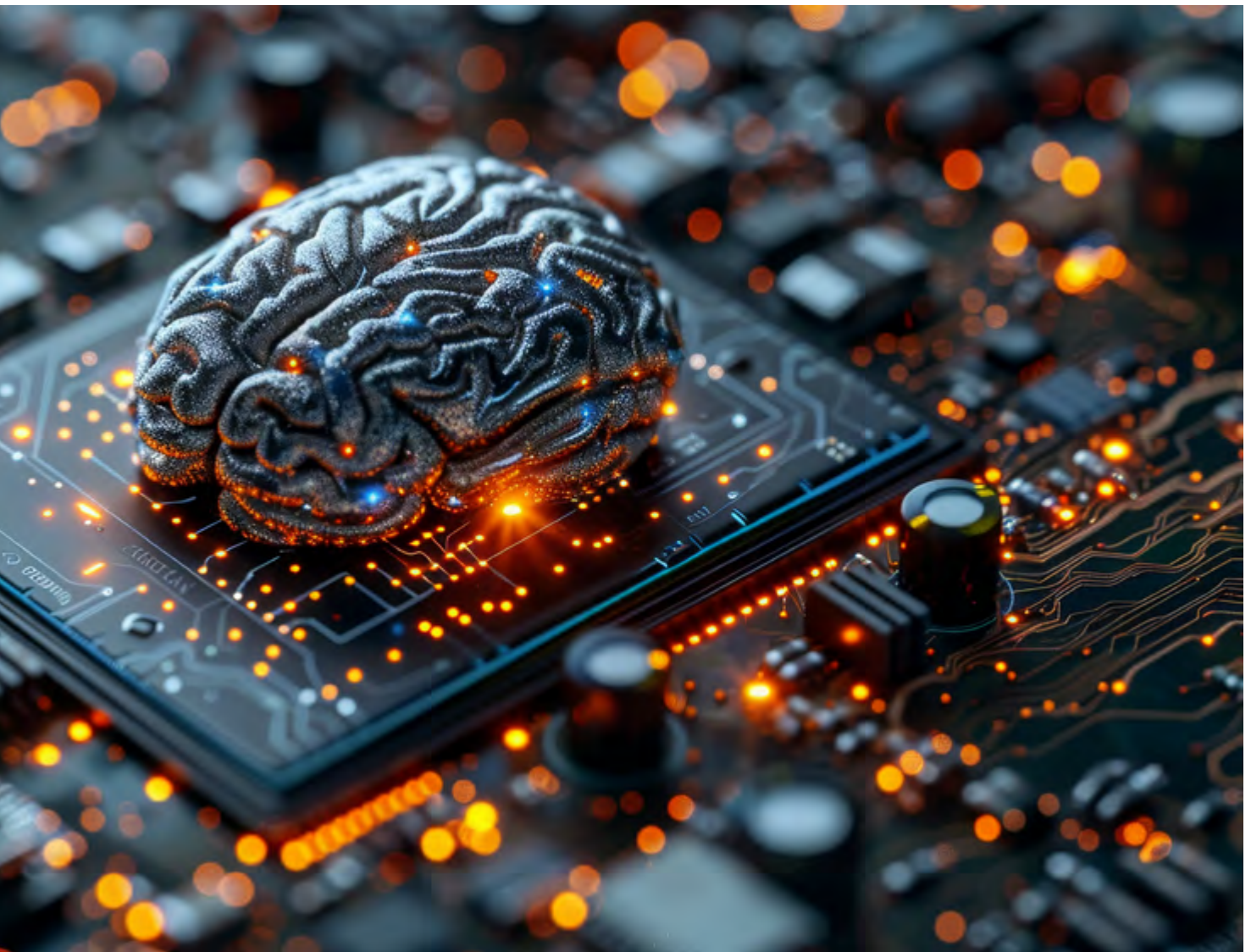
La conception générative, permet d'appliquer des cas de charge dès la conception, donc d'aboutir au résultat escompté plus vite.

La méthode de fabrication guide la conception. Dans les processus traditionnels, les pièces sont conçues, validées par simulation, puis transmises

aux spécialistes méthodes pour évaluer leurs modes de fabrication. Avec la conception générative, les critères de fabrication peuvent être pris en compte dès le début. Par exemple : orientation de construction pour l'impression 3D, une ligne de séparation en 2D ou 3D pour les pièces moulées, ou extrusion linéaire pour les pièces usinées, etc.

L'IA s'introduit de plus en plus dans les logiciels d'ingénierie. Désormais, vous pouvez converser avec elle, comme vous le feriez avec un expert humain.

La conception générative utilise l'IA pour générer automatiquement des conceptions optimales à partir d'exigences définies au niveau du système. Doc. Dassault Systèmes



Exemple de dizaines de formes différentes calculées par Autodesk Fusion 360 à l'aide de la conception générative.



