

FURN5.●

Manuel pour faciliter l'adoption des pratiques d'Industrie 5.0 dans le secteur du meuble de l'UE

Guide pour promouvoir la production
intelligente centrée sur l'humain, durable
et résiliente

© AMBIT 2026
Av. Generalitat, 66 - 43560
La Sénia (Tarragone) ESPAGNE
Tél. +34 977 57 01 22
ambitcluster.org

Cette publication a été produite avec l'aide financière de l'Union européenne.

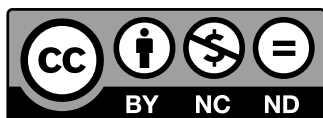
Ce projet a été financé par l'appel d'offres de la Commission européenne : Soutien au Dialogue Social (SOCPL-2023-SOC-DIALOG). Référence de l'accord de subvention 101145616.

L'aide fournie par la Commission européenne à la production de cette publication ne constitue pas une approbation de son contenu, qui reflète uniquement le point de vue des auteurs ; la Commission ne peut être tenue responsable d'une quelconque utilisation qui serait faite des informations contenues dans la présente publication.

Ce guide a été préparé avec la contribution d'une équipe multidisciplinaire d'experts :

Alessandra Cecchini, Francesco Balducci, Valentina Vedovi - Manifaktura S.r.l. (Application : 7) | Alessandro Fumagalli, Anna Pellizzari, Claudia Reder - Materially (App. : 4) | Alfredo Ferrer Marco, Gonzalo Ruiz Manzanares - Kampal Data Solutions (App. : 15) | Amaia Castelruiz Aguirre (App. : 8-9), Imanol Ordoñez Zaragoza (App. : 5, 6), Ivan Arakistain Markina (App. : 10, 11) - TECNALIA | Héctor Zapata Cebrián - Tetravol S.L. (App. : 2) | Inmaculada Soler Ramos - Sciling (App. : 12, 13, 14) | Manuel Vinagre Ruiz, Raúl Zaragoza Sacristán de LEITAT (App. : 1) | Ramon Morera i Cuatrecasas - PRODUKTIA (App. : 3) | Ricardo García Bahamonde (Introduction).

Sous la direction et la supervision technique de l'équipe AMBIT : Julio Rodrigo Fuentes, Massimiliano Rumignani, Francesc Reolid Sanz, Jaisiel Madrid Sánchez, Lluís Ferrés Solé, Joaquim Solana Monleón et avec les contributions des partenaires de projet FEDERLEGNOARREDO et EFIC. Conception : srbeardman.com



NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International
(CC BY-NCND 4.0). creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en

Vous devez accorder le crédit approprié, fournir un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été apportées. Vous pouvez le faire de n'importe quel moyen raisonnable, sans toutefois suggérer que le concédant de licence vous soutient ou soutient la façon dont vous l'utilisez.

Aucune modification ni aucun usage commercial n'est autorisé. Vous n'êtes pas autorisé à utiliser le contenu à des fins commerciales.

Si vous remixez, transformez ou construisez sur la base de ce contenu, vous n'êtes pas autorisé à distribuer le contenu modifié.

Table des matières

Remerciements	5
Une introduction appliquée	7
Applications des technologies Industrie 5.0	
1 Interaction humain-robot (IHR) dans le secteur du meuble	16
2 Réalité étendue dans les processus de conception et de prototypage des produits	22
3 Comment tirer parti de la réalité étendue pour la formation de la main-d'œuvre et le perfectionnement des compétences dans le secteur du meuble	30
4 Fonctionnalités intelligentes appliquées au secteur du meuble	38
5 Smartisation des processus de développement produit grâce à l'adoption des technologies de jumeau numérique	44
6 Augmentation de la sécurité et de la productivité des processus de production tout en minimisant leur impact environnemental grâce à l'adoption de techniques de simulation au sein des jumeaux numériques	56
7 Traçabilité des produits dans le secteur du meuble grâce au Passeport numérique du produit (DPP)	64
8 La science des données appliquée à la fabrication de meubles	72
9 Interopérabilité humain-machine	80
10 AIoT pour la production intelligente	88
11 Parcours de l'IoT et de la connectivité	98
12 IA générative pour personnaliser la conception et accélérer le prototypage	102
13 Systèmes de gestion des connaissances axés sur l'IA	110
14 Optimisation des processus de marketing et de vente avec l'IA générative : automatisation et personnalisation des contenus	118
15 Prises de décisions intelligentes dans le secteur du meuble grâce à la corrélation des données et à l'analyse par IA	126
Recommandations de pointe d'Industrie 5.0 et des parties prenantes	
- Rapport sur Industrie 5.0 dans le secteur européen de la production	133
- Rapport sur le niveau de maturité d'Industrie 5.0 dans le secteur du meuble de l'UE	134
- Besoins en compétences et recommandations pour les parties prenantes du secteur du meuble	135
Annexes	
A1 Outil d'auto-évaluation Industrie 5.0	138
A2 Témoignages d'entreprises	140
A3 Rapport sur les résultats du pilote de l'outil d'auto-évaluation en ligne	146

Remerciements

Nous tenons à remercier nos collègues chez nos partenaires FURN5.0 Chiara Terraneo, Giorgia Von Berger, Greta Maravai - FederlegnoArredo, Gabriella Kemendi et Nicole Gaglioti - EFIC. Ils ont fourni des perspectives pertinentes et une expertise qui ont inspiré et soutenu le développement de ce guide et les diverses activités du projet.

Nous sommes reconnaissants au personnel de la Commission européenne pour leur soutien tout au long du projet.

Nous souhaitons reconnaître les contributions clés des experts externes d'Industrie 5.0 qui ont contribué à la préparation de ce guide :

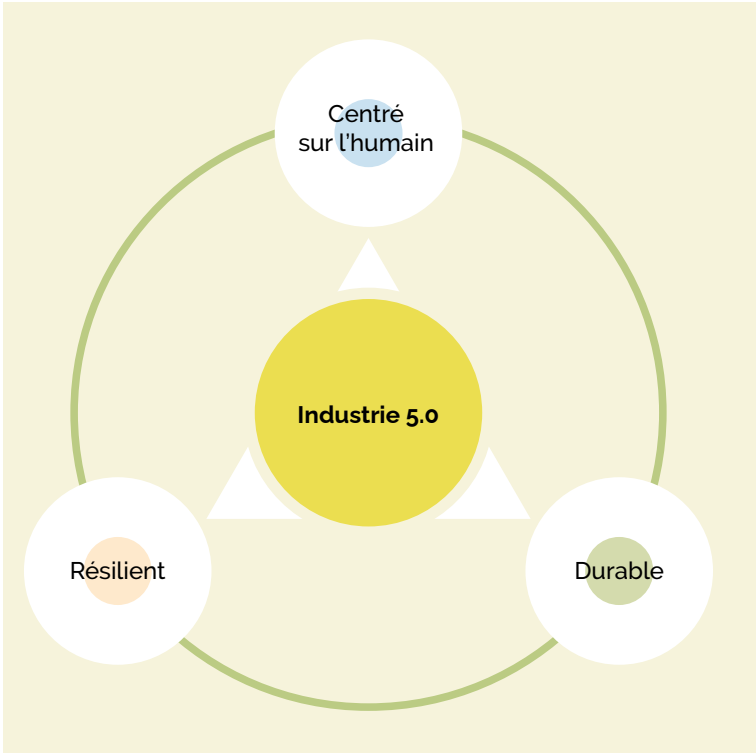
Alessandra Cecchini, Alessandro Fumagalli, Alfredo Ferrer Marco, Amaia Castelruiz Aguirre, Anna Pellizzari, Claudia Reder, Francesco Balducci, Gonzalo Ruiz Manzanares, Héctor Zapata Cebrián, Imanol Ordoñez Zaragoza, Inmaculada Soler Ramos, Ivan Arakistain Markina, Manuel Vinagre Ruiz, Ramon Morera i Cuatrecasas, Raúl Zaragoza Sacristán, Ricardo Garcia Bahamonde et Valentina Vedovi.

Nous tenons également à remercier tous les experts qui ont contribué à la révision des cartes FURN5.0 et ont participé à l'atelier des experts qui, grâce à leurs retours et contributions multidisciplinaires et complémentaires, ont contribué à construire une meilleure compréhension et une approche plus pragmatique d'Industrie 5.0 dans le secteur du meuble. En plus des experts précédents, nous souhaitons remercier :

Alba Tomàs, Albert Graçon Padilla, Alessio Gnaccarini, Àlex Jiménez, Anaïs Le Corvec, Andrea Berra, Antonio Torrente Ortiz, Dermot O'Donnovan, Emilio Arasa, Giada Fioretti, Gil Arasa, Heiner Strack, Irene Pellicchia, Javier Portolés, Jeroen Doom, Joan Ortega, Jordi Sort, Juan Carlos Alonso, Juan Sala Martínez, Leonardo Cavo, Marco Denni, Matteo Bottenghi, Mattia Calogero, Nathalie Bekx, Rebecca Squeri, Ricardo Garcia Bahamonde, Ruben Sagone, Santiago Pérez de la Hoz, Stefano Santoni, Vittorio Riponi et Xavier Pi i Palomés.

La mise en œuvre du projet FURN5.0 n'a été possible que grâce au financement de l'appel à propositions de la CE Soutien au dialogue social (SOCPL-2023-SOC-DIALOG).

1



Industrie 5.0 et l'avenir intelligent du meuble

Industrie 5.0 représente la prochaine évolution de la manufacture moderne, dépassant les objectifs traditionnels d'efficacité et de productivité pour adopter une approche **plus centrée sur l'humain, plus durable et plus résiliente**. En termes simples, Industrie 5.0 consiste à *utiliser des technologies avancées de manière à autonomiser les travailleurs, à bénéficier à la société et à respecter l'environnement*. Ce chapitre introductif explique ce que signifie Industrie 5.0 pour le secteur du meuble, les technologies habilitantes qui la sous-tendent, ainsi qu'une série d'applications pertinentes que nous présenterons vers la fin du rapport. Ce manuel FURN5.0 offre aux cadres et techniciens de l'industrie du meuble des outils pratiques et validés pour la transition stratégique vers Industrie 5.0, en tenant compte du défi crucial qui consiste à attirer et fidéliser les talents tout en améliorant le bien-être des travailleurs. Grâce à des exemples concrets, les cadres et techniciens du secteur obtiendront une vision claire de l'avenir intelligent de l'industrie du meuble et découvriront des actions concrètes qu'ils pourront mettre en œuvre pour renforcer la numérisation et la compétitivité du secteur.

Qu'est-ce qu'Industrie 5.0 dans le secteur du meuble ?

Industrie 5.0 est un nouveau paradigme industriel formulé par la Commission européenne qui « *vise au-delà des simples objectifs d'efficacité et de productivité »* du secteur de la production. Ce paradigme place en effet **le bien-être des travailleurs au centre de la production et poursuit des objectifs sociétaux et environnementaux plus larges**, en complément du cadre d'Industrie 4.0 existant. En somme, Industrie 5.0 repose sur trois piliers principaux : **l'humain, la durabilité et la résilience** (voir Figure 1). FURN5.0 favorise le bien-être des travailleurs, la sécurité et le développement des compétences nécessaires. Cette approche centrée sur l'humain vient renforcer le dialogue social, essentiel à la transition socialement équitable de l'industrie de l'UE. Cela signifie que les usines du futur ne seront pas seulement intelligentes et automatisées, mais aussi conçues en fonction des besoins des personnes, responsables écologiquement et capables de résister aux perturbations.

1 Les trois piliers fondamentaux d'Industrie 5.0

Avant tout, Industrie 5.0 dans le secteur du meuble est **centrée sur l'humain**. Plutôt que de considérer la technologie comme un substitut aux personnes, elle souligne les compétences et la créativité humaines. Les robots collaboratifs s'occupent des tâches répétitives ou dangereuses, des interfaces intuitives telles que la réalité augmentée (RA) ou la réalité virtuelle (RV) rendent la formation, l'intégration et la résolution de problèmes plus

claires et rapides, et les outils de connaissance aident les travailleurs à accéder à l'expertise des autres travailleurs et à partager la leur. Résultat : des lieux de travail et des rôles plus sûrs, plus propres et plus attractifs pour les nouveaux talents, soutenant le perfectionnement des compétences et l'inclusion chez tous les employés.

Sur les bases de la numérisation d'Industrie 4.0, Industrie 5.0 recadre l'adoption autour du bien-être des employés, de la qualité du travail et d'une collaboration humain-machine significative, tout en permettant une personnalisation de masse guidée par l'artisanat et l'intention du design. Ces gains centrés sur l'humain sont naturellement liés à des objectifs plus larges : des opérations résilientes grâce à des décisions basées sur les données et à des systèmes interopérables, mais aussi durabilité grâce à la réduction des déchets, à des choix de matériaux plus intelligents et à la transparence du cycle de vie (par exemple, les passeports produits numériques). Le paysage politique européen, reflété par des initiatives telles que FURN5.0, encourage cette transition, non seulement en promouvant des technologies habilitantes, mais aussi en soutenant le dialogue social, le développement des compétences et une vision attrayante de la production moderne. En résumé, Industrie 5.0 associe la technologie avancée à de meilleurs emplois, à de meilleurs produits plus durables et à une croissance responsable, plaçant les personnes en son centre tout en renforçant la compétitivité et les performances environnementales.

Ensuite, Industrie 5.0 dans le secteur du meuble s'aligne également sur la **durabilité** (par exemple, la conception circulaire et l'efficacité des ressources). Des initiatives européennes telles que le Pacte Vert, le nouveau Pacte pour une industrie propre, la Boussole pour la compétitivité et d'autres réglementations poussent les fabricants de meubles à réduire les déchets et à documenter l'empreinte environnementale des produits. Avec Industrie 5.0, la technologie devient un moyen d'atteindre ces objectifs : par exemple, utiliser **des données et des capteurs pour surveiller la consommation d'énergie et l'utilisation de matériaux**, ou adopter **des matériaux et procédés circulaires** pour minimiser les impacts environnementaux. En résumé, Industrie 5.0 propose une « *vision du secteur qui (...) utilise les nouvelles technologies pour offrir une prospérité au-delà des emplois et de la croissance tout en respectant les limites de production de la planète »* . Pour les entreprises d'ameublement, cela pourrait se traduire par la conception de produits dans un objectif de longévité et de recyclabilité, l'utilisation de matériaux

biosourcés et l'exploitation de systèmes intelligents dans le but d'optimiser la production de manière écologique. Enfin, dans un monde post-pandémique et mondialisé, la **résilience** (le troisième pilier) est très pertinente au secteur de la production de meubles et elle s'étend au-delà des murs des usines jusqu'aux territoires où les entreprises opèrent. Construire la résilience signifie une plus grande flexibilité de production, des chaînes d'approvisionnement transparentes et diversifiées, ainsi qu'une force de travail agile en perfectionnement constant de ses compétences. Cela signifie aussi ancrer la valeur localement : renforcer les réseaux de fournisseurs régionaux, raccourcir les routes logistiques et favoriser la symbiose industrielle (par exemple, services partagés, boucles circulaires de matériaux et communautés énergétiques). Industrie 5.0 encourage à réviser les chaînes de valeur et les pratiques énergétiques non seulement pour résister aux chocs, mais aussi pour co-développer en collaboration avec l'écosystème local, ce qui est précisément l'effet de compétitivité longtemps mis en avant par la théorie des grappes (telle que formulée par Michael Porter), où les liens profonds entre les entreprises, les institutions et les talents augmentent la productivité et l'innovation. Dans le secteur du meuble, cela se traduit par des capacités telles que le changement rapide de gammes de produits, la formation croisée des équipes en compétences numériques, et l'utilisation de plateformes numériques pour sourcer et vendre, tout en privilégiant les partenaires régionaux. Cela inclut également la cartographie de la provenance, le développement d'options de seconde source à proximité, et l'exploitation d'organisations de grappes pour le partage des tests, des formations et de l'accès au marché. Le résultat est

un secteur qui est non seulement plus robuste face aux perturbations, mais aussi plus compétitif car il est intégré, collaboratif et localement régénérable.

Dans l'ensemble, Industrie 5.0 dans le secteur du meuble aligne l'innovation technologique sur un large éventail de compétences et de capacités humaines telles que la créativité, le savoir-faire, le jugement critique, la résolution de problèmes, la collaboration, l'adaptabilité et l'apprentissage continu. Elle intègre également la responsabilité environnementale pour que le secteur puisse prospérer économiquement, socialement et écologiquement.

Technologies habilitantes au cœur d'Industrie 5.0

Industrie 5.0 est propulsée par un ensemble de technologies habilitantes qui rendent possible sa vision centrée sur l'humain et la durabilité. Beaucoup de ces technologies sont des évolutions des outils d'Industrie 4.0, désormais appliqués de manière plus intelligente, plus collaborative et plus empathique, plaçant ainsi les besoins, le bien-être et la créativité de l'être humain au cœur de l'innovation industrielle. Selon la Commission européenne, les technologies clés sous-jacentes d'Industrie 5.0 incluent « une interaction humain-machine personnalisée, des technologies inspirées de la nature et des matériaux intelligents, des jumeaux numériques et la simulation, des technologies de transmission/stockage/analyse de données, l'intelligence artificielle, ainsi que des technologies pour l'efficacité énergétique et l'autonomie ». En pratique, les domaines technologiques suivants sont particulièrement pertinents dans le contexte de la production de meubles :



Interaction Humain-Machine Collaborative

Une des caractéristiques d'Industrie 5.0 est que les humains et les machines travaillent ensemble de manière harmonique. Cela inclut l'utilisation de **robots collaboratifs (cobots)** qui opèrent côte à côte avec les ouvriers dans l'usine. Contrairement aux robots industriels traditionnels qui restent derrière des clôtures de sécurité, les cobots sont conçus avec des capteurs et des limites de force afin de pouvoir partager leur espace de travail en toute sécurité avec les personnes. Ils prennent en charge des tâches lourdes, répétitives ou ergonomiquement difficiles, par exemple, soulever des panneaux lourds, poncer de grandes surfaces ou percer des trous précis, améliorant ainsi **la sécurité des travailleurs et l'efficacité**. Le plus important, c'est que ces robots sont « *collaboratifs et cognitifs* », c'est-à-dire qu'ils sont capables de s'adapter aux intentions humaines et de fournir des retours (par exemple, utiliser l'IA pour interpréter les actions ou les commandes vocales d'un travailleur). Associées à

la robotique, **les interfaces humain-machine** avancées telles que la réalité augmentée (RA) et la réalité virtuelle (RV) permettent d'émanciper les travailleurs du secteur du meuble. La RA et la RV sont capables de superposer des informations numériques sur le monde réel ou de simuler des environnements virtuels, ce qui s'avère « *utile pour la formation, la maintenance et la conception* » dans le cadre de la production. Par exemple, un nouvel assembleur de meubles pourrait porter des lunettes de réalité augmentée montrant les consignes d'assemblage étape par étape, ou un concepteur de produits pourrait utiliser la réalité virtuelle pour parcourir le prototype virtuel d'un nouveau meuble. Ces interfaces intuitives facilitent l'interaction des employés avec des machines et des processus complexes, incarnant ainsi l'idéal d'Industrie 5.0 d'une « *interaction humain-machine individualisée* ».



Matériaux intelligents et durables

Industrie 5.0 promeut également l'usage de **matériaux intelligents et inspirés de la nature** pour innover les produits et réduire l'impact environnemental. Les matériaux intelligents ou « smart » peuvent réagir à leur environnement. Par exemple, des tissus qui modifient leurs propriétés en fonction de la température, ou des composites de bois à capteurs intégrés. Dans le mobilier, cela peut signifier **des fonctionnalités intelligentes intégrées dans les meubles** (comme une table pouvant recharger des appareils ou ajuster automatiquement sa hauteur, ou des chaises qui surveillent la posture). Ceci inclut également les matériaux biosourcés et les *matériaux circulaires* (recyclables, renouvelables) alignés sur les objectifs de durabilité. En utilisant des matériaux avancés, les fabricants de meubles peuvent créer des produits plus durables, personnalisables ou respectueux de l'environnement. Ce domaine technologique recoupe souvent l'innovation en matière de conception : les ingénieurs expérimentent avec le **biomimétisme** (basé sur la façon dont la nature est conçue) pour créer des matériaux de mobilier légers mais résistants, ou avec des revêtements auto-réparants qui prolongent la durée de vie du produit. Ces « technologies inspirées de la nature et ces matériaux intelligents » ne sont peut-être pas aussi visiblement high-tech que les robots ou l'IA, ils constituent néanmoins une partie essentielle de la poussée d'Industrie 5.0 vers une innovation durable. Une entreprise de meubles adoptant Industrie 5.0 pourrait, par exemple, explorer l'utilisation de **composites ressemblant au bois fabriqués à partir de fibres recyclées** ou des **textiles intelligents** répondant aux besoins des utilisateurs, mariant ainsi l'artisanat d'antan à la technologie de dernière génération.



Jumeaux numériques et simulation

Un jumeau numérique est une **réplique virtuelle d'un produit physique, d'un processus ou d'une usine entière**. Industrie 5.0 utilise les jumeaux numériques et la simulation avancée pour optimiser la production et prédire les résultats sans les coûts élevés issus des essais et erreurs du monde réel. Dans le secteur du meuble, les jumeaux numériques peuvent révolutionner la donne. Imaginez le modèle numérique d'un meuble qui se met à jour en temps réel au fur et à mesure de la fabrication du produit, permettant ainsi aux ingénieurs de tester virtuellement les ajustements ou de prévoir les besoins en maintenance. De la même façon, les usines peuvent avoir des jumeaux numériques de leurs lignes de production pour simuler des changements de flux de travail ou intégrer une nouvelle machine dans un logiciel avant de le faire sur le terrain. Une application particulièrement pertinente en lien avec l'objectif de durabilité d'Industrie 5.0 est la **simulation des impacts environnementaux et sociaux**.

Avant d'appliquer des changements de matériaux ou de processus, les entreprises peuvent utiliser un logiciel pour modéliser la façon dont ces changements affecteront leur empreinte carbone, leurs déchets, voire l'ergonomie des employés. Le projet FURN5.0 met l'accent sur les technologies de « *simulation et de mesure de l'impact environnemental et social* », soulignant l'importance d'utiliser des outils numériques pour promouvoir la durabilité dans les domaines de la conception et de la production. L'adoption de la technologie des jumeaux numériques permet aux fabricants de meubles d'être **plus proactifs et axés sur les données**, en résolvant les problèmes virtuellement (comme en modifiant une conception pour utiliser moins de matériaux) et en garantissant des résultats optimaux en termes d'efficacité et de durabilité.



Connectivité des données et traçabilité

Avec Industrie 5.0, **les données sont le tissu conjonctif** qui relie toutes les parties de la chaîne de valeur. S'appuyant sur l'IoT (Internet des objets) d'Industrie 4.0, les usines de meubles utiliseront des réseaux de capteurs et d'appareils intelligents sur des machines dans des entrepôts ou même sur des produits livrés pour collecter des données en temps réel. L'objectif est de créer une boucle continue de retours pour l'amélioration et la transparence. L'utilisation **de l'IoT et des mégadonnées (Big Data) pour collecter et analyser des informations en temps réel peut grandement améliorer la gestion des ressources et la prise de décision**. Par exemple, des capteurs sur une chaîne de production peuvent suivre la consommation d'énergie, et le système d'analyse peut ensuite suggérer des moyens d'économiser de l'énergie ou de programmer la maintenance aux moments optimaux. Un autre aspect critique est **l'interopérabilité** : différentes machines et systèmes logiciels partagent les données de manière fluide dans toute l'usine et la chaîne d'approvisionnement. Industrie 5.0 favorise « *l'interopérabilité des données et des systèmes* » pour que toutes les parties prenantes (des fournisseurs de matériaux jusqu'aux points de vente) puissent être connectées au sein d'un écosystème numérique. Une initiative concrète en Europe qui illustre la transparence des données est le **Passport numérique du produit (Digital Product Passport ou DPP)**. À la base, un DPP est un registre numérique qui accompagne un produit et contenant des informations détaillées sur ses matériaux, son origine, sa fabrication ainsi que des instructions pour sa fin de vie. Dans un avenir proche, les entreprises de meubles seront obligées de fournir ces données pour chaque produit pour se conformer aux réglementations de durabilité. Scanner un simple code QR sur un meuble pourrait révéler toute l'« histoire de sa vie », facilitant certaines pratiques d'économie circulaire telles que le recyclage et le sourçage responsable. Dans notre contexte, **la traçabilité du produit par le biais d'un DPP est une application clé** qui garantit la transparence de chaque étape de la

vie d'un produit de mobilier. Il permet non seulement d'aider l'environnement mais aussi d'ajouter de la valeur pour les consommateurs qui souhaitent savoir comment leurs meubles ont été fabriqués. Dans l'ensemble, des capteurs IoT sur place dans l'usine jusqu'aux plateformes cloud utilisant des big data (mégadonnées), les infrastructures de données robustes sont des technologies fondamentales à la base de la *nature intelligente, connectée et transparente* d'Industrie 5.0.



Intelligence artificielle et automatisation

L'IA est le moteur qui donne du sens à toutes les données et à la complexité des systèmes d'Industrie 5.0. Dans un cadre centré sur l'humain, l'intelligence artificielle agit comme un outil d'augmentation pour la prise de décision humaine et la créativité. Il existe ici deux grandes catégories d'applications de l'IA : *l'IA analytique* et *l'IA générative*. L'IA analytique fait référence à l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage automatique pour détecter des schémas, prédire des résultats et appuyer les décisions. Pour un fabricant de meubles, l'IA analytique peut être appliquée à la prévision de la demande, au contrôle qualité ou à l'optimisation des processus, par exemple, un système d'IA qui analyse les données de production pour prédire les défaillances des machines ou signaler des défauts des matériaux (améliorant la résilience et la qualité). L'une des applications décrites dans le manuel FURN5.0 se concentre sur « *l'analyse basée sur l'IA et l'analyse de schémas* », analysant la façon dont l'IA peut passer au crible de grands ensembles de données pour trouver des tendances qui pourraient échapper aux humains. L'IA générative, en revanche, implique des systèmes d'IA capables de créer de nouveaux contenus ou de nouvelles conceptions. C'est un secteur en plein essor, offrant des perspectives prometteuses non seulement pour la conception et le marketing de meubles, mais aussi pour l'efficacité organisationnelle. Imaginez une IA capable de générer des centaines de variations de créations de meubles personnalisées en fonction des préférences d'un client ou de produire rapidement des prototypes dans un environnement virtuel, ce qui pourrait grandement accélérer la phase de conception. Une des applications présentées dans ce projet est une « *IA générative pour la conception personnalisée et le prototypage rapide* ». De la même manière, l'IA générative peut être exploitée pour améliorer la gestion opérationnelle et l'efficacité, par exemple en rationalisant et en créant de nouvelles formes de gestion des connaissances, en automatisant la documentation et en améliorant l'interaction avec les clients. Par exemple, un système de connaissance axé sur l'IA pourrait permettre aux employés d'interroger une base de données en utilisant un langage naturel (comme un assistant IA qui connaît les règles de conception de l'entreprise et les projets passés). En vente et marketing, les outils d'IA générative peuvent créer automatiquement du contenu marketing

personnalisé ou des visualisations de design d'intérieur pour les clients, améliorant ainsi l'expérience client. Le fil conducteur est que l'IA, lorsqu'elle est utilisée de manière responsable, amplifie les capacités humaines, qu'il s'agisse de créativité en conception ou d'efficacité en production, plutôt que de remplacer le rôle humain. Industrie 5.0 met l'accent sur « *une approche centrée sur l'humain pour les technologies numériques, y compris l'IA* », garantissant que les solutions d'IA sont développées en tenant compte du bien-être et de l'autonomisation des travailleurs.



Énergie durable et autonomie

Des innovations en matière d'**efficacité énergétique, d'énergies renouvelables et de systèmes autonomes** viennent compléter cet ensemble de technologies. Bien qu'elles ne soient pas uniques au secteur du meuble, ces technologies sont essentielles pour atteindre le pilier de durabilité d'Industrie 5.0. Elles peuvent avoir de multiples facettes : depuis les usines qui installent des panneaux solaires et des systèmes intelligents de gestion énergétique pour réduire leur empreinte carbone, jusqu'à envisager une logistique autonome (comme des chariots élévateurs autonomes ou des drones de livraison) capables d'accroître la résilience des opérations. La technologie axée sur l'énergie n'a pas été incluse dans une section autonome du manuel FURN5.0 mais elle sous-tend le contexte dans son ensemble : en fin de compte, de nombreuses améliorations d'Industrie 5.0 (y compris l'efficacité des machines, l'optimisation des processus par l'IA et l'utilisation de jumeaux numériques pour réduire les déchets) contribuent à **des économies d'énergie et à une production plus écologique**. La stratégie européenne d'Industrie 5.0 souligne explicitement l'importance des « technologies pour l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, le stockage de l'énergie et l'autonomie » dans le cadre de ce futur modèle industriel. Dans une usine de meubles, par exemple, cela peut se manifester par l'adoption d'un système de chauffage, ventilation et climatisation intelligent et d'un éclairage réagissant aux conditions en temps réel, ou par l'utilisation de l'énergie récupérée des procédés de production pour alimenter d'autres opérations. L'accent est mis sur le fait que la technologie doit aider à minimiser l'empreinte environnementale de la production, afin d'atteindre la *durabilité* non seulement par le biais des matériaux, mais aussi par la manière dont nous alimentons et gérons nos usines.

En résumé, les technologies habilitantes d'Industrie 5.0 forment une boîte à outils interconnectée.

La robotique collaborative, la réalité augmentée et la réalité virtuelle se concentrent sur l'aspect *humain*, les matériaux intelligents et les technologies propres ciblent la *durabilité*, tandis que les jumeaux numériques,

l'IoT et l'IA garantissent la *résilience* et l'intelligence. Il est important de noter que beaucoup de ces technologies émergent déjà aujourd'hui dans les entreprises avancées (comme le note un rapport de 2024, elles « *sont déjà présentes dans des entreprises bien avancées sur la voie de la numérisation* »). Cependant, Industrie 5.0 envisage leur adoption dans l'ensemble du secteur manufacturier de manière intégrée et axée sur les personnes. Pour les entreprises d'ameublement qui s'engagent dans ce parcours, comprendre ces techno-

logies est la première étape. Pourtant, des recherches récentes montrent qu'il existe une **lacune de connaissances** : en moyenne, 50 % des entreprises d'ameublement de l'UE interrogées ont admis savoir très peu des technologies d'Industrie 5.0 (certaines technologies ayant jusqu'à 70 % de faible notoriété). C'est là que les supports pédagogiques du projet FURN5.0 interviennent comme ressources utiles en aidant à combler cette lacune en illustrant ce que ces innovations signifient concrètement.

À quoi s'attendre dans ce manuel - Aperçu des applications

Le cœur du manuel du projet FURN5.0 est une collection d'**applications d'Industrie 5.0**. Il s'agit d'études de cas concrètes et pratiques ou de fiches d'information, chacune mettant en avant une application spécifique de la technologie d'Industrie 5.0 dans le secteur du meuble. Ces applications sont conçues pour être facilement lisibles et informatives, pour que les cadres des entreprises de fabrication de meubles, les employés ou n'importe quel autre lecteur intéressé puissent rapidement comprendre comment fonctionne une technologie donnée et les avantages qu'elle offre. Ce chapitre

introductif présente un aperçu des sections du manuel, expliquant les types de contenus couverts et comment les parcourir.

Les applications sont organisées par domaine technologique, en accord avec les catégories de technologies habilitantes évoquées ci-dessus. Ce regroupement thématique aide les lecteurs à relier des sujets connexes et à bénéficier d'une vue d'ensemble. Les principaux domaines et leurs applications associées sont les suivants :



Interaction humain-machine et robotique

Le contenu de cette section montre comment la fabrication de meubles peut devenir plus centrée sur l'humain grâce à *la robotique collaborative et aux interfaces immersives*. Par exemple, une application spécifique se concentre sur **l'interaction humain-robot (IHR)** (n° 1) dans les usines de meubles, montrant comment *les robots collaboratifs* (« *cobots* ») peuvent aider les travailleurs dans des tâches telles que l'assemblage ou la finition de surface. Une autre application couvre l'utilisation de **la réalité étendue (XR)** (n° 2) (c'est-à-dire la réalité augmentée et la réalité virtuelle) dans la conception et le prototypage de produits. Il existe également une application pour **tirer parti de la XR pour la formation et le perfectionnement de la force de travail** (n° 3) dans l'industrie du meuble. Grâce à ces exemples, les lecteurs verront comment les opérateurs peuvent travailler *main dans la main avec des machines intelligentes* : de l'utilisation de lunettes de réalité augmentée pour visualiser la conception d'une nouvelle cuisine en 3D avant sa construction, jusqu'à la programmation d'un cobot simplement en le guidant à l'aide de mouvements (plutôt que d'utiliser un codage complexe). La leçon à retenir est que les technologies d'Industrie 5.0 peuvent rendre l'environnement industriel plus interactif, intuitif et sûr pour les personnes.



Matériaux intelligents et fonctionnalités intelligentes

Dans cette section, une des applications est **dédiée aux fonctionnalités intelligentes appliquées au secteur du meuble** (n° 4), explorant les matériaux avancés et les technologies embarquées qui confèrent de nouvelles capacités aux meubles. Il peut s'agir, par exemple, de prototypes de meubles intelligents comme une **table intégrant un système de recharge sans fil et des capteurs**, ou l'utilisation de **matériaux à mémoire de forme** permettant aux composants de s'auto-ajuster. Le contenu souligne la façon dont les matériaux intelligents peuvent apporter de la valeur (des meubles qui s'adaptent aux utilisateurs ou à l'environnement) et améliorer la durabilité (matériaux qui durent plus longtemps ou sont plus faciles à recycler). En étudiant cette application, les cadres et techniciens du secteur comprendront le concept de « *matériaux intelligents* » dans Industrie 5.0 et comment la science des matériaux est aussi importante que l'informatique pour construire l'avenir du secteur du meuble.



Jumeaux numériques et simulation

Deux applications figurent dans cette section, illustrant la puissance de la virtualisation et de la modélisation. La première traite **des jumeaux numériques de produits et de processus** (n° 5) et explique comment la création d'un miroir numérique d'un meuble ou de l'ensemble d'une chaîne de production peut aider à la conception, aux tests et à la maintenance. La seconde concerne **les technologies de simulation et de mesure de l'impact environnemental et social** (n° 6) dans la fabrication de meubles. Cette application est particulièrement tournée vers l'avenir : elle présente des outils capables de simuler un processus (comme la finition d'une table) et de calculer ses émissions de carbone, voire son impact ergonomique sur les travailleurs. Les lecteurs apprendront comment les simulations numériques peuvent guider la prise de décision vers des systèmes de production plus durables et ergonomiques. Ensemble, ces applications mettent en avant une idée clé d'Industrie 5.0 : « *mesurer deux fois, couper une fois* », c'est-à-dire utiliser des modèles numériques pour perfectionner virtuellement les processus et les produits, économisant ainsi du temps et des ressources dans le monde réel.



Intégration des données et traçabilité

Ce domaine recouvre l'armature même d'Industrie 5.0 qui repose sur les données dans le secteur du meuble. Plusieurs applications l'abordent sous différents angles :

- **Traçabilité des produits grâce au Passeport numérique du produit (DPP)**(n° 7) : une des applications introduit le concept de Passeport numérique du produit pour les meubles. Elle décrit comment un système de DPP peut réaliser le suivi d'un meuble, depuis les matières premières jusqu'à la fin de sa vie, en enregistrant des informations telles que l'origine du bois, les adhésifs utilisés, l'empreinte carbone et les instructions de recyclage. Ce concept est directement lié aux réglementations européennes en matière de durabilité à venir et constitue un outil pratique de conformité et de transparence.
- **Traitement des données pour les processus d'apprentissage** (n° 8) : cette application examine comment les entreprises peuvent transformer les données brutes en connaissances exploitables dans Industrie 5.0 où les usines, les machines et les systèmes génèrent une vaste quantité de données. Cette section aborde des méthodes telles que l'apprentissage automatique ou l'analyse de données qui *apprennent* à partir des données de production pour optimiser les opérations (par exemple, en analysant les données de la chaîne de production pour identifier les inefficacités ou entraîner des modèles d'IA à prédire des problèmes de qualité). Il met en lumière que la simple collecte de données ne

suffit pas : il faut les traiter et *en tirer des leçons* pour une amélioration continue.

- **Interopérabilité des données et des systèmes** (n° 9) : cette application traite du défi qui consiste à intégrer divers systèmes et équipements informatiques de sorte qu'ils communiquent efficacement. Dans de nombreuses entreprises de meuble, les logiciels de conception, les systèmes d'exécution de fabrication, les bases de données d'inventaire, etc., peuvent exister en isolation. L'application couvrira des stratégies ou des normes d'interopérabilité (comme l'utilisation de formats de données communs ou des plateformes IoT) afin d'obtenir une usine plus connectée, ouvrant ainsi la porte à Industrie 5.0 où tout est interconnecté dans un écosystème numérique.
- **Intégration de l'IoT et de capteurs au sein de la production et les produits** : Deux applications étroitement liées entre elles sont centrées sur des capteurs connectés en réseau, l'une au **niveau de la chaîne de fabrication** (n° 10) et l'autre au **niveau produit** (n° 11). La première montre comment l'intégration de l'IoT dans le processus de production (dans l'usine même) permet une surveillance en temps réel et une automatisation plus intelligente. Par exemple, des capteurs sur des machines peuvent permettre une maintenance prédictive, anticipant les pannes avant qu'elles ne surviennent et améliorant ainsi la résilience. La seconde se centre sur **l'IoT dans les produits mobilier** mêmes. Cela peut aller du mobilier de bureau intelligent qui s'adapte aux préférences ergonomiques, jusqu'aux meubles connectés qui interagissent avec les dispositifs de l'utilisateur. En regroupant ces sujets, le lecteur peut ainsi apprécier toute l'étendue de la connectivité : des processus internes à l'expérience utilisateur final, les données circulent de haut en bas dans la chaîne de valeur. Globalement, les sections de cet ensemble données/traçabilité démontrent comment **l'information devient aussi importante que le produit physique** dans Industrie 5.0, permettant la traçabilité, une prise de décision plus intelligente et de nouveaux services.



Applications de l'intelligence artificielle

Le contenu de ce domaine explore **les innovations basées sur l'IA** dans l'industrie du meuble. Quatre applications illustrent différents cas d'usage de l'IA :

- **L'IA générative pour la conception personnalisée et le prototypage rapide** (n° 12) : Cette application explique comment les algorithmes génératifs peuvent créer rapidement des variations de conception, ou même des prototypes visuels. Par exemple, une IA pourrait générer des dizaines de conceptions de chaises basés sur le cahier des charges d'un concepteur, voire sur les retours des consommateurs, accélérant considérablement le processus d'itération. Cela peut inclure des exemples de conceptions de meubles générées par IA ou la façon

dont l'impression 3D peut être combinée à l'IA pour prototyper rapidement.

- **Systèmes de gestion des connaissances basés sur l'IA** (n° 13) : Ici, l'accent est mis sur l'utilisation de l'IA pour capturer et organiser les connaissances au sein d'une entreprise d'ameublement. Cela pourrait signifier une base de données intelligente utilisant des requêtes en langage naturel (permettant aux employés de poser des questions telles que « *Comment le problème de tapisserie de ce modèle a-t-il été résolu l'année dernière ?* ») et obtenir des réponses à partir de cas passés, ou des chatbots d'IA qui aident à former les nouveaux membres du personnel en répondant à des questions techniques. L'IA est présentée comme un outil de soutien pour retenir l'expertise et guider les employés, en accord avec l'esprit centré sur l'humain.
- **Optimisation des processus de marketing et de vente avec l'IA générative** (n° 14) : Cette application examine le point de vue du client, montrant comment l'IA peut personnaliser et automatiser le contenu. Les détaillants et fabricants de meubles doivent souvent produire des catalogues, des visualisations de salles ou des textes marketing. L'IA générative peut automatiser certaines parties de ces besoins, en créant des supports marketing adaptés à différents publics ou des conceptions de salles interactives pour les clients en temps réel. Elle illustre comment, même au-delà de l'usine même, l'IA peut apporter de la valeur au secteur du meuble en renforçant l'engagement du client et en libérant la créativité du marketing.
- **Analyse basée sur l'IA et analyse de schémas** (n° 15) : La dernière application concerne l'utilisation de l'IA pour l'analyse de données et le support décisionnel. Elle couvre l'utilisation d'analyses avancées ou d'apprentissage automatique afin d'identifier des schémas au sein d'ensembles de données complexes (comme des tendances de préférences des consommateurs, des schémas de performance des machines ou des goulots d'étranglement dans la chaîne d'approvisionnement) et pour soutenir les responsables dans leurs décisions stratégiques. En implémentant une telle IA analytique, les entreprises d'ameublement peuvent évoluer vers des stratégies axées sur les données, rendant l'entreprise plus résiliente et réactive au changement (un résultat clé d'Industrie 5.0).

En explorant ces applications axées sur l'IA, le lecteur comprendra comment **l'intelligence artificielle sert d'outil polyvalent dans Industrie 5.0**, de la conception créative aux opérations commerciales plus intelligentes, toujours dans le but de compléter les compétences humaines et d'améliorer la productivité de manière durable.

2

Structure du contenu du manuel des applications FURN5.0

1	Interaction humain-machine
2	Matériaux intelligents
3	Jumeaux numériques et simulation
4	Intégration des données et IoT
5	Intelligence artificielle

3

Applications FURN5.0

1	Interaction humain-robot (HRD)
2	Réalité étendue (XR)
3	Exploitation de la XR pour la formation et le perfectionnement des employés
4	Fonctionnalités intelligentes appliquées au secteur du meuble
5	Jumeaux numériques de produits et de processus
6	Technologies pour la simulation et la mesure de l'impact environnemental et social
7	Traçabilité des produits via le Passeport numérique du produit (DPP)
8	Traitement des données pour les processus d'apprentissage
9	Interopérabilité des données et des systèmes
10	Intégration de l'IoT et de capteur dans la chaîne de production et les produits
11	Intégration de l'IoT et de capteur dans les produits
12	IA générative pour la conception sur mesure et le prototypage rapide
13	Systèmes de gestion des connaissances basés sur l'IA
14	Optimisation du marketing et des ventes avec l'IA générative
15	Analyse basée sur l'IA et analyse de schémas

Manuel FURN5.0 : structure du contenu

Le contenu du manuel FURN5.0 est structuré en fonction des cinq domaines technologiques indiqués ci-dessus :

2 Structure du contenu du manuel FURN5.0

Le tableau suivant résume les applications (numérotées) mentionnées ci-dessus incluses dans chaque domaine technologique.

3 Applications du manuel FURN5.0

Le contenu suit un **flux logique** : il commence par les **technologies d'interaction humain-machine**, passe par **l'infrastructure numérique** puis termine avec **l'IA**. Dans chaque domaine, des sections individuelles traitent d'applications spécifiques telles qu'elles ont été décrites.

Cette classification présente deux avantages :

Elle **reflète la structure des technologies Industrie 5.0** introduites précédemment, renforçant la compréhension du lecteur en regroupant des sujets connexes (par exemple, après avoir lu dans l'introduction des sujets sur les robots collaboratifs et la réalité augmentée/ réalité virtuelle, le lecteur trouvera immédiatement la section correspondante dans la section IHM).

Elle met en avant les **interconnexions** entre les sections. Le lecteur intéressé par un aspect particulier (par exemple, la connectivité) peut facilement retrouver toutes les sections liées aux données, obtenant ainsi une vision complète de la manière dont la traçabilité, l'interopérabilité et l'IoT contribuent collectivement à un écosystème Industrie 5.0 connecté.

Certaines applications couvrent plusieurs domaines (par exemple, un cobot utilise l'IA pour la vision, ou un outil de conception IA peut aussi être une forme d'interaction humain-machine). Dans de tels cas, la classification est basée sur le thème principal de la section. L'ordre proposé n'est pas la seule façon d'organiser le contenu, mais il offre un flux clair et pédagogique, depuis les innovations tangibles sur le terrain (robots, matériaux)

jusqu'aux innovations numériques et intangibles (données, IA).

Résumé

Ce chapitre d'introduction est destiné à aider le lecteur à naviguer dans les applications du manuel FURN5.0. Le manuel décrit Industrie 5.0 et ce qu'elle signifie, en particulier pour les fabricants de meubles, et identifie les technologies clés permettant cette transformation. En résumé, l'objectif **d'Industrie 5.0 est d'intégrer une technologie avancée avec une touche humaine et une approche respectueuse de l'environnement** : c'est une usine de meubles où les artisans travaillent aux côtés des cobots, où la conception est accélérée par l'IA mais inspirée par la nature et la durabilité, et où chaque produit possède son propre passeport décrivant son parcours durable. Les quinze applications incluses dans le manuel illustrent ces concepts avec des exemples concrets et des cas d'usage.

En présentant les applications de manière structurée (regroupées par domaine), le lecteur peut facilement trouver des sujets d'intérêt et comprendre comment chaque élément s'inscrit dans la vision plus large d'Industrie 5.0. Qu'il s'agisse du directeur d'une entreprise d'ameublement ou d'un technicien qui évalue une stratégie d'innovation, d'un employé curieux de connaître l'avenir de son travail ou simplement d'un passionné de design intelligent, il y a quelque chose à apprendre dans chaque section. **L'ère Industrie 5.0 dans le secteur du meuble est sur le point de voir le jour**, et elle promet un avenir où la technologie et l'artisanat s'uniront pour créer un secteur de l'ameublement plus intelligent, plus durable et plus axé sur l'humain. Enfin, le projet FURN5.0 vise à doter les parties prenantes des connaissances et des outils nécessaires pour naviguer dans cette transition. En comprenant les enseignements de ces sections, les cadres du secteur seront mieux préparés à participer à la construction d'un « avenir intelligent de l'ameublement ».

Bienvenue à Industrie 5.0 !

Applications des technologies Industrie 5.0

Guide pour promouvoir la production intelligente
centrée sur l'humain, durable et résiliente

Interaction humain-robot (IHR)
dans le secteur du meuble

1

1



2



3



4



Difficulté de mise en œuvre : **Faible**Viabilité économique : **Moyenne-Élevée**

Interaction humain-robot (IHR) dans le secteur du meuble



Description

Dans la transition vers Industrie 5.0, l'interaction humain-robot évolue au-delà de la collaboration physique pour embrasser l'interaction cognitive, le contrôle intuitif et l'autonomisation humaine en temps réel. Dans le secteur de la fabrication de meubles, cela implique des robots et des systèmes d'IA conçus pour s'adapter aux besoins des êtres humains, à leurs compétences et à leurs intentions, plutôt que d'exiger que les travailleurs s'adaptent à la machine.

1 *Le bras collaboratif Techman Robot réalise des opérations de vissage guidé par son système intégré de vision artificielle pour l'assemblage automatisé. Source : Techman Robot*

Dans cette optique, la première approche de la robotique pour atteindre Industrie 5.0 est qu'elle doit être collaborative avec les humains. Les robots collaboratifs sont ceux qui respectent les normes ISO 10218 et ISO TC 15066. Ce sont des robots conçus pour limiter leur force et leur énergie d'impact. Contrairement aux robots industriels traditionnels (qui opèrent généralement derrière des clôtures de sécurité), les cobots intègrent des capteurs de force et des fonctions de limitation de mouvement afin de pouvoir partager un espace de travail en toute sécurité avec les personnes. Parmi les caractéristiques les plus pertinentes à considérer avec ces robots figurent la capacité de charge utile, la portée et la répétabilité pour faciliter l'exécution de tâches lourdes qui requièrent de la précision.

La robotique collaborative est nécessaire mais pas suffisante pour répondre aux exigences de la robotique pour Industrie 5.0. La robotique doit être dotée de la capacité de raisonnement intelligent, garantissant ainsi une conscience environnementale et situationnelle continue pour l'humain. La robotique cognitive exploite le contexte actuel de l'IA en tant que technologie émergente pour interpréter les actions humaines, les données environnementales et le contexte de production, permettant des comportements adaptatifs (par exemple, ajuster l'activation de la force en fonction de la dureté du matériau ou la détection de défauts tout en informant l'humain).

À ce stade, il est pertinent de reconnaître l'importance de la production de rapports non invasive ainsi que la communication aux humains d'informations environnementales complètes et des intentions de la machine. Des stratégies telles que la détection d'approche rapide (Looming) offrent aux opérateurs une visualisation des plans de mouvement du robot, des mouvements à venir

et des intentions (projections lumineuses sur l'espace de travail), garantissant qu'ils savent toujours ce que le robot s'apprête à faire, réduisant ainsi l'incertitude et le stress.

2 *Robot collaboratif UR5 d'Universal Robots testant la stratégie de détection d'approche rapide. L'humain peut observer les projections lumineuses au sol pour connaître l'intention de mouvement du robot. Source personnelle.*

Une autre stratégie pour l'interaction robot-humain consiste à intégrer l'IA conversationnelle. Les modèles de traitement du langage naturel permettent aux opérateurs de poser des questions au robot, de donner des instructions ou de demander des explications en langage oral naturel, facilitant ainsi un contrôle intuitif et accessible. Cette approche garantit que les opérateurs sont toujours informés des actions à venir du robot, minimisant ainsi l'incertitude et le stress.

L'interaction humain-robot consiste également à doter l'opérateur des compétences et capacités nécessaires pour contrôler le robot. Cela s'obtient en simplifiant les commandes du robot. Il s'agit de la génération automatique de trajectoires du robot à partir de formats visuels d'une partie du meuble ou du meuble assemblé. Cette solution est efficace pour les opérations de traitement de surface, où le chemin est automatiquement généré à partir d'un fichier CAO.

3 *Simulation d'un système automatique de génération de trajectoires qui programme des chemins. OnRobot*

Une autre approche potentielle est de faciliter l'accès à la programmation du processus. La programmation par blocs est une méthode visuelle et guidée de planification de la séquence des tâches à exécuter par le robot. Cette méthodologie permet aux opérateurs sans formation spécifique de générer des programmes que le robot est capable d'interpréter et d'exécuter.

4 *Programmation par blocs de robots avec les appareils de commande portatifs KUKA. Source KUKA*



Application

Les robots collaboratifs et cognitifs ont une application directe dans le secteur de la fabrication de meubles grâce à la grande liberté de mouvement offerte par les 6 axes (standard), à la charge qu'ils peuvent supporter (5 à 10 kg) et à leur répétabilité. En même temps, ils offrent une plus grande sécurité au travailleur, car ces derniers peuvent les contrôler à une certaine distance

Interaction humain-robot (IHR) dans le secteur du meuble

sans être exposés à des conditions dangereuses ou sales.

Exemple de quelques tâches dans le secteur du meuble où la robotique collaborative peut être appliquée :

- **Fraisage du bois** : Le fraisage robotisé offre une grande flexibilité par rapport à d'autres formes d'automatisation du fraisage. Des stratégies telles que la détection d'approche rapide peuvent apporter plus de sécurité et de confiance à l'interaction humain-robot. En revanche, le système de fraisage peut être plus convivial pour l'opérateur s'il peut être programmé visuellement.
 - **Ponçage et traitement de surface** : Le grand avantage d'utiliser des robots pour le ponçage est la cohérence de la finition de surface qu'ils apportent. La robotique collaborative permet de programmer le chemin du robot grâce à l'enseignement et le robot déplace alors le support abrasif sur la surface du matériau de la même manière à chaque fois. Ces tâches peuvent être réalisées plus efficacement grâce à des processus automatiques de génération de trajet d'outil qui parcourent la surface de la pièce en ajoutant le fichier CAO de la pièce.
- 9** *Le robot CR5 de Dobot-Robots équipé d'une tête de ponçage effectue le ponçage adaptatif d'une surface en utilisant un contrôle de force constant. Source : Dobot-Robots.*
- **Peinture et revêtement** : Les robots de peinture sont une option idéale pour améliorer l'efficacité de votre tâche de peinture de meubles. Similaire à la tâche de ponçage, la trajectoire du robot pour la peinture peut être automatiquement générée à partir du fichier CAO de la surface à peindre.
- 10** *Robot collaboratif d'Universal Robots réalisant une tâche de revêtement poudré sur une structure métallique. Source : Universal Robots*
- **Assemblage des composants** : Les cobots peuvent aider à tenir, aligner ou visser les fixations. En pratique, les cobots peuvent gérer des actions répétitives (par exemple, l'insertion de chevilles, l'installation d'une charnière) pendant que les humains effectuent des réglages fins. Les cadres de planification avancés sont prometteurs pour les chaînes de montage mixtes humain-robot dans les usines de meubles. Grâce à un guidage vocal basé sur des commandes séquentielles en langage naturel, l'efficacité et l'ergonomie de l'assemblage du meuble pourraient être améliorées.
- 11** *Cobot d'Omron avec système de vision intégré pour l'inspection automatique de la qualité, principalement axé sur la détection d'anomalies. Source : Site web d'Omron, cas d'utilisation UNIKA.*
- **Inspection** : Les robots peuvent intégrer des systèmes de vision, des scanners à ultrasons et d'autres capteurs. Ces systèmes accélèrent le processus d'inspection du meuble.
 - **Mise à l'échelle dimensionnelle** : Un grand avantage de l'utilisation de robots pour la fabrication de meubles

est l'amplitude de leur espace de travail. Vous pouvez augmenter la taille de l'espace de travail de presque n'importe quel robot simplement en ajoutant des axes externes. Ceci est très utile lorsque l'on travaille avec des meubles de grande taille et permet de faciliter l'agrandissement de la taille et de réduire les temps par rapport à d'autres formes d'automatisation.

- **Palettisation** : Il existe déjà des solutions de palettisation où des humains et des robots collaboratifs interagissent, offrant ainsi une plus grande sécurité et précision du pick & place. Les marqueurs visuels projetés sur la zone de travail offrent à l'opérateur plus de confiance et de sécurité.

12 *Robot KUKA avec bras pour la manipulation des matériaux en bois*



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ **Difficulté de mise en œuvre** : Faible

L'écosystème de la plupart des robots collaboratifs est conçu pour un déploiement rapide et facile. Comme ces robots sont généralement petits, ils sont souvent fixés aux établis mêmes. Le contrôleur du robot est généralement aussi de petite taille comparé aux contrôleurs industriels. La plupart des fabricants offrent un accès à des tutoriels pour l'auto-apprentissage, mais ils offrent aussi une formation lors de la mise en service. L'environnement de programmation d'un robot collaboratif pour effectuer des opérations simples, par exemple des mouvements et des actions de type pick & place, est très convivial.

De plus, les robots collaboratifs se programment de manière standard par le biais de la démonstration, en déplaçant le robot à la main vers les points d'intérêt. Le robot répète ensuite les mouvements. Et surtout, la plupart disposent de systèmes de programmation graphique, qui s'éloignent de la programmation traditionnelle basée sur le texte et simplifient le processus.

La plupart des robots collaboratifs disposent d'un écosystème matériel/logiciel similaire à un magasin d'applications pour téléphones mobiles. Il vous suffit d'acheter un équipement particulier (par exemple une pince), de le monter sur le robot, de télécharger un logiciel conservé dans un dépôt et de l'installer directement, et le robot est prêt à fonctionner. Vous n'avez rien à configurer : le système le fait automatiquement.

■ **Viabilité économique** : Moyenne-Élevée

La viabilité économique de la mise en œuvre de robots collaboratifs dans le secteur de la fabrication de meubles est moyenne-élevée, en raison de l'équilibre entre les coûts initiaux et les avantages opérationnels.

Avec des prix allant de 25 000 € à 50 000 €, les cobots peuvent automatiser des tâches répétitives sans besoin de ressources de sécurité (cages de sécurité, éléments de sécurité active, etc.) de manière exclusive pour leur fonctionnement, améliorant ainsi la productivité et réduisant les blessures liées au travail. Leur facilité de programmation et leur flexibilité d'adaptation à différents processus les rendent rentables à moyen terme, notamment dans des environnements de production variables ou personnalisés.

Le coût d'un robot industriel est estimé à 33 % pour le robot + 33 % pour les périphériques et éléments additionnels + 33 % pour la programmation et la mise en service. Un robot collaboratif peut réduire les besoins en périphériques et en programmation. Une réduction de 27,5 % est estimée pour l'utilisation de la robotique collaborative.

■ Facteurs humains

L'intégration des robots collaboratifs (cobots) dans la fabrication de meubles modifie considérablement la manière dont les travailleurs humains interagissent avec la technologie, les tâches et les uns avec les autres. Bien que les cobots soient conçus pour fonctionner en toute sécurité près des humains, l'hésitation initiale des travailleurs est fréquente, souvent due à un manque de familiarité, aux risques perçus ou à l'inquiétude concernant la suppression de l'emploi. Répondre à ces préoccupations nécessite une communication transparente, des démonstrations pratiques et une explication claire de la manière dont les cobots soutiennent (et non pas remplacent) les rôles humains. D'un point de vue psychologique, les cobots doivent être perçus comme des coéquipiers serviables plutôt que comme des machines intrusives. Les travailleurs qui se sentent impliqués dans leur déploiement et peuvent influencer l'intégration des cobots sont plus susceptibles d'accepter et d'adopter la technologie.

La confiance se construit grâce au comportement cohérent des cobots, à un retour clair (par exemple, des signaux visuels ou auditifs) et à des zones de sécurité bien définies. Il est important de noter que les cobots doivent être conformes aux réglementations de sécurité telles qu'ISO 10218 et ISO/TS 15066, qui définissent des exigences pour une interaction physique sûre et des limites de force dans le cadre de la collaboration humain-robot. Une interaction régulière et des remises progressives de tâches aident les travailleurs à acquérir familiarité et confiance au fil du temps.

Les opérateurs doivent être formés non seulement aux aspects techniques de la programmation et de la supervision des cobots, mais aussi à la planification collaborative des tâches et au dépannage de base. Les cobots modernes utilisent souvent des interfaces low-code conviviales ou une programmation basée sur les gestes, ce qui raccourcit la courbe d'apprentissage, s'ils sont bien guidés.

En déchargeant les humains des tâches physiquement intensives ou répétitives, les cobots réduisent la fatigue, préviennent les blessures musculo-squelettiques et permettent aux travailleurs plus âgés ou moins aptes physiquement de rester des contributeurs actifs. Cependant, ces avantages ergonomiques doivent être renforcés par une conception appropriée des postes de travail. Les environnements collaboratifs doivent être conçus en collaboration avec les opérateurs afin d'assurer le confort, la fluidité des tâches et la visibilité. Des agencements mal planifiés peuvent créer la confusion ou des problèmes de sécurité.

Enfin, les cobots sont mieux acceptés quand ils ne sont pas perçus comme des remplaçants mais plutôt comme des facilitateurs d'un environnement de travail plus équilibré, plus sûr et plus épanouissant.

■ Facteurs environnementaux

La mise en œuvre de robots collaboratifs (cobots) dans le secteur de la fabrication de meubles soulève d'importantes considérations environnementales tant au niveau de l'espace de travail qu'à celui du cycle de vie du produit. En termes de conditions de travail immédiates, l'espace physique est un facteur critique : les cobots nécessitent un espace suffisant pour une interaction sûre avec l'humain et permettre l'accès aux outils et aux matériaux. Des solutions de montage compactes

5



6



7



8



Interaction humain-robot (IHR) dans le secteur du meuble



Solutions



Cellule de ponçage automatisée

Mirka + Universal Robots



Finlande/Danemark ↔

Une solution de ponçage flexible basée sur l'utilisation de cobots conçue pour la finition de surface dans la production de bois et de meubles. Le système intègre parfaitement la ponceuse électrique de Mirka aux bras collaboratifs d'Universal Robots, offrant des mouvements programmables et répétables. Il permet un changement rapide d'outils, un contrôle de pression réglable et une compatibilité avec différents types de papier abrasif, idéal pour les surfaces de meubles plates et courbes.



Interface no-code pour la programmation d'assemblage robotique



YK-Robotics

Italie ↔

Cette solution robotisée de collage et de dosage est optimisée pour les procédés d'assemblage du bois et des meubles. Elle dispose d'une interface no-code orientée objet, qui permet une programmation simple, intuitive et flexible des cellules robotiques. Les développeurs et les opérateurs de machines peuvent créer et modifier des programmes sans expérience préalable en codage, permettant une adaptation rapide aux nouvelles géométries de produit ou aux adhésifs.



Manutention robotique des matériaux pour le secteur du meuble



Dexterity

États-Unis ↔

Dexterity propose des robots dirigés par l'IA pour des tâches complexes de manutention de matériaux telles que le ramassage, la palettisation et le tri de composants de meubles volumineux. Ces robots opèrent en toute sécurité aux côtés des humains, s'adaptent en temps réel à des environnements imprévisibles et nécessitent un effort d'intégration minimal. Leurs bras habiles et leurs systèmes de perception manipulent avec précision des objets irréguliers ou fragiles.



Programmation robotique par IA



Programmation robotique par IA

Canada ↔

RoboDK est une puissante plateforme de programmation hors ligne et de simulation pour robots industriels. Elle permet aux utilisateurs d'importer des modèles CAO, de définir des trajectoires d'outils et de générer des

programmes de robots sans interrompre la production. Les applications incluent le soudage, le fraisage, la peinture, l'inspection et le pick-and-place, avec des fonctionnalités améliorées par l'IA pour l'optimisation du chemin et l'évitement des collisions.



Assistant robotique intelligent multidétection (MAiRA) pour les meubles



Neura Robotics

Allemagne ↔

MAiRA est un robot cognitif tout-en-un qui combine vision par ordinateur, intelligence artificielle, perception de l'environnement et contrôle vocal/gestuel. Dans la fabrication de meubles, il s'occupe des tâches de ponçage, de perçage, de collage et d'inspection, s'adaptant aux changements de matériaux et de formes. Il permet une collaboration humain-robot sûre et intuitive sans clôture, améliorant la qualité et la flexibilité sur place dans l'atelier.



Accélérateur d'IA



Universal Robots (avec les sociétés mères

Teradyne Robotics et Mobile Industrial Robots

- MiR), en partenariat avec NVIDIA (plateforme robotique IsaacTM)

États-Unis ↔

Les cobots renforcés par l'IA acquièrent la capacité d'apprendre, de s'adapter et de prendre des décisions éclairées en s'appuyant sur leurs stimulations sensorielles, en gérant des tâches complexes comme le bin-picking (dévracage) de divers objets. Les cobots comprennent mieux leur environnement, planifient les chemins optimaux et exécutent les tâches en toute sécurité et efficacité. Par exemple, le transpalette MiR1200 peut gérer des exigences complexes d'entrepôt et des environnements dynamiques en utilisant le LiDAR pour une navigation totalement autonome.



Pulvérisation de revêtements pour objets de grande taille avec cobot et caméra 3D



Cefla

Italie ↔

L'iGiotto est un robot anthropomorphe avancé à 6 axes, conçu pour la pulvérisation de revêtement sur de grands objets complexes tels que des portes, des cadres de fenêtres et divers composants de meubles. Avec le scanner 2D/3D c-Vision en option, il peut générer de manière autonome des trajectoires de pulvérisation précises, éliminant le besoin de programmation manuelle et réduisant le temps de configuration jusqu'à 50 %. Sa capacité de pulvérisation en ligne permet un contrôle en temps réel, y compris le ralentissement ou la mise en pause du convoyeur lorsque nécessaire.



Exemples

**Alnea**

Pologne

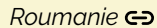


Emballage de meubles en kit dans des paquets plats :

Le système d'emballage robotisé de meubles d'Alnea utilise une vision avancée pour le picking intelligent et le contrôle de trajectoire. Le cobot intègre la reconnaissance d'images par IA pour localiser les pièces, s'adapter à leur position et planifier en temps réel des trajectoires sans collision. Il garantit un emballage efficace et sans dommage de divers composants de meubles, notamment sur des chaînes de production variables.

**Becker Romania (filiale de la société allemande Becker Brakel)**

Roumanie



Tâches d'assemblage : adoption de deux robots collaboratifs (UR10) travaillant en tandem pour gérer la distribution de colle et les tâches de pick-and-place dans la chaîne de fabrication du bois moulé, avec des opérateurs humains travaillant aux côtés des deux robots collaboratifs. La configuration est contrôlée par l'appareil de commande portatif et le programme prédéfini CircleMove a été adopté pour la programmation. Des variables spécifiques à l'application ont été définies pour interagir avec les opérateurs, par exemple pour les avertir lorsqu'un adhésif doit être changé. ⇄

**Industrial Robotics**

Lituanie



Robot menuisier : La solution de fabrication de composants en bois développée par Industrial Robotics utilise une cellule RoboMill 6 axes équipée de changeurs automatiques d'outils pour le perçage, le fraisage, le touillage et le rivetage. Ce système robotique flexible gère des pièces complexes à cadres en bois. Sa configuration programmable permet la production de petits lots et des géométries variées, réduisant la dépendance à la main-d'œuvre qualifiée. Lorsque des projets CAO/FAO sont créés, il suffit à l'opérateur de saisir le numéro de commande et la quantité, de charger les ébauches sur le convoyeur, puis de lancer le système. Le robot menuisier exécute ensuite les tâches de manière autonome.

**Techman Robots**

Taiwan



Cobot cognitif pour poncer : L'application collaborative de ponçage de Techman Robots combine IA, systèmes de vision et contrôle de force pour s'adapter à différentes surfaces de meubles. Ces cobots identifient les formes des objets, ajustent dynamiquement la pression de ponçage et exécutent des trajectoires précises. Leur vision intelligente intégrée les rend idéaux pour les tâches automatisées de finition du bois dans la production de meubles.

**Pickle Robot**

États-Unis



Dépalettisation robotique alimentée par l'IA : Pickle Robot propose une dépalettisation robotisée alimentée par IA pour les charges non structurées telles que les paquets d'emballage de meubles. Le système utilise la perception en temps réel pour identifier, saisir et déplacer efficacement divers objets mélangés. Sans besoin de disposition prédéfinie, il permet un déchargement flexible et autonome, optimisant le flux de main-d'œuvre et opérationnel dans la logistique du meuble.

**CMA Robotics**

Italie



Finition automatisée du bois : CMA Robotics a mis en place des systèmes robotiques avancés pour la peinture automatisée de composants de meubles en bois, notamment des chaises, des tables et des panneaux. Ces systèmes utilisent la technologie de vision 3D pour identifier et peindre avec précision différentes formes, améliorant ainsi la qualité des finitions et l'efficacité de production dans le secteur du meuble.

**Medienos Era**

Lituanie



Automatisation personnalisée de l'emballage : Medienos Era, un fabricant lituanien de meubles en bois massif, a mis en œuvre la solution RoboCut développée par Industrial Robotics Company. Ce système robotisé permet la production interne d'emballages en carton personnalisés, réduisant ainsi les déchets et améliorant l'efficacité logistique. Cette technologie garantit une qualité constante et une plus grande flexibilité dans la gestion des différentes dimensions des produits.

Réalité étendue dans les processus de
conception et de prototypage des produits



Difficulté de mise en œuvre : **Moyenne**
 Viabilité économique : **Moyenne-Élevée**

Réalité étendue dans les processus de conception et de prototypage des produits



Description

La réalité étendue (XR) englobe l'ensemble des technologies immersives, y compris la réalité virtuelle (RV), la réalité mixte (RM) et la réalité augmentée (RA). Dans le contexte de la conception et du prototypage de meubles, la technologie XR permet l'interaction avec des modèles numériques tridimensionnels dans des environnements virtuels et physiques, offrant une expérience très réaliste. Cette technologie repose sur l'intégration de matériel spécialisé (casques, contrôleurs, capteurs) et de logiciels pour créer des environnements simulés ou superposer des informations numériques sur des environnements réels.

La XR représente un changement de paradigme. Avant son apparition, la conception d'objets tridimensionnels tels que les meubles se faisait toujours via des interfaces plates (papier et crayon ou souris et écran). Aujourd'hui, il est possible de concevoir les meubles directement en trois dimensions, en vérifiant instantanément et avec précision les dimensions, la fonctionnalité et l'ergonomie.

Lors de la phase de conceptualisation, la technologie XR permet aux concepteurs de visualiser un prototype grandeur nature avec une grande fidélité, en évaluant son ergonomie, son esthétique et sa fonctionnalité avant de passer à la production physique. Elle permet également une itération rapide de multiples variantes de conception, réduisant les coûts et raccourcissant les délais de développement. Les utilisateurs peuvent virtuellement se déplacer autour d'un modèle de chaise, en vérifier les proportions, ou même simuler une position assise pour tester le confort de la forme.

D'autre part, la réalité augmentée permet l'interaction avec des objets virtuels dans l'espace physique. Dans la conception de meubles sur mesure, les clients peuvent utiliser un appareil mobile ou des lunettes de RA pour sélectionner des finitions, des couleurs ou des dimensions tout en regardant la pièce superposée dans leur propre environnement. Cela élève le niveau de co-créa-

tion, car le client participe activement au processus de conception et de prototypage, ajustant les paramètres en temps réel et visualisant immédiatement le résultat. La XR s'intègre naturellement à d'autres facilitateurs numériques, tels que les jumeaux numériques ou l'Internet des objets (IoT). Par exemple, les données des capteurs (matériaux, contraintes, résistances) peuvent être obtenues et visualisées en temps réel sur un modèle 3D immersif. Cela permet de prendre des décisions en se basant sur les données, de minimiser les erreurs et de favoriser la durabilité en évitant le besoin de prototypes physiques en plusieurs itérations.

Enfin, la réalité étendue apporte des avantages concrets au secteur du meuble : des prototypes plus rapides et plus précis, une plus grande personnalisation des produits selon les préférences des clients, et un processus de conception hautement flexible et collaboratif. Tout cela se traduit par une réduction des déchets, des temps de développement plus courts et une expérience utilisateur finale plus satisfaisante. La technologie XR, grâce à ses capacités immersives et de manipulation virtuelle, est un outil clé dans la transformation numérique de l'industrie du meuble, la guidant vers des modèles économiques axés sur l'innovation, l'efficacité et la responsabilité environnementale.



Application

La réalité étendue a un impact décisif sur le processus de conception et de prototypage des meubles en offrant une plateforme immersive pour visualiser, itérer et valider rapidement des idées sans dépendre uniquement de prototypes physiques. Sa plus grande valeur réside dans la capacité à recréer des espaces de travail virtuels où les équipes de conception, les clients et d'autres parties prenantes peuvent examiner un modèle 3D très détaillé et réaliste.