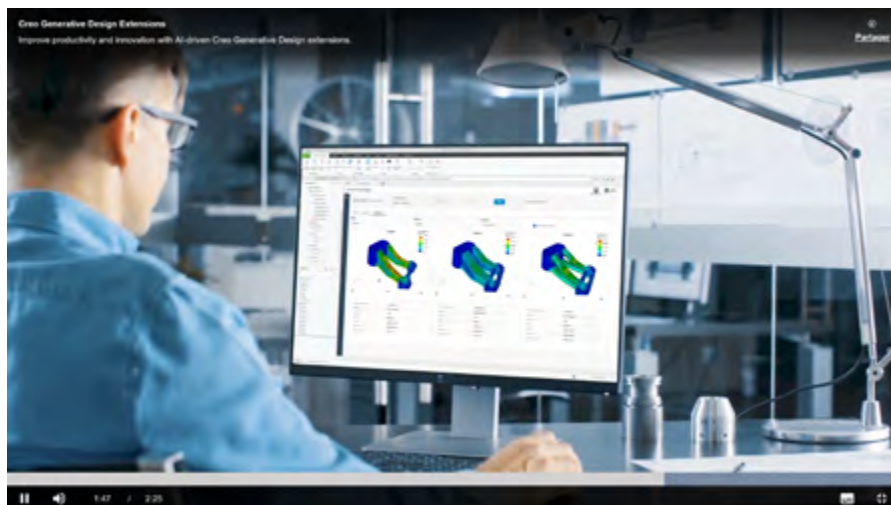
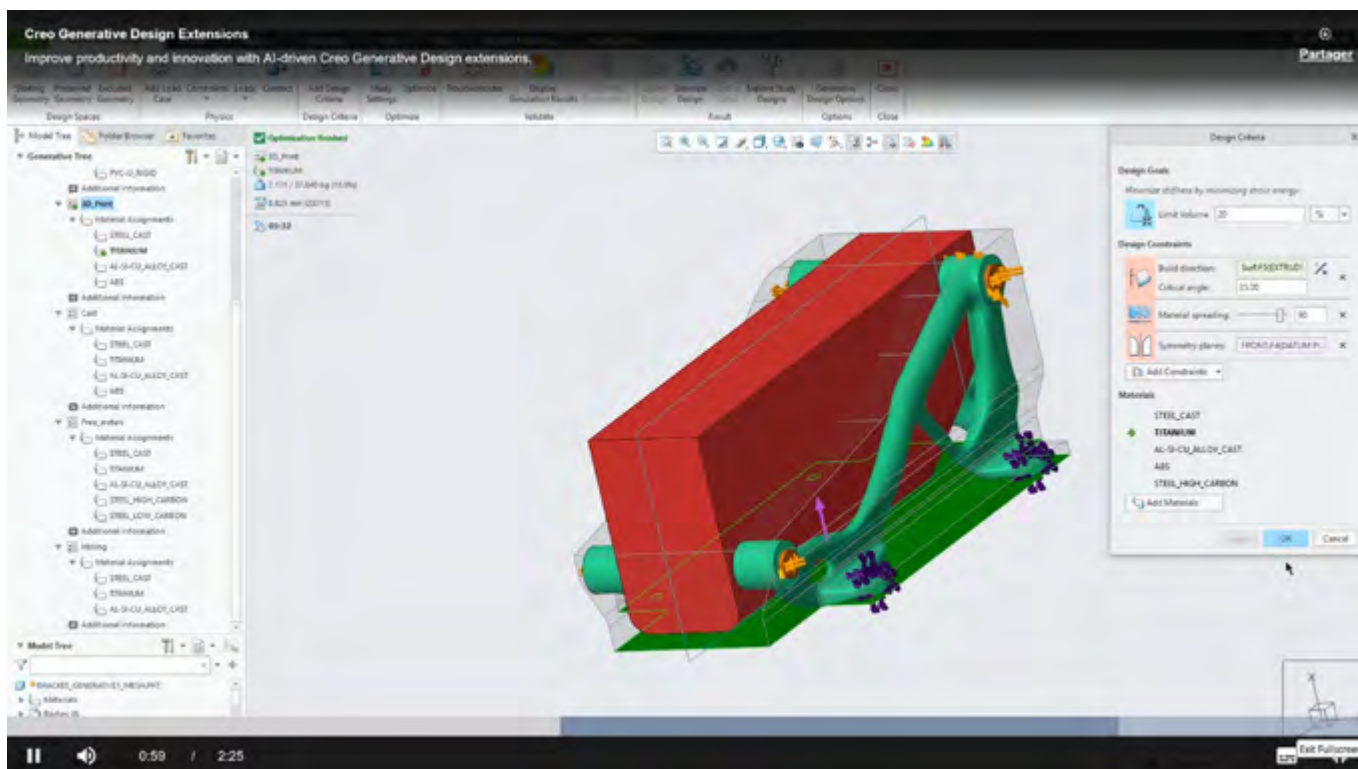
VOTRE ASSISTANT COMPREND VOTRE LANGUE

La conception générative simplifie et accélère donc le flux de travail d'ingénierie pour des concepts plus innovants et parfois plus performants. Mais il est possible d'aller encore plus loin grâce à l'introduction des

technologies de LLM : grands modèles de langage. Il s'agit de modèles d'apprentissage automatique capables de comprendre et de générer des textes en langage humain. En gros, vous allez demander oralement ou textuellement à la machine ce que vous souhaitez qu'elle fasse, avec moins de boîtes de dialogues et de menus fonctionnels.

Explications. ChatGPT a donné naissance à des versions spécialisées comme AnsysGPT, un chatbot intégré au logiciel de simulation numérique. C'est un assistant virtuel, multilingue, disponible 24H sur 24 et 7 jours sur 7. Combinant la technologie ChatGPT, disponible via Microsoft Azure OpenAI Service et les données publiques d'Ansys, cet outil répond aux questions des utilisateurs concernant les logiciels Ansys, la physique et l'ingénierie. Contrairement à d'autres assistants virtuels qui utilisent des données génériques, AnsysGPT s'appuie sur les propres données de l'éditeur (cours, webinars, vidéos, articles, documentation technique, FAQ, etc.) afin de générer des réponses précises et fiables.

ZOOM



A partir des spécifications du problème à résoudre, PTC Creo Design Extension a proposé plusieurs concepts de pièces dont trois ont été retenues par l'ingénieur.

UN CONSEILLER À VOS CÔTÉS

Evidemment, il ne s'agit pas de remplacer la souris et le clavier qui restent les plus pratiques pour manipuler des éléments CAO, mais de les compléter par un assistant comprenant votre langage naturel. Ainsi, vous pouvez par exemple sélectionner une entité à la souris et demander oralement ou taper : « *double sa taille* ». De la même manière, les paramètres d'entrée classiques du design génératif, tels que les températures et les pressions, seront toujours nécessaires, mais dans certains cas, les utilisateurs pourront donner des commandes verbales ou textuelles pour faire avancer le processus. La saisie en langage naturel réduira certainement le nombre de clics.