En un premier temps, les simulations immersives utilisant la réalité virtuelle permettent une évaluation efficace des caractéristiques formelles et esthétiques. Le meuble prend vie dans un espace virtuel grandeur nature, offrant des perspectives impossibles à obtenir avec des schémas en 2D traditionnels. Cela permet des ajustements précoces de l'ergonomie ou des dimensions sans consommer de matériaux ni de ressources sur des prototypes physiques.

La technologie XR permet également la co-création directe avec les clients. Grâce à la réalité augmentée, un prototype numérique peut être superposé dans l'en-

5



6



Réalité étendue dans les processus de conception et de prototypage des produits

vironnement de l'utilisateur, comme un salon ou un bureau, où les couleurs, les textures ou les configurations structurelles peuvent être modifiées. De cette manière, le client définit activement le produit, voyant instantanément les changements et évaluant la manière dont il s'intègre à l'esthétique et à l'espace disponible. Cette dynamique augmente la satisfaction tout en réduisant les renvois et les erreurs de production. D'autres caractéristiques, telles que le retour physique d'informations, les différences dans les textures physiques des matériaux, et même les odeurs du bois et d'autres matériaux, restent un problème à résoudre pour atteindre une immersion complète et couvrir davantage de facteurs décisionnels qui ne sont pas nécessairement objectifs d'un point de vue technique et qui sont davantage liés aux perceptions émotionnelles.

Une autre application clé est la validation fonctionnelle dans les premiers stades. Le prototype virtuel peut être soumis à des « essais d'utilisation » simulés pour analyser son comportement sous différentes conditions de charge, de contrainte ou de mouvement. Quand on y intègre l'analyse de données et des outils capteurs (jumeaux numériques), des relevés plus précis sont obtenus pour les essais structurels, ce qui améliore la qualité et la sécurité de la conception finale.

La collaboration est un autre facteur crucial. Ingénieurs, concepteurs et fournisseurs peuvent se connecter simultanément à un environnement de réalité virtuelle partagé pour discuter et réviser des aspects du prototype en temps réel, quel que soit l'emplacement. Cette communication fluide simplifie finalement la prise de décision, évite les malentendus et favorise la créativité collective. Enfin, la technologie XR impacte significativement l'optimisation des ressources dans les processus d'innovation produit en minimisant le besoin de multiples prototypes physiques. Alors que le prototypage physique traditionnel coûte entre 2 000 et 15 000 \$ par itération de meuble, la mise en œuvre XR réduit ce chiffre de 60 à 80 %, avec un délai de récupération typique de 8 à 12 mois pour les entreprises d'ameublement de taille moyenne. La réduction du temps de développement tourne en moyenne autour de 30 à 50 %, d'après des études de cas industrielles. Chaque itération virtuelle est une étape concrète vers la version finale, avec une utilisation réduite des matériaux, ce qui soutient non seulement la durabilité environnementale mais atténue aussi la pression économique lors des phases initiales de la conception du meuble.



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Moyenne

L'adoption de la technologie XR pour la conception et le prototypage nécessite un investissement initial en matériel (casques, logiciels spécialisés) et en formation pour le personnel. Malgré sa maturité, l'intégration de cette technologie dans les routines quotidiennes peut signifier des changements organisationnels et culturels. Des mises à jour du flux de travail et une coordination entre équipes multidisciplinaires (concepteurs, ingénieurs, développeurs) sont nécessaires. Cependant, la courbe d'apprentissage s'aplatit avec le temps : un niveau de maîtrise de base de la réalité virtuelle peut généralement être atteint en 2 à 3 semaines, les flux de travail avancés de conception en 2 à 3 mois, et l'intégration complète de l'équipe en 4 à 6 mois, avec un coût de formation d'environ 1 500 à 3 000 \$ par concepteur. Les solutions commerciales offrent généralement un accompagnement complet et des bonnes pratiques adaptées aux PME.

■ Viabilité économique : Moyenne-Élevée

Malgré l'investissement en matériel et en formation, la réduction des erreurs et des prototypes physiques justifie rapidement le coût. En raccourcissant les cycles de développement et en permettant une plus grande personnalisation, les entreprises peuvent optimiser les stocks, réduire les coûts de retravail et répondre rapidement aux demandes des clients. La valeur ajoutée des expériences interactives accélère la prise de décision et améliore la satisfaction client. À moyen terme, le retour sur investissement est renforcé par des ventes plus ciblées et une réduction des déchets.

■ Facteurs humains

L'intégration des technologies XR dans les processus de conception et de prototypage affecte considérablement la collaboration et le fonctionnement des équipes de travail du secteur du meuble. En premier lieu, le succès de l'adoption dépendra de la formation continue et du perfectionnement numérique : les concepteurs, ingénieurs et opérateurs d'usine doivent acquérir les compétences nécessaires pour exploiter des dispositifs immersifs avec confiance et efficacité. Cette courbe d'apprentissage aide à réduire la résistance, à renforcer la confiance et permet une intégration plus fluide des outils de XR dans les routines d'innovation quotidiennes.

De plus, la réalité virtuelle et la réalité augmentée favorisent une plus grande collaboration en fournissant un langage partagé, visuel et interactif. Les barrières de communication entre les départements sont ainsi réduites, en alignant les équipes autour de prototypes visuels et de retours en temps réel. Les travailleurs s'impliquent donc davantage et peuvent s'approprier le processus créatif en voyant leurs contributions se matérialiser directement dans l'environnement virtuel.

Cependant, l'utilisation de la technologie XR suppose aussi des considérations ergonomiques et sanitaires. L'utilisation prolongée d'environnements immersifs peut entraîner une fatigue oculaire, une désorientation ou la cinétose (communément appelée mal des transports). Il devient donc essentiel de définir des protocoles d'utilisation clairs, comme l'établissement de pauses entre les sessions de XR. Il est également important de noter que la cinétose est un obstacle courant à la mise en œuvre qui touche 15 à 25 % des utilisateurs au départ. De la même façon, la réalité augmentée exige que les utilisateurs gèrent l'attention entre les éléments physiques et virtuels, nécessitant des mesures de sécurité spécifiques pour éviter la surcharge cognitive ou les accidents.

Lorsqu'elle est appliquée avec une approche centrée sur l'humain, la XR peut stimuler l'apprentissage, l'engagement et le bien-être, à condition que les aspects ergonomiques, cognitifs et organisationnels soient correctement pris en compte pour garantir un environnement de travail sûr et inclusif.

■ Facteurs environnementaux

L'application de la technologie XR dans l'industrie du meuble permet de réduire la consommation de matériaux et la génération de déchets, puisque la plupart des tests et des validations sont effectués virtuellement. Il n'est plus nécessaire de produire des prototypes physiques pour chaque itération ou variante de produit, ce qui réduit l'empreinte carbone liée au transport des composants et à l'élimination des pièces jetées.

De plus, la possibilité de co-créer à distance avec les clients réduit le besoin de réunions en présentiel et d'échantillons physiques. Cela se traduit par moins d'émissions et une réduction de l'impact logistique. De plus, les systèmes d'analyse de données intégrés à la technologie XR (tels que les jumeaux numériques et les outils de simulation) permettent la conception de meubles selon des critères d'éco-conception et d'efficacité énergétique, optimisant ainsi l'utilisation des matières premières et minimisant les déchets.

En revanche, du point de vue du cycle de vie, les dispositifs qui supportent la technologie XR comportent des matériaux et des composants à fort impact (par exemple des visiocasques (HDM), des capteurs, des contrôleurs, et parfois des ordinateurs externes ou des smartphones), qui contiennent un mélange de plastiques, de métaux, de terres rares (REE) et de circuits électroniques complexes. Ces composants impliquent des processus

d'extraction et de production intenses pour l'environnement. Ce fardeau environnemental est aggravé par la courte durée de vie de nombreux dispositifs grand public de support XR, souvent remplacés après 2 ou 3 ans en raison des rapides avancées technologiques. Lors de la phase d'utilisation, les besoins en énergie varient selon le système, mais l'utilisation continue de visiocasques et d'unités de traitement haut de gamme peut entraîner une consommation cumulative d'énergie significative au fil du temps. En fin de vie, les dispositifs de support XR aggravent le problème croissant que représentent les déchets électroniques. Ils utilisent en effet des composants tels que des batteries au lithium, des écrans LED et des capteurs qui peuvent être dangereux s'ils ne sont pas correctement manipulés.

En résumé, la technologie XR peut offrir un bilan environnemental positif si elle est mise en œuvre de manière consciente en préservant un objectif global d'économie des ressources et de durabilité de la conception.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

Les projets XR en conception de meubles doivent d'abord s'aligner sur les cadres de gestion horizontaux : La norme ISO 45001 définit le système de santé et sécurité au travail qui régit l'ergonomie des casques, la durée des séances et le devoir de vigilance en général ; le RGPD de l'UE régle toutes les données personnelles collectées lors de sessions immersives, depuis les comptes d'utilisateurs jusqu'aux traces biométriques, et exige la réalisation d'une évaluation d'impact sur la protection des données dans les cas où le suivi oculaire ou la cartographie spatiale peut révéler des traits sensibles ; la norme ISO 14001, quant à elle, applique la même discipline en matière de cycle de vie que celle destinée aux performances environnementales, garantissant une compensation réelle de l'empreinte des dispositifs XR en termes de matières premières, d'énergie et de déchets électroniques grâce au prototypage virtuel.

S'appuyant sur cette base, les fabricants de meubles doivent se référer à ISO/CEI 23053:2022 pour l'architecture globale du système XR/IA, et à la série IEEE 2048 pour la taxonomie des dispositifs, la latence, le format des supports et la sécurité des interfaces utilisateur. Ensemble, ces normes fournissent un langage commun pour les fournisseurs et les auditeurs. Sur le lieu de travail, les directives de formation virtuelle de l'OSHA considèrent la formation immersive comme « adéquate » uniquement lorsqu'elle améliore de manière démontrable la sensibilisation aux risques, renforçant ainsi la nécessité d'examen des risques avant le déploiement. Enfin, le matériel envoyé à l'UE doit être approuvé par les directives Équipement Radio, CEM et Basse Tension et porter la marque CE. Les dossiers techniques doivent attester la conformité aux normes ci-dessus.

Réalité étendue dans les processus de conception et de prototypage des produits



Solutions



VR Sketch

Baroque Software



Multinational ↔

Plugin collaboratif de RV pour SketchUp qui permet à plusieurs utilisateurs de concevoir et d'éditer des modèles 3D dans un environnement immersif. Il accélère la validation et réduit les erreurs de conception en offrant une visualisation en temps réel à grande échelle. Destiné au travail conjoint entre ingénieurs et créatifs.



Gravity Sketch

Gravity Sketch Group



Royaume-Uni ↔

Un logiciel professionnel axé sur la modélisation 3D immersive. Il intègre des courbes NURBS et des outils intuitifs dans des environnements de RV ou de RA, permettant la co-création en temps réel. Utilisé dans l'industrie du meuble pour générer des prototypes et valider des géométries complexes avant la fabrication finale.



Enhance

Enhance XR



Espagne ↔

Plateforme pour le développement de solutions de commerce électronique de mobilier utilisant les technologies 3D et RA. Elle permet aux utilisateurs de personnaliser les meubles en temps réel de manière interactive.



Moblo

MYTIforge



France ↔

Logiciel multiplateforme conçu pour générer des modèles de meubles basiques pour la visualisation en RV et en RA (mobile uniquement). Il permet la modélisation de base à partir de blocs modifiables ainsi que la génération de bibliothèques de matériaux. Son interface est simple et agile mais manque de capacités multi-utilisateurs.



ShapesXR

ShapesXR Inc.



Danemark ↔

Plateforme collaborative de conception en RV permettant aux équipes multidisciplinaires de créer et d'itérer des prototypes de meubles en temps réel. Offre des outils ergonomiques spécialisés de mesure, des capacités d'analyse des contraintes des matériaux et la simulation biomécanique. Compatible avec plusieurs casques de RV (Meta Quest, HTC Vive, Pico) et offre une exportation directe vers des logiciels de fabrication, y compris la programmation CNC et la préparation à l'impression 3D.



Exemples



Bakken & Bæck

Norvège



Technocarpenter – Sculpture de meubles en RV : Un projet expérimental qui utilise l'IA et des gestes naturels dans un environnement de RV pour sculpter des meubles uniques. Les utilisateurs façonnent leurs idées à l'aide de mouvements de main, que le système traduit en modèles 3D prêts à être imprimés ou fabriqués, encourageant la co-création et l'innovation.



Paolo de Jesus y XR+

Allemagne-France



Le fauteuil de la femme qui réfléchit : Une initiative du projet WORTH Partnership proposant un fauteuil à bascule conçu pour la fabrication CNC. Il inclut des instructions basées sur la RA qui guident les utilisateurs tout au long de l'assemblage. Cette expérience immersive favorise l'engagement et la personnalisation, offrant une approche plus humaine et créative du développement de meubles.



Damiano Latini & Nicholas Baker

Italie



Cette entreprise a adopté la RV dans son processus de conception conceptuelle et de prototypage. On note particulièrement leur « Super Chair », développée avec le designer Nicholas Baker, entièrement modélisée en 3D grâce à la RV avant même qu'un prototype physique n'ait été créé.



Matt Antes & Cullan Kerner

États-Unis



Chair1 : Un prototype de chaise fabriqué à partir de PETG recyclé, conçu en RV pour permettre un prototypage rapide et des ajustements virtuels avant une fabrication durable via l'impression 3D industrielle. Conçu avec Gravity Sketch.



UIMAGE ApS

Danemark



Umage Augmented Reality : Application de RA pour la co-création et le prototypage d'intérieur virtuel. Leur site web propose une fonction de RA qui permet aux utilisateurs de voir les lampes et meubles UIMAGE à échelle réelle dans leur propre domicile avant d'acheter.



Roche Bobois

France



Mah Jong 3D : application mobile qui permet aux utilisateurs de créer et de personnaliser numériquement une composition de canapé Mah Jong, en choisissant des configurations de modules et en appliquant divers tissus (dont Jean Paul Gaultier, Kenzo Takada, Missoni, etc.), puis en visualisant le résultat en 3D et en RA.



IKEA

Suède



En 2017, IKEA lance IKEA Place, qui facilite la prise de décisions d'achat chez soi, l'inspiration et l'essai de nombreux produits, styles et couleurs différents dans des contextes réels d'un simple passage du doigt sur son dispositif Apple.



Natuzzi Italia

Italie



Natuzzi Augmented Store : Le plus grand fabricant de meubles d'Italie a mis en place une solution XR complète appelée « Augmented Store » en collaboration avec Microsoft et Hevolus Innovation. Grâce à Microsoft HoloLens 2, les clients entrent dans une version numérique de leur propre maison en RV pour visualiser et personnaliser les meubles Natuzzi. Ce concept de magasin augmenté combine l'immersion en RV avec une visualisation en RA de l'habitation et a été déployé dans plus de 1 000 sites Natuzzi à travers le monde.

Comment tirer parti de la réalité étendue pour la formation de la main-d'œuvre et le perfectionnement des compétences dans le secteur du meuble

3

1



2



Difficulté de mise en œuvre : **Moyenne**Viabilité économique : **Élevée**

Comment tirer parti de la réalité étendue pour la formation de la main-d'œuvre et le perfectionnement des compétences dans le secteur du meuble



Description

La réalité étendue (XR) englobe un ensemble de technologies immersives qui fusionnent les mondes physique et numérique. Elle comprend trois branches principales : La réalité virtuelle (RV), la réalité augmentée (RA) et la réalité mixte (RM), chacune offrant des degrés variables d'immersion et d'interaction.

Réalité virtuelle (RV)

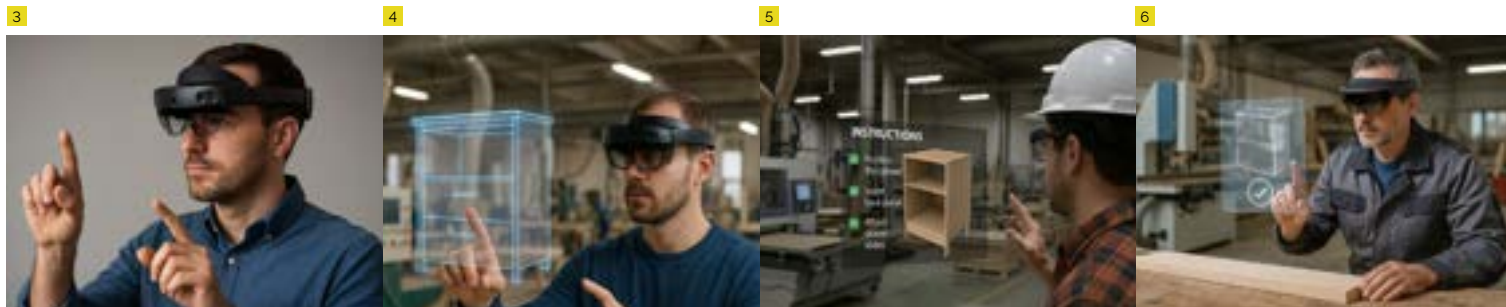
La réalité virtuelle plonge complètement les utilisateurs dans un environnement numérique tridimensionnel grâce à l'utilisation de casques ou de lunettes dédiés. Cette technologie est particulièrement adaptée à la simulation d'ateliers de menuiserie ou de lignes de production de meubles, permettant d'acquérir des compétences complexes dans un environnement sûr et contrôlé. Les opérateurs peuvent répéter des mouvements spécifiques, manipuler des outils virtuels et suivre des procédures étape par étape sans risque physique ni déchets matériels. L'interaction au sein de l'environnement simulé permet de reproduire des exercices réels, y compris l'évaluation des performances basée sur les succès et les erreurs. La formation basée sur la RV s'avère précieuse tant pour l'instruction initiale que pour le perfectionnement ou la requalification dans des processus mécaniques ou automatisés. Des études industrielles ont montré que la formation en RV améliore significativement la rétention des connaissances (jusqu'à 80 %) et accélère l'acquisition de compétences par rapport aux méthodes traditionnelles. De plus, elle permet d'enregistrer des indicateurs de progression, d'identifier des erreurs courantes et d'adapter le contenu de la formation au rythme d'apprentissage individuel de chaque travailleur. ¹

Réalité augmentée (RA)

La réalité augmentée superpose des informations numériques au-dessus de l'environnement réel. Elles sont accessibles par le biais de lunettes intelligentes transparentes ou d'appareils mobiles. Elle est particulièrement prisée dans les processus d'assemblage, de maintenance et de contrôle qualité, où la précision en temps réel est essentielle. Des instructions étape par étape peuvent être projetées directement sur des composants de meubles ou des machines, guidant l'opérateur pendant la réalisation des tâches grâce à des indices contextuels. À l'aide de caméras intégrées, les formateurs ou experts techniques peuvent fournir une assistance à distance en observant le champ de vision du travailleur et en envoyant un support visuel synchronisé. La RA permet également l'interaction avec des modèles 3D ancrés dans l'espace de travail physique, améliorant la compréhension des structures, des composants ou des séquences opérationnelles. De plus, elle facilite l'auto-formation sur le terrain car il est possible d'accéder aux ressources pédagogiques directement dans l'environnement de travail sans interrompre les activités de production. De plus, la RA permet des mises à jour numériques faciles et rapides du contenu pédagogique, réduisant le besoin de manuels imprimés et facilitant une diffusion plus rapide des modifications apportées aux processus. ²

Réalité mixte (RM)

La réalité mixte représente une convergence avancée de la RV et de la RA, permettant d'intégrer des objets virtuels interactifs dans l'environnement physique en temps réel. Contrairement à la RV, la RM n'isole pas l'utilisateur mais enrichit l'environnement alentour avec un contenu numérique contextuel. Elle s'utilise dans deux principaux types d'appareils : les casques optiques transparents (par exemple HoloLens) et les casques opaques équipés de caméras externes (par exemple Meta Quest 3, Apple Vision Pro). La RM permet aux



Comment tirer parti de la réalité étendue pour la formation de la main-d'œuvre et le perfectionnement des compétences dans le secteur du meuble

opérateurs de travailler avec de vraies machines tout en recevant des instructions virtuelles superposées dans leur champ de vision. Les directives peuvent inclure la mise en évidence de zones spécifiques, l'affichage des plans d'assemblage ou l'émission d'alertes de sécurité visuelles. Dans les contextes de conception et de supervision, la RM permet la validation des prototypes, la vérification dimensionnelle et la revue collaborative en temps réel sans interrompre les flux de travail de production. Le choix du casque dépend du niveau de détail requis et de la nature de la tâche, allant d'une supervision légère à une simulation technique avancée. La RM renforce également la collaboration à distance, permettant à plusieurs utilisateurs d'interagir simultanément avec le même modèle numérique depuis différents endroits.

Collectivement, ces trois technologies offrent un large éventail de solutions de formation adaptables à divers profils professionnels au sein de l'industrie du meuble (des opérateurs de chantier aux concepteurs techniques), avec un fort impact sur l'efficacité, la sécurité et la standardisation des processus. ³



Application

L'industrie du meuble, caractérisée par des processus très manuels et un savoir-faire spécialisé, adopte de plus en plus les technologies de réalité étendue (XR) comme outils clés pour la formation de la main-d'œuvre et le développement continu des compétences techniques.

La réalité virtuelle (RV) permet la simulation d'environnements de travail réels tels que des ateliers de menuiserie, des chaînes de montage ou des installations de machines CNC sans nécessiter de matériaux physiques. Grâce à des casques de RV, les travailleurs peuvent s'entraîner à des tâches complexes telles que l'assemblage de meubles, l'utilisation d'outils électriques ou la programmation de machines automatisées dans un environnement totalement immersif et sûr. Cela réduit les risques du travail. Les entreprises adoptant la formation en réalité virtuelle ont rapporté des réductions allant jusqu'à 70 % des blessures au travail, car les travailleurs peuvent pratiquer virtuellement des opérations à haut risque en toute sécurité. Cela minimise également la consommation de ressources et raccourcit les courbes d'apprentissage.

La réalité augmentée (RA) s'avère particulièrement efficace pour les tâches d'assemblage et de maintenance. Grâce à des lunettes intelligentes transparentes ou à des appareils mobiles, les travailleurs peuvent visualiser

des instructions étape par étape directement superposées sur des composants physiques. Cela facilite l'apprentissage en temps réel sans supervision constante et augmente la précision lors d'opérations répétitives ou de haute précision. Dans le secteur du meuble, elle s'applique particulièrement à l'assemblage de structures complexes, aux procédures de contrôle qualité et aux ajustements personnalisés.

La réalité mixte (RM) va encore plus loin en permettant aux éléments virtuels d'interagir avec l'environnement physique. Par exemple, un stagiaire peut visualiser un modèle 3D d'un meuble projeté sur une surface réelle, le manipuler virtuellement et mieux comprendre sa structure avant la construction physique. De plus, la RM par vidéo (Video See-Through) peut simuler des scénarios opérationnels complets, comme la gestion d'une chaîne de production, permettant une interaction directe entre les environnements réels et numériques.

Ces technologies peuvent être particulièrement efficaces dans les procédés suivants :

- Formation à l'utilisation de machines CNC et d'outils spécialisés.
- Assemblage et installation de composants modulaires.
- Contrôle qualité soutenu par des instructions guidées.
- Conception de produits et personnalisation pour la fabrication à la demande.

Les designers industriels peuvent utiliser la RV pour itérer rapidement sur des prototypes 3D, en évaluant les proportions, les matériaux et les fonctionnalités des meubles dans des environnements immersifs, évitant ainsi le besoin de maquettes physiques. Cette visualisation avancée permet également la révision collaborative du modèle avant la validation technique. ⁴

En usine, les instructeurs peuvent utiliser la RA pour standardiser les processus en projetant des instructions visuelles directement sur le poste de travail, assurant ainsi une formation pratique cohérente pour les tâches d'assemblage, de coupe ou d'usinage. Cela est particulièrement avantageux pour l'intégration de nouveaux employés ou la gestion des rotations internes du personnel, permettant aux opérateurs de suivre chaque étape directement sur les composants réels. ⁵

Par ailleurs, la RM est particulièrement avantageuse pour les profils techniques intermédiaires et les responsables de production. Ces professionnels peuvent interagir avec des modèles numériques de chaînes de montage, identifier les goulots d'étranglement ou suggérer des améliorations de processus sans perturber les opérations réelles. La RM peut également être utilisée pour valider des configurations de produits personnalisées avant l'assemblage physique. ⁶



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Moyenne

L'intégration de la XR dans l'industrie du meuble est réalisable, bien qu'elle nécessite des investissements en termes de matériel, de logiciels et de formation des employés. La RV pour la formation des travailleurs est relativement facile à adopter en utilisant des solutions existantes du marché. Elle devient plus complexe lorsque des solutions sur mesure et non génériques spécifiques à chaque entreprise sont nécessaires. La RM et la RA peuvent présenter des défis d'implémentation plus importants que la RV en raison du besoin de synchronisation avec l'environnement réel. Les ressources consacrées à la préparation des actifs et aux simulations doivent être prises en compte pour que les systèmes soient rentables à moyen terme. Comme pour toute économie d'échelle, l'impact de ces développements et de ces mises à jour méthodologiques sur les opérations est l'un des plus grands facteurs de risque lors de l'adoption de nouveaux outils, qu'ils soient physiques ou numériques.

■ Viabilité économique : Élevée

L'utilisation de la XR dans le secteur du meuble peut réduire considérablement les coûts de conception et de production, minimiser les erreurs et prévenir les accidents du travail. Les entreprises qui adoptent la RM, la RA et la RV pour la formation et le perfectionnement peuvent réaliser des gains substantiels en matière d'efficacité des processus, ce qui peut justifier l'investissement initial (notamment pour les entreprises à grands volumes de production et à grande rotation du personnel). Le coût de certains dispositifs est relativement faible, et la mise en œuvre est simple en utilisant des solutions existantes prêtes à l'emploi.

■ Facteurs humains

L'adoption de la réalité augmentée et de la réalité virtuelle (RA/RV) dans l'industrie du meuble introduit un ensemble de facteurs humains critiques qui influencent la réussite de la mise en œuvre.

Un point majeur est la courbe d'apprentissage de l'utilisateur liée aux technologies immersives, en particulier pour les travailleurs peu familiers avec les visiocasques (HMD), l'orientation spatiale ou l'interaction par gestes. Sans formation et exposition suffisantes, les employés

peuvent se sentir désorientés ou réticents à interagir avec des environnements virtuels.

L'inconfort, la fatigue ou la cybercinétoxe, surtout en RV, peuvent poser des défis lors d'une utilisation prolongée, notamment si l'ergonomie ou l'étalonnage ne sont pas correctement pris en compte. Cela met en lumière le besoin de matériel de haute qualité, conçu ergonomiquement, ainsi que de protocoles d'utilisation personnalisés (par exemple, durée de la session, posture assise, ajustements visuels).

L'engagement des travailleurs est un autre facteur central. Si les employés perçoivent la réalité augmentée/réalité virtuelle comme étant détachée des besoins opérationnels réels ou simplement comme une autre « expérience technologique », leur motivation à l'adopter peut diminuer. Inversement, lorsque les travailleurs sont impliqués tôt, par exemple, lors de la création de contenu ou des tests de scénarios, leur adhésion augmente considérablement.

La confiance dans le contenu virtuel est également cruciale. Des simulations inexactes ou mal contextualisées réduisent la confiance et peuvent amener les travailleurs à revenir aux méthodes traditionnelles. Maintenir une haute fidélité visuelle et d'interaction améliore non seulement l'immersion, mais aussi la confiance de l'utilisateur dans la valeur de la technologie.

De plus, les solutions de RA/RV doivent être inclusives. Les solutions doivent prendre en compte les différentes capacités physiques et cognitives des utilisateurs, comme ceux ayant des troubles visuels ou une dextérité réduite. Cela inclut l'ajustement de la taille de la police, de la complexité de l'interface et des modes d'interaction (par exemple, contrôle vocal plutôt que manuel).

Enfin, la mise en œuvre de la RA/RV nécessite un changement de paradigme culturel. Encourager l'expérimentation, créer des sandbox (bacs à sable) numériques pour s'entraîner et promouvoir l'apprentissage par les pairs aide à réduire l'anxiété et à renforcer la confiance en soi. Les directeurs jouent un rôle clé en présentant les outils immersifs comme des aides au travail plutôt que comme des systèmes de surveillance des performances. Avec une stratégie de conception et de déploiement centrée sur l'humain, les technologies de RA/RV peuvent devenir de puissantes facilitatrices de l'autonomisation des travailleurs, de l'apprentissage opérationnel et des environnements promouvant la santé.

Comment tirer parti de la réalité étendue pour la formation de la main-d'œuvre et le perfectionnement des compétences dans le secteur du meuble

■ Facteurs environnementaux

L'adoption des technologies XR pour la formation, le perfectionnement et la requalification dans l'industrie du meuble peut contribuer de manière significative à la durabilité environnementale, à condition d'être mise en œuvre dans une perspective d'utilisation responsable. L'un des principaux avantages environnementaux de la XR dans l'apprentissage industriel réside dans sa capacité à remplacer l'utilisation intensive de matériaux physiques par des environnements virtuels immersifs. Les travailleurs peuvent se former à la conception, au prototypage, à l'assemblage ou à la maintenance sans consommer de véritables ressources telles que le bois, la quincaillerie, les adhésifs ou les revêtements. Grâce aux simulations interactives, il est possible de commettre des erreurs, de répéter des processus et d'évaluer plusieurs scénarios sans générer de déchets ni épuiser les matières premières.

L'utilisation de la XR pour la formation technique permet également une meilleure planification des opérations des usines et des ateliers, en optimisant les flux de travail et l'utilisation des machines, des outils et des espaces de production. Elle permet de réduire les déplacements inutiles, de minimiser la consommation d'énergie et de diminuer les émissions résultant d'activités logistiques ou de formation décentralisées en présentiel, qui impliquent souvent des déplacements entre sites ou des interventions sur le terrain par un personnel technique spécialisé.

Il est également important de tenir compte de l'empreinte environnementale des infrastructures nécessaires aux solutions XR. La production et la maintenance de casques, de capteurs, de contrôleurs et de serveurs impliquent l'usage de plastique, de métaux et de matériaux électroniques à fort impact environnemental (comme des matières premières critiques, des terres rares, etc.) et qui sont souvent difficiles à recycler en fin de vie, ce qui contribue à un impact écologique non négligeable. De plus, le traitement graphique intensif et le transfert continu de données peuvent entraîner une augmentation de la consommation d'énergie pendant l'utilisation s'ils ne sont pas gérés par des stratégies efficaces de gestion des ressources. Le rendu basé sur le cloud, les environnements multijoueurs, la synchronisation des données en temps réel et les environnements améliorés par l'IA nécessitent également le support de centres de données et de systèmes informatiques en périphérie, qui consomment beaucoup d'électricité et d'eau.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

Les technologies XR appliquées au secteur du meuble doivent être conformes aux normes de sécurité au travail telles qu'ISO 45001 en permettant une formation réaliste à l'identification et à la prévention des risques, garantissant des environnements de travail sûrs même dans des simulations virtuelles. Ces technologies peuvent également soutenir la conformité aux normes environnementales, telles que les certifications FSC ou PEFC, grâce à l'usage de systèmes de traçabilité numérique et de la visualisation du cycle de vie des matériaux. De plus, la formation technique basée sur la technologie XR peut aider à renforcer la conformité aux normes de qualité et aux réglementations de prévention des risques au travail.



Comment tirer parti de la réalité étendue pour la formation de la main-d'œuvre et le perfectionnement des compétences dans le secteur du meuble



Solutions



XR Streaming pour la menuiserie

Groupe Felder

Autriche ↔

Utilisation de la technologie XR pour former des opérateurs à la manipulation de machines CNC, réduisant la courbe d'apprentissage et améliorant l'efficacité de la production.



Formation SimLab XR pour le meuble

SimLab Soft

Allemagne ↔

Simulateur d'assemblage de meubles basé sur la RV et la RA, permettant aux opérateurs de recevoir une formation pratique avant de manipuler des matériaux physiques.



Simulateur de menuiserie RV

UP360

Canada ↔

Simulateur par réalité virtuelle permettant aux travailleurs de s'entraîner à l'usage d'outils et de techniques de menuiserie dans un environnement sûr et contrôlé.



Formation de peintre en RV SimSpray

VRSim, Inc

États-Unis ↔

Simspray propose une formation facile à utiliser en peinture et revêtements basée sur la simulation. Elle enseigne les procédés HVLP, Airless ou Airassisted Airless, permet de gagner du temps, de réduire les déchets et d'accélérer la formation grâce à une technologie de RV immersive.



Dynamics 365 Guides pour la formation des techniciens du bois

Microsoft

États-Unis ↔

Application de réalité mixte pour guider la formation et le flux de travail des travailleurs/étudiants sur des machines réelles dans l'environnement de travail. Les prompts holographiques en trois dimensions guident les techniciens pendant qu'ils accomplissent réellement leurs tâches sur des matériaux physiques et des machines. Le développement de contenu sur mesure et en interne est facile et rapide ; le logiciel est compatible avec différents casques de XR.



KIT-AR - KIT-Assist & KIT-Insight

KIT-AR

Portugal/Royaume-Uni ↔

Suite d'outils industriels à réalité augmentée visant à fournir des instructions étape par étape en 3D et des analyses de processus.



Simulateurs de réalité virtuelle pour la formation professionnelle

VRFP

Espagne ↔

Simulateur conçu pour enseigner l'utilisation correcte des machines de menuiserie et avec lequel les élèves apprennent à identifier les pièces d'une scie à onglets, d'une scie de table et d'une scie à ruban, ainsi que les fonctions de chacun de ces outils.



Exemples

**Fologram***Australie*

Démonstration de menuiserie en réalité mixte : Projet en RA et RV conçu pour améliorer l'assemblage de composants préfabriqués en menuiserie et construction. Grâce à la plateforme Twinbuild, les apprentis menuisiers peuvent assembler des structures complexes en bois grâce à un accompagnement virtuel et une assistance en temps réel.


Laboratoire de technologie à interface humaine (HITLab) - Université des sciences appliquées de Howest
Belgique

Woodcraft VR est une application éducative de réalité virtuelle disponible pour Meta Quest, où les utilisateurs peuvent apprendre des techniques de menuiserie de base et travailler virtuellement avec des outils manuels dans un atelier simulé.

**Innoarea Projects S.L***Espagne*

VR est un projet de réalité virtuelle développé pour former des professionnels du secteur du bois et du meuble à l'utilisation de machines spécifiques. Il permet la simulation sécurisée d'environnements industriels et améliore la formation technique grâce à des scénarios immersifs.

**SCM Group***Italie*

Maestro Smartech AR de SCM est un dispositif sans fil de réalité augmentée qui permet à ses techniciens d'aider efficacement le client, même à distance, en utilisant : la diffusion en direct de vidéo en point de vue subjectif pour les techniciens distants, la visualisation et l'interaction mains-libres, le partage bidirectionnel de plans, schémas et listes de contrôle, et des communications par annotations, textuelles et vocales en temps réel envoyées par une équipe distante. ▶

**Artwood Academy***Italie*

Formation en réalité mixte pour les étudiants en usinage du bois à ArtwoodAcademy. Projet de RM développé avec Dynamics 365 Guides et Hololens2, pour la formation sur le terrain à l'utilisation de machines de menuiserie, telles que les CNC et les plaqueuses de chants. En suivant des instructions holographiques en vidéo, textuelles et 3D, les techniciens peuvent utiliser la machine en temps réel : des prompts et des consignes guident les élèves dans l'exécution des procédures standard, de l'entretien ordinaire et du dépannage. ▶

**JYSK***Danemark*

En 2023, le détaillant de meubles JYSK a lancé « The Right Sales Attitude », un outil de formation virtuelle réaliste basé sur WebVR qui plonge le personnel du magasin dans des scénarios clients interactifs et ludiques afin d'améliorer les compétences de vente et de service client.

**CETEM-EU***Espagne*

XR4Crafts. Développement de matériel de formation utilisant la réalité étendue XR ainsi que des gants haptiques pour simuler des processus de fabrication et de construction tels que la menuiserie, la peinture murale, la construction de toiture et l'installation de lames de parquet flottant.

4

1



2



3



4



Difficulté de mise en œuvre : **Moyenne**Viabilité économique : **Moyenne-Élevée**

Fonctionnalités intelligentes appliquées au secteur du meuble



Description

Les matériaux intelligents, également appelés matériaux stimuli-réactifs, sont des solutions d'ingénierie dont les propriétés peuvent changer de manière contrôlée lorsqu'elles sont exposées à des stimuli externes tels que la contrainte mécanique, la pression, l'humidité, les champs électriques ou magnétiques, la lumière, la température ou certains produits chimiques.

Pour le secteur du meuble et le design, ils améliorent la fonctionnalité et l'adaptabilité, améliorant les performances et soutenant des solutions durables.

Ces matériaux peuvent être classés en trois grands groupes selon leurs caractéristiques structurelles et opérationnelles, chacun apportant des avantages distincts à l'évolution du meuble.

Le premier groupe de matériaux intelligents est celui obtenu par le biais de **structures d'ingénierie**. Cette catégorie englobe tous les matériaux dotés de structures « intelligentes » conçus pour mieux réagir aux contraintes mécaniques (par exemple dans les textiles, les mousses ou les composites) ou à la lumière, comme dans les surfaces manipulées par le biais de la gravure laser de moules afin de contrôler la réflexion et la transmission de la lumière. D'autres exemples incluent des structures textiles pour les sièges, des mousses techniques (mémoire, drainage, etc.) et autres solutions de rembourrage, et tous **les métamatériaux**, des matériaux artificiellement conçus pour posséder des propriétés qui proviennent de leur structure interne plutôt que de leur composition chimique. Les métamatériaux peuvent être obtenus par le biais de structures imprimées en 3D, dans le but de renforcer, de réduire le poids et de remplacer les matériaux de rembourrage en mousse.

Une deuxième catégorie est celle des **matériaux conducteurs**. Ces derniers peuvent comporter des circuits intégrés ou imprimés qui facilitent l'intégration du meuble dans l'infrastructure plus large de la maison intelligente. En intégrant des éléments conducteurs tels que des

encres, des films ou des cartes à circuits imprimés, les meubles peuvent servir de composants interactifs, agissant comme interfaces de commande, stations de recharge ou nœuds d'acquisition de données, améliorant ainsi la commodité et l'engagement de l'utilisateur dans un environnement domestique technologiquement intégré. Par exemple, les bureaux et plans de travail peuvent être transformés en surfaces de commande en intégrant des propriétés conductrices dans des matériaux généralement non capacitifs tels que le bois ou les dalles de céramique.

La conductivité contribue également à créer une « infrastructure » pour les capteurs et les actionneurs, fournissant une réponse dynamique au toucher, comme le retour haptique, permettant au meuble de répondre aux entrées en offrant des sensations tactiles qui peuvent enrichir les expériences dans des scénarios de réalité virtuelle ou de relaxation.

Enfin, le plus ample groupe constitué des **revêtements fonctionnels et des additifs** présente sans doute les caractéristiques les plus intéressantes pour l'industrie du meuble. Ils peuvent inclure des matériaux véritablement intelligents qui répondent activement et réversiblement aux stimuli externes, comme les matériaux à changement de phase, mais aussi des matériaux présentant des fonctionnalités passives à valeur ajoutée, comme les surfaces anti-traces de doigts.

Ces revêtements et additifs peuvent offrir protection, décoration et amélioration fonctionnelle des substrats et offrent une gamme de caractéristiques intéressantes : hydrophobie, protection contre les taches, résistance aux rayures, comportement antistatique et thermochrome, photoluminescence, propriétés auto-réparatrices, contrôle de la lumière et de la température, propriétés antibactériennes, douceur du toucher, couleur, effets esthétiques spéciaux et bien d'autres.

Des additifs sont couramment incorporés lors du processus de formulation pour améliorer les propriétés du matériau. Des additifs intelligents peuvent contribuer à des fonctionnalités avancées telles que la régulation de la température et la rapidité du séchage. Les matériaux à changement de phase (PCM), par exemple, régulent la température dans les tapisseries et la literie en modifiant réversiblement les états pour absorber et libérer la chaleur, évitant la surchauffe. Le charbon actif intégré aux tissus assure l'absorption des odeurs et un séchage rapide. La nanotechnologie augmente la surface du charbon actif, facilitant une dispersion rapide de l'humidité et son évaporation.

Des revêtements sont appliqués à la surface du matériau où ils adhèrent au substrat. Souvent, les revêtements peuvent apporter des bénéfices à la fois fonctionnels et



esthétiques aux surfaces. Par exemple, un revêtement peut offrir une finition hydrophobe, ultra-mate, douce au toucher, ainsi que des capacités d'auto-réparation des microrayures.

- 1 **Système électronique flexible permettant la fonctionnalisation (commutateurs logiciels, capteurs) des surfaces en tissu, cuir, placage - fabricant : Loomia** ↔
- 2 **Illustration des caractéristiques potentielles d'une surface tactile intelligente (image Materially)**
- 3 **Pigments et colorants thermochromes d'Olikrom** ↔
- 4 **Mousse polyuréthane à changement de phase Thermofresh de Pelma** ↔
- 5 **Système de tissu absorbant les polluants theBreath®** ↔



Application

Les applications pratiques des matériaux intelligents dans la conception de meubles couvrent un large éventail de domaines, offrant des solutions innovantes qui améliorent la fonctionnalité, le confort, l'esthétique et la durabilité.

Dans les **sièges**, la **tapisserie** et la **literie**, les matériaux intelligents sont principalement utilisés pour améliorer le confort et l'ergonomie. Ces matériaux sont conçus pour soutenir le corps et redistribuer efficacement le poids, ou pour réduire le besoin de rembourrage conventionnel. Dans le secteur de la literie, des mousses régulatrices de température comportant des matériaux à changement de phase sont utilisées dans les matelas pour absorber et libérer la chaleur et maintenir une température idéale pour dormir.

Le développement d'**absorbants acoustiques intelligents** n'est pas encore facilement disponible mais prometteur pour l'avenir. Ces matériaux innovants pourront ajuster dynamiquement leurs propriétés d'absorption en fonction de l'environnement sonore et pourraient

potentiellement contribuer à la création d'un intérieur acoustique intelligent.

Un autre aspect du bien-être général dans les intérieurs est la **qualité de l'air intérieur**. Les produits multicouches avec structure en sandwich contiennent des éléments intérieurs cachés qui piègent les polluants provenant des systèmes de chauffage ou des produits chimiques. La polyvalence de ces produits permet leur application dans des bâtiments commerciaux et résidentiels et contribue à un habitat plus sain. Ils sont conçus pour combiner des éléments fonctionnels avec une surface décorative et personnalisable, et conviennent pour être utilisés comme paravents, rideaux et revêtements de meubles. Les matériaux intelligents sont également utilisés pour améliorer **l'interaction** et la **connectivité** à la maison, au bureau, dans les commerces et dans les espaces publics. Des surfaces multifonctionnelles avec capteurs intégrés sont appliquées aux tables et aux plans de cuisine pour offrir des commandes intuitives et tactiles pour l'éclairage et les multimédia, intégrant la technologie de manière fluide dans le mobilier du quotidien.

Dans le mobilier des **commerces**, des étagères intelligentes équipées de capteurs de pression peuvent surveiller l'inventaire en temps réel et adapter l'éclairage ou la disposition des présentations en fonction des déplacements du client. Dans les **espaces publics**, les installations interactives, dotées de surfaces réactives ou d'une esthétique dynamique, peuvent engager les utilisateurs de manière significative, enrichissant l'environnement.

Pour le mobilier **d'extérieur**, les revêtements hydrophobes repoussent l'eau et les taches, facilitant le nettoyage et améliorant la durabilité, ce qui est particulièrement important dans les environnements très fréquentés ou exposés. Dans le mobilier de **cuisine**, les finitions hydrophobes et oléophobes simplifient non seulement l'entretien, mais améliorent aussi la longévité des surfaces, réduisant ainsi les coûts d'entretien.

En conception **d'éclairage**, les surfaces intelligentes transparentes structurellement conçues peuvent moduler la transmission de la lumière, réduire l'éblouissement et s'adapter dynamiquement à différents besoins



d'éclairage pour les applications résidentielles et commerciales.

D'un point de vue **esthétique**, les matériaux intelligents offrent à la fois beauté et fonctionnalité. Les revêtements anti-traces de doigts maintiennent la clarté sur les finitions brillantes ou métalliques, tandis que les surfaces micro- ou nano-structurées peuvent créer des effets de changement de couleur qui transforment des meubles statiques en pièces visuellement dynamiques.

La durabilité est également un point clé. En améliorant la durabilité et en réduisant le besoin de remplacements, les matériaux intelligents contribuent à réduire l'impact environnemental. Les polymères auto-réparants, par exemple, peuvent réparer de manière autonome les rayures, les fissures ou les déchirures mineures, prolongeant ainsi la durée de vie du produit et réduisant les déchets. Cela vient s'aligner sur les principes de l'économie circulaire et soutient des pratiques de conception plus durables.

Dans une perspective plus futuriste, les postes de travail **à récupération d'énergie** équipés de matériaux piézoélectriques pourraient convertir l'énergie mécanique de la saisie sur le clavier ou du mouvement en énergie électrique et servir à faire fonctionner des dispositifs intégrés ou à recharger des appareils électroniques, intégrant l'efficacité énergétique directement dans l'espace de travail.

6 *Lit à baldaquin où les fonctions interactives liées au divertissement, à la santé et au bien-être sont contrôlées via une application (Hi-interiors) ↔*

7 *Sous-main avec revêtement antibactérien enrichi au graphène (Sous-main ↔ Piano Secondo de Giulio Lacchetti pour Danese Milano, revêtement au graphène de Directa Plus) ↔*



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Moyenne

L'intégration de matériaux intelligents dans la conception du mobilier exige une expertise en science et ingénierie des matériaux. Les fabricants doivent investir dans la recherche et le développement pour bien comprendre les propriétés et les comportements de ces matériaux avancés. Adapter les processus de production, garantir la durabilité et assurer la sécurité des utilisateurs peut être un réel défi. Si certaines solutions sont prêtes à être appliquées immédiatement, d'autres nécessitent des étapes de fabrication supplémentaires. Les matériaux conducteurs, souvent intégrés dans des systèmes plus vastes, nécessitent une intégration soignée avec l'IoT et

les technologies de domotique pour garantir la fluidité de la communication et de la fonctionnalité.

■ Viabilité économique : Moyenne-Élevée

Les coûts d'intégration des matériaux intelligents sont généralement plus élevés en raison des coûts de recherche et développement ainsi que des coûts des matériaux. Cependant, dans de nombreux cas, la différence de prix dans le produit final n'a pas un impact très important (par exemple : des nanosurfaces anti-traces de doigts réparables par rapport au stratifié standard). De plus, à mesure que la technologie progresse et que la production augmente, les coûts devraient diminuer, améliorant ainsi la faisabilité économique.

Enfin, des solutions intelligentes comme la RFID pour la logistique peuvent porter leurs fruits sur le long terme.

■ Facteurs humains

L'intégration de matériaux intelligents dans la conception des meubles a un impact significatif à la fois sur les utilisateurs finaux et sur la main-d'œuvre impliquée dans la fabrication.

Pour les utilisateurs, un meuble qui s'adapte aux besoins individuels améliore le confort et l'ergonomie, conduisant à un meilleur bien-être et à une plus grande satisfaction. Des caractéristiques telles que les surfaces auto-réparatrices et les revêtements faciles à nettoyer réduisent les efforts d'entretien, contribuant ainsi à une meilleure expérience de l'utilisateur.

Ces fonctionnalités sont intuitives et donc faciles à adopter par les utilisateurs.

L'intégration croissante des dispositifs de communication dans notre vie quotidienne devrait favoriser une plus grande offre de meubles intelligents et connectés ainsi que d'intérieurs domotisés. Cependant, l'introduction de systèmes électroniques et de capteurs intégrés pourrait nécessiter une assistance pour garantir une utilisation efficace et sûre.

Lors de l'évaluation de l'intégration des matériaux intelligents, il est important de reconnaître que le secteur du mobilier et de la tapisserie est traditionnellement conservateur, et que les utilisateurs peuvent résister à la complexité ou aux changements dans leurs interactions habituelles avec les objets.

L'application de principes de conception centrés sur l'utilisateur peut faciliter cette transition et favoriser une acceptation plus large.

La collaboration entre concepteurs, ingénieurs et personnel de production devient de plus en plus importante pour garantir que l'implémentation de matériaux intelli-

gents soit en accord avec les intentions de conception et les capacités de fabrication.

Pour les travailleurs du secteur, l'adoption de matériaux intelligents nécessite un perfectionnement des compétences pour gérer de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies.

Les programmes de formation doivent couvrir les connaissances techniques ainsi que les aspects collaboratifs et de sécurité, favorisant une compréhension partagée entre les divers services.

De plus, il est possible que les protocoles de sécurité au travail doivent être mis à jour pour couvrir tout nouveau danger lié à ces matériaux.

L'implication précoce des travailleurs, l'intégration de nouveaux profils plus numériques et une communication claire sur l'objectif et les avantages des matériaux intelligents peuvent réduire la résistance et accroître l'engagement dans le processus de transformation.

■ Facteurs environnementaux

De manière générale, la plupart des matériaux intelligents utilisent des matériaux plus rares et sont plus complexes à fabriquer, consommant plus d'énergie et de ressources, ce qui entraîne souvent une empreinte environnementale plus importante que les matériaux conventionnels. En raison de leur composition complexe, comme l'utilisation d'additifs chimiques, de revêtements ou leur statut de matières de niche comme les alliages à mémoire de forme, de nombreux matériaux intelligents ne sont actuellement pas compatibles avec les flux de recyclage établis. Les matériaux conducteurs utilisés pour intégrer des éléments électroniques font partie de systèmes complets, composés de plusieurs composants comme des cartes électroniques, des fils attachés à des supports flexibles, des joints soudés, des adhésifs, des points de soudure et des couches isolantes, ce qui complique encore davantage le recyclage.

De plus, les produits contenant de tels composants électriques ou électroniques pourraient être classés DEEE (Déchets d'équipements électriques et électroniques) et doivent être séparés, traités et éliminés en conséquence.

D'un autre côté, certains matériaux intelligents peuvent aider à réduire la consommation d'énergie et le carbone opérationnel des habitations, par exemple en offrant une sensation plus fraîche aux matelas grâce au PCM sans besoin de climatisation, mais l'équilibre global doit être vérifié.

La réalisation d'une Analyse de Cycle de Vie (ACV) peut fournir des informations précieuses sur l'impact global de l'extraction minière, de la fabrication, de l'élimination et de la consommation d'énergie associée à chaque

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

Il n'existe actuellement aucune réglementation spécifique concernant les matériaux intelligents dans le mobilier. Cependant, les produits doivent respecter les directives générales de sécurité (GPSR), chimiques (REACH, RoHS) et électriques (Directive basse tension, CEM) si des systèmes électroniques sont intégrés. Des organismes de normalisation tels qu'**ISO**, **CEN**, **CEI** et **ASTM** sont en train de développer des cadres réglementaires pour les systèmes intelligents dans d'autres secteurs, ce qui pourrait s'étendre au mobilier. Les concepteurs doivent évaluer la sécurité des matériaux, leur durabilité et leur impact environnemental, et veiller à la conformité lors de l'intégration de capteurs, d'éclairage ou de fonctionnalités de récupération d'énergie.





Solutions



Structures en treillis et matériaux en mousse (structures d'ingénierie)

EcoLattice

Royaume-Uni, Inde ↔

Structures en treillis et en mousse personnalisables créées grâce à des procédés avancés de fabrication d'additifs utilisant du TPU recyclé. Selon le type de polymère utilisé, ces structures légères et respirantes peuvent être flexibles ou rigides, dures ou souples, et leur structure complexe peut également contribuer à l'absorption sonore. Les applications incluent les coussins, les revêtements pour accessoires d'ameublement et l'éclairage.



Touch Surface (conducteur)

Loxone

Autriche, Global ↔

Touch Surface est un bouton invisible qui permet d'intégrer directement des éléments de commande tactile dans des meubles durs et des surfaces. Il peut ainsi transformer des plans de travail, des tables et d'autres surfaces intérieures et extérieures en éléments intelligents pour contrôler des fonctions domotiques telles que la lumière, le son, l'ombre, le chauffage et la climatisation.



Textiles intelligents personnalisés (conducteurs)

Embro GmbH

Allemagne ↔

Textiles intelligents sur mesure, créés grâce à la technologie de broderie pour intégrer des conducteurs électriques dans les substrats textiles. Les applications incluent les capteurs de pression et de mouvement, les éléments chauffants, les LED et les interfaces tactiles, rendant les textiles adéquats à une utilisation dans le mobilier ainsi que dans d'autres secteurs.



Tempotest Home® (revêtements et additifs fonctionnels)

Parà

Italie ↔

Tissus de mobilier présentant une finition hydrophobe résistante aux UV, facilitant également l'élimination des substances huileuses. Récemment, la finition a été mise à jour et est désormais exempte de substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS), actuellement en cours d'évaluation par le programme REACH pour leur restriction dans l'UE.



Textiles intelligents régulant la température (revêtements et additifs fonctionnels)

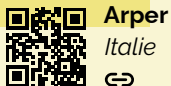
Outlast Technologies GmbH

Allemagne ↔

Textiles intelligents avancés intégrant des matériaux à changement de phase (PCM) microencapsulés qui gèrent de manière proactive la chaleur et l'humidité. Initialement développée pour la NASA, cette technologie absorbe, stocke et libère l'excès de chaleur corporelle, maintenant un microclimat stable. Les études indiquent une réduction potentielle de la transpiration allant jusqu'à 48 %, permettant un sommeil plus réparateur.



Exemples

**Arper***Italie*

Le design essentiel de la table est encore plus mis en valeur par le Fenix, un matériau ultramat qui recouvre la surface du plateau de table. Le stratifié combine une série de caractéristiques répondant aux sens visuels (faible réflectivité de la lumière, aspect ultramat), haptiques (toucher doux) avec des propriétés de faible entretien (résistance à l'eau, finition anti-traces de doigts) et la possibilité d'auto-réparation thermique des micro-rayures superficielles.

**TPBtech***Australie*

Surface multifonctionnelle contenant une plaque à induction invisible. La surface porcelaine-céramique très résistante est recouverte d'une couche d'aluminium dissipant la chaleur et contient un système de contrôle tactile intégré à la surface de la plaque de cuisson à induction. Elle peut servir de surface de découpe, de cuisson et de pose des assiettes, et peut aussi devenir un plateau de table.

**Cassina***Italie*

Le lit est équipé de matériaux conçus pour le bien-être.

La purification de l'air s'obtient grâce à l'utilisation du tissu theBreath®, une technologie brevetée qui capture et décompose les contaminants pour favoriser la circulation naturelle de l'air pur. Le confort acoustique est obtenu grâce à l'inclusion de panneaux absorbants Soundfil® fabriqués à base d'un matériau recyclé et hygiénique, et capables de diminuer les fréquences sonores vibratoires.

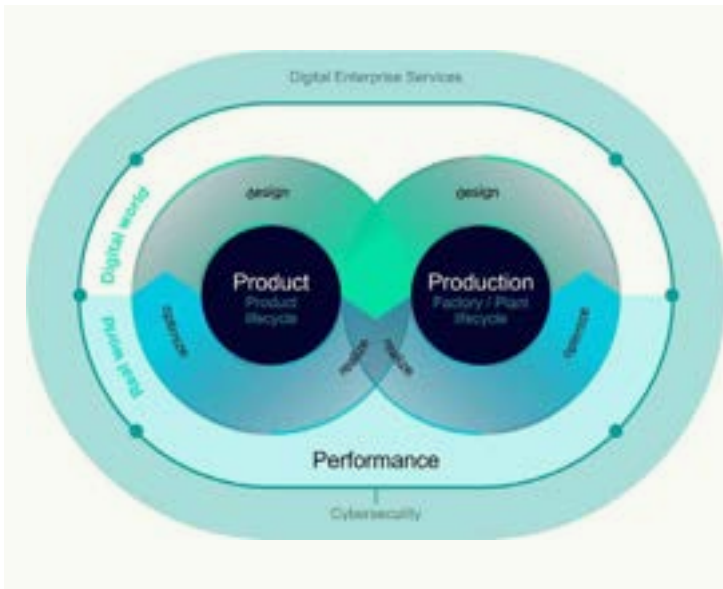
**Bauformat***Allemagne*

Le fabricant de cuisines intègre des matériaux intelligents tels que des surfaces auto-réparatrices, des stratifiés thermoréactifs et des finitions antimicrobiennes. Ces matériaux réagissent à des stimuli tels que la température et l'humidité, améliorant la durabilité et l'hygiène du mobilier de cuisine. De plus, ils intègrent des technologies telles que l'éclairage automatisé et des solutions de rangement intelligentes, optimisant ainsi la fonctionnalité et l'efficacité de l'espace culinaire.

Smartisation des processus de développement produit grâce à l'adoption de technologies de jumeau numérique



1



2



Difficulté de mise en œuvre : **Moyenne**

Viabilité économique : **Élevée**

Smartisation des processus de développement produit grâce à l'adoption de technologies de jumeau numérique



Description

Les entreprises vivent ou meurent en fonction de leur capacité à développer et à lancer de nouveaux produits. Dans ce contexte, les entreprises cherchent à améliorer leurs capacités de développement de produits numériques, voyant ces technologies comme un moyen d'accélérer les cycles de conception et d'ingénierie tout en réduisant les coûts grâce à l'optimisation des processus de R&D.

Les approches pour le développement de produits numériques évoluent également rapidement, s'appuyant sur les avancées en matière de puissance de calcul, d'approches analytiques et d'intelligence artificielle. Ces dernières ont conduit à l'émergence des jumeaux numériques (DT, de l'anglais Digital Twins) : il s'agit de répliques numériques de produits actuels ou futurs capables de simuler toutes les caractéristiques de leurs homologues physiques. Interagir avec un produit ou le modifier dans un espace virtuel peut être plus rapide, plus facile et plus sûr que dans le monde réel.

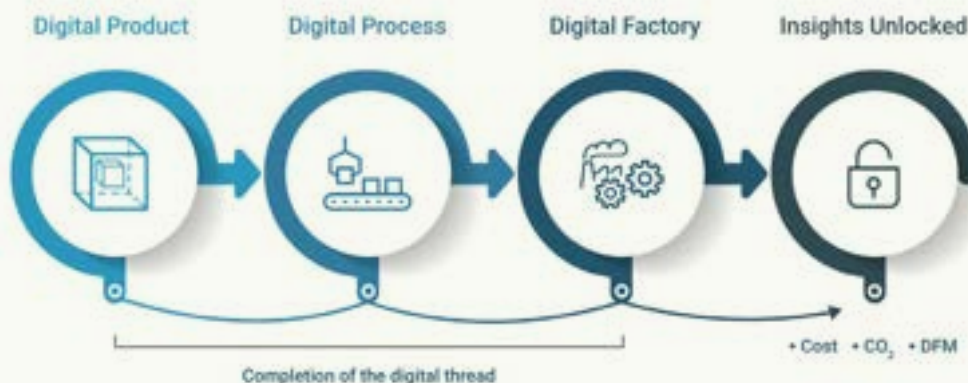
1 Fabrication flexible et efficace (SRC ↔)

Les responsables du développement produit s'attendent à ce que les DT accélèrent les processus de développement produit et améliorent les résultats, tout en réduisant les coûts. La mise en œuvre des DT dans l'industrie de la fabrication du mobilier **améliore la conception et le prototypage en créant des répliques virtuelles de produits**, permettant aux fabricants de tester et d'affiner leurs conceptions, ce qui permet de réduire les déchets et d'accélérer le développement.

En intégrant des données en temps réel provenant de dispositifs IoT et de capteurs, les DT **optimisent les processus de production**, permettant une maintenance prédictive et minimisant les temps d'arrêt. Ils permettent également **la simulation et la prédiction de scénarios**, ce qui aide les entreprises à anticiper les problèmes et à évaluer diverses solutions avant d'appliquer des changements réels. De plus, les DT **favorisent la durabilité** en réduisant la consommation de matériaux et d'énergie grâce à des tests virtuels et à une optimisation efficaces.

Une entreprise disposant d'une plateforme de jumeau numérique robuste, en revanche, peut réaliser des simulations complètes du produit dans un environnement virtuel avant que tout projet proposé ne soit approuvé par le client. Étant donné que les machines complexes utilisent généralement une combinaison d'éléments existants et nouvellement conçus, les entreprises peuvent conserver une bibliothèque de modèles de jumeau numérique des composants clés, les combinant ainsi avec les modèles de nouvelles pièces pour créer le jumeau numérique complet. Ce jumeau peut être utilisé pour faire la démonstration de la solution proposée au client et vérifier que la nouvelle conception répond à ses besoins. Et les modèles de jumeau numérique des nouveaux composants peuvent alors être ajoutés à la bibliothèque, les rendant disponibles pour de futurs projets comportant des exigences similaires.² *Processus d'analyse de données au sein des DT (SRC ↔)*

Connecting Digital Twins = Seamless Digital Thread



3

Smartisation des processus de développement produit grâce à l'adoption de technologies de jumeau numérique

Ainsi, les DT offrent aux fabricants de meubles un outil puissant pour améliorer la précision de la conception, rationaliser la production, engager les clients et promouvoir la responsabilité environnementale. Adopter cette technologie permet aux entreprises de prospérer dans un marché de plus en plus concurrentiel et écoresponsable.

Néanmoins, construire une plateforme de jumeau numérique n'est pas aussi simple qu'on le souhaiterait. Pour être réussi, un programme de jumeau numérique représente un effort de gestion du changement, nécessitant l'engagement et le soutien de la direction, ainsi qu'une équipe de responsables solide pour suivre les étapes clés, développer de nouveaux processus et soutenir leur adoption par l'organisation.

3. Feuille de route numérique des fabricants et des usines (SRC ↔)

Pour surmonter ces obstacles potentiels, les entreprises peuvent adopter une approche progressive de l'adoption du jumeau numérique. Les trois premières phases abordent les défis technologiques liés au choix de la plateforme, à la conception de l'architecture et à l'intégration : **Intelligence concurrentielle et Scoping (définition du périmètre)**, où l'organisation évalue les solutions disponibles et estime leur valeur potentielle ; **Conception d'architecture et définition de la pile logicielle**, qui consiste à sélectionner les composants logiciels nécessaires et à définir l'architecture du système ; **Développement logiciel**, où l'organisation développe les processus et les capacités nécessaires pour construire, intégrer et lancer sa plateforme de jumeau numérique. Les phases suivantes se concentrent sur la transformation organisationnelle nécessaire pour soutenir de nouveaux processus et de nouvelles pratiques de travail.



Application

Les DT dans le secteur du mobilier peuvent être appliqués de différentes manières, selon les besoins spécifiques des fabricants, des concepteurs, voire des utilisateurs finaux. Ils ont la capacité de **révolutionner l'industrie du meuble** en rendant la fabrication plus intelligente, en améliorant l'expérience client, en optimisant la conception des produits et en promouvant la durabilité. Voici quelques applications clés pouvant être appliquées, toutes classées selon leur objectif :

Application de production intelligente et d'optimisation des processus

Les DT peuvent simuler et optimiser les processus de production de meubles afin de réduire les déchets, d'améliorer l'efficacité et de prédire les pannes potentielles des machines. Dans cette optique, une usine de meubles pourrait intégrer un DT de sa chaîne de production pour analyser les performances en temps réel et détecter les goulots d'étranglement dans différents processus tels que la coupe, l'assemblage ou la peinture (entre autres). À cette fin, il est essentiel d'utiliser des capteurs IoT pour surveiller l'utilisation des matières premières et les performances des machines, afin d'éviter les pannes avant qu'elles ne surviennent. Parallèlement, la mise en œuvre de simulations par IA contribue à la réduction des déchets en suggérant des schémas de découpe plus efficaces pour les panneaux en bois. Cette application pourrait entraîner une réduction de 15 à 30 % des déchets matériels et une amélioration de 10 à 20 % de la vitesse de production grâce à l'analyse de données en temps réel et à la maintenance prédictive.

4. Application intelligente de fabrication et d'optimisation des processus



Application de prototypage virtuel et de personnalisation

Les DT permettent aux concepteurs de meubles et aux clients de créer des prototypes virtuels, de tester différentes configurations et de personnaliser le mobilier avant la production physique. Dans cette optique, une entreprise spécialisée dans le mobilier de bureau pourrait créer un DT de bureaux et de chaises personnalisables, permettant à ses clients d'ajuster les dimensions, les matériaux et les couleurs dans un environnement virtuel. Le DT simule ensuite l'ergonomie en fonction des données de l'utilisateur, garantissant que le mobilier s'adaptera aux besoins de l'utilisateur final avant la production, et le module de RV/RA permet une visualisation en temps réel de l'aspect final du meuble personnalisé dans un bureau ou un environnement domestique. Cette application pourrait réduire le cycle de développement du produit en réduisant le prototypage physique et offrir une meilleure satisfaction du client grâce à des conceptions personnalisées et à la validation ergonomique.

5 Application de prototypage virtuel et de personnalisation

Application de maintenance prédictive

Les DT peuvent surveiller en temps réel les performances des machines intelligentes ou industrielles et prédire les besoins en maintenance. Par exemple, une entreprise fabriquant des postes de travail intelligents peut intégrer des capteurs dans ses cellules de production pour suivre les schémas d'utilisation, l'intégrité structurelle et les vibrations du moteur. Le DT analyse ces données pour détecter des signes d'usure, ce qui lui permet de prévoir quand certains composants nécessiteront une maintenance ou un remplacement. Cette approche proactive aide les directeurs de l'usine à

résoudre les problèmes avant que les pannes ne surviennent, réduisant ainsi les temps d'arrêt imprévus et diminuant les coûts de maintenance.

6 Concept clé de la maintenance par le biais de capteurs (SRC ↔)

Suivi durable des matériaux et économie circulaire

Les DT aident à suivre les matériaux tout au long du cycle de vie du meuble, ce qui permet de soutenir des initiatives de fabrication durable et d'économie circulaire. Un exemple serait une marque de meubles durables qui créerait des DT de tous ses produits, en suivant l'origine du bois, des tissus et des composants métalliques. En parallèle, et en s'appuyant sur l'intégration de la technologie IoT, les utilisateurs seraient en mesure de vérifier la recyclabilité de chaque composant et, une fois que le meuble aurait atteint la fin de son cycle de vie, le jumeau numérique suggérerait de réutiliser ou de recycler des pièces spécifiques, évitant ainsi la production de déchets. Cette application pourrait permettre de soutenir des objectifs de conception écologique et de durabilité, et offrir des modèles de meuble en tant que service, où les clients peuvent mettre les pièces à niveau au lieu de remplacer des produits entiers.

7 Concept de Passeport numérique du produit (SRC ↔)

6

Figure 1: Evolution of maintenance



Smartisation des processus de développement produit grâce à l'adoption de technologies de jumeau numérique



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Moyenne

L'adoption des DT dans la fabrication durable offre des avantages significatifs mais présente aussi des défis. Les principaux obstacles incluent l'intégration d'indicateurs de production et de durabilité dans un modèle unifié pouvant faciliter la prise de décisions basées sur les données et équilibrer efficacité et responsabilité environnementale. De plus, l'évolutivité et la préparation de la main-d'œuvre sont essentielles, nécessitant des employés qualifiés et une formation rentable, ce que les DT peuvent faciliter via des simulations virtuelles. Les fabricants sont également confrontés à la complexité de la connexion de chaque processus et machine, ainsi qu'à des préoccupations concernant la précision, la sécurité et la confidentialité des données. Pour surmonter ces obstacles, une approche progressive débutant par la simulation du processus et une mise à l'échelle progressive peut réduire les risques. De plus, pour une mise en œuvre réussie, il est essentiel de favoriser une culture d'innovation et de développer les compétences des employés. L'intégration des données et l'interopérabilité entre divers systèmes et équipements hérités restent un défi important pour un déploiement à grande échelle des DT.

■ Viabilité économique : Élevée

La mise en œuvre de la technologie de jumeau numérique (DT) nécessite un investissement initial important en capteurs, en dispositifs IoT, en logiciels, en infrastructures et en personnel qualifié, ce qui peut constituer un obstacle d'entrée. Cependant, malgré des coûts initiaux d'investissement élevés (CAPEX), les bénéfices à long terme, notamment les économies de coûts opérationnels, l'amélioration de l'efficacité et la croissance du chiffre d'affaires, se traduisent souvent par un retour sur investissement (RSI) important. Il est essentiel de se concentrer sur des domaines comme l'optimisation des actifs, la maintenance prédictive et l'efficacité opérationnelle pour maximiser la valeur de la technologie de jumeau numérique.

L'adoption de la technologie de jumeau numérique dans la fabrication reste limitée aux **grandes entreprises** disposant de ressources financières et techniques suffisantes. La complexité et l'ampleur de la mise en œuvre rendent difficile pour les petites et moyennes entreprises (PME) de déployer efficacement les DT. Bien que les capacités de simulation et les améliorations de gestion de la production proposées par les DT soient significatives, le paysage actuel du marché montre que leur utilisation généralisée reste concentrée chez les leaders du secteur.

■ Facteurs humains

L'adoption de la technologie de jumeau numérique nécessite souvent des changements organisationnels et une transformation culturelle. La résistance au changement, le manque de maîtrise numérique ou une faible conscience des bénéfices peuvent entraver une adoption réussie. Pour assurer la continuité, les employés doivent perfectionner leurs compétences et combler la lacune numérique sans perturber les opérations.

Ainsi, les DT doivent être compris non pas comme des remplaçants des travailleurs, mais comme des facilitateurs de tâches à valeur ajoutée et plus intelligentes. De nouveaux parcours professionnels émergent à l'intersection de la collaboration humain-machine : opérateurs de jumeaux numériques, analyste d'intelligence de processus et concepteur de simulation XR, en sont quelques exemples. Les travailleurs passent d'opérateurs traditionnels à co-créateurs dans des environnements hybrides, chargés de superviser l'automatisation, de prendre des décisions basées sur des données et d'affiner les processus.

En conclusion, l'usine du futur ne vise pas à remplacer les humains mais à améliorer leurs capacités. Alors que les machines accomplissent des tâches routinières, les travailleurs humains jouent un rôle central dans le guidage, l'adaptation et l'amélioration des systèmes intelligents. Le défi est d'équiper les personnes des bonnes compétences, de l'état d'esprit correct et des systèmes de soutien nécessaires pour s'épanouir dans cette réalité professionnelle augmentée.