Enfin, vous pourrez affiner la conception générative de votre logiciel, en ayant une conversation avec le chatbot à partir des résultats délivrés. Exemple : pourquoi il y a un pic de température dans une

MACHINE, DESSINE-MOI UN MOUTON À TROIS PATTES !

Mais les éditeurs travaillent sur l'étape suivante. Pour que le logiciel ne se contente pas de répondre à des questions de type « *comment faire* » et commence à exécuter des tâches demandées par l'utilisateur, il doit être capable de générer du code exécutable basé sur une entrée en langage naturel. Or, « *toute action de l'utilisateur dans les logiciels Ansys peut être traduite et représentée sous forme de code Python exécutable* », explique un représentant de l'éditeur.

Il s'avère qu'Ansys a déjà posé les bases de ce projet. En 2022, l'éditeur a développé PyAnsys, une famille de bibliothèques Python qui permet aux utilisateurs d'interagir avec les produits Ansys. « *Nous avons déjà créé une version capable de générer 80 % du code requis et nous pourrions bientôt la rendre disponible. Mais le reste prend du temps, car nous devons nous assurer que toutes les commandes sont exécutées correctement et de manière fiable. Nous y arriverons bientôt. Lorsque nous y parviendrons, ce sera comme avoir un copilote expert qui peut effectuer des tâches à votre place* », déclare cette même source.

certaines zones ? Et comment peut-on la faire baisser ? Ou bien, la géométrie que tu me proposes peut-elle être imprimée en 3D ? Si ce n'est pas le cas, puis-je modifier pour que ça soit possible ? Pour les experts, c'est un gain de temps considérable par la suppression de tâches répétitives ou à faible valeur ajoutée. Pour les débutants, c'est la possibilité d'expérimenter, d'apprendre et d'innover avec l'aide de la machine.

D'ailleurs, il n'y a pas que les éditeurs de logiciels qui s'intéressent à la conception générative. Les fabricants de hardware comme Nvidia, sont partie prenante du traitement algorithmique du langage naturel. Lors de la dernière GPU Technology Conference (GTC), le PDG du fabricant de cartes graphiques a annoncé des interfaces de programmation d'applications cloud (API) pour Omniverse, son environnement immersif de visualisation et de simulation. Des partenaires comme Siemens, Cadence et Ansys devraient tirer parti de ces API indispensables à la gestion du langage naturel. Et les

éditeurs comme Siemens ou Dassault Systèmes vont intégrer ces API Nvidia de type cloud dans leurs propres solutions notamment d'intelligence artificielle et de conception générative. 3DEXPERIENCE Excite de Dassault Systèmes par exemple permet de générer des environnements de marketing numérique et de produits virtuels. Et cela bientôt à travers une interface en langage naturel !

AVEC QUI VOUS POUVEZ DIALOGUER

La conversion de la voix en texte n'est plus un obstacle technique ; c'est une fonctionnalité disponible dans de nombreux logiciels de bureautique. Pour les développeurs de logiciels de conception et de simulation, remplacer la saisie de la souris et du clavier par du texte ou une commande vocale (par exemple, dire ou taper « extruder » au lieu de sélectionner la commande « extruder ») n'est pas la meilleure utilisation du langage naturel.

Au contraire, cela réduit le véritable potentiel de cette nouvelle technologie

L'objectif devrait être de permettre aux utilisateurs d'avoir une conversation naturelle avec le logiciel. Cela réduira la courbe d'apprentissage pour des programmes comme les outils de calcul de structure ou de dynamique des fluides. Reste un problème à résoudre, celui des données d'entraînement : vous avez besoin d'une bonne collection de données à des fins d'entraînement.

À l'heure actuelle, si vous souhaitez exécuter une étude CFD, vous devrez spécifier les surfaces et les régions sur lesquelles appliquer la charge, avec des valeurs numériques spécifiques. Cette approche exige des connaissances spécialisées. Mais imaginez pouvoir demander au logiciel : « En fonction de la géométrie que j'ai téléchargée, quelle configuration dois-je utiliser pour une analyse du flux d'air externe ? »

Bref, la CAO n'a pas fini de progresser...

COMSOL

Booster l'innovation en conception automobile

avec COMSOL Multiphysics®

La simulation multiphysique favorise l'innovation dans le domaine des composants électriques, des batteries, des systèmes audio et autres pièces automobiles. En construisant des modèles toujours plus proches de la réalité, les ingénieurs développent, testent et vérifient leurs conceptions plus rapidement.



SCANNEZ MOI POUR EN SAVOIR PLUS
comsol.fr/feature/automotive-innovation

≡ AVIS D'EXPERT ≡

LE LLM DANS LE DÉVELOPPEMENT PRODUIT : COMMENT PRIORISER SES INITIATIVES ?

Jean-Sébastien Gros et Xavier Brucker du cabinet Mews Partner analyse dans cet article le potentiel pour l'ingénierie de l'intelligence générative et plus précisément des modèles d'apprentissage automatique capables de comprendre et de générer des textes en langage humain : les LLM.



Jean-Sébastien Gros – Mews Partner



Xavier Brucker – Mews Partner

L'IA générative, ou LLM (grand modèle de langage), est omniprésente dans l'actualité, et les cas d'usages potentiels alimentent l'imagination des ingénieurs sur l'ensemble de la chaîne de valeur. La R&D pourrait tirer énormément de valeur de cette technologie.

En théorie, la R&D, et en particulier l'ingénierie de développement produit, semble être un terrain de jeu naturel pour cette technologie. Par nature, il s'agit d'une activité collaborative qui produit de façon atomisée énormément de connaissances écrites plus ou moins formalisées. Or, le seul liant certain de l'ensemble de ces connaissances demeure le langage, précisément ce dont se nourrit le LLM.

Toutefois, une « *compatibilité naturelle* » ne suffit pas pour transformer une technologie en game changer métier. Mais le discours ambiant, centré sur l'absolue nécessité de prendre le train en marche, n'aide pas à se focaliser sur l'essentiel : il faut bien entendu partir de besoins concrets et déployer les bons choix technologiques en conséquence, puis itérer. En bref, il faut viser l'industrialisation et ne pas se disperser sur des projets vitrines.