■ Facteurs environnementaux

La mise en œuvre des DT réduit l'empreinte carbone en optimisant la consommation d'énergie, en minimisant les déchets et en améliorant l'efficacité de la fabrication de meubles. Ils peuvent en effet être principalement utilisés pour simuler des processus de fabrication qui favorisent des économies d'énergie et de ressources, la prévention des déchets, la réduction des tests physiques et l'optimisation des itinéraires logistiques, diminuant ainsi les émissions de CO₂ et d'autres impacts environnementaux. Parallèlement, les DT peuvent être considérés comme des facilitateurs de maintenance prédictive, prolongeant la durée de vie des équipements et réduisant les interventions inutiles. Toutes ces applications des DT pourraient contribuer à réduire significativement l'impact environnemental, garantissant l'alignement des processus du fabricant sur les spécifications et les réglementations environnementales.

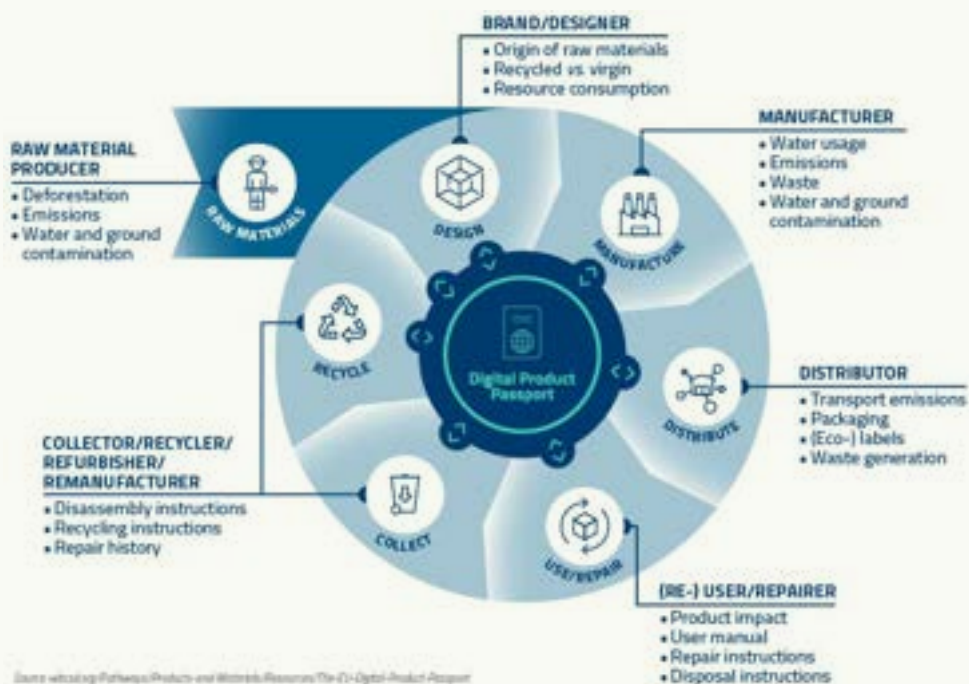
De plus, lors de la mise en œuvre d'un DT dans la fabrication, plusieurs facteurs environnementaux doivent être pris en compte. Parmi eux, la consommation d'énergie issue du traitement des données et du matériel, la consommation d'énergie et d'eau des centres de données et des infrastructures, et l'utilisation des ressources (utilisation de matériaux rares), notamment en

termes d'efficacité des matériaux et de déchets électroniques. De plus, les fabricants doivent se concentrer sur l'optimisation de la durabilité de la chaîne d'approvisionnement et une gestion efficace du stockage des données. Ils doivent aussi garantir que le DT contribuera à la réduction des déchets et à l'optimisation énergétique de la production. Le respect des réglementations environnementales, les évaluations du cycle de vie et l'application des critères d'écoconception sont également des considérations clés pour minimiser l'impact environnemental des DT.

Un autre aspect est la connectivité via les dispositifs connectés à l'Internet des objets (IoT), le cloud computing et l'analyse de données en temps réel. La fabrication et la maintenance de réseaux de capteurs utilisés pour collecter des données de télémétrie, comme des accéléromètres, des capteurs thermiques et des étiquettes RFID, entraînent des impacts environnementaux en termes de matériaux et d'énergie. Ces dispositifs utilisent souvent des éléments en terres rares, des batteries au lithium et des semi-conducteurs spécialisés, dont l'extraction et le traitement contribuent de manière significative aux émissions de GES, **à la consommation d'énergie**, à la pollution de l'eau, aux déchets toxiques **et, en général, à la difficulté de recyclage en fin de vie.**

Alignement sur les certifications et les réglementations

La mise en œuvre d'un DT dans une usine implique le respect de plusieurs réglementations et normes relatives à la sécurité des données (ISO/CEI 27001, Cadre de sécurité IIC), à la vie privée (RGPD), à la cybersécurité (NIST), à l'interopérabilité (CEI 62264/ISA-95), à l'impact environnemental (Accord de Paris et Objectifs de neutralité carbone, ISO 14001) et aux exigences spécifiques à l'industrie (CCPA, loi sur l'IA, ISO 50001). Ces règles et normes sont essentielles pour garantir la confidentialité des données, la cybersécurité, l'efficacité énergétique et des pratiques de fabrication durables.



Smartisation des processus de développement produit grâce à l'adoption de technologies de jumeau numérique



Solutions



Jumeau numérique pour la fabrication

TWINZO

Slovaquie ↔

Twinzo est une plateforme mobile-first de jumeau numérique 3D en temps réel, conçue pour offrir une visibilité complète des opérations de fabrication et de logistique. Elle permet aux utilisateurs de créer des répliques numériques en temps réel d'installations telles que des usines, des entrepôts ou des villes entières qui intègrent des données de capteurs IoT, des RTLS (Real-Time Location Systems) et des métriques opérationnelles dans un environnement 3D interactif accessible par le biais de smartphones, tablettes ou ordinateurs de bureau.



Jumeau numérique pour la fabrication

Siemens

Allemagne ↔

Siemens Xcelerator est une plateforme numérique complète professionnelle qui aide les entreprises à rationaliser la conception du produit, la fabrication et les opérations grâce à une puissante combinaison de logiciels, de matériel et de services. Pour l'industrie du meuble, elle permet la création de jumeaux numériques détaillés pour les produits et les lignes de production, prend en charge les conceptions personnalisées et modulaires, et propose des outils pour la simulation d'usine, l'intégration de l'IIoT et le développement d'applications low-code. Avec des solutions telles que Teamcenter pour PLM, Tecnomatix pour l'optimisation des processus, et Mindsphere pour des informations sur l'usine intelligente, elle permet aux fabricants de meubles d'améliorer l'efficacité, de réduire les déchets et d'accélérer l'innovation, du concept jusqu'au client.



TopSolid Wood

TopSolid

France ↔

TopSolid'Wood est un logiciel de CAO/FAO intégré adapté à l'industrie du bois, permettant une gestion de projet de bout en bout, de la conception à la production. Il offre une modélisation 3D illimitée, des fonctions d'usinage personnalisables et une intégration fluide avec des automatisateurs de FAO et de coupe, améliorant la productivité des professionnels et des fabricants du secteur de la menuiserie.



Jumeau numérique pour la fabrication

Les systèmes de Bentley

États-Unis ↔

La plateforme iTwin de Bentley est principalement reconnue pour ses infrastructures et son ingénierie, mais elle offre également des outils puissants pour modéliser et simuler des environnements industriels et manufacturiers. Elle permet la création de jumeaux numériques riches en temps réel qui intègrent des données de conception (provenant de BIM/CAO), des flux de capteurs et des systèmes opérationnels dans une vue unique et connectée. Pour la fabrication, cela signifie que vous pouvez visualiser l'agencement des usines, surveiller les performances des équipements, simuler les processus et optimiser les opérations tout au long du cycle de vie des actifs. Grâce à une solide modélisation de la réalité et à l'intégration aux plateformes IIoT, les jumeaux numériques de Bentley contribuent à améliorer la fiabilité des actifs, l'efficacité des flux de travail et la prise de décision basée sur les données dans des installations manufacturières complexes.



Jumeau numérique pour la fabrication

PTC INC

États-Unis ↔

ThingWorx, développée par PTC, est une plateforme robuste d'IIoT industriel et de jumeau numérique conçue pour connecter, analyser et optimiser les actifs physiques et les opérations. Elle permet aux fabricants de créer des représentations numériques en temps réel de produits, de machines ou de lignes de production complètes, combinant des données provenant de capteurs, de systèmes (comme ERP/PLM) et d'entrées fournies par l'utilisateur. ThingWorx est excellente pour aider à la maintenance prédictive, à la surveillance à distance et à l'optimisation des performances, en particulier dans les environnements de fabrication. Elle s'intègre également à Vuforia pour la réalité augmentée, permettant aux utilisateurs d'interagir avec des jumeaux numériques de manière immersive, ce qui est idéal pour la formation, le dépannage ou la visualisation de produits personnalisés. Sa flexibilité et ses outils low-code en font un choix solide pour les entreprises souhaitant accélérer la transformation numérique au sein de leurs sections ingénierie et opérations.

Jumeau numérique pour la fabrication

Microsoft

États-Unis ↔

Azure Digital Twins est une plateforme de Microsoft qui permet la création de modèles numériques complets d'environnements réels, tels que des bâtiments, des usines ou des chaînes d'approvisionnement entières. Elle utilise un langage de modélisation ouvert (DTDL) pour définir des entités, des relations et des comportements, ce qui la rend idéale pour simuler des systèmes complexes en temps réel. Dans le contexte d'industries telles que la fabrication de meubles ou la vente au détail, elle peut tout modéliser, des flux de travail d'usine jusqu'à l'agencement des magasins, suivre les actifs avec des données IoT et alimenter des analyses intelligentes pour l'optimisation et la durabilité. Intégrée en profondeur à l'écosystème Azure, elle prend en charge des solutions de jumeau numérique évolutives, sécurisées et intelligentes.

Logiciel de simulation de réplique numérique B SOLID Digital pour CNC

BIESSE

Italie ↔

B-SOLID offre aux utilisateurs une vue sur leur machine CNC en créant un jumeau numérique, leur permettant de concevoir un programme d'usinage pour chaque projet spécifique, d'exécuter une simulation 3D réaliste de cette tâche, de vérifier la vitesse d'usinage, de choisir l'outil et d'estimer la durée de réalisation du travail. Effectuer une vérification de collision dans l'environnement virtuel permet de mettre en évidence tout contact entre les pièces de la machine, évitant ainsi les conflits entre la tête de machine et la table de travail.

Logiciel Digital Twin pour machines CNC

SIEMENS

Allemagne ↔

Siemens NX, combinée à Sinumerik One, permet le développement d'un véritable jumeau numérique du système CNC, simulant avec précision le comportement des machines-outils. Cette technologie avancée a été adoptée par CMS (partie du groupe SCM) dans sa plateforme hybride CMS Kreator. En tirant parti du jumeau numérique, CMS peut valider les trajectoires d'outils, prévenir les collisions et optimiser les processus de fabrication avant l'exécution physique. Le système intègre également MindSphere et Edge Computing pour la surveillance en temps réel et la maintenance prédictive. Cette approche est particulièrement précieuse pour les fabricants de machines de menuiserie, contribuant à réduire les temps de mise en service et à améliorer l'efficacité opérationnelle globale.

Conception de meubles durables grâce aux jumeaux numériques

AMUEBLA

Espagne ↔

Dans le projet AMUEBLA, développé avec SANCAL et AIDIMME, des jumeaux numériques sont utilisés pour valider les réglementations et les conceptions durables avant la fabrication physique. Ce cas illustre fortement comment la technologie de jumeau numérique soutient les objectifs de conformité et de durabilité dans l'industrie du meuble.

Circularise

Circularise

Pays-Bas ↔

Plateforme basée sur la blockchain pour retracer l'origine des matériaux, leur cycle de vie et leur recyclabilité pour la fabrication circulaire.

Dassault Systèmes DELMIA

Dassault Systèmes

France ↔

Permet une simulation et une optimisation avancées de la fabrication, aidant les producteurs de meubles à rationaliser la production, gérer les ressources et réduire les temps d'arrêt.

SAP Predictive Asset Insights

SAP

Allemagne

Prédit les besoins de maintenance du mobilier intelligent en utilisant l'IoT et l'analyse d'apprentissage automatique.

Autodesk Configurator 360

Autodesk

États-Unis ↔

Plateforme Web de configuration 3D pour créer des modèles de meubles personnalisables intégrant la conception CAO paramétrique.

Smartisation des processus de développement produit grâce à l'adoption de technologies de jumeau numérique



Exemples



Twinzo

Slovaquie



Jumeau numérique pour la gestion d'entrepôt : Les opérateurs logistiques se déplacent dans l'installation à la recherche de matériaux à livrer ou d'emballages vides à retirer de la ligne, souvent de manière aléatoire ou en suivant des cycles prédéfinis. Cette pratique entraîne fréquemment des périodes d'arrêt dans la production tout au long de la journée en raison de pénuries de matériaux, entraînant une accumulation de temps d'arrêt. De plus, il existe un problème récurrent d'utilisation inégale des chauffeurs, certains opérateurs étant surchargés tandis que d'autres s'engagent dans des activités non productives comme la navigation sur les réseaux sociaux.



Visual Components

Finlande



Jumeau numérique pour la production d'armoires de salle de bain : Les clients d'aujourd'hui exigent des produits personnalisés tout en s'attendant à des prix bas, ce qui pose un défi aux fabricants. Cette contradiction apparente provient du fait que la variété des produits augmente la complexité de la production. Cependant, la personnalisation de masse offre une solution, comme on le voit dans certains secteurs tels que l'automobile et le mobilier de salle de bain. Des entreprises comme MBFZ Toolcraft GmbH sont spécialisées dans les technologies avancées, telles que des solutions robotiques clés en main individuelles, aidant les fabricants à s'adapter à cette tendance. MBFZ, fondée en 1989, est devenue un leader dans ce domaine, offrant des solutions innovantes pour des secteurs tels que l'aérospatiale, la technologie médicale et l'automobile, permettant aux entreprises de gérer efficacement la personnalisation à grande échelle.



Siemens

Allemagne



Girsberger simule et optimise des opérations de coupe du bois hors ligne à l'aide d'un jumeau numérique : cette entreprise décrit la façon dont elle a optimisé ses processus de fabrication grâce à l'adoption de technologies de jumeau numérique capables de tester et d'optimiser les opérations de coupe du bois hors ligne à l'aide d'un jumeau numérique de la machine, économisant ainsi du temps et des tentatives infructueuses et évitant les collisions.



Siemens

Allemagne



Transformer l'industrie pour demain : DMG MORI, un fabricant mondial de premier plan de machines-outils, propose le premier jumeau numérique de bout en bout d'une machine-outil sur le marché Siemens Xcelerator. Développée en étroite collaboration avec Siemens, cette innovation pionnière représente une véritable étape pour l'industrie, une solution pouvant être adaptée aux besoins individuels des clients.



FlexSim Software Products, Inc

États-Unis



Modélisation par jumeau des processus de production de meubles personnalisés de FlexSim : Étude basée sur la simulation de la production de meubles personnalisés en masse à l'aide du logiciel FlexSim 3D dans une entreprise polonaise. Elle analyse comment l'augmentation des volumes de production affecte la charge de travail des machines et l'efficacité du système. Les recommandations incluent l'ajout d'équipements et l'optimisation du flux des matériaux afin de permettre une production évolutive et efficace, soutenant une croissance allant jusqu'à dix fois la capacité actuelle.



Digitiza Designs

États-Unis



Transformer le design d'intérieur grâce à la technologie de balayage 3D : Des mesures exactes sont essentielles, et contrairement à la plupart des boutiques en ligne d'autre produits de détail, les meubles doivent souvent être jugés en personne pour leur texture, leur confort et leur style. Rooms To Go a cherché à surmonter ces défis en créant des modèles de mobilier numériques si réalistes qu'ils peuvent être utilisés par les décorateurs d'intérieur pour évaluer virtuellement la décoration, obtenir l'aspect et l'ambiance parfaits, et incarner leurs visions créatives.



Denodo Technologies

États-Unis



Étude de cas en temps réel et de virtualisation des données : Décrit comment CITY Furniture a repris le succès d'un système de données en temps réel pour les ventes et l'a étendu à plusieurs services. L'histoire débute avec un ingénieur en logiciels et un ordinateur central IBM et se termine par une initiative de démocratisation des données. De nombreux arrêts intéressants ont vu le jour en cours de route : une couche de streaming, un entrepôt de données cloud IBM, une variété de magasins de données, un tissu de données et la virtualisation des données.

**Beamo***République de Corée*

Cas d'application d'un jumeau numérique dans l'industrie hôtelière : La plateforme de jumeau numérique Beamo utilise des caméras à 360 degrés et des smartphones pour créer des répliques virtuelles, trouvant des applications au-delà des industries traditionnelles. Une installation hôtelière a réussi à mettre en œuvre cette technologie dans des buts de marketing et de représentation. Elle a ainsi réussi à réaliser des économies de coûts, réduire les dépenses en données et améliorer le flux de travail et la documentation. Les applications polyvalentes de la technologie de jumeau numérique continuent d'évoluer, témoignant de son impact positif dans différents secteurs.

**Cetem***Espagne*

Un jumeau numérique pour le meuble permettra d'avancer les tests de prototypes afin de se conformer aux réglementations industrielles et légales : AMUEBLA s'est lancée dans un projet innovant en collaboration avec AIDIMME, CETEM, ARVET et la société SANCAL, dont l'objectif est d'améliorer la conception du prototype grâce à des simulations par jumeau numérique pour la conformité légale et industrielle avant sa fabrication, réduisant également les coûts dus au non-respect de la norme.



-

Chine

Le modèle jumeau numérique d'un atelier a été appliqué au processus d'emballage dans la fabrication de meubles à panneaux afin d'améliorer l'intégration aux systèmes informatiques. Mis en œuvre dans l'entreprise W, il a permis d'identifier des inefficacités, proposé des optimisations et, grâce à la simulation et aux tests réels, a augmenté l'efficacité des lignes d'emballage de 20 % tout en réduisant la main-d'œuvre de 5/6 travailleurs. Le modèle soutient la fabrication intelligente et les mises à niveau du système.

**Girsberger Holding AG***Suisse*

Optimiser la production de meubles avec un jumeau numérique : Girsberger, une entreprise de meubles, optimise la coupe du bois en utilisant un jumeau numérique pour prévenir les collisions et améliorer l'efficacité de la production. Cette implémentation pratique permet d'illustrer les capacités de ThingWorx de manière tangible et accessible.

**Hamon***France*

Modernisation des machines obsolètes : Dans le cadre du projet de rénovation d'une machine utilisée pour couper des planches de bois à des dimensions et qualités uniformes, un jumeau numérique a été mis en œuvre (par l'intégrateur de système Actemium, basé sur le logiciel de jumeau numérique dynamique Emulate 3D de Rockwell Automation), afin de développer et de tester les nouveaux programmes d'automatisation hors ligne, d'optimiser le code du programme et d'anticiper les problèmes potentiels avant de les tester sur la machine réelle. Une réduction significative des temps d'arrêt a été obtenue

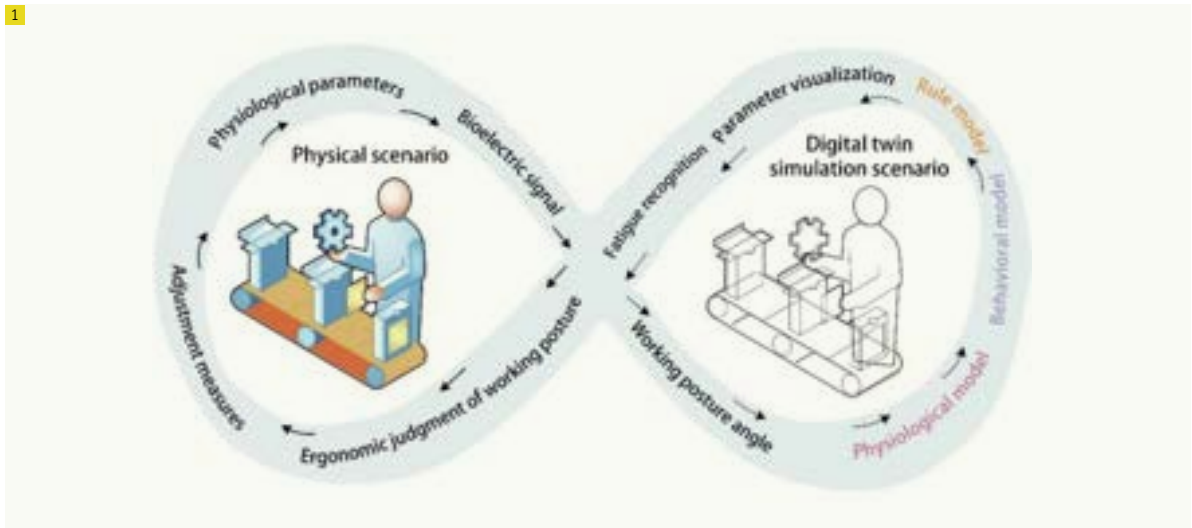
**Simplan***Allemagne*

Simulation par jumeau numérique pour analyser les processus de production : Le logiciel Plant Simulation de Siemens est utilisé par Nolte-Möbel, un fabricant allemand de meubles, pour optimiser ses flux de travail complexes en pré-production. Le logiciel crée un jumeau numérique de l'environnement de production, intégrant des données réelles provenant d'Excel pour une modélisation précise. Nolte l'utilise pour simuler des scénarios de planification et des variations de processus sans perturber les opérations en cours. L'outil offre une visibilité complète du flux des matériaux et de l'utilisation des ressources.

**Dassault Systèmes***France*

Tests virtuels à l'aide de PowerFLOW : Tests virtuels à l'aide de PowerFLOW : La cuisine est devenue le cœur de la maison pour les familles mais aussi un lieu d'accueil pour les amis dans les foyers modernes. Les conceptions et la fonctionnalité des cuisines évoluent pour leur permettre d'accueillir davantage d'activités, reflétant la transition actuelle d'un espace de vie pratique vers un espace de vie polyvalent. Des chercheurs de l'Institut Silestone ont publié une étude mondiale sur la cuisine, qui a révélé que les cuisines aujourd'hui transcendent les rôles traditionnels en fonctionnant comme des centres dynamiques où se réalisent diverses activités telles que la socialisation, le travail et les repas. Des agencements ouverts avec des sièges confortables et des éléments de design innovants peuvent transformer les cuisines en espaces sociaux accueillants où l'on aime se rassembler, tout en offrant le confort pratique nécessaire pour préparer de délicieux encas et repas.

Augmentation de la sécurité et de la productivité des processus de production tout en minimisant leur impact environnemental grâce à l'adoption de techniques de simulation au sein des jumeaux numériques



Difficulté de mise en œuvre : **Moyenne**Viabilité économique : **Élevée**

Augmentation de la sécurité et de la productivité des processus de production tout en minimisant leur impact environnemental grâce à l'adoption de techniques de simulation au sein des jumeaux numériques



Description

Les jumeaux numériques (ou DT de l'anglais Digital Twins) deviennent essentiels pour favoriser la durabilité dans le secteur manufacturier en évolution. Leurs capacités prédictives aident à réduire les temps d'arrêt, à prolonger la durée de vie des équipements et à minimiser les déchets grâce à une maintenance proactive et à la gestion des risques. En intégrant des données en temps réel provenant de capteurs et de machines, les DT créent des répliques virtuelles précises des systèmes physiques, permettant aux fabricants de simuler des scénarios, d'optimiser des processus et d'identifier des problèmes sans interrompre la production. Ainsi, la comparaison continue entre les données en temps réel et les données obtenues lors de la simulation peut être utilisée par le logiciel pour améliorer la compréhension du problème réel par le DT, ce qui aboutit à **des simulations plus précises**, contribuant ainsi de manière substantielle à la durabilité des processus de fabrication. De plus, à l'ère d'Industrie 5.0, l'approche centrée sur l'humain dans la fabrication est cruciale. Compte tenu du vieillissement de la main-d'œuvre et du nombre croissant de femmes occupant des emplois traditionnellement dominés par les hommes, il est crucial d'intégrer cette diversité dans la conception ergonomique des systèmes et des environnements, tout en adaptant les lieux de travail à tous les individus.

Dans cette optique, l'utilisation des DT combinée à des **simulations ergonomiques** a récemment contribué à accroître la sécurité et la productivité au travail.

1 Approche du jumeau numérique pour la simulation de l'ergonomie humaine (SRC ↔)

Le domaine de l'ergonomie a évolué ces dernières décennies pour inclure des simulations en environnements 3D et des techniques d'intelligence artificielle permettant d'estimer les troubles musculosquelettiques liés au travail (TMS). Avec les avancées en matière de vitesse de simulation et d'interfaces intuitives, le temps nécessaire au développement de simulations ergonomiques a considérablement diminué, les rendant plus pratiques. L'analyse ergonomique traditionnelle impliquait l'utilisation de tables MTM et de règles empiriques génériques pour intégrer des facteurs de sécurité et l'heuristique afin d'assurer la sécurité au travail. Cette approche rendait souvent difficile l'évaluation

des tâches uniques ou forçait les ingénieurs à privilégier des solutions coûteuses pour garantir la sécurité. Pour réduire cet écart, l'approche DT en matière de conception et de gestion des processus a mis de meilleurs outils à la disposition de l'ingénieur plus rapidement que jamais, car le DT permet d'évaluer l'ergonomie d'un point de vue physique et cognitif.

La simulation ergonomique physique consiste à évaluer l'environnement ergonomique physique, à examiner la portée de l'opérateur, à évaluer les contraintes et tensions sur le corps, à mesurer les kilocalories dépensées pour déterminer la fatigue, et à analyser les postures et mouvements à l'aide d'outils basés sur l'observation tels que RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Whole Body Assessment), OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) et OCRA (Occupational Repetitive Actions Index). Lors de l'évaluation de la portée, les simulations facilitent la modification de l'anthropométrie du mannequin dans la simulation afin que la femme la plus petite ou l'homme le plus grand puissent tous deux accomplir une tâche facilement. En fonction d'un standard ou d'un poids spécifique, la simulation peut être configurée pour évaluer la position du corps pendant une tâche. Les simulations peuvent également être utilisées pour évaluer l'accessibilité d'une tâche spécifique en déterminant la durée du cycle et en vérifiant que la posture du travailleur reste acceptable pendant toute la durée de la tâche.


2 Ergonomie physique dans les processus de fabrication (SRC ↔)

Les mouvements et postures des mannequins sont souvent déterminés par les données obtenues par le biais de dispositifs optiques ou de capteurs inertiels montés sur le corps de la personne suivie dans des scénarios réels. Bien que robustes, ces systèmes sont coûteux, présentent des limitations de configuration et représentent un défi dans les environnements de travail réels pour réaliser des simulations fiables et réalistes. L'apprentissage automatique, et en particulier les techniques d'apprentissage profond (Deep Learning), permettent de reconnaître les articulations du corps humain à partir de vidéos capturées par des caméras RVB et d'évaluer directement des indices ergonomiques ou de soutenir des simulations.

La simulation ergonomique cognitive analyse l'aspect mental d'une tâche. Ce sujet fait souvent référence aux indices visuels fournis à un employé pour l'aider à accomplir ses tâches et minimiser le stress mental. 55

Augmentation de la sécurité et de la productivité des processus de production tout en minimisant leur impact environnemental grâce à l'adoption de techniques de simulation au sein des jumeaux numériques

lié à son travail. Le domaine de l'ergonomie cognitive adopte le concept de DT pour permettre aux travailleurs de faire l'expérience d'un environnement de travail avant qu'il ne soit construit, car il a été démontré, d'une certaine manière, qu'une mauvaise ergonomie cognitive provoque une tension cognitive : perturbations (par exemple, discussions, bruit et éléments alentours en mouvement, etc.) ; interruptions (par exemple, des collègues qui demandent de l'aide, les technologies d'interaction et les notifications, les informations manquantes ou les décisions qui bloquent la continuité du travail, etc.) ; surcharge d'informations (par exemple, travail multitâche, surveillance et observation de plusieurs choses en parallèle, échange de tâche pendant le travail, etc.).

- 3 Sources de stress cognitif dans les processus de fabrication (SRC )



Application

Il est bien connu que les DT jouent un rôle clé dans la réduction de l'impact environnemental de la fabrication en renforçant la durabilité dans tous les processus. Ils permettent l'optimisation des ressources en analysant les données sur l'utilisation des matériaux, les déchets et l'énergie afin d'identifier les inefficacités. Grâce à des simulations virtuelles, les DT contribuent à réduire la consommation d'énergie tout en maintenant la qualité de production. Par exemple, les jumeaux numériques permettent la création de prototypes virtuels réalistes qui reproduisent des produits ou des processus, réduisant ainsi le besoin en prototypes physiques coûteux et chronophages. Cela permet d'identifier et de corriger les défauts durant la phase de conception, réduisant ainsi les coûts de matériaux, de main-d'œuvre et de temps, ainsi que la consommation d'énergie. Les modifications peuvent être testées rapidement, accélérant le développement et le délai de mise sur le marché tout en améliorant la qualité du produit final.

Ils soutiennent également la réduction des déchets en permettant la maintenance prédictive et en prolongeant la durée de vie des équipements. De plus, les DT facilitent les modèles de production circulaire comme le recyclage et la refabrication en optimisant les flux de matériaux et la récupération des ressources. Dans cette optique, les DT pourraient également être utilisés pour simuler le comportement des travailleurs afin d'améliorer la sécurité, la rapidité et l'efficacité dans la fabrication. La réponse est oui, mais des défis surgissent au moment de reproduire les mouvements humains et l'ergonomie.

Un défi majeur réside dans l'obtention de représentations précises des mouvements humains, étant données la précision des capteurs et les limites de la modélisation biomécanique. Les problèmes de latence et de synchronisation des données nuisent également à la réactivité en temps réel, créant des écarts entre les mouvements simulés et réels. L'intégration de sources de données et de technologies diverses ajoute en complexité en raison des problèmes de compatibilité et des contraintes d'interopérabilité. Les préoccupations de confidentialité et d'éthique liées à la collecte et au traitement des données sur les mouvements humains mettent encore une fois en avant la nécessité de garanties protégeant les droits individuels.

4 Jumeaux numériques pour l'évaluation ergonomique dans les processus de fabrication

Simuler l'interaction humain-robot nécessite des algorithmes avancés de modélisation et de contrôle pour assurer une collaboration fluide. Les problèmes d'évolutivité, le manque de standardisation et l'absence de bonnes pratiques freinent également l'adoption, soulignant la nécessité de directives à l'échelle du secteur. Pour libérer le plein potentiel des DT dans la simulation humaine, il est essentiel de relever ces défis grâce à des techniques avancées de modélisation, à l'apprentissage automatique, à l'apprentissage profond, à une intégration améliorée des données et à des cadres éthiques.

De plus, les DT pourraient être utilisés pour visualiser l'ensemble de la main-d'œuvre dans différents scénarios, montrant la manière dont les employés pourraient mieux travailler dans des conditions spécifiques et permettant une planification précise des ressources. La représentation virtuelle de chaque employé permet une supervision prédictive, garantissant que les problèmes seront anticipés et résolus de manière proactive.

5 Jumeaux numériques pour le contrôle et la planification du personnel

Les DT offrent un potentiel transformateur pour la gestion des effectifs en permettant aux organisations de simuler et d'optimiser les décisions liées aux employés avant leur mise en œuvre. Ils améliorent les prévisions grâce à des prédictions précises de besoins en personnel basées sur des données, réduisent les risques liés au changement organisationnel et soutiennent la planification stratégique. En cartographiant les compétences et les performances en temps réel, les entreprises peuvent allouer des ressources plus efficacement, créer des parcours professionnels personnalisés, optimiser la planification et s'adapter rapidement aux demandes changeantes.

Dans l'ensemble, les DT augmentent l'efficacité, assurent un meilleur alignement des rôles et soutiennent le développement continu et l'agilité de la main-d'œuvre. En résumé, les DT aident les organisations à se préparer

à des événements imprévus comme des changements en besoin de main-d'œuvre, un renouvellement du personnel ou des nouveaux projets. Ils peuvent être vus comme des outils pour anticiper les développements à long terme, identifiant risques et opportunités. Contrairement aux modèles fixes, les DT utilisent des informations en temps réel pour représenter la main-d'œuvre de manière dynamique, simulant les réactions des équipes à des scénarios tels que des changements de charge de travail ou des révisions de plannings.



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Moyenne

La mise en œuvre de la simulation des processus de fabrication, notamment pour l'ergonomie, présente des défis tels que l'intégration de données en temps réel, le besoin en expertise technique et la résistance du personnel. Les obstacles liés à l'humain incluent le scepticisme envers les outils numériques, le manque de conscience ergonomique et la crainte de la surveillance ou de l'évaluation du travail. De plus, les directeurs pourraient privilégier la productivité au détriment de l'ergonomie. Surmonter ces défis nécessite une communication claire, une planification inclusive, une formation et la démonstration de la valeur de l'ergonomie pour la sécurité et l'efficacité. Une mise en œuvre soignée et progressive avec le bon logiciel et les bonnes ressources peut soutenir la réussite de l'adoption.

■ Viabilité économique : Élevée

Les barrières économiques peuvent avoir un impact significatif sur l'adoption des technologies de simulation ergonomique, notamment pour les petites et moyennes entreprises, en raison des coûts initiaux élevés en termes de logiciels, de matériel, de formation et de conseil. Ces entreprises privilégient souvent la productivité à court terme plutôt que les bénéfices ergonomiques à long terme, qui peuvent être plus difficiles à quantifier financièrement. Cependant, grâce à une

planification stratégique, une communication claire des gains à long terme et une mise en œuvre progressive, la simulation peut finalement conduire à des opérations plus sûres, plus efficaces et plus rentables.

Le plein déploiement d'un jumeau numérique pour le contrôle complet des processus reste un défi majeur. Il nécessite une **paramétrisation approfondie, une intégration au système et un alignement continu des données**, ce qui peut nécessiter des investissements substantiels en termes de temps, d'expertise et de finances. Par conséquent, les entreprises doivent **prioriser certaines zones de déploiement** en fonction du potentiel d'impact, en commençant par les processus à forte consommation ou à haut risque.

■ Facteurs humains

Un facteur humain clé dans la simulation ergonomique est l'acceptation et l'engagement des utilisateurs. Les travailleurs et les responsables peuvent résister aux outils numériques s'ils sont perçus comme intrusifs, contrôleurs ou conçus principalement pour l'évaluation des performances plutôt que pour des aides de soutien. Ce scepticisme s'intensifie lorsque des technologies telles que la capture de mouvement ou la réalité virtuelle sont introduites sans explication claire de leur but et de leurs avantages. Une mise en œuvre réussie demande non seulement une compréhension de base des outils et des principes ergonomiques, mais aussi des programmes de formation et d'intégration bien structurés. La maîtrise numérique varie considérablement selon les rôles. La familiarité des opérateurs, des ingénieurs et des superviseurs envers ces plateformes avancées peut différer, ce qui crée des inégalités au niveau de l'adoption si cette différence n'est pas prise en compte.