Dès lors, revenons à l'essentiel : comment savoir si le LLM a un potentiel pour tel ou tel cas d'usage ? Quels sont les critères

qui établissent cette pertinence et qui permettront de prioriser et, in fine, de définir une roadmap de projets LLM viables et industrialisables ?

CRITÈRE #1 : LA PERTINENCE DE LA DONNÉE DISPONIBLE

Le LLM est avant tout une histoire de données : il est aussi fort que les informations sur lesquels il s'appuie. A cet égard, c'est avant tout la typologie (et la fiabilité) des données à disposition dans le cadre d'un cas d'usage qui va définir sa pertinence. Mais, surtout, sa force réside dans sa capacité à travailler avec des données non-structurées. Ainsi, le LLM apportera assez peu de valeur ajoutée dans le cas où on chercherait un matériau spécifique dans une base de données structurées dont les attributs sont suffisamment détaillés.

En revanche, il saura parfaitement s'appuyer sur un corpus de documents disparates (fichier des non-qualité, documentation projet, normes...) pour identifier, par exemple, des solutions mises en œuvre par le passé afin de résoudre un problème présent spécifique, comme l'amélioration de la fiabilité d'un mécanisme.

CRITÈRE #2 : LA MATURITÉ DES PARTIES PRENANTES VIS-À-VIS DE L'OBJECTIF DU CAS D'USAGE

La pertinence du LLM n'est pas une question binaire. Dans certains cas, la valeur ajoutée pourra être transverse, générale, dans d'autres le LLM ne sera utile que sur certaines étapes spécifiques d'une problématique métier.

Le rôle de l'utilisateur dans une problématique donnée, sa maturité vis-à-vis du sujet et le niveau de ses attentes en termes de précision (voir critère 4) sont particulièrement critiques. Moins un utilisateur est spécialiste et plus le niveau d'exigence est « *faible* », plus le LLM va facilement apporter de la valeur ajoutée.

Prenons par exemple le sujet de la génération d'exigences. Une bonne part de l'enjeu repose sur des parties prenantes en aval, au niveau de l'industrialisation. A ce stade, les ingénieurs identifient et résolvent généralement un certain nombre de problématiques qu'il faudrait, dans l'idéal, formuler en exigences à faire « remonter » en phase de conception.

Mais la formulation d'exigences est un sujet peu ancré dans les réflexes des ingénieurs en industrialisation : cette phase est un maillon faible de la discipline. Dès lors, le LLM pourrait beaucoup apporter, ce d'autant plus que la formulation d'exigences s'appuie généralement sur un corpus documentaire peu structuré.

CRITÈRE #3 : L'ADÉQUATION DE L'OBJECTIF AVEC LES « FONCTIONNALITÉS » DU LLM

S'il ne faut pas développer de use case LLM en fonction de ce que la technologie propose mais bien à partir du besoin, il faut tout de même que ce dernier soit en adéquation avec ce l'IA générative sait faire de mieux. Dans certains cas, l'objectif peut être rempli de façon extrêmement rapide, sans mise au point complémentaire ou développement spécifique. Certains besoins basiques et focalisés, comme la traduction, la production de résumés sont des cas d'usage tout indiqués. On peut ainsi évoquer la production de volumes de formation, la formulation de documentation utilisateur...

En sollicitant des « fonctionnalités plus avancées » (contrôle de cohérence – avec des spécifications par exemple), il faudra potentiellement beaucoup de mise au point voire des développements spécifiques mélangeant au LLM d'autres technologies.

CRITÈRE #4 : LE NIVEAU DE PRÉCISION ATTENDU

Corollaire du critère précédent, le degré de précision espéré de la part du LLM sera central dans l'évaluation de la pertinence du cas d'usage. Là encore, dans la plupart des cas, plus il progresse en

criticité, moins le LLM est capable d'apporter le niveau de précision espéré. Autrement dit, la technologie se prête à la production de documents de formation ou d'awareness, là où sa capacité à résumer ou à reformuler fait des merveilles. En revanche, il ne paraît pas envisageable de lui faire produire sans assistance des documents de maintenance, là où les conséquences d'une imprécision sont majeures.

Il conviendra alors d'accompagner l'utilisation du LLM d'un contrôle qualité rigoureux par un utilisateur expert... à mettre en balance, encore une fois, avec la valeur ajoutée du use case.

CRITÈRE 5 : LE DEGRÉ DE COMPLEXITÉ

La complexité du cas d'usage se mesure notamment au nombre et à la diversité de ses étapes, ou encore au degré de standardisation de son processus. On peut ainsi classer la création d'un modèle système – qui implique pour chacun des niveaux d'architecture un travail de définition des éléments et des flux qui les lient – ou encore la définition d'un plan d'intégration vérification validation au rang de cas d'usage complexes.

Cette complexité va amener à la reproduction de la même mécanique que l'on devine maintenant : plus elle est croissante, plus cela impliquera des efforts supplémentaires, plus la valeur ajoutée doit être nette pour valoir le coup.

CONCLUSION

Pour respecter ces six critères, il apparaît vite que le LLM doit être adapté : passée la phase de « quick wins », des développements spécifiques seront requis... qui devront valoir le coup.

In fine, il s'agit donc davantage de prioriser les besoins et donc les use cases en fonction de la vitesse et de la facilité avec laquelle le LLM va apporter de la valeur que de distinguer ceux pour lesquels cette technologie apporte quelque chose de ceux pour lesquels elle n'apporte rien. —

Schématisation : du quick-win aux cas les plus complexes



NOUVEAUTÉ



AVEVA CONNECT : LA PLATEFORME OUVERTE DES PROJETS INDUSTRIELS

Baptisée « plateforme d'intelligence industrielle », Aveva Connect est une plateforme cloud agrégeant logiciels et données au cœur des projets de construction d'usines. Fondée sur les logiciels d'Aveva, elle rassemble également des applications de divers partenaires comme Schneider Electric, RIB, et ETAP.

Racheté totalement en 2022 par Schneider Electric, Aveva a construit tout son écosystème de logiciels autour des process industriels et de leur digitalisation. Chimie, pétrole, gaz, énergie, marine, mines et carrières... tous ces secteurs sont clients de cet éditeur coté à la bourse de Londres. Deux axes caractérisent sa stratégie technologique, le rapprochement avec les offres logicielles de Schneider Electric, et leur déploiement à travers le cloud et notamment l'offre Microsoft Azure.

L'activité principale de ses clients est donc la gestion du cycle de vie d'assets industriels depuis leur conception jusqu'à leur démantèlement en passant par leur exploitation. Tout cela repose sur de grandes quantités de données que la plateforme Aveva Connect permet de centraliser, d'administrer à travers des capacités de modélisation, d'analyse, de visualisation, des services de développement d'applications, de traçabilité et d'usage.

Les données, le jumeau numérique, l'intelligence artificielle industrielle

et l'expertise approfondie du secteur industriel sont réunis pour être accessibles à partir d'un seul point d'entrée. Basé sur Microsoft Azure, la plateforme offre également aux industries des capacités évolutives. « De la rationalisation des workflows à la surveillance et au contrôle en temps réel, sans oublier l'amélioration de la collaboration à distance et l'optimisation de la performance tout au long du cycle de vie des actifs industriels, Connect répond à l'ensemble des enjeux de transformation numérique de l'industrie », déclare Caspar Herzberg, le PDG de la firme.

Accessible dans le cloud, ouverte aux différents formats de données, elle permet en outre un partage complet de ces informations selon les droits d'administration de chacun quel que soit l'endroit où vous vous trouvez et le terminal que vous utilisez. Pour Caspar Herzberg : « *L'économie industrielle connectée va ouvrir la voie à une collaboration mondiale inédite dans l'ensemble de l'écosystème industriel. Connect permet aux équipes industrielles d'avoir une compréhension holistique de la chaîne de valeur et favorise l'innovation en temps réel à tous les niveaux.* » —

NOUVEAUTÉ

INGÉNIERIE IMMERSIVE SIGNÉE SONY ET SIEMENS

À la suite du développement de son casque de réalité virtuelle XR, à l'aide du logiciel NX de Siemens, Sony s'est associé à l'éditeur allemand pour proposer une solution de création spatialisée avec Siemens Xcelerator et ce nouveau casque de réalité virtuelle.

Coup double pour Sony et Siemens. Le premier qui a utilisé le logiciel de CAO avancé NX pour concevoir son nouveau casque de réalité virtuelle XR SRH-S1 s'associe à l'éditeur pour proposer avant la fin de l'année 2024 une solution qui combine le portefeuille de logiciels Siemens Xcelerator et ce nouveau casque.

Le SRH-S1 se compose d'un visiocasque XR équipé de micro-écrans Oled 4K de haute qualité et de contrôleurs permettant une interaction intuitive avec des objets 3D. Seiya Amatatsu, directeur de la division chargée du développement de la technologie XR de Sony : « nous avons pu améliorer de 25 % la productivité de notre processus de conception grâce à NX. Bien que des progrès significatifs aient été réalisés avec NX, je souhaitais aller plus loin en créant un produit innovant permettant d'apporter directement des modifications dans un environnement immersif. » Le visiocasque XR de



Sony devient donc un composant fondamental de la future solution intégrée NX Immersive Designer.

« Avec notre visiocasque et ses contrôleurs dédiés, vous pouvez créer plus intuitivement dans un environnement totalement immersif. Il vous permet de vous déplacer librement entre le monde virtuel et le monde réel, de collaborer et de créer en temps réel avec des collègues du monde entier, et il favorise l'innovation », commente Hirohito Kondo, directeur général adjoint de la division chargée du développement commercial de la technologie XR au sein du département de gestion des produits de Sony.

Les deux acteurs promettent une intégration étroite entre le matériel et le logiciel pour interagir avec le jumeau numérique de façon nouvelle et naturelle. Car il ne s'agit pas simplement de visualiser des conceptions mais d'effectuer des tâches d'ingénierie concrètes. « C'est pourquoi la qualité de l'image est si importante, ainsi que la précision des commandes et même le confort du casque. Car, ensemble, ils vous permettent de collaborer davantage, de mieux concevoir et d'innover plus vite. Ils vous donnent la possibilité de faire de l'ingénierie réelle et utile, sans jamais avoir à construire un prototype physique » rajoute M. Amatatsu. —

≡ MISE À JOUR ≡



CREO 11 : LA CAO À PART ENTIÈRE

Creo et Creo+, les deux versions du même logiciel de CAO développé par PTC arrivent cette année en version 11 avec une couverture plus étendue des métiers de l'ingénierie notamment dans les secteurs de l'électricité, de la conception générative ou encore la conception de pièces en matériaux composites.

Depuis quelques années, les logiciels de CAO sont de plus en plus complets. Ils regroupent sur une même plateforme tous les outils d'ingénierie utiles à la création et à la finalisation des produits manufacturés. Avec Creo 11, PTC ne déroge pas à la règle. Cette solution de CAO entoure la phase de modélisation géométrique de tous les logiciels qui se trouvaient il y a encore quelques années dans des logiciels différents : Model Based Design, simulation numérique, câblage avancé, matériaux composites, conception générative, etc.

CREO OU CREO + ? À VOUS DE CHOISIR

En outre, l'éditeur américain annonce également la mise à jour similaire pour Creo+, la version SaaS du logiciel. Entièrement compatible avec les versions de Creo sur site, Creo+ repose sur la même technologie de

base que Creo et intègre les mêmes fonctionnalités. Ainsi aucune conversion de données n'est nécessaire. Le logiciel est accessible selon un mode de licences « à la demande » dans le cloud. Selon l'éditeur, cela facilite la collaboration temps réel sur des sites distants, la gestion des licences, et la mise à jour transparente des fonctionnalités pour les usagers.