Un autre piège survient lorsque les simulations sont développées uniquement par des équipes techniques, sans la contribution de ceux qui effectuent les tâches. Cette approche descendante produit souvent des modèles qui passent à côté des subtilités des flux de travail ou des défis du terrain. Mettre en place des processus participatifs où les travailleurs contribuent à la conception, aux tests et à la validation garantit la précision, renforce l'appropriation et améliore l'acceptation. Une communication claire sur les objectifs, les

5



6



Augmentation de la sécurité et de la productivité des processus de production tout en minimisant leur impact environnemental grâce à l'adoption de techniques de simulation au sein des jumeaux numériques

avantages et les limites favorise également la confiance et la collaboration.

Enfin, les préoccupations éthiques doivent être prises en compte. Les employés peuvent craindre la surveillance, l'utilisation abusive de données personnelles ou la perte d'autonomie lorsque leurs déplacements sont enregistrés et analysés. Une mauvaise interprétation des données peut miner la confiance. Les organisations doivent donc établir des politiques transparentes régissant l'utilisation des données, obtenir un consentement éclairé et garantir des pratiques de manipulation sécurisées. S'attaquer de manière proactive aux questions de confidentialité et promouvoir la transparence crée un environnement basé sur la confiance où la technologie est perçue comme un outil collaboratif conçu pour soutenir, plutôt que menacer, les travailleurs.

■ Facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux influencent également la précision et l'utilité des simulations ergonomiques. L'agencement d'un site doit être modélisé de manière réaliste afin d'assurer des évaluations efficaces. Des conditions telles que l'éclairage, la température, l'humidité et le bruit peuvent avoir un impact significatif sur le confort et les performances des employés. Des environnements défavorables peuvent augmenter le stress, réduire la concentration et accroître les risques ergonomiques. L'inclusion de ces variables dans les simulations du DT permet une compréhension plus globale des conditions de travail.

La durabilité est un autre aspect essentiel. Les DT eux-mêmes consomment des ressources : le traitement des données, le matériel et les infrastructures de soutien comme les centres de données nécessitent beaucoup d'énergie et d'eau, tout en utilisant des matériaux rares qui contribuent aux déchets électroniques. Gérer efficacement le stockage des données et appliquer les principes de l'écoconception contribue à réduire l'impact environnemental. Des analyses de cycle de vie et la conformité aux réglementations telles qu'ISO 14001 sont essentielles pour minimiser l'empreinte des DT.

La connectivité ajoute des défis supplémentaires. Les DT reposent sur des dispositifs IoT, le cloud computing et l'analyse en temps réel. La fabrication et la maintenance des réseaux de capteurs (accéléromètres, capteurs thermiques, étiquettes RFID) implique des coûts matériels et énergétiques. Ces dispositifs utilisent souvent des éléments de terres rares, des batteries au lithium et des semi-conducteurs, dont l'extraction et le traitement génèrent des émissions de gaz à effet de serre, une pollution de l'eau, des déchets toxiques et des difficultés de recyclage.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

La mise en œuvre d'un jumeau numérique (DT) dans la fabrication nécessite le respect de normes clés, notamment ISO/CEI 27001:2022 pour la sécurité des données, le RGPD (2016) pour la confidentialité, le NIST (2018) pour la cybersécurité, ISO 14001:2015 pour l'impact environnemental, ISO 50001:2018 pour la gestion de l'énergie, et ISO 45001:2018 pour la sécurité au travail. L'ergonomie et l'interopérabilité sont abordées par les normes ISO 9241 (2019), EN 1335:2020 et CEI 62264 (2013), garantissant des opérations durables, sécurisées et efficaces.



Augmentation de la sécurité et de la productivité des processus de production tout en minimisant leur impact environnemental grâce à l'adoption de techniques de simulation au sein des jumeaux numériques



Solutions



Fabrication centrée sur l'humain

Siemens

Allemagne ↔

Tecnomatix est une suite logicielle complète de fabrication numérique développée par Siemens Digital Industries Software. Elle permet aux fabricants de planifier, simuler et optimiser numériquement les processus de production, facilitant la transformation d'idées innovantes en produits tangibles. En intégrant des données en temps réel provenant de différentes disciplines de fabrication, il permet de synchroniser l'ingénierie produit, l'ingénierie de la fabrication, l'exécution de la production et l'ingénierie du service, maximisant ainsi l'efficacité de la fabrication.



Modélisation humaine numérique en ergonomie virtuelle

Dassault Systèmes

France ↔

DELMIA aide les ingénieurs en fabrication à concevoir virtuellement des lieux de travail sûrs et efficaces afin d'éviter des erreurs coûteuses dans le monde physique. Notre logiciel d'ergonomie virtuelle permet aux concepteurs et ingénieurs de surmonter les problèmes de posture en simulant l'interaction humaine et le comportement ergonomique entre un produit et un système dès les premières étapes du processus de conception. Les concepteurs de produits et les ingénieurs en production peuvent résoudre les problèmes ergonomiques virtuellement le plus tôt possible afin d'améliorer le bien-être des employés, de réduire les coûts des blessures liées au travail et d'accroître la productivité dans le monde réel. De plus, ils peuvent prendre des décisions rapides et efficaces pour atteindre leurs objectifs de conception en fournissant des conseils pertinents aux concepteurs de produits et d'espaces de travail, même si l'expérience de certains d'entre eux en matière d'ergonomie n'est pas très développée.



Solutions numériques cognitives pour les leaders du secteur

Cognitwins

États-Unis ↔

CogniTwins contribue à exploiter la puissance des jumeaux, fils et essais numériques cognitifs afin de transformer avec succès l'entreprise actuelle et de créer de nouvelles gammes de produits, de solutions et de services intelligents à l'épreuve de l'avenir.



Logiciel de prévention des risques professionnels basé sur l'IA

Siali Technologies

Espagne ↔

Safe est la plateforme qui automatise les mesures liées à la santé et à la sécurité du travail de votre entreprise en anticipant tout accident afin d'améliorer la sécurité de vos employés. C'est un outil actif pour la prévention des risques. Il détecte et alerte en temps réel toutes les situations potentiellement dangereuses, telles que l'absence d'EPI, les passages obstrués, la vitesse des véhicules, afin d'agir avant que cela ne devienne grave.



Jumeau numérique ergonomique

Moovency

France ↔

KIMEA est une solution innovante de jumeau numérique ergonomique conçue pour évaluer et prévenir les troubles musculosquelettiques (TMS) en milieu professionnel. En utilisant des caméras de détection de profondeur, telles que Microsoft Kinect, KIMEA capture des données squelettiques en 3D des travailleurs effectuant des tâches. Ces données sont ensuite traitées par des algorithmes avancés pour corriger les éventuelles occlusions et inexactitudes, garantissant une analyse précise même dans des contextes industriels complexes. Le système crée un jumeau numérique en temps réel de l'opérateur, convertissant automatiquement les gestes et postures en indicateurs ergonomiques. Cela permet une analyse dynamique des risques liés aux TMS, permettant aux organisations de prioriser efficacement les interventions et de mettre en œuvre des stratégies de prévention ciblées.




Analyse intelligente de la sécurité

Soter

États-Unis ↔

SoterAI, la plateforme AI-first qui octroie aux leaders de l'environnement, santé et sécurité une visibilité sans précédent sur les risques et un pouvoir prédictif. Cette plateforme analyse de manière sécurisée des données complexes et multisources sur la sécurité des entreprises afin d'identifier les risques émergents et de prédire les incidents potentiels avant qu'ils ne surviennent. Elle fournit les informations exploitables nécessaires pour atténuer proactivement les risques, assurer la conformité sur tous les sites et optimiser votre stratégie globale en matière d'environnement, santé et sécurité pour des résultats commerciaux mesurables.



DT pour l'analyse du cycle de vie des actifs industriels

Hexagon
Suède ↻


HxGN SDx2 est une plateforme cloud native développée par Hexagon pour gérer l'ensemble du cycle de vie des actifs industriels. Elle intègre des visualisations 2D/3D en temps réel, des données d'ingénierie et opérationnelles, permettant une maintenance prédictive accrue, une sécurité accrue et des décisions basées sur les données. Basé sur Microsoft Azure, elle prend en charge les environnements de jumeau numérique pour l'efficacité industrielle et la durabilité.



HEGO

Emoj
Italie ↻

Le Body Tracker d'Emoj, appelé HEGO, est un système non invasif basé sur l'IA conçu pour la surveillance en temps réel de la posture et des mouvements des travailleurs. Il évalue les risques ergonomiques en analysant différentes positions et angles du corps, tels que la flexion de la tête et du torse, les mouvements des bras et les angles articulaires. Le système calcule des indices ergonomiques internationaux tels que REBA, RULA et OCRA, fournissant une évaluation détaillée des risques pour les troubles musculosquelettiques (TMS). Les données sont accessibles via un tableau de bord pour les entreprises et les ergonomes, permettant des interventions proactives et des ajustements personnalisés en fonction du lieu de travail. Entièrement conforme au RGPD, Body Tracker améliore la sécurité et l'ergonomie au travail sans avoir besoin d'équipements intrusifs.



Formation à la santé et à la sécurité par le biais de jumeaux numériques

PREVU3D
Canada ↻

Prevu3D est un logiciel de jumeau numérique pour visualiser les actifs en 3D permettant la surveillance en temps réel de leur état opérationnel et de leurs données historiques. Cette plateforme propose des modes de navigation immersifs, allant de la visite virtuelle jusqu'aux vues de dessus en CAO, améliorant la visibilité et l'alignement entre les équipes. Grâce au balayage 3D avancé et au traitement de maillage, elle peut prendre en charge la planification de la capacité et simuler des changements d'agencement sans présence physique. Prevu3D permet également aux organisations d'améliorer la formation des employés grâce à des tests immersifs de scénarios 3D, contribuant à prioriser la sécurité et à minimiser les risques opérationnels.



Fabrication durable

Institut des technologies industrielles et de l'automatisation (ITIA) – Conseil national de la recherche (CNR)
Italie ↻

Le projet « Fabrication Durable », dirigé par ITIA-CNR et impliquant d'importants partenaires tels que Politecnico di Milano et Università Politecnica delle Marche, vise à développer des technologies et des méthodologies habilitantes pour la conception durable de produits et d'usines tout au long du cycle de vie du produit. Il favorise l'écoconception, l'utilisation efficace des ressources et la production centrée sur les personnes. Les applications couvrent la formulation de polymères, les éco-usines et la défabrication. Les innovations clés incluent des systèmes économes en énergie, des vêtements de travail équipés de capteurs, des interfaces multimodales intuitives et la réalité augmentée pour la surveillance de l'usine. Ce projet développe également de nouveaux modèles commerciaux pour la fabrication circulaire. Soutenu par un large réseau d'entreprises, il vient renforcer le leadership italien en matière de systèmes de fabrication performants et durables. Pendant le projet, une attention particulière a été portée à tester différents outils d'évaluation ergonomique intégrés avec des jumeaux numériques des usines concernées, afin d'identifier des applications potentielles pour réduire les TMS, améliorer la conception des postes de travail et la durabilité industrielle en général.

Augmentation de la sécurité et de la productivité des processus de production tout en minimisant leur impact environnemental grâce à l'adoption de techniques de simulation au sein des jumeaux numériques



Exemples



Ford

États-Unis



L'ergonomie rencontre l'ingénierie immersive : Le travail à la chaîne n'est pas facile. Produire un véhicule toutes les 60 secondes fait appel à un grand nombre de mouvements : s'étirer, se pencher, lever, tirer et pousser. En intégrant le suivi de mouvement et la simulation dans l'ingénierie immersive, Ford Motor Co. est parvenu à réaliser d'énormes progrès en termes de réduction des blessures sur la ligne d'assemblage grâce aux analyses ergonomiques. Et comme bénéfice supplémentaire, la qualité s'est améliorée.



BMW Group

Autriche



Réduire la consommation énergétique du cycle de vie des moteurs automobiles grâce à la simulation d'usine : Les constructeurs automobiles fabriquent généralement la plupart des pièces et composants de base de leurs moteurs en interne. Le carter, le vilebrequin, la culasse et les bielles sont alésés, fraisés, percés, meulés et rectifiés sur des chaînes sophistiquées de production et de transfert dans des usines telles que BMW Motoren GmbH, la plus grande usine de moteurs du groupe BMW située à Steyr, en Autriche, à environ trois heures de route du siège de Munich, en Allemagne.



Electrolux

États-Unis



Planification 3D des usines et des flux de matériaux au niveau mondial : Grâce aux bonnes possibilités de visualisation de Tecnomatix, je peux montrer aux directeurs une phase précoce de planification qui rend les processus plausibles. La technologie 3D aide à vérifier les concepts d'assemblage ainsi qu'à sélectionner des fournisseurs pour des solutions d'automatisation et me fournit des informations que je n'avais pas auparavant.



KONE

Finlande



À la recherche d'un outil de simulation 3D et de planification d'agencement : KONE a décidé qu'il était temps de chercher une solution qui puisse non seulement les aider à planifier et à concevoir de nouvelles solutions de production, mais aussi à améliorer leur communication avec les parties prenantes tout au long du processus de planification et de développement.



Volkswagen

Allemagne



L'outil « Humain virtuel » améliore l'ergonomie : L'ergonomie était autrefois un mot étranger qui ne signifiait pas grand-chose pour les entreprises, mais aujourd'hui, ce concept pourrait avoir un impact majeur sur les niveaux de productivité. Imaginez que l'ergonomie d'un poste de travail soit ignorée : les conséquences pourraient être désastreuses. Imaginez ce scénario : un raccord de boulon spécifique est difficile à atteindre pour un ouvrier, et par conséquent il est difficile pour lui de serrer le boulon. La chaîne de montage continue à une vitesse implacable, et l'ouvrier a du mal à suivre, ce qui rend sa position déjà inconfortable encore plus pénible en essayant de continuer à travailler. Le résultat pourrait être un arrêt net de toute la chaîne de production, ce qu'aucune entreprise ne peut se permettre. Dans certaines situations, il se pourrait même qu'il s'avère impossible de respecter les délais de livraison.



CETEM

Espagne



Le jumeau numérique détecte les endroits où améliorer la sécurité du meuble et propose des reconceptions de nouveaux prototypes : Ce système de test des meubles basé sur l'intelligence artificielle prédictive soutiendra l'efficacité et la productivité du secteur du meuble espagnol et permettra d'économiser des coûts, mais ne remplacera pas les tests physiques traditionnels, nécessaires pour les certifications nationales et internationales réalisées par des laboratoires accrédités.




KITT4SME

Italie

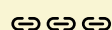


Santé, sécurité et ErGOnimics pour l'usine du futur centrée sur l'humain : Ce projet, financé par l'appel à projet de type A de KITT4SME (n°. 952119), recouvrait le développement d'un outil d'évaluation ergonomique basé sur l'IA appliqué dans l'usine de production de machines agricoles Salvarani basé à Reggio Emilia. Le système d'IA analysait en temps réel les mouvements et les postures des travailleurs, calculant automatiquement des indices de risque ergonomique tels que le REBA et le RULA. Les résultats ont démontré que l'évaluation basée sur l'IA était non seulement comparable aux méthodes traditionnelles utilisant des mannequins virtuels et des observations d'experts, mais qu'elle était même dans certains cas plus précise et plus cohérente. Cet outil permet une surveillance continue et non invasive et offre une solution évolutive pour améliorer l'ergonomie au travail dans les milieux industriels.


Université de Campania Luigi Vanvitelli
Italie


Jumeau numérique pour surveiller l'ergonomie pendant la production : À l'ère des usines intelligentes, pour ce qui a trait à l'ergonomie dans le cadre des processus de production, le jumeau numérique (DT) est la clé pour la mise en place de modèles novateurs de surveillance des performances des activités manuelles. Ces modèles sont capables de fournir des résultats en temps quasi réel et de soutenir le processus décisionnel visant à améliorer les conditions de travail. Cet article a pour objectif de proposer un cadre méthodologique par le biais de l'implémentation d'un DT humain qui permettrait de soutenir la surveillance et le processus décisionnel pour ce qui a trait aux performances ergonomiques des lignes de production manuelles. Une étude de cas, réalisée en laboratoire, est présentée pour démontrer l'applicabilité et l'efficacité du cadre proposé. Les résultats montrent comment il est possible d'identifier les problèmes opérationnels d'un poste de travail manuel et comment il est possible de proposer et de tester des solutions d'amélioration.




Biesse Group et Università Politecnica delle Marche
Italie



Le projet Intelligence 5.0, mené par l'Università Politecnica delle Marche et Biesse (un important fabricant de machines de transformation de meubles), a répondu au besoin croissant en maintenance prédictive et en diagnostic dans le secteur mécatronique, en tirant parti des technologies Industrie 4.0. Ces services, bien que prometteurs, ont souvent été sous-utilisés en raison de leur complexité, du manque d'expertise et des rendements incertains. Le projet a développé une nouvelle génération de machines « conscientes d'elles-mêmes », intégrant jumeau numérique, IA, gestion des connaissances et réalité augmentée. Ces systèmes collectent des données en temps réel, les traitent par le biais de modèles cognitifs et suggèrent des stratégies optimales de maintenance et de production. Une approche centrée sur l'utilisateur garantissait l'alignement avec les besoins opérationnels réels. Le résultat : une fiabilité accrue des machines, une réduction des temps d'arrêt et des décisions plus intelligentes en matière de conception, de fonctionnement et de logistique.


Biesse Group
Italie


Jumeau numérique pour le secteur du bois et du meuble : Biesse Group utilise B_SOLID, un logiciel de jumeau numérique qui simule des machines CNC de menuiserie en 3D. Il permet de tester virtuellement les procédés d'usinage, d'éviter les erreurs, d'optimiser le parcours des outils et d'améliorer l'efficacité de la production. Cette innovation améliore la qualité des produits, réduit les déchets et aide à la maintenance prédictive dans l'industrie du meuble en bois.


TuMeke Ergonomics
États-Unis


Plateformes basées sur l'IA pour l'évaluation des risques : La plateforme basée sur IA de TuMeke permet la surveillance en temps réel de la posture et des mouvements au travail grâce à la vision par ordinateur, identifiant automatiquement les risques ergonomiques. Elle permet de centraliser les données de plusieurs sites dans un tableau de bord unifié, éliminant les incohérences et permettant une évaluation standardisée. Le système fournit des alertes instantanées sur les comportements dangereux (comme un levage dangereux ou des mouvements répétitifs), permettant ainsi des interventions rapides. Il permet des évaluations de risques jusqu'à 20 fois plus rapides par rapport aux méthodes traditionnelles et réduit les blessures jusqu'à 68 %, améliorant la sécurité au travail.


BMW Group
Allemagne


Simulation humaine 3D innovante pour planifier et entraîner le système en vue de la production future : L'usine du groupe BMW à Ratisbonne utilise une technologie avancée de « simulation humaine 3D » intégrée au jumeau numérique de l'usine pour planifier la production de la nouvelle génération de véhicules NEUE KLASSE plusieurs années à l'avance. Cette simulation numérique reproduit fidèlement non seulement l'environnement de l'usine et les chaînes de montage, mais aussi les mouvements et les tâches des opérateurs, permettant des analyses ergonomiques et des optimisations des flux de travail. Les opérateurs peuvent également être formés tôt à l'aide de casques de réalité virtuelle qui les plongent dans un environnement virtuel réaliste, améliorant ainsi l'efficacité et la sécurité avant le début de la production réelle. Ce projet marque une étape importante vers l'usine du futur, intelligente et connectée de BMW, réduisant les temps et coûts de planification tout en améliorant la qualité du travail humain sur le terrain.

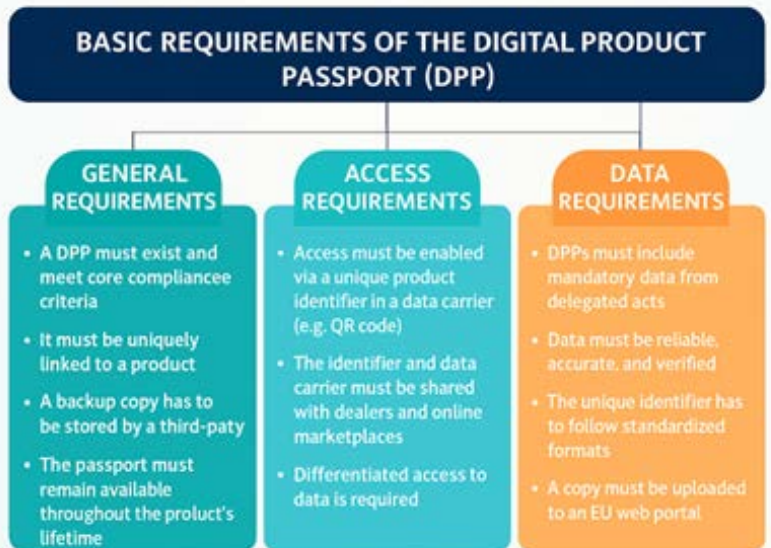
Traçabilité des produits dans le secteur du meuble grâce au Passeport numérique du produit (DPP)



1



2



Difficulté de mise en œuvre : **Élevée**Viabilité économique : **Moyenne**

Traçabilité des produits dans le secteur du meuble grâce au Passeport numérique du produit (DPP)



Description

La traçabilité des produits fait référence à la capacité de suivre l'origine, l'historique et le mouvement d'un produit et de ses composants tout au long de la chaîne de valeur. Il s'agit d'un moteur clé de la production durable, de la conformité réglementaire et de la transparence vis-à-vis des consommateurs. C'est dans ce contexte que le Passeport numérique du produit (DPP) devient un outil central pour structurer et partager des données liées au produit tout au long de son cycle de vie.

Le DPP est un élément central du Règlement européen sur l'écoconception des produits durables (ESPR) qui a pour objectif de renforcer la transparence, la circularité et la durabilité. Bien que le DPP ne soit pas une technologie en soi, sa mise en œuvre repose sur un ensemble d'outils numériques permettant un partage de données structuré, sécurisé et en temps réel.

Au cœur du DPP se trouvent des technologies habilitantes permettant à chaque produit physique d'être identifié de manière unique et connecté numériquement à des informations vérifiées. Celles-ci incluent :

des codes QR, des codes-barres, des étiquettes RFID ou NFC, qui agissent comme des supports de données intégrés au produit pour garantir un accès sécurisé à son identité numérique ;

des plateformes basées sur le cloud, qui gèrent et stockent de manière sécurisée des données structurées du cycle de vie ;

des technologies blockchain, capables d'offrir intégrité des données, transparence et authentification ;

des systèmes de jumeau numérique, qui créent une représentation virtuelle de chaque produit, fournissant des informations sur sa nature, la personne qui en a le contrôle, l'endroit où il se trouve géographiquement tout au long de la chaîne d'approvisionnement, et qui est continuellement mis à jour avec les données sur les matériaux, les processus et les indicateurs de durabilité.

Ces technologies permettent la collecte sécurisée et le partage contrôlé d'un large éventail d'informations, telles que le sourçage des matières premières, les détails de fabrication, l'empreinte carbone, le contenu recyclé, la conformité aux normes de sécurité, les instructions de réparation et les options de fin de vie.

1 DPP – Partage d'informations

Les consommateurs, régulateurs et acteurs de la chaîne d'approvisionnement peuvent accéder instantanément à certaines données sélectionnées en scannant un code ou en interagissant avec une interface numérique.

2 DPP - Technologie de code QR

L'ESPR définit les exigences minimales pour la mise en œuvre du DPP, incluant un identifiant unique du produit, l'interopérabilité avec d'autres systèmes, la précision et la vérification des données, ainsi que des niveaux d'accès différenciés. Une copie de sauvegarde doit être stockée de manière sécurisée par un fournisseur tiers de confiance, et le DPP doit rester disponible tout au long de la durée de vie du produit.

3 DPP - Exigences de base

Dans des secteurs tels que celui du meuble, où les matériaux et les composants proviennent souvent de sources diverses, les technologies habilitantes du DPP offrent un cadre solide pour gérer la traçabilité. Elles facilitent la conformité à la législation européenne, notamment le Règlement sur la sécurité générale des produits (RSGP), le Règlement européen sur la déforestation (EUDR) et REACH, tout en permettant une conception de produits plus durable et une communication transparente avec les consommateurs. Il est important de noter que des informations plus détaillées sur les exigences des DPP devraient être publiées par l'UE dans le cadre d'actes délégués dans les mois à venir.

En conclusion, le DPP est rendu possible grâce à un écosystème technologique qui relie les produits physiques à leur identité numérique, rendant la traçabilité non seulement réalisable mais aussi centrale pour des chaînes d'approvisionnement conformes, circulaires et prêtes pour l'avenir.



Application

Imaginez scanner le code QR d'une chaise et découvrir instantanément d'où proviennent ses matériaux, comment elle a été fabriquée, combien de temps elle va durer et comment la recycler en fin de vie.

4 DPP - Application au secteur du meuble

C'est la promesse du Passeport numérique du produit (DPP) dans le secteur du meuble. Conçu pour améliorer la durabilité, la transparence et la traçabilité, le DPP devient un outil essentiel pour les entreprises adoptant les principes de l'économie circulaire et une plus grande responsabilité environnementale.

5 DPP - Traçabilité et innovation

6 DPP - Analyse du cycle de vie (ACV) et circularité

Traçabilité des produits dans le secteur du meuble grâce au Passeport numérique du produit (DPP)

Traçabilité des matériaux et transparence de la production

Avec le DPP, chaque meuble devient une histoire documentée. Les matériaux peuvent être retracés jusqu'à des sources gérées de manière responsable ou recyclées, et leur empreinte environnementale est rendue visible. Un simple scannage permet aux consommateurs d'accéder aux détails de sourcing, aux chaînes d'approvisionnement et aux données de production. Il est également possible de savoir combien de CO₂ a été généré pendant la fabrication et quels composants peuvent être recyclés ou réutilisés.

Certifications, normes et conformité réglementaire

Le DPP peut inclure des certifications pertinentes liées à la qualité du produit, à la sécurité et aux performances environnementales, telles que des matériaux à faibles émissions ou la résistance au feu. Dans le contexte de l'évolution des réglementations européennes, le passeport soutient la conformité légale, réduit les risques et renforce la crédibilité d'une entreprise dans ses rapports de durabilité.

Mesure de la durabilité et de l'impact environnemental

Les entreprises peuvent utiliser le DPP pour surveiller et communiquer les performances environnementales de leurs produits. Cela inclut des données sur la consommation d'énergie, les émissions de carbone et les indicateurs de circularité tels que la recyclabilité ou la compostabilité. Rendre ces informations visibles favorise un achat éclairé et renforce les valeurs environnementales de la marque.

Maintenance, garantie et entretien des produits

Les consommateurs peuvent facilement accéder aux instructions d'entretien, aux manuels et aux détails des pièces détachées. Au fil du temps, l'historique des réparations et des dossiers de maintenance peuvent être ajoutés au passeport, ce qui en fait un outil dynamique pour la maintenance prédictive. Il est ainsi possible de prolonger la durée de vie du produit et d'encourager la réparation au lieu de réaliser un remplacement précoce.

Gestion en fin de vie et conseils pour le recyclage

Le DPP fournit des instructions claires de démontage et identifie les matériaux, facilitant la séparation des composants pour le recyclage. Cela simplifie les processus de collecte, augmente l'efficacité du recyclage et soutient la gestion circulaire des ressources.

Soutien des modèles commerciaux de conception circulaire et de réutilisation

En conservant un registre numérique traçable de la durée de vie d'un produit, le DPP soutient des modèles commerciaux innovants tels que la location, les programmes de rachat, la revente de meubles d'occasion

et la remise à neuf. Le passeport peut être mis à jour chaque fois qu'un produit est réparé ou modifié, préservant ainsi sa valeur et son utilisabilité sur plusieurs cycles de vie.

Engager les consommateurs grâce à une information transparente

La transparence renforce la confiance des consommateurs. Le DPP offre un accès instantané à des informations vérifiées sur la composition des produits, leur origine et leur durabilité. Il permet aux clients de faire des choix conscients et responsables et soutient une transition vers des modes de consommation plus éthiques.

Optimisation de la planification des stocks et de la production

Lorsqu'il est intégré à des systèmes numériques comme les plateformes ERP, le DPP améliore le flux de données entre les services. Des informations précises et en temps réel sur chaque produit aident à optimiser les stocks, à aligner la production sur la demande et à réduire les déchets dans les opérations de logistique et de la chaîne d'approvisionnement.



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Élevée

La mise en œuvre du Passeport numérique du produit (DPP) dans le secteur du meuble est incertaine et complexe. Elle nécessite d'évaluer diverses technologies (par exemple blockchain, écosystèmes de services de données), d'assurer l'interopérabilité et d'intégrer le DPP dans les systèmes existants. Des défis supplémentaires découlent de la structure du secteur : de nombreuses petites et moyennes entreprises (PME) avec des niveaux de préparation numérique variables, et une chaîne d'approvisionnement très fragmentée impliquant de nombreux fournisseurs et sous-traitants. Un contrôle d'accès efficace, la sécurité des données et des mécanismes de vérification sont également essentiels.

■ Viabilité économique : Moyenne

La viabilité économique du Passeport numérique du produit (DPP) dans le secteur du meuble peut être considérée comme moyenne, car les coûts initiaux liés à l'adoption de nouvelles technologies, à la formation du personnel et à la mise à niveau des systèmes informatiques sont importants, notamment pour les PME. Cependant, à moyen et long terme, le DPP offre des avantages économiques clairs : une efficacité accrue, un accès à des marchés axés sur la durabilité,

une image de marque améliorée et une réduction des déchets. Des modèles collaboratifs de chaîne d'approvisionnement et des mesures incitatives publiques peuvent encore améliorer la viabilité économique de l'initiative.

■ Facteurs humains

La mise en œuvre du Passeport numérique du produit (DPP) dans le secteur du bois et du meuble implique plus qu'une simple innovation technologique : elle requiert une transformation centrée sur l'humain. Les travailleurs jouent un rôle central dans cette transformation, et leur capacité à s'adapter, apprendre et s'engager activement avec de nouveaux systèmes est un facteur décisif pour le succès du DPP.

Pour répondre à ces nouvelles demandes, les professionnels doivent développer un large éventail de compétences numériques. Parmi elles se trouve la maîtrise technologique, la sensibilisation à la sécurité des données, ainsi qu'une solide base en matière d'outils TIC, de gestion des données et de processus de documentation numérique.

Cependant, maîtriser la technologie n'est qu'une partie de l'équation.

Le passage aux processus numériques nécessite également des compétences personnelles et sociales telles que l'adaptabilité, la pensée analytique, la collaboration et la communication efficace, qui sont essentielles pour favoriser l'alignement entre les flux de travail numériques et les pratiques du monde réel. Une considération humaine clé est la nécessité de promouvoir un état d'esprit d'apprentissage continu.

À mesure que les outils et systèmes numériques évoluent, les travailleurs doivent être soutenus par des formations accessibles, du mentorat et des initiatives d'apprentissage par les pairs, en particulier ceux qui sont moins familiers avec les technologies numériques.

Encourager l'apprentissage continu garantit que chacun peut participer en toute confiance à l'innovation plutôt que d'être laissé pour compte.

Il est également important d'aborder les aspects émotionnels et psychologiques du changement. La numérisation peut entraîner de l'incertitude, de la résistance ou de l'anxiété, en particulier si la transformation semble descendante, trop technique ou déconnectée des besoins quotidiens. C'est pourquoi il est crucial de construire une culture organisationnelle solidaire et inclusive. Les employés doivent être impliqués dans le processus de transition, se sentir entendus, et bénéficier d'un sentiment d'autonomie, de reconnaissance et d'opportunités de progression.

En fin de compte, le succès du DPP dépend non seulement des outils introduits, mais aussi de la manière dont les individus sont formés, impliqués et habilités à interagir avec eux dans le cadre de l'évolution de leur rôle au sein de l'organisation.

■ Facteurs environnementaux

L'introduction du Passeport numérique du produit (DPP) dans le secteur du bois et du mobilier marque une étape importante vers une plus grande durabilité environnementale. Cet outil numérique permet la collecte, le suivi et le partage d'informations détaillées sur le cycle de vie d'un produit, depuis le sourcing des matières premières jusqu'à la production, la distribution, l'utilisation et la fin de vie.

Dans ce contexte, les facteurs environnementaux jouent un rôle central, influençant directement la manière dont les produits sont conçus, fabriqués et éliminés.

Grâce au DPP, les entreprises peuvent surveiller et déclarer des indicateurs environnementaux clés tels que l'empreinte carbone, la consommation d'énergie, la recyclabilité des matériaux, la présence de produits chimiques dangereux et les niveaux de circularité. Ces données permettent non seulement une meilleure évaluation de l'impact environnemental d'un produit, mais encouragent aussi des pratiques plus responsables et des stratégies de conception écologiques.

5



Traçabilité des produits dans le secteur du meuble grâce au Passeport numérique du produit (DPP)

De plus, le DPP favorise la transparence et la responsabilité sur toute la chaîne de valeur, du fabricant jusqu'au consommateur, permettant des décisions d'achat plus éclairées et orientées vers la durabilité. Il améliore également la gestion en fin de vie en facilitant l'accès aux informations sur les matériaux et les composants, facilitant la réutilisation, le recyclage ou la mise au rebut correcte. Cependant, la durabilité environnementale des systèmes mêmes du DPP doit également être évaluée de manière critique, en tenant compte de l'infrastructure numérique, de la gestion des données et des dépendances matérielles qui soutiennent son implémentation.

Les DPP reposent sur des identifiants spécifiques aux produits, tels que les étiquettes RFID, les codes QR et les capteurs IoT intégrés, qui sont reliés à des bases de données du cloud et à des systèmes de blockchain ou d'information centralisés. La fabrication de ces identifiants numériques et de ces étiquettes implique l'usage de plastiques, de puces à base de silicium, d'antennes et, dans certains cas, de batteries. Cela soulève des inquiétudes concernant l'utilisation des ressources, les déchets électroniques et les matériaux toxiques, surtout lorsque les DPP sont déployés à grande échelle sur des millions de produits.






De plus, l'infrastructure de données qui soutient les DPP, telle que les serveurs ou les plateformes cloud, introduit une utilisation importante des ressources ainsi que des besoins en énergie et en eau. Les systèmes DPP basés sur la blockchain, bien qu'offrant transparence et immuabilité des données, ont été critiqués pour leur forte intensité énergétique. Même les approches basées sur le cloud ou hybrides impliquent une transmission continue de données, un stockage et des opérations de sécurité qui contribuent à l'impact environnemental des chaînes d'approvisionnement numériques.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

Le DPP dans le secteur du mobilier doit se conformer aux réglementations de l'UE telles que le **Règlement sur l'écoconception pour des produits durables (ESPR)**, le **Règlement REACH (y compris les restrictions sur le formaldéhyde)**, le **Règlement sur la sécurité générale des produits (RSGP)**, le **Règlement européen sur la déforestation (EUDR)** et les critères relatifs aux **Marchés publics écologiques (MPE)**.

Le **marquage CE** peut s'appliquer selon le type de produit. Les programmes volontaires tels que **le FSC**, **le PEFC**, **l'Écolabel UE** et **les EPD** soutiennent la transparence et sont précieux lorsqu'ils sont intégrés au DPP pour la communication de la durabilité et de la conformité.