LES NOUVEAUTÉS DE LA V11

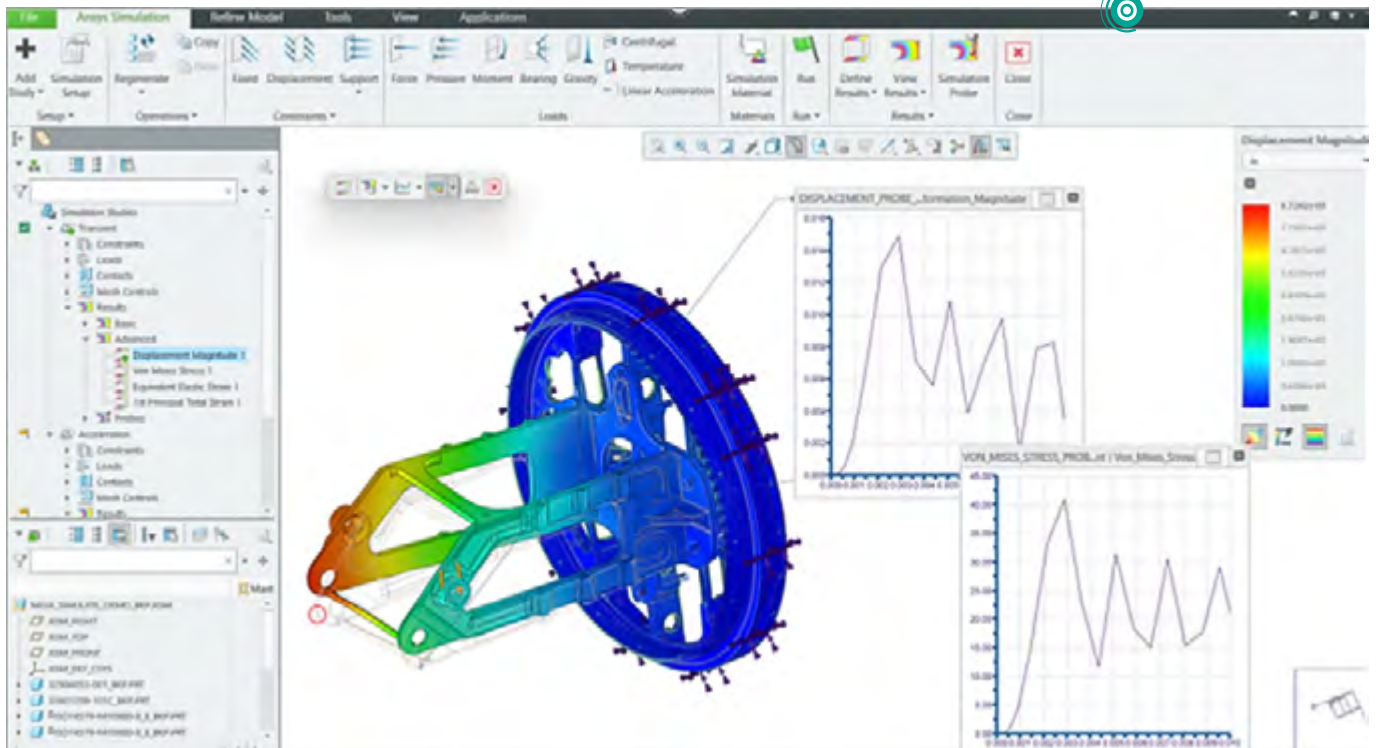
Difficile de ne pas démarrer cette revue des nouveautés par l'intelligence artificielle, omniprésente désormais au sein des outils de CAO. Creo 11 propose de nouvelles fonctionnalités de conception générative alimentée par l'IA et la simulation intégrée grâce au partenariat engagé avec Ansys. Il est par exemple désormais possible de spécifier une épaisseur minimale lors des optimisations, de définir des chargements de type « roulement » et d'appliquer des contraintes de symétrie plane.

Par ailleurs, Creo Simulation Live inclut désormais le transfert de chaleur entre une géométrie solide et des corps fluides, ainsi que des résultats étendus pour tous les types d'études CSL. Creo Ansys Simulation propose également l'analyse des structures en régime transitoire, pour déterminer la réponse dynamique d'une structure soumise à une charge dépendante du temps.

CONCEVOIR DES ENSEMBLES MULTICORPS

Côté modélisation, cette version 11 prend désormais en charge les concepts multicorps pour les conceptions contenant plusieurs tôles et corps réguliers. Cette fonctionnalité vous permet de concevoir plus efficacement des pièces en tôle dans leur contexte. De plus, vous pouvez transférer des corps solides d'une partie d'un assemblage vers une seule pièce multicorps à l'aide de la fonctionnalité d'enveloppe, ce qui accélère les

Analyse structurelle d'une pièce sous Creo Ansys Simulation



conceptions complexes. Enfin, Creo intègre aussi une fonction améliorée de volume d'inclusion, permettant d'optimiser et de calculer la boîte englobante minimale de votre pièce ou assemblage pour optimiser l'emballage

LE CÂBLAGE ÉLECTRIQUE AVANCÉ

Autre grosse nouveauté, l'aspect électrification : les clients disposent d'outils de câblage leur permettant de manipuler les points de passage et placer les composants personnalisés avec plus de précision et une meilleure visibilité sur les structures des harnais. Des fonctions ECAD supplémentaires, telles que le contrôle de la transparence, améliorent la visibilité des couches dans les circuits imprimés.

Les outils de câblage pour la manipulation des emplacements ont été améliorés. Les emplacements peuvent désormais être placés sur la tangente de n'importe quel axe du repère et l'outil « Supprimer des emplacements » a été simplifié. Le placement des composants et des épissures personnalisés a été amélioré, et les paramètres du

faisceau peuvent désormais être modifiés pendant le routage. De plus, l'arborescence de câblage a été mise à jour pour offrir une meilleure visibilité de la structure du faisceau et des entités de câblage.

LES PIÈCES COMPOSITES

Parce que les matériaux composites progressent dans tous les secteurs industriels, PTC fait évoluer sa solution pour concevoir ce type de pièces. Les extensions Creo Composite Design and Manufacturing (CDM) et Creo Composite Design and Manufacturing Advanced (CDMA) ont été ajoutées récemment à la suite Creo. Si les deux extensions prennent en charge la conception de composites, CDMA est plus orientée sur les avantages liés à la fabrication et offre des workflows plus avancés.

La fabrication de composites est le processus consistant à définir les instructions détaillées pour produire les pièces composites. Elle implique la génération d'âmes, de couches individuelles mises à plat, de transitions et des fonctions de drapage et

d'épissage. CDMA offre tout cela, et prend également en charge la génération automatisée de ply book, via une intégration transparente à l'environnement de conception Creo.

LE MODÈLE 3D : SOURCE UNIQUE DE DONNÉES

Autre aspect qui s'est généralisé dans les bureaux d'études, le MBD (Model-Based Definition) consiste à créer des modèles 3D qui contiennent toutes les données nécessaires à la définition d'un produit. Creo 11 dispose d'outils nouveaux pour organiser ces données dans des tableaux simples qui peuvent être lus et interprétés par des hommes ou des machines. Ces tableaux incluent du texte défini par l'utilisateur, des légendes paramétriques et des références sémantiques.

Restons dans le domaine de la fabrication, avec des améliorations portant notamment sur la création de structures en treillis pour l'impression 3D, sur l'usinage grande vitesse avec du fraisage rotatif 4 axes et sur le tournage de zone. —

NOUVEAUTÉ

Quatre scanners 3D industriels à découvrir chez le fabricant chinois Shinning 3D pour numériser vos objets de toute nature, de la petite pièce de bijouterie jusqu'à la voiture complète en passant par l'objet d'art.



LA NUMÉRISATION 3D MADE IN CHINA

Shinning 3D est une entreprise chinoise spécialiste de la numérisation 3D. Fondée en 2004, elle emploie plus de 1100 salariés avec des implantations en Allemagne, aux Etats-Unis et à Hong Kong. Elle est revendue en France par Cylaos. Outre une gamme de scanners 3D d'acquisition de géométrie, ou de métrologie, la société a également développé une gamme complète de scanners médicaux et d'imprimantes 3D pour le secteur de l'orthodontie.

Quatre scanners 3D sont au programme industriel de ce constructeur pour des applications de numérisation d'objets variés. Baptisée EinScan, cette gamme comprend les modèles Pro HD, H2, 3X et SP. Les trois premiers sont des scanners manuels, tandis que l'EinScan SP est une petite station fixe (image 1). On pose l'objet de taille réduite sur une base tournante et le scanner positionné sur un bras fixe assure le scan automatique de la pièce. La précision maximale est de 0.05 mm et, selon la précision souhaitée, entre 4 s et une minute permet de numériser complètement votre objet. Le SP est également en mesure de capturer ses textures.

L'EinScan H2 (image 2) est, de son côté, un scanner portable hybride capable d'une précision volumétrique de $0.05 \pm 0.1 \text{ mm/m}$ en lumière Led et de $0.1 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm/m}$ en mode infrarouge. Très maniable, il peut capturer les textures, les couleurs et dispose d'un volume d'acquisition maxi de 780mm x 900mm qui s'ajuste en fonction de votre distance à l'objet (comprise entre 200 et 1500 mm). Bref le scanner à tout faire ou presque.

Pour les pièces plus complexes, comportant par exemple des surfaces métalliques sombres, et pour lesquelles on recherche

une grande précision, le modèle EinScan Pro HD reste la meilleure solution (image 3). En adoptant une nouvelle structure modulaire de projection de lumière, cette dernière technologie, traditionnellement utilisée en mode de numérisation fixe, est désormais utilisée en mode de numérisation HD portable. Grâce au réglage de la distance minimale du point de 0.2 mm avec un algorithme optimisé, il apporte une haute résolution et une précision en numérisation portable ainsi qu'en numérisation fixe.

L'EinScan Pro HD présente une avancée spectaculaire en matière de capacité de numérisation, traitant jusqu'à 3 000 000 de points par seconde en mode de numérisation portable et moins de 0,5 s pour chaque image en mode de numérisation fixe.

On terminera cette rapide description par signalé que Shinning 3D complète cette offre hardware par un partenariat avec les principaux éditeurs de logiciel de scan, et notamment avec 3D System et sa solution Geomagic. —