Références aux réglementations de l'UE :

- Règlement sur l'écoconception pour des produits durables (ESPR) : 
- Règlement REACH (y compris les restrictions sur le formaldéhyde) : 
- Règlement sur la sécurité générale des produits (RSGP) : 
- Règlement européen sur la déforestation (EUDR) : 
- Critères relatifs aux marchés publics écologiques (MPE) : 

How the Digital Product Passport supports traceability and innovation in furniture sector



6

How the Digital Product Passport connects lifecycle phases and supports circularity



7

Traçabilité des produits dans le secteur du meuble grâce au Passeport numérique du produit (DPP)



Solutions



Blockchain

EZ Lab

Italie ↔

EZ Lab a développé la plateforme Made in Block pour créer des passeports numériques pour les produits de mobilier, en utilisant la technologie blockchain afin d'assurer la traçabilité et l'immutabilité des données tout au long de la chaîne de production. Scanner un code QR sur le produit permet d'accéder aux détails sur la production, l'origine des matières premières et les certifications de durabilité, garantissant la transparence et favorisant la préparation future à la conformité au Règlement sur l'écoconception pour des produits durables (ESPR).



Corde QR

ScanTrust

Suisse ↔

ScanTrust propose une solution basée sur le code QR pour soutenir la mise en œuvre du Passeport numérique du produit (DPP). Cette plateforme permet aux fabricants de relier chaque produit à un code QR dynamique, sécurisé et traçable, qui se connecte à un profil numérique contenant des informations détaillées sur l'origine du matériau, la durabilité, le processus de production, les instructions d'utilisation, la réparation, la réutilisation et le recyclage.



NFC (Near Field Communication - Communication en champ proche)

Smartrac (Avery Dennison)

Pays-Bas ↔

Smartrac, qui fait partie du groupe Avery Dennison, propose des solutions NFC (Near Field Communication - Communication en champ proche) pour suivre les produits et améliorer l'interaction avec les consommateurs. Leur technologie NFC est utilisée pour créer des expériences personnalisées et fournir des informations détaillées sur les produits, telles que leur origine, leur authenticité et leurs données de durabilité. Les étiquettes NFC permettent aux consommateurs d'interagir facilement avec les produits via des smartphones en accédant à des contenus exclusifs ou à des informations supplémentaires simplement en approchant leur dispositif du produit.



Plateforme basée sur le cloud

WOOD.BE

Belgique ↔

WOOD.BE, en collaboration avec TripleR.io, développe FurniPASS, un passeport numérique du produit adapté au secteur du meuble. Dans le cadre de l'initiative belge « BBBC 2023 », ce projet vise à créer un prototype fonctionnel aligné sur les exigences ESPR à venir. FurniPASS cible les parties prenantes de toute la chaîne de valeur (fabricants, recycleurs, consommateurs et institutions) et inclut des activités telles que la cartographie de la chaîne d'approvisionnement, des directives d'écoconception et des tests dans un environnement de démonstration. Le projet s'étend de 2024 jusqu'au milieu de 2026 ↔



Jumeau numérique

HARTING

Allemagne ↔

De plus en plus de domaines de la vie courante deviennent électrifiés et les secteurs sont en train d'être interconnectés intelligemment. Pour atteindre une véritable neutralité climatique, les entreprises doivent également examiner de manière critique les composants de leurs produits. C'est là qu'intervient HARTING : le jumeau numérique est la clé pour déterminer l'information sur la durabilité d'un produit dans le contexte de la numérisation. Le DPP enrichit le jumeau numérique avec des données complètes sur chaque composant du produit et le rend traçable.



Exemples

**AkzoNobel Protective Coatings***Pays-Bas*

AkzoNobel Protective Coatings a introduit une solution de traçabilité sécurisée pour lutter contre la contrefaçon et améliorer la communication numérique avec les clients. Chaque contenant de peinture dispose d'un code QR unique et sécurisé qui permet une vérification instantanée de l'authenticité du produit via un smartphone. En scannant, l'utilisateur est dirigé vers un espace numérique dédié où il peut accéder à des fiches techniques spécifiques à chaque région, aux documents de sécurité et aux instructions d'application. Un tableau de bord centralisé suit les interactions en temps réel, offrant des informations sur le comportement et les préférences des clients. En passant de la documentation papier à la documentation numérique, le système améliore non seulement la transparence et l'expérience utilisateur, mais réduit également l'impact environnemental et soutient la conformité réglementaire.

**Projet R-evolve de l'UE***Italie*

R-evolve est un projet Horizon, financé par l'UE, qui vise à accélérer la transition vers une économie circulaire dans le secteur européen du meuble. L'initiative vise à intégrer des modèles commerciaux circulaires, un design durable, l'utilisation de matériaux biosourcés ou recyclés, ainsi que des outils numériques tels que le Passeport numérique du produit (DPP). « R-evolve » implique l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement du secteur du meuble, y compris les consommateurs privés, commerciaux et publics, et met en œuvre neuf projets pilotes en collaboration avec des fabricants, des détaillants et des prestataires de services à travers l'Europe pour tester les innovations proposées. Pour assurer un impact durable, « R-evolve » prévoit l'élaboration de lignes directrices pratiques, de supports de formation et d'une Communauté de pratique pour faciliter le partage des connaissances et l'échange de bonnes pratiques de transition circulaire entre les différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement, le tout coordonné par FederlegnoArredo.

**System 180 GmbH***Allemagne*

System 180 est une entreprise allemande qui conçoit et fabrique des meubles pour des espaces de travail et de vie contemporains. Dans le cadre du projet désormais achevé « Détection d'objets par IA pour augmenter l'efficacité des ressources », l'entreprise a contribué au développement d'un modèle d'économie circulaire en améliorant l'efficacité des ressources dans la production de meubles. Le projet s'est concentré sur la mise en œuvre de technologies de vision par ordinateur pour la détection et la classification de composants de meubles et de leur état. Un résultat clé a été l'intégration de ces données niveau objet dans le Passeport numérique du produit (DPP), permettant une traçabilité plus précise, un potentiel de réutilisation amélioré et une prise de décision basée sur les données tout au long du cycle de vie du produit.

**NORNORM***Danemark*

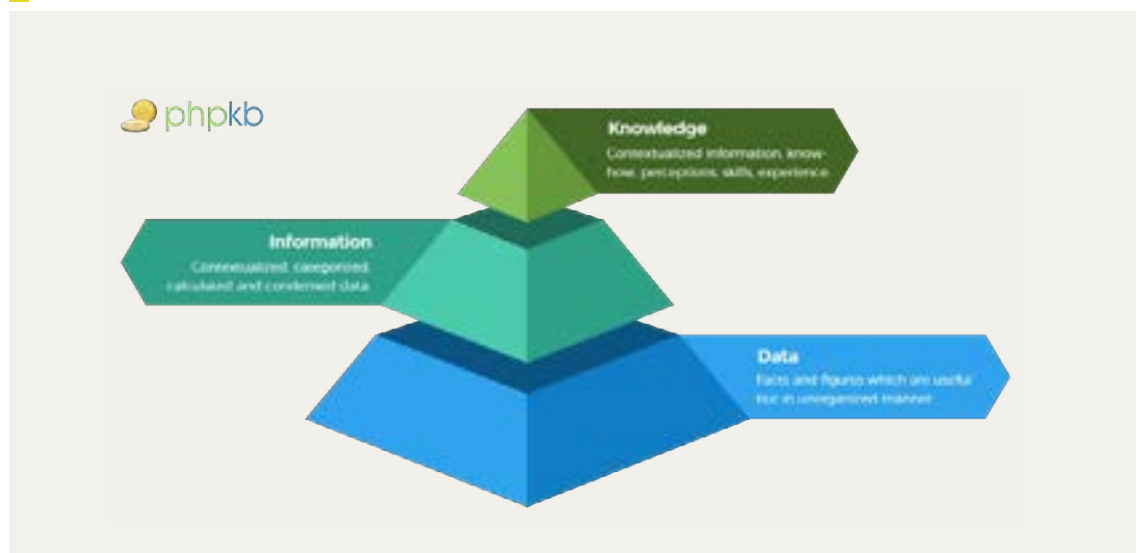
NORNORM est le service de location de meubles circulaire axé sur la technologie qui minimise le gaspillage de ressources grâce à des solutions adaptables aux besoins évolutifs des espaces de travail. Le Passeport circulaire de NORNORM utilise des codes QR sur chaque meuble, octroyant aux utilisateurs l'accès aux spécifications des produits, aux données sur l'empreinte carbone, à l'historique d'utilisation de l'article ainsi qu'aux signalements de problèmes. Cet outil améliore le service client en permettant le signalement de problèmes et soutient l'engagement de l'entreprise envers la circularité grâce à un suivi transparent du cycle de vie. ➡

**Tonin Casa***Italie*

Tonin Casa, une marque italienne de meubles avec plus de 45 ans d'expérience, a adopté un Passeport numérique du produit intégré à la technologie blockchain pour renforcer la transparence et la traçabilité. Cette initiative soutient l'engagement de l'entreprise envers un artisanat authentique Made in Italy et prépare les prochaines réglementations européennes sur la durabilité. Lors du Salone del Mobile, des produits comme la chaise Lisa ont montré l'ensemble de leur parcours de production par le biais de codes QR, permettant aux utilisateurs d'accéder à des informations détaillées sur les matériaux, la sécurité et l'origine.



1



Difficulté de mise en œuvre : **Faible-moyenne**Viabilité économique : **Moyenne-Élevée**

La science des données appliquée à la fabrication de meubles



Description

La science des données fait référence à l'analyse des données pour extraire des connaissances que les entreprises peuvent utiliser pour prendre des décisions basées sur les données. Aujourd'hui, les entreprises génèrent de grandes quantités de données à chaque étape du processus : des premières étapes de la conception du produit jusqu'à sa fabrication, et à chaque interaction avec les clients et les fournisseurs. L'analyse de ces données peut aider les entreprises à mieux comprendre leurs processus, à améliorer leurs performances, à prendre des décisions commerciales éclairées et à stimuler l'innovation.

1 Chemin des données vers la connaissance ⇄

Parmi les données générées par les entreprises de l'industrie de la fabrication de meubles figurent : données de la chaîne d'approvisionnement, conception et matériaux des produits, coûts de production, ventes et données des clients. De plus, les technologies IoT peuvent recueillir des informations supplémentaires en temps réel telles que des informations environnementales (température, niveaux de bruit, pollution ou qualité de l'air) ou la surveillance du processus de fabrication (consommation d'énergie ou d'eau, utilisation et

état des machines, détection de pannes et d'erreurs, et indicateurs d'efficacité).

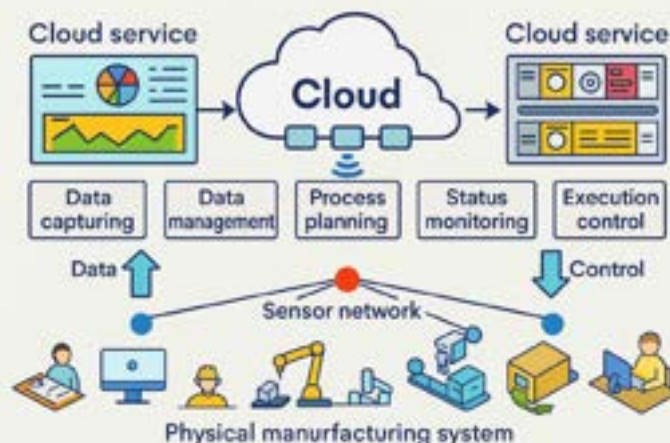
2 Architecture de système de fabrication basée sur le cloud

Grâce aux techniques d'analyse appropriées, des informations significatives peuvent être extraites des données. Il convient de noter que, quel que soit le type d'analyse appliqué, il est important de garantir la qualité des données d'entrée, qui doivent respecter les caractéristiques suivantes : précision (degré de précision ou absence d'erreur des données), complétude (quantité de données correctes ou complètes), fiabilité (cohérence des données par rapport à d'autres sources de confiance), pertinence (si les données sont utiles et appropriées à la tâche) et actualité (les données sont à jour).

Une fois la qualité des données assurée, leur analyse peut aider les entreprises à prendre des décisions dans de nombreux domaines différents. Selon le résultat souhaité, différentes techniques d'analyse peuvent être nécessaires. Ces techniques peuvent inclure l'analyse statistique, le traitement de données, la visualisation de données ou des algorithmes d'intelligence artificielle.

3 Le cadre conceptuel de la fabrication intelligente de meubles basée sur la technologie des big data (Source : auteur)

Le secteur de la fabrication de meubles peut bénéficier du traitement des données tout au long de son cycle de vie : concevoir et développer de nouveaux produits en accord avec les tendances et besoins des clients, mesurer l'efficacité des campagnes, et mieux com-



La science des données appliquée à la fabrication de meubles

prendre le comportement et les préférences des clients pour des stratégies d'engagement et de fidélisation plus efficaces ; prévoir l'offre et la demande, permettant la planification de la production basée sur la demande des clients et l'optimisation de la logistique et du transport des produits ; assurer la qualité des produits manufacturés grâce à la surveillance en temps réel du processus de fabrication ; appliquer des algorithmes de détection de pannes pour anticiper les défaillances des machines et prévenir les pannes, conduisant à une maintenance prédictive ; ou réduire la consommation d'énergie grâce à des algorithmes de gestion énergétique, des processus de replanification et d'optimisation. Au-delà de l'optimisation des opérations et de la conception de produits, les données peuvent également être exploitées pour améliorer le développement de la main-d'œuvre grâce à **une formation basée sur les données**. Cette approche représente une autre application stratégique de la science des données au sein des organisations. En analysant les indicateurs de performance des employés, les données d'analyse du travail, les contraintes financières et les contributions des parties prenantes, les entreprises peuvent concevoir des programmes de formation ciblés, efficaces et alignés sur les objectifs de l'entreprise. La formation basée sur les données permet aux équipes de développement humaines d'identifier les lacunes de compétences, de suivre les progrès en temps réel et d'évaluer l'efficacité des interventions de formation. Il ne s'agit pas seulement d'améliorer le contenu, mais aussi de produire des décisions plus intelligentes et empiriques qui relient directement les résultats d'apprentissage aux performances de l'entreprise.



Application

Comme indiqué ci-dessus, il existe de nombreuses façons d'appliquer les technologies de traitement des données dans le secteur du meuble. Les sources de données disponibles peuvent être combinées et exploitées grâce à diverses techniques et apportent aux entreprises des améliorations dans différents domaines. Ces développements incluent :

- Applications visant à **optimiser l'efficacité opérationnelle du processus de fabrication** grâce à la surveillance basée sur l'IoT, l'analyse de données et l'automatisation. Ces technologies peuvent être utilisées pour la supervision continue et détaillée des processus de production, la détection de comportements anormaux, l'amélioration de la cybersécurité industrielle et l'établissement de stratégies de maintenance prédictive afin de minimiser les temps d'arrêt, d'augmenter la productivité et la qualité, ainsi que de réduire les coûts de maintenance et le gaspillage.
- 4 *Types de maintenance (Source : G3)*
- Applications pour optimiser **la chaîne d'approvisionnement de fabrication et de distribution**. La prévision des ventes est cruciale pour anticiper la demande des clients finaux et commerciaux. L'analyse de données peut identifier les produits les plus vendus, les tendances du marché et le comportement des clients afin de prévoir cette demande future. Les informations provenant des systèmes ERP et des politiques de vente peuvent également être analysées pour identifier les tendances de la clientèle. Pour que ces prévisions soient précises, elles nécessitent la collaboration des équipes de vente, marketing, opérations et logistique. Une fois obtenues,

3



les prévisions peuvent être appliquées pour optimiser les stocks, évitant à la fois les pénuries et les excès de stocks, et minimisant ainsi les coûts de fabrication. En combinaison avec la maintenance prédictive de l'équipement et les applications de contrôle qualité, des problèmes potentiels peuvent être identifiés pour **éviter les retards**. De la même manière, combinés à des algorithmes d'optimisation des itinéraires, elles peuvent aider à optimiser **la logistique et la livraison**, minimisant les coûts de transport et de distribution.

5 Planification de la chaîne d'approvisionnement grâce à l'analyse prédictive

- Applications liées à **la durabilité et à la réduction des déchets** qui incluent le traitement des données pour évaluer automatiquement l'impact environnemental associé aux différentes étapes du cycle de vie des produits, ou l'empreinte carbone des produits. Il peut également s'agir d'une analyse des schémas de production de déchets, identifiant des opportunités pour réduire les déchets et augmenter le recyclage.
- Applications liées au **contrôle qualité et à l'inspection**, basées sur des données d'image et de capteurs, traitées via le Machine Learning (ML, ou apprentissage automatique). Ces technologies peuvent aider à détecter automatiquement les irrégularités et défauts du produit, garantissant sa qualité avant sa distribution.

6 Schéma d'un système de détection de défauts

- Applications liées à la **conception et au prototypage de produits**. Les algorithmes de **conception générative** peuvent aider les concepteurs à générer plusieurs options basées sur des instructions et des règles établies par les concepteurs, offrant ainsi de nouvelles approches de modélisation. Ces technologies permettent également de générer de nouvelles conceptions basées sur les précédentes, basées sur la nature, utilisant des

formes complexes ou modélisant des produits personnalisés. Elles peuvent fournir une ample gamme de résultats, permettant la modification de paramètres tels que les matériaux, les dimensions ou la fonctionnalité.

- Application pour **l'amélioration du marketing et de l'expérience client**. L'analyse de données peut être appliquée aux profils clients pour faire des recommandations de produits personnalisées, adapter les campagnes marketing et, de manière générale, améliorer le service client. Les technologies de traitement du langage naturel (NLP) et de chatbot offrent la possibilité d'assurer un support client 24h/24 et 7j/7.

4





Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Faible/Moyenne

Compte tenu de la grande diversité des solutions liées au traitement des données dans la fabrication, il est difficile d'évaluer leur difficulté de mise en œuvre. Dans l'ensemble, il existe des technologies stables qui offrent de bonnes solutions pour améliorer différents aspects du processus avec une faible difficulté. Si la solution implique des algorithmes d'intelligence artificielle, l'une des principales difficultés est de fournir au système des données suffisamment précises pour entraîner les algorithmes.

■ Viabilité économique : Moyenne-Élevée

Le coût lié au déploiement de la solution dépendra des licences logicielles, des coûts de développement ou de personnalisation, et surtout des besoins matériels variables (qui peuvent aller des dispositifs IoT à faible coût à la robotique ou aux machines automatisées). Dans chaque cas, une analyse de viabilité économique doit être réalisée afin d'évaluer les bénéfices économiques et les réductions de coûts obtenus (grâce à l'optimisation de la maintenance, à la minimisation des stocks, etc.) et de calculer le retour sur investissement du déploiement.

■ Facteurs humains

Les technologies de traitement des données peuvent susciter certaines préoccupations chez les travailleurs, telles que la crainte de perdre leur emploi et des questions liées à la confidentialité. Les travailleurs peuvent craindre que ces nouvelles technologies, telles que l'automatisation ou l'intelligence artificielle, ne mettent leur emploi en danger. Cependant, ces technologies peuvent aussi créer de nouvelles opportunités d'em-

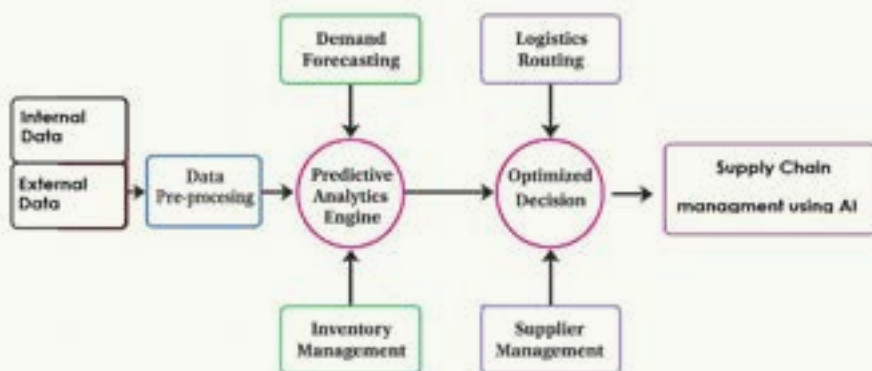
ploi, comme l'exploitation et la maintenance de nouvelles machines ou la compréhension et l'exploitation de l'analyse de données. Pour favoriser une transition en douceur, il est crucial de communiquer de manière proactive que ces outils sont conçus pour aider, et non pas pour remplacer, l'expertise humaine. Les programmes de formation peuvent aider les travailleurs à s'adapter aux nouvelles opportunités et à atténuer les déplacements d'emplois.

En matière de confidentialité, l'utilisation de l'analyse de données implique la collecte et le traitement de grandes quantités de données, pouvant inclure des informations personnelles des travailleurs. Il est essentiel de veiller à ce que les informations collectées soient traitées de manière éthique et conforme aux réglementations de confidentialité. Une compréhension claire des informations collectées, de la manière dont elles seront utilisées et de l'objectif de cette analyse sera également bénéfique pour l'acceptation de ces solutions. La transparence, le consentement éclairé et le respect du RGPD sont des piliers essentiels de la gouvernance éthique des données.

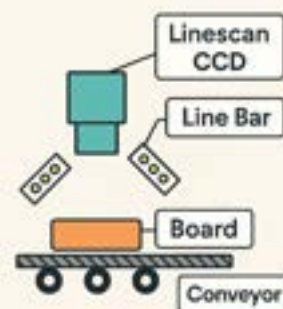
Parallèlement, les technologies de traitement des données peuvent également améliorer les conditions de travail en améliorant leur sécurité en prévoyant les dangers potentiels et en prévenant les accidents grâce à la surveillance des installations. Elles peuvent également améliorer l'ergonomie et réduire la fatigue physique en automatisant ou en optimisant des tâches à haut risque ou répétitives.

En résumé, la réussite de la mise en œuvre des technologies de traitement des données dépend non seulement du déploiement technique, mais aussi de la construction de la confiance numérique, de la protection des droits des travailleurs et de l'intégration de la conception centrée sur l'humain dans tous les systèmes et les flux de travail.

5



6



■ Facteurs environnementaux

Plusieurs facteurs environnementaux soutiennent l'adoption des technologies de traitement des données dans ce secteur.

Par exemple, ces technologies peuvent améliorer l'efficacité des ressources consommées. Les technologies de traitement des données ont la capacité d'optimiser l'utilisation des matériaux, de réduire les déchets et de minimiser l'empreinte carbone des processus de fabrication. L'analyse des données de production permet d'identifier les domaines où les ressources peuvent être utilisées plus efficacement. De plus, la surveillance des machines et des usines de production permet une meilleure gestion des consommations d'énergie, augmentant leur efficacité et réduisant les émissions de gaz à effet de serre.

Ces technologies soutiennent également la mise en œuvre de l'écoconception, évaluant l'impact des différents processus tout au long du cycle de vie des produits et des matériaux, ainsi que des principes d'économie circulaire, les suivant tout au long de la chaîne d'approvisionnement et facilitant leurs processus de recyclage et de recyclage valorisant. Les déchets peuvent également être gérés plus efficacement grâce à l'identification des sources et des types de déchets générés, afin d'optimiser leurs activités de recyclage et d'élimination.

Enfin, les technologies de traitement des données peuvent aider les fabricants à se conformer aux réglementations environnementales, en simplifiant et en générant automatiquement des rapports sur divers indicateurs environnementaux, et en soutenant les processus de certification environnementale ainsi que le respect des normes industrielles.

Cependant, au cœur du traitement des données se trouve une infrastructure physique composée de serveurs, de dispositifs de stockage, d'équipements de réseaux et de systèmes de refroidissement, principalement situés dans des centres de données centralisés ou en périphérie. Ces installations nécessitent une quantité importante d'électricité et d'eau pour fonctionner, non seulement pour alimenter les tâches informatiques






mais aussi pour maintenir le refroidissement et garantir la redondance. La phase de fabrication du matériel comporte également un coût environnemental important lors de l'extraction et du raffinage des matériaux utilisés (métaux, terres rares, etc.) et des composants (électronique, etc.). De plus, les cycles d'obsolescence rapides du matériel informatique (souvent de 3 à 5 ans) aggravent la génération de déchets électroniques, dont une grande partie n'est pas correctement recyclée en raison de sa complexité.

L'une des applications les plus énergivores du traitement des données est l'IA et l'apprentissage automatique, mais le domaine où l'impact est croissant est le stockage et la redondance des données. Ces informations stockées mais inutilisées contribuent à la charge des serveurs et à la consommation d'énergie sans ajouter de valeur.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

Alignement sur les certifications et réglementations

Plusieurs réglementations et certifications s'appliquent à l'industrie de la fabrication du meuble et peuvent être liées aux technologies de traitement des données. Par exemple :

- Elles peuvent aider les fabricants à se conformer aux certifications et réglementations environnementales telles que le Règlement sur l'écoconception pour des produits durables (ESPR ) de l'UE et générer des Passeports numériques du produit (DPP)
- Le Règlement général sur la protection des données (RGPD ) doit être pris en compte lors de la gestion des informations des clients ou des travailleurs.
- Les normes de cybersécurité contribuent à préserver l'intégrité des données et à prévenir les brèches de sécurité. (Série de normes ISA/CEI 62443 - ISA ) (Directive NIS2 : nouvelles règles sur la cybersécurité des réseaux et des systèmes d'information | Façonner l'avenir numérique de l'Europe ) (Loi sur la résilience cybernétique | Façonner l'avenir numérique de l'Europe )



Solutions



Maintenance prédictive des machines industrielles

DRIBIA

Espagne ↔

Détection de comportements anormaux basée sur l'apprentissage automatique dans les machines, dans le but d'augmenter la productivité, de réduire les déchets, d'améliorer la qualité des produits et de diminuer le temps et les coûts liés aux réparations, à la maintenance, aux interruptions et aux arrêts des machines. Le système peut identifier des conditions non optimales ou pouvant entraîner des arrêts de machines.



Système de gestion d'entrepôt

Logiciel TESY

Italie ↔

TLog est un logiciel WMS qui contrôle toutes les entités fondamentales de l'environnement d'entrepôt. Il surveille l'acceptation, le chargement et la livraison des produits, améliore les performances de gestion d'entrepôt grâce à un étiquetage intelligent des produits et des emplacements, gère les priorités, accélère les processus et maximise l'efficacité des opérateurs grâce au guidage lors du ramassage des matériaux.



Optimisation de la chaîne d'approvisionnement

AIMMS

Pays-Bas ↔

L'application SC Navigator pour la conception de réseaux d'approvisionnement permet la visualisation de la chaîne d'approvisionnement actuelle, l'optimisation des flux et la simulation de scénarios en tenant compte des variations de la demande, des perturbations des lieux et des modes de transport. L'outil vise à optimiser les coûts, les niveaux de service et l'empreinte carbone.



Fabrication à la demande et automatisation de la chaîne d'approvisionnement

Lectra

France ↔

Lectra propose Furniture On Demand, une solution de bout en bout pour automatiser la production et les processus de chaîne d'approvisionnement dans le secteur du meuble. Elle permet de connecter les composants de la salle de coupe, d'automatiser les flux de travail et de prendre des décisions basées sur les données pour améliorer l'efficacité et la croissance. La plateforme soutient la personnalisation et la durabilité en optimisant l'utilisation des matériaux et en permettant une fabrication flexible à la demande.



Prétraitement des données en temps réel et interconnectivité

Node-RED/Flowfuse

États-Unis ↔

Node-RED/Flowfuse répond aux principaux défis industriels de l'IoT en fournissant un environnement visuel basé sur les flux qui simplifie l'intégration, la gestion et l'automatisation des appareils connectés. Il permet une collecte de données fluide à partir de capteurs variés, des analyses en temps réel en périphérie, la traduction de protocoles et une connectivité cloud sécurisée, permettant un développement rapide de solutions évolutives et maintenables.



Formation basée sur les données pour un apprentissage personnalisé

Rapl

États-Unis ↔

Rapl est une plateforme de formation basée sur les données conçue pour accélérer le développement de la main-d'œuvre grâce à un apprentissage personnalisé basé sur les performances. En s'appuyant sur des algorithmes et des analyses, elle identifie les lacunes de compétences et propose des contenus ciblés adaptés aux besoins individuels. Les gestionnaires de L&D obtiennent des informations en temps réel sur les progrès des apprenants, permettant des interventions précises et percutantes. Rapl transforme la formation d'entreprise : de présentations passives en expériences d'apprentissage dynamiques et mesurables. Résultat : une acquisition plus rapide des compétences, des meilleures performances et une équipe prête pour l'avenir.



Exemples

**SIMON***Espagne*

GOIA est un outil sur mesure pour la prévision de la demande des clients. Il combine prédiction et IA, utilisant des outils « analyst-in-the-loop » (analyste dans la boucle) pour prendre en compte l'expérience et les capacités de jugement des opérateurs. Ceci permet d'améliorer la qualité et la confiance en les résultats, ainsi que la capacité à s'adapter aux problèmes imprévus.

**Blum***Autriche*

Blum produit des systèmes de charnières, de relevage et de glissières ainsi que les outils d'assemblage appropriés pour l'industrie de l'ébénisterie et du meuble. Craftsman a développé une infrastructure Big Data pour de multiples cas d'utilisation en analytique prédictive et assurance qualité, afin d'améliorer le processus décisionnel basé sur les données, la planification de la production et les informations pertinentes concernant la chaîne d'approvisionnement.

**ABI Mouldings***Canada*

La solution de gestion des stocks MRPeasy a aidé ABI Mouldings à s'adapter à une augmentation d'environ 75 % du volume de production sur une période d'environ deux ans. L'application s'est avérée être un outil crucial tant pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement, des commandes et des stocks, que pour la planification anticipée de la production.

**IKEA***Suède*

IKEA Kreativ utilise l'IA et l'informatique spatiale pour transformer les photos des utilisateurs en modèles 3D de pièces modifiables. Ceci permet la visualisation personnalisée des produits, soutient la conception générative pour la planification intérieure, et améliore l'expérience client ainsi que l'efficacité du marketing, réduisant les déchets liés au prototypage physique et s'alignant sur les tendances de personnalisation numérique.

**Unilin (+ Robovision)***Belgique*

Unilin Group utilise des systèmes de vision basés sur l'IA pour détecter les défauts subtils sur des plaques laminées à grande vitesse (100/min), automatisant le contrôle qualité, augmentant le rendement et améliorant l'efficacité. Les modèles d'apprentissage profond s'améliorent en continu en apprenant à partir de nouvelles données de défauts et de schémas, sont facilement réentraînés et supportent un déploiement évolutif sur différents produits et gammes.

**Amcor***Suisse*

Amcor, leader mondial du développement et de la production d'emballages responsables, recueillait déjà de nombreuses données de ses 23 installations avec un système SCADA traditionnel. Mais un manque de visibilité, de standardisation et d'automatisation signifiait que l'entreprise ne tirait pas suffisamment parti de ces données. Afin d'améliorer les performances des lignes, Amcor a construit une suite de systèmes d'exécution de fabrication en périphérie utilisant la plateforme AVEVA System afin de permettre aux équipes de mesurer et de suivre de manière cohérente les données de production. C'est un excellent exemple de la manière d'utiliser mieux les données collectées en les transformant en informations pertinentes.



Difficulté de mise en œuvre : **Faible/Moyenne**Viabilité économique : **Moyenne-Élevée**

Interopérabilité humain-machine



Description



La numérisation de l'industrie manufacturière fait appel à des technologies telles que l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA) et le Big Data. Pour que les entreprises puissent tirer pleinement parti des opportunités offertes par ces technologies, des interfaces agiles et conviviales doivent être mises en place.

1 Écrans tactiles pour la fabrication. Créateur :

Leif Juergensen | Crédit : Leif Juergensen

Droits d'auteur : Leif Juergensen.

Le déploiement de cette numérisation présente plusieurs défis :

- **Connectivité** : l'environnement présente des sources de données hétérogènes, notamment des dispositifs, des machines ou des systèmes hérités, ce qui nécessite de combiner différents protocoles et formats pour permettre l'interopérabilité. Pour relever ce défi, les normes d'interopérabilité et les technologies habilitantes telles que les APIs OPC UA (Unified Architecture), MQTT, LwM2M et REST jouent un rôle crucial.
- **Coût** : la transformation numérique implique d'importants investissements initiaux en technologies, licences logicielles, infrastructures, développements et main-d'œuvre spécialisée.
- **Évolutivité** : les systèmes numériques doivent être capables de faire face à la demande croissante en termes d'exigences, de données ou de charges de traitement.
- **Interaction avec les humains** : Les IHM et les technologies de visualisation sont fondamentales pour la transformation numérique des organisations, servant de point de connexion entre les utilisateurs et les technologies. La fiabilité de ces IHM doit être garantie (par redondance, mécanismes de sécurité, principes de conception UI/UX) pour des interactions cohérentes et sans erreurs dans les flux de travail critiques.
- **Cybersécurité** : à mesure que les systèmes deviennent de plus en plus interconnectés, ils deviennent plus vulnérables aux violations de données, aux accès non autorisés ou aux perturbations du système. Les normes de cybersécurité (sous le nom ISA/CEI 62443 (série de normes ISA/CEI 62443 - ISA ), la directive NIS2 (Directive NIS2 : nouvelles règles sur la cybersécurité des réseaux et des systèmes d'information | Façonner l'avenir numérique de l'Europe ) , ou la Loi sur la cyber-résilience (Loi sur la cyber-résilience | Façonner l'avenir numérique de

l'Europe ) permet d'atténuer ces risques et de sécuriser à la fois les données et les systèmes.

Concernant ce dernier aspect, Industrie 5.0, fondée sur des technologies de numérisation, propose une approche plus centrée sur l'humain, avec trois piliers fondamentaux : la sécurité, la fiabilité et la conception centrée sur l'humain. L'objectif est de faciliter la collaboration intelligente entre humains et machines, en combinant l'intelligence et la créativité humaines avec des machines efficaces, intelligentes et précises.

2 Piliers d'Industrie 5.0

Selon l'Union européenne, Industrie 5.0 « offre une vision de l'industrie qui vise au-delà de l'efficacité et de la productivité comme seuls objectifs et renforce le rôle et la contribution de l'industrie envers la société ». Elle « place également le bien-être du travailleur au centre du processus de production et utilise de nouvelles technologies pour offrir prospérité au-delà des emplois et de la croissance tout en respectant les limites des ressources de la planète. »

En ce qui concerne les IHM et l'interopérabilité entre humains et technologies, les interfaces doivent être conçues pour être intuitives et conviviales. Les opérateurs doivent être capables d'interagir sans interruption avec des systèmes de plus en plus complexes. L'expérience utilisateur (UX) et les conceptions centrées sur l'utilisateur (UCD) placent l'utilisateur au centre de la conception de l'interface. Par exemple, des cadres d'UX agiles permettent des ajustements rapides de la conception en fonction des retours des utilisateurs, permettant ainsi aux opérateurs de participer à la phase de conception de l'IHM. Ces conceptions centrées sur l'opérateur minimisent la courbe d'apprentissage, réduisent le temps de formation et augmentent la productivité des travailleurs.

Dans le cas de la surveillance et du contrôle des processus de fabrication, les IHM fournissent aux opérateurs des informations en temps réel sur les opérations des machines, de la ligne de production ou du système. Le logiciel de visualisation garantit que toutes les données collectées sont présentées dans un format intelligible, complet et exploitable. Ces interfaces visuelles peuvent intégrer des algorithmes d'IA pour aider les opérateurs dans leur processus décisionnel, en analysant de grandes quantités de données et en fournissant des informations qui, combinées à leur expertise, peuvent être utilisées par les opérateurs pour prendre les décisions finales.