MANUFACTURING TOUR

Le Tour de France de l'Innovation Industrielle

8

ÉTAPES
PAR AN



PRÉSENTIEL
OU DISTANCIEL



VISITE
D'USINE

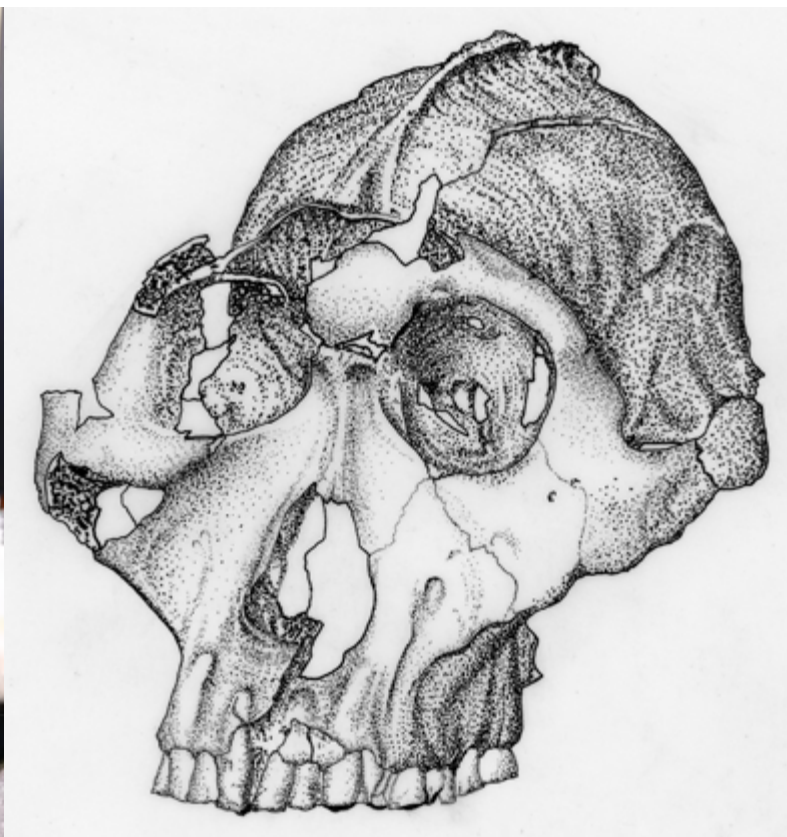
1200
INDUSTRIELS
RÉUNIS



Toutes les infos sur le Manufacturing Tour : <https://manufacturing.fr/2024-manufacturing-tour-lecteur/>

Votre contact : Philippe RENAUDINEAU - Email : p.renaudineau@groupe-cimax.fr - Mobile : 06 67 03 66 76

RECONSTITUTION D'UN CRÂNE DE 2 MILLIONS D'ANNÉES



Si la truelle, le pinceau et le pied à coulisse sont toujours des instruments employés par les archéologues, ces derniers utilisent aussi des techniques digitales comme les scanners 3D pour les aider à reconstituer des éléments de squelettes.

Découvert en Afrique du Sud en 2018, le crâne poétiquement appelé DNH 155 est celui d'un de nos ancêtres vieux de 2 millions d'années. L'utilisation d'un scanner portable fut d'une grande aide pour les archéologues pour reconstituer ce fossile, en déterminer l'espèce, un *Paranthropus robustus*, et même son âge au moment de sa mort.

Si la plupart des fossiles retrouvés se limitent à une dent, un os, ou un morceau de crâne éparpillés, les centaines de fragments de DNH 155 eux, étaient situés

à une certaine proximité les uns des autres. Mais il n'était pour autant pas si facile de reconstituer ce puzzle... Le scanner 3D portable Artec Space Spider a été un acteur clef dans ce projet, que ce soit dans la fouille ou dans la réédification.

Il a fallu plus de 300 heures de travail pour pouvoir reconstituer entièrement le fossile. Afin de le nettoyer et le préserver, il fallait en effet détruire son emplacement pour le réassembler correctement : *« scanner chaque couche de fossile en 3D avec le scanner 3D m'a permis d'en avoir un enregistrement exact, et j'ai ensuite pu tout remettre à sa place, »* commente Jessie Martin en charge de cette tâche.

Les différents scans réalisés ont permis de reconstruire un double numérique du crâne et notamment d'avoir une image précise de l'intérieur. Ce que les méthodes traditionnelles, mise à part la tomographie, ne permettent pas. Par ailleurs : *« les méthodes classiques*

comme la photogrammétrie et la prise de mesures manuelle avec des pieds à coulisse et des règles, exigent une manipulation excessive des fossiles. Cela signifie que, tôt ou tard, ils risquent d'être endommagés. » Ce qui n'a pas été le cas avec la technique du scanner 3D. Les manipulations sont réduites au minimum, c'est-à-dire le retournement des os pour assurer un balayage de toutes les surfaces.

De plus, le scanner 3D a révélé certaines caractéristiques internes du crâne qu'il est impossible de voir à l'œil nu. *« Sur la surface interne du crâne, quand vous êtes dans Artec Studio et que vous enlevez la texture du scan, vous voyez la plus magnifique empreinte de ce cerveau d'hominidé vieux de 2 millions d'années. »*

DNH 155 a également été imprimé en 3D à partir des scans de Space Spider, et les résultats sont particulièrement réalistes. Toutes les sutures et toutes les arêtes seront identiques. Bref, le bonheur pour les archéologues... —



**Revue Bimestrielle
100% numérique**

BULLETIN D'ABONNEMENT

Je m'abonne pour un an à **cad-magazine**
100% numérique **78.10 € TTC**

Je paye par chèque bancaire ou postal à l'ordre de CIMAX Je paye par virement Je paye par mandat administratif

Nom Prénom Fonction

Société

N° TVA intracommunautaire

Adresse

Code postal Ville Tél.

email @

L'abonnement ne sera pris en compte qu'accompagné de son règlement. Je souhaite recevoir une facture acquittée.

bulletin a renvoyer par mail à : ana@groupe-cimax.fr

La législation européenne (RGDP) évolue, veuillez cocher la case suivante :

J'accepte que les informations saisies dans ce formulaire soient utilisées, exploitées, traitées pour permettre de me recontacter, pour recevoir : les newsletters, les propositions d'abonnement, rester informé sur vos produits et ceux de vos clients, dans le cadre de la relation commerciale qui découle de cette demande d'abonnement.

Non je ne veux rien recevoir en dehors du bulletin d'abonnement

Vous êtes libre de changer d'avis ultérieurement et vous pouvez actualiser les détails vous concernant ou demander à ne plus rien recevoir à tout moment à ana@groupe-cimax.fr

En application de l'article L27 du 6 janvier 1978, ces informations sont nécessaires à l'enregistrement de votre commande et aux services qui y sont associés.
Les destinataires sont uniquement les services chargés de l'exécution de l'enregistrement de votre abonnement, et autres services internes.
Vous pouvez accéder aux informations vous concernant et procéder éventuellement aux rectifications nécessaires auprès du service diffusion de [cad-magazine](http://cad-magazine.com).





T|E|N|D|O[®] Silver

Le nouveau mandrin expansible hydraulique pour une entrée en matière à prix réduit.

schunk.com/tendosilver →