3 Interaction humain-machine : programmation du comportement des robots

Enfin, concernant la conception ergonomique des interfaces pour garantir le confort et la sécurité des travailleurs, il existe une ample gamme d'interfaces physiques pouvant être appliquées pour réduire la fatigue physique, telles que les écrans tactiles, les commandes vocales et les commandes gestuelles. Ces technologies favorisent également l'accessibilité et l'inclusion au travail en accommodant les utilisateurs ayant des troubles visuels, moteurs ou auditifs, garantissant ainsi l'égalité en termes d'accès aux systèmes numériques.



Application

Utiliser les bonnes plateformes de visualisation et d'IHM peut améliorer l'efficacité, la sécurité et la productivité du processus de fabrication.

Conception collaborative

Dans le contexte d'Industrie 5.0 et de l'interaction humain-machine, la conception collaborative joue un rôle clé dans le développement d'IHM intuitives et efficaces. Cette approche implique que plusieurs agents travaillent ensemble en temps réel pour co-crédier des interfaces fonctionnelles, ergonomiques et adaptées aux besoins des utilisateurs. En partageant expertise et retours tout au long du processus de conception, les équipes peuvent s'assurer que les systèmes résultants soutiendront la productivité, la sécurité et la satisfaction des utilisateurs.

4 IHM pour la conception collaborative [↔ Source](#),
créateur et crédit : rawpixel [↔ Détails de la licence](#) [↔](#)

Surveillance en temps réel et historique

Pendant le processus de production, les IHM peuvent minimiser les temps d'arrêt et optimiser l'efficacité de la production. Dans les situations où la minimisation de la latence est cruciale, l'intégration de technologies d'informatique en périphérie permet une prise de décision plus rapide. Elles permettent la visualisation des données en temps réel en surveillant les performances des

machines ou en suivant des métriques de production, ainsi que le contrôle des machines en ajustant les réglages selon les besoins. La visualisation des données pertinentes, collectées par les systèmes de surveillance et traitées par des algorithmes d'analyse de données, et présentées aux opérateurs dans un format convivial et complet, leur permet de suivre correctement le processus de production, d'agir sur les informations présentées et de prendre des décisions éclairées. Ces informations peuvent être appliquées à :

- Améliorer l'efficacité du processus de fabrication.
- Réduire les déchets générés lors du processus de fabrication.
- Effectuer des opérations de contrôle qualité et détecter les défauts dès le début du processus.
- Identifier les goulots d'étranglement et optimiser le flux de travail de production, pour améliorer l'efficacité des opérations et réduire les temps d'arrêt.
- Surveiller et gérer la consommation d'énergie, contribuer à des pratiques de fabrication plus durables et réduire l'empreinte carbone des opérations.
- Effectuer des opérations de maintenance à distance basées sur les notifications d'alarme et de problème, ainsi que l'intégration d'outils de chat et de partage d'écran, permettant la collaboration entre les opérateurs sur site et les techniciens à distance pour une résolution rapide des problèmes.

Collaboration humain-robot

Les IHM facilitent la collaboration entre humains et robots (Human-Robot Collaboration - HRC) en fournissant des interfaces permettant aux opérateurs de programmer et de contrôler facilement des systèmes robotiques. L'objectif n'est pas de remplacer les travailleurs humains, mais de souligner l'importance de la coopération et de la complémentarité en tirant parti de leurs forces respectives. D'un côté, les humains peuvent appliquer un raisonnement basé sur l'expérience, réagir à des problèmes inattendus et porter des jugements basés sur des informations incomplètes ou ambiguës. Physiquement, les humains peuvent gérer des tâches manuelles complexes et précises, ainsi que celles qui nécessitent un savoir-faire. En revanche, les robots et les machines



peuvent effectuer des tâches lourdes, fonctionner en continu et exécuter des tâches répétitives avec une qualité constante. De plus, ils peuvent travailler dans des environnements dangereux, tels que des environnements toxiques ou des températures extrêmes. Néanmoins, la HRC comporte plusieurs défis, notamment des risques liés à l'ergonomie et à la sécurité. Une interaction sûre doit être assurée lorsque robots et humains partagent le même espace comme la surveillance de la position, l'évitement des collisions, les arrêts d'urgence et les mesures de protection. Des interfaces intuitives et ergonomiques doivent également être conçues, afin de minimiser la fatigue, de réduire les risques et d'améliorer le confort de l'utilisateur.

5 *Dépendances dans la collaboration humain-robot.*
Détails de la licence . *Créateur : Jeshwitha Jesus Raja, Meenakshi Manjunath, Philipp Kranz, Fabian Schirmer, Marian Daun. Droits d'auteur : © 2023 Droits d'auteur pour cet article par ses auteurs. Utilisation autorisée sous Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)* 

Formation et développement des compétences

Les IHM intuitives minimisent la courbe d'apprentissage et facilitent aux nouveaux opérateurs l'utilisation de machines complexes grâce à des écrans tactiles interactifs, des aides visuelles et des instructions étape par étape. Elles peuvent également intégrer des tutoriels interactifs et des simulations offrant une expérience de formation pratique. Des environnements virtuels peuvent être mis en place pour que les opérateurs puissent s'entraîner avant de manipuler l'équipement réel, augmentant ainsi leur confiance. Les IHM peuvent également suivre les performances des opérateurs pendant la formation et identifier les domaines nécessitant un développement supplémentaire.

6 *Simulation en réalité virtuelle*



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Faible/Moyenne

La difficulté de mise en œuvre des IHM dans l'industrie du meuble est faible lorsqu'on considère les solutions déjà disponibles sur le marché, comme la conception d'interfaces conviviales permettant aux opérateurs de contrôler des machines complexes. Pour les applications plus proches d'Industrie 5.0, cependant, plusieurs défis restent à relever : la maturité du développement et les coûts de déploiement des technologies, la conception centrée sur l'humain des produits et des processus, les niveaux actuels de compétences des travailleurs ou les problèmes de sécurité liés à la personnalisation de l'analyse IHM et à l'augmentation de la collecte de données.

■ Viabilité économique : Moyenne-Élevée

La viabilité économique du développement des IHM pour l'industrie du meuble dépend du type de solution et des coûts d'investissement associés, qui varieront considérablement, surtout si l'on considère l'achat de nouveaux composants matériels. Néanmoins, de nouvelles solutions d'IHM peuvent améliorer la productivité et l'efficacité du processus de fabrication, aidant ainsi à compenser ces coûts initiaux. Pour cette raison, le processus décisionnel requiert une planification financière rigoureuse et une analyse du retour sur investissement.

■ Facteurs humains

Un principe central d'Industrie 5.0 est de placer les humains au cœur du progrès technologique grâce à des interfaces intuitives, une surveillance assistée et à l'amélioration de l'ergonomie, du confort et de la sécurité. Les interfaces humain-machine (IHM) offrent de multiples avantages, créant des environnements de travail plus accessibles et moins exigeants. Elles facilitent l'intégration des nouveaux collaborateurs, réduisent les



courbes d'apprentissage et soutiennent le recrutement de talents numériquement compétents. Le personnel existant peut améliorer ses compétences grâce à une formation aux interfaces numériques, à l'interprétation des données et à la collaboration avec des systèmes automatisés.

Bien que des inquiétudes puissent surgir quant à la réduction du personnel par la robotique et de nouvelles machines, l'objectif d'Industrie 5.0 n'est pas le remplacement mais une collaboration significative entre les capacités humaines et la précision des machines. Cette synergie permet aux organisations de combiner créativité et jugement avec la cohérence et la rapidité de l'automatisation, optimisant les opérations et contribuant à des environnements de production durables et centrés sur l'humain.

■ Facteurs environnementaux

Dans la fabrication de meubles, les IHM présentent des avantages environnementaux. Elles optimisent les machines, réduisant la consommation d'énergie et l'empreinte carbone, tout en améliorant la précision, le contrôle et l'efficacité de la maintenance, ce qui réduit les déchets. Une meilleure collecte et analyse des données aide également à surveiller l'impact et à garantir la conformité réglementaire. Ensemble, ces pratiques soutiennent une production durable et responsable.

Des défis subsistent. Le matériel d'IHM comprend des écrans, des capteurs, des processeurs, des caméras, et parfois des dispositifs biométriques ou neuronaux. Ces éléments reposent sur des terres rares, des métaux précieux et des plastiques modifiés, dont l'extraction consomme beaucoup d'énergie, émet des polluants et qui sont difficiles à recycler. La fabrication implique souvent des salles blanches, une fabrication de précision et des circuits multicouches, tous très gourmands en ressources. À mesure que les IHM deviennent plus sophistiquées, la réparation, la réutilisation et le recyclage deviennent plus difficiles.

Opérationnellement, les IHM consomment une énergie modeste comparée aux centres de données ou à la robotique, mais l'intégration dans des systèmes en fonctionnement permanent entraîne une consumma-

tion continue en mode veille. Les IHM basées sur la voix et la vision dépendent souvent du traitement en temps réel et de l'IA basée sur le cloud, ce qui relie leur empreinte environnementale à des infrastructures externes telles que les centres de données.

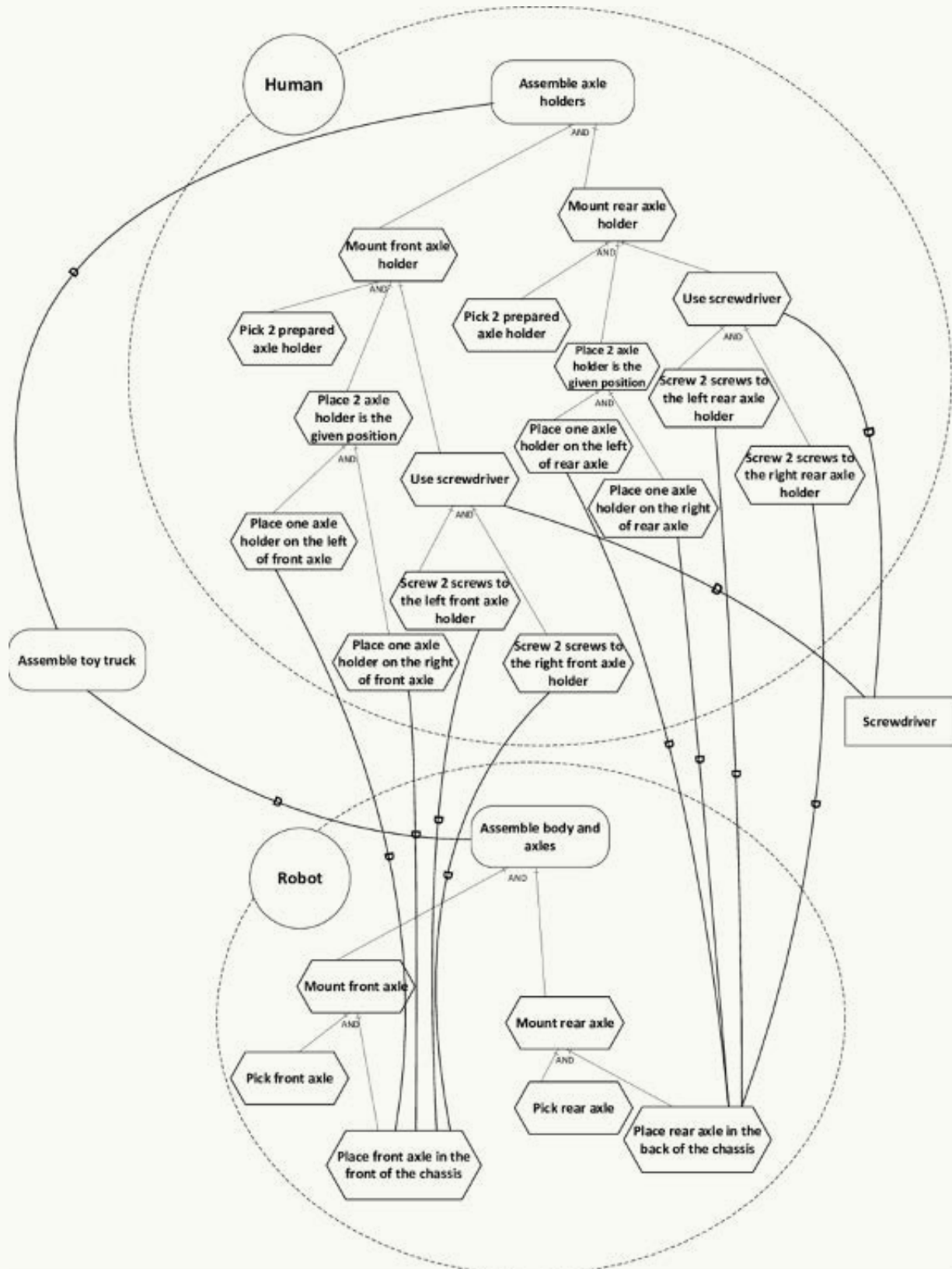
Une autre préoccupation est la courte durée de vie et les taux de remplacement élevés, notamment dans les dispositifs électroniques grand public tels que les smartphones, les tablettes et les accessoires connectés, souvent remplacés tous les 2 à 3 ans. Les conceptions non modulaires empêchent le démontage et la récupération de matériaux précieux, ce qui augmente les déchets électroniques.

Il est essentiel d'équilibrer les bénéfices humains et environnementaux des IHM avec leurs coûts en matériaux et en énergie. La conception durable, des cycles de vie plus longs et des pratiques circulaires peuvent maximiser le rôle des IHM dans l'avancement d'Industrie 5.0 tout en promouvant la responsabilité environnementale.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

Plusieurs réglementations et certifications s'appliquent aux IHM déployées dans le processus de fabrication de meubles. Par exemple :

- Le stockage et le traitement des informations personnelles par les IHM doivent respecter le Règlement général sur la protection des données (RGPD )
 - Les IHM doivent également se conformer aux normes et réglementations en cybersécurité afin d'assurer la protection des données et de prévenir les violations de sécurité (comme ISA/CEI 62443 (Série de normes ISA/CEI 62443 - ISA )) pour la sécurisation des systèmes de contrôle industriel ; Directive NIS2 (Directive NIS2 : nouvelles règles sur la cybersécurité des réseaux et des systèmes d'information | Façonner l'avenir numérique de l'Europe )
- ou la Loi sur la cyber-résilience (Loi sur la cyber-résilience | Façonner l'avenir numérique de l'Europe )
- normes de cybersécurité pour les produits numériques vendus en Europe).





Solutions



Interfaces Humain-Machine de Schneider Electric

Schneider Electric
France ⇄

Faciles à installer, à configurer et à exploiter, les IHM de Schneider Electric offrent un moyen simple et efficace de connecter les systèmes, de collecter des données et de présenter des informations de manière compréhensible. Adaptées à des secteurs tels que la fabrication de meubles, elles proposent une ample gamme de solutions, allant des plus petits terminaux graphiques jusqu'aux PC industriels.



Système HMI/Scada

Beijer Electronics
Suède ⇄

Solutions d'IHM avancées pour une expérience utilisateur améliorée, systèmes d'automatisation évolutifs pour l'efficacité et la réduction des coûts, et outils de numérisation robustes, garantissant une valeur et une adaptabilité à long terme dans tous les secteurs. Ce système propose des solutions personnalisables basées sur iX pour des applications industrielles et des solutions d'IHM basées sur le Web avec des widgets intuitifs pour la conception d'interfaces utilisateur, une intégration fluide et des solutions adaptées au mobile.



Plateforme d'IHM A-Sphere

Alphagate
Allemagne ⇄

La plateforme d'IHM A-Sphere (connue depuis 2025 sous le nom de RANA) propose une solution personnalisable pour le secteur des machines. A-Sphere offre une création facile d'interfaces humain-machine sans compétences en programmation. Elle est indépendante des API et intègre parfaitement divers systèmes. Compatible avec l'IA et la réalité augmentée (RA), elle permet aux entreprises d'intégrer facilement des innovations telles que la maintenance basée sur l'IA ou la formation supportée par RA.



IHM AVEVA InTouch

Aveva
Grande-Bretagne ⇄

L'IHM AVEVA InTouch est un logiciel de visualisation puissant qui aide les opérateurs à optimiser leurs interactions avec les systèmes d'automatisation industrielle. L'édition illimitée offre des licences illimitées, la conformité réglementaire, des rapports de fin de poste et une analyse avancée des processus avec un historique précis, améliorant les performances de tous les processus industriels et manufacturiers.



Infont

Mirmit
Espagne ⇄

Infont est un logiciel de gestion industrielle pour le secteur du meuble. Il permet une surveillance en temps réel de la productivité sur tous types de postes de travail, manuels et automatisés, couvrant des processus allant de la transformation à la manipulation. Il supervise la productivité en temps réel, identifie les goulots d'étranglement, optimise les flux de travail et améliore l'efficacité. Il offre une traçabilité complète des commandes, des activités des opérateurs et des mouvements d'inventaire, avec une personnalisation flexible et une intégration facile via des API.



Système de guidage de machine de coupe de panneaux pour l'opérateur

Homag Group AG
Allemagne ⇄

IntelliGuide est un système modulaire d'assistance à l'opérateur pour scies de division de panneaux, comprenant un logiciel interactif, des signaux LED, des caméras et des projections laser pour guider les opérateurs étape par étape, prévenir les erreurs et optimiser le flux de travail. Il améliore l'ergonomie, la sécurité et l'efficacité, s'adaptant intelligemment aux actions de l'opérateur et favorisant une interaction humain-machine intuitive.



Exemples

**Bona***Suède*

Bona AB fournit des produits pour l'installation, la maintenance et la rénovation de parquets en bois. Bona a opté pour une solution d'automatisation Beijer Electronics avec des panneaux opérateurs d'IHM pour contrôler les machines utilisées dans leur processus de fabrication. Le système commandé à distance a été choisi pour sa rapidité, ses avantages de configuration simple et la fiabilité associée à des fonctionnalités de diagnostic puissantes.

**Glaston***Finlande*

Glaston est un fournisseur de premier plan de technologies et services de transformation du verre pour plusieurs industries, notamment celle du meuble. Une solution d'IHM orientée vers l'utilisateur a été développée, avec une intégration fluide des machines pour une plus grande efficacité, une conception par UX/UI conviviale pour faciliter l'utilisation, ainsi qu'une intégration rapide des nouveaux travailleurs et le développement rapide d'applications avec des fonctionnalités telles que l'analyse des processus et l'assistance à la maintenance pour faciliter les opérations.

**Fecken-Kirfel***Allemagne*

Développement d'une IHM Web révolutionnaire et de haute qualité graphique. Le développement de l'IHM devait rester dans l'entreprise. WebIQ Designer de Smart-HMI permet de créer des interfaces utilisateur dynamiques 100 % basées sur le Web en low-code, simplement en utilisant le glisser-déposer. L'outil a été utilisé pour le développement interne, tandis que Smart HMI ne fournissait qu'une assistance sélective.

**Nowy Styl***Pologne*

L'usine Nowy Styl produit des milliers de composants de mobilier uniques par poste de travail, nécessitant des solutions d'IHM avancées comme powerTouch de Homag et un MES robuste tel que Wood Factory de Homag. Les opérateurs utilisent les IHM pour surveiller la production, gérer les données des pièces, surveiller l'automatisation et s'adapter rapidement aux changements, garantissant une fabrication efficace et personnalisée.

**Cadorin***Italie*

Cadorin a mis en place la ligne d'usinage SCM « celaschi tmc », entièrement conforme aux normes d'Industrie 4.0. Cette solution inclut un système d'IHM qui simplifie l'interaction des opérateurs et offre un contrôle en temps réel sur les données de production. Elle permet un traitement très flexible, adapté aux besoins artisanaux mais avancés de fabrication de Cadorin. Cette intégration améliore la traçabilité, l'efficacité et la précision. Cette collaboration reflète un engagement commun envers un artisanat durable et de haute qualité.

**Ardis Perform + Silva***Belgique*

L'article de blog d'ARDIS sur Silva met en lumière comment la mise en œuvre de PERFORM a transformé la gestion de la production. Chaque station de travail dispose désormais d'un écran interactif avec des listes de tâches en temps réel et à jour, garantissant une communication claire, même pour ceux qui ont une langue maternelle différente. L'interface humaine permet aux responsables d'assigner, de réimprimer de manière interactive sur demande et de changer la priorité des tâches à distance, réduisant ainsi le chaos et améliorant la coordination dans l'atelier.

10

1



Difficulté de mise en œuvre : **Moyenne**
 Viabilité économique : **Moyenne**

AloT pour la fabrication intelligente



Description

L'AloT, ou l'Intelligence Artificielle des Objets, est l'intégration des technologies d'Intelligence Artificielle (IA) avec l'infrastructure de l'Internet des objets (IoT). Cette combinaison améliore les capacités des dispositifs IoT en leur permettant d'analyser les données en périphérie, de prendre des décisions et d'apprendre de l'expérience sans intervention humaine. L'informatique en périphérie est un paradigme informatique distribué qui rapproche les capacités de calcul de la source de données, comme les dispositifs IoT ou les utilisateurs, afin de réduire la latence et d'améliorer les performances. L'AloT, avec l'informatique en périphérie, vise à créer des opérations IoT plus efficaces, à améliorer les interactions humain-machine et à renforcer la gestion et l'analyse des données.

1 Graphique de valeur commerciale basé sur l'IoT et l'IA
 Les composantes clés de l'AloT sont les suivantes :

- **Dispositifs IoT** : Les capteurs, actionneurs et autres dispositifs qui collectent, traitent et transmettent les données.
- **Connectivité** : Elle englobe des réseaux et des protocoles permettant aux dispositifs IoT de communiquer entre eux et avec des systèmes centralisés.
- **Traitement des données** : Les algorithmes d'IA traitent les données collectées par les dispositifs IoT

afin d'en extraire des informations significatives.

- **Informatique cloud** : Fournit l'infrastructure nécessaire pour stocker et traiter de grands volumes de données.
- **Informatique en périphérie** : Facilite le traitement des données à proximité de la source de génération des données, réduisant ainsi la latence et l'utilisation de la bande passante.

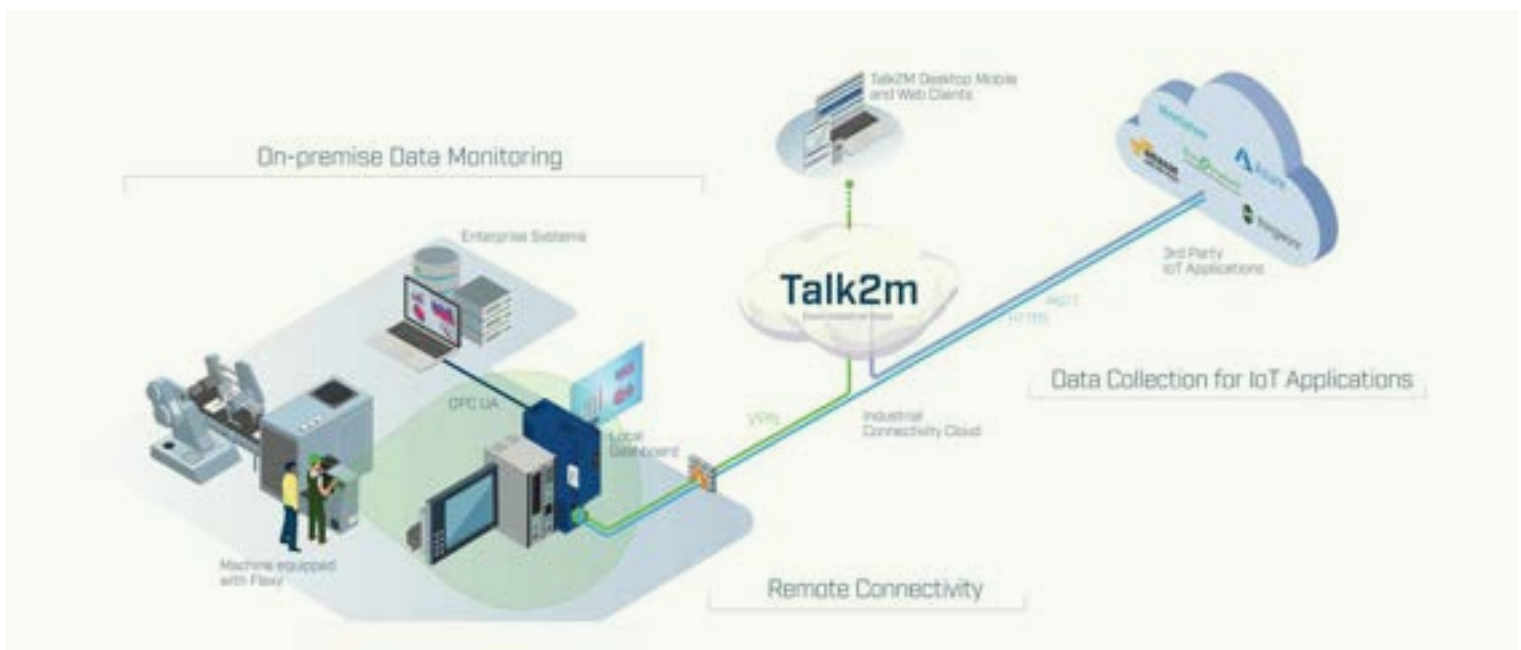
2 Exemple de réseau IoT (Source : HMS Networks)

L'AloT a déjà donné naissance à de nombreuses applications industrielles. Un exemple est le contrôle autonome d'installations de production. D'autres domaines sont l'optimisation logistique ou la gestion prédictive de la maintenance.

Malgré son potentiel prometteur, un défi majeur est l'interopérabilité. De nombreuses entreprises utilisent des dispositifs et plateformes IIoT (Internet des objets industriels) de différents fabricants, qui ne sont pas toujours parfaitement compatibles. Cela complique la mise en œuvre des solutions AloT intégrées et nécessite des interfaces et protocoles standardisés. Une plateforme AloT bien choisie facilite l'intégration de nouveaux dispositifs, facilite la mise à l'échelle et soutient l'adaptation flexible d'une stratégie IIoT. Elle permet également l'intégration à d'autres systèmes et technologies, tels que les systèmes ERP ou CRM, intégrant ainsi les technologies IIoT dans des processus commerciaux existants.

Un autre aspect crucial est la préparation des données. Dans les environnements IoT, la qualité des données est souvent inférieure à ce que les entreprises pensent.

2



Appliquer l'IA à des données mal préparées produit des modèles médiocres qui ne donnent pas les résultats attendus. Il est donc crucial de préparer et d'enrichir les données de manière appropriée pour l'analyse à l'aide d'une plateforme IoT fiable.

En parallèle, des tendances passionnantes sont en train d'émerger qui vont façonner l'écosystème AIoT des années à venir. L'une de ces tendances est l'utilisation de l'IA générative, qui non seulement analyse les données mais génère aussi de nouvelles conceptions ou propositions d'optimisation. Une autre tendance est l'intégration des technologies 5G, qui permettent une connectivité ultra-rapide et fiable. Cela est particulièrement important pour les applications nécessitant une large bande passante ou une faible latence, comme les véhicules autonomes ou les contrôles en temps réel. Malgré son potentiel, intégrer l'IA dans la fabrication pose des défis, notamment des investissements initiaux importants, le besoin de travailleurs qualifiés pour développer et maintenir les systèmes d'IA, ainsi que des préoccupations concernant la confidentialité et la sécurité des données. De plus, il y a le défi d'intégrer les technologies d'IA avec les infrastructures informatiques (IT) et opérationnelles (OT) existantes. L'IT fait référence à l'utilisation des systèmes informatiques pour traiter, stocker et échanger des informations, tandis que l'OT inclut les systèmes qui surveillent et contrôlent les dispositifs physiques, les processus et les infrastructures dans les environnements industriels.

À mesure que la technologie AIoT continue d'évoluer, ses applications dans la fabrication devraient s'étendre encore, conduisant potentiellement à des usines entièrement autonomes et à une production hautement personnalisée à grande échelle. Le développement en cours de l'AIoT mettra aussi probablement l'accent sur la collaboration entre humains et machines, tirant parti des forces des deux pour obtenir des résultats optimaux.

3 *Mini PC industriels (Source : Beckhoff)*



Application

L'AIoT (Intelligence Artificielle des objets) dans la fabrication permet des capacités avancées pour l'acquisition de données et le traitement intelligent. En combinant la connectivité IoT à l'analytique basée sur l'IA, elle permet une prise de décision en temps réel informée par les données qui transforme les opérations industrielles.

4 *Importance de l'IA dans la fabrication (Source : Orange mantra)*

Maintenance prédictive : L'AIoT peut prédire les pannes d'équipement avant qu'elles ne surviennent en analysant les données provenant de capteurs embarqués dans les machines. Cette approche offre l'avantage de réduire les temps d'arrêt et les coûts de maintenance tout en prolongeant la durée de vie des équipements.

5 *Surveillance des données pour la maintenance prédictive (Source : Adobe Stock)*

Optimisation de la chaîne d'approvisionnement : L'AIoT peut suivre les marchandises en temps réel, prédire la demande et optimiser les niveaux d'inventaire. Grâce à ces capacités, elle améliore la visibilité de la chaîne d'approvisionnement, réduit les coûts et améliore les délais de livraison.

Gestion de l'énergie : L'IA aide à optimiser la consommation d'énergie dans les installations de fabrication en analysant les données provenant de diverses sources afin d'identifier les inefficacités et de suggérer des améliorations. Par exemple, l'IA peut optimiser le fonctionnement des systèmes de chauffage, ventilation et conditionnement (CVC) en fonction du nombre de personnes dans un bâtiment, de la météo et des besoins spécifiques du processus de fabrication, réduisant ainsi significativement les coûts énergétiques. Les systèmes AIoT peuvent surveiller et contrôler la consommation d'énergie dans les installations industrielles afin de

4



réduire la consommation, de diminuer les coûts et de soutenir des initiatives de durabilité.

6 Tableau de bord du logiciel de gestion de l'énergie (Source : Ealytics)

Contrôle qualité : L'AIoT peut automatiser l'inspection des produits grâce à la vision par ordinateur et à des algorithmes d'apprentissage automatique. Cette automatisation améliore la qualité du produit et réduit le besoin en travail d'inspection manuelle.

Sécurité et sûreté : L'AIoT peut améliorer la sécurité au travail en surveillant les conditions environnementales et en détectant les situations dangereuses. Cette mise en œuvre réduit le risque d'accidents et garantit le respect des réglementations de sécurité.

Conception et fabrication intelligentes : L'IA facilite le processus de conception grâce à des logiciels de conception générative, qui peuvent générer une ample gamme d'alternatives de conception basées sur des critères spécifiés, tels que les matériaux, les méthodes de fabrication et les exigences de performance. Elle permet non seulement d'accélérer le processus de conception, mais aussi d'augmenter la personnalisation, permettant aux fabricants de répondre plus facilement aux exigences spécifiques des clients. De plus, AIoT permet un suivi et une optimisation en temps réel des processus de fabrication. Cette mise en œuvre augmente l'efficacité, réduit les déchets et améliore la qualité des produits.



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ **Difficulté de mise en œuvre : Moyenne**

Garantir l'exactitude, la sécurité et la confidentialité des données est crucial pour le succès des initiatives AIoT. L'un des défis les plus importants auxquels est confrontée l'adoption de l'AIoT est de garantir la confidentialité et la sécurité des données. Les vastes quantités de données générées par les dispositifs IoT incluent des informations sensibles telles que les transactions financières et les données opérationnelles provenant d'infrastructures critiques. De plus, libérer tout le potentiel de l'AIoT nécessite un changement de culture organisationnelle. Les décideurs doivent adopter des stratégies basées sur les données et cultiver un environnement d'innovation et d'amélioration continue. Il est également essentiel d'investir dans la formation et le perfectionnement des employés afin qu'ils puissent utiliser efficacement les technologies AIoT pour une mise en œuvre réussie.

Pour rendre l'adoption de l'AIoT plus fluide et moins intimidante, une approche pratique consiste à commencer en bas de l'échelle et à augmenter progressivement. La simulation offre un point d'entrée à faible risque et gérable, qui pourra finalement conduire à une intégration fluide des jumeaux numériques dans les opérations de fabrication.

5



6



■ Viabilité économique : Moyenne

La mise en œuvre de la technologie AIoT à grande échelle nécessite souvent des investissements importants en capteurs, en dispositifs IoT, en logiciels, en infrastructures et en personnel qualifié. Cependant, certaines des solutions technologiques décrites représentent un coût de mise en œuvre très faible pour les PME.

■ Facteurs humains

L'adoption de la technologie AIoT nécessite souvent des changements organisationnels importants et un passage à une culture de travail axée sur les données et l'innovation. La résistance au changement, le manque de sensibilisation ou l'hésitation à adopter de nouvelles technologies peuvent freiner l'adoption. Cependant, il est clair que les employés doivent combler le déficit de compétences numériques, reconnaître les avantages pratiques de l'AIoT dans leurs rôles et perfectionner leurs compétences sans perturber la continuité du flux de travail ni le bien-être des employés.

L'AIoT peut améliorer l'efficacité, la prise de décision, l'expérience client et transformer la manière dont les humains interagissent avec leur environnement. Par exemple, l'AIoT peut automatiser des tâches répétitives comme la saisie et la planification des données, libérant ainsi les employés pour qu'ils se concentrent sur des tâches plus stratégiques. Elle peut également analyser de grandes quantités de données pour aider les entreprises à prendre des décisions éclairées, détecter des schémas et fournir des prédictions précises.

Les fabricants peuvent renforcer la valeur de l'AIoT auprès des parties prenantes en mettant en avant des avantages tels que l'amélioration de la qualité des produits, la réduction des coûts énergétiques, une meilleure efficacité opérationnelle et des conditions de travail plus sûres. Les facteurs clés pour une adoption réussie de l'AIoT incluent un soutien exécutif solide, un investissement dans la gestion du changement et dans l'infrastructure numérique, et l'adaptabilité de la main-d'œuvre.

Une communication transparente et des processus de conception participatifs sont également essentiels pour accroître l'acceptation et la confiance dans les systèmes AIoT. Les travailleurs doivent être activement impliqués dans la co-conception d'outils intelligents qui affectent leurs tâches quotidiennes, et les considérations éthiques, en particulier en ce qui concerne la confidentialité des données et la prise de décision algorithmique, doivent être prises en compte dès le départ.

En conclusion, l'AIoT ne remplacera pas les travailleurs humains, mais ceux qui maîtrisent les outils AIoT pourraient surpasser ceux qui ne les maîtrisent pas. L'automatisation se chargeant des tâches répétitives, les travailleurs humains devront se concentrer de plus en plus sur le guidage, l'ajustement fin et l'optimisation de ces systèmes intelligents. Le cerveau humain reste l'un des systèmes les plus avancés et efficaces pour traiter l'information. Bien que l'IA puisse analyser d'immenses ensembles de données et détecter des schémas récurrents à des vitesses incroyables, elle ne possède pas la compréhension subtile et intuitive des humains. Nous excellons à saisir le contexte, à lire entre les lignes et à établir des liens à partir d'informations limitées. Ces capacités échappent encore aux systèmes d'IA, même les plus puissants.

■ Facteurs environnementaux

L'intégration de l'AIoT dans la fabrication de meubles aide à réduire l'empreinte carbone en diminuant la consommation d'énergie, d'eau et de ressources, en minimisant les déchets, en améliorant la logistique et en renforçant l'efficacité globale. Elle aide également à réduire les tâches répétitives du personnel et leur permet de se concentrer sur des activités plus importantes. De plus, l'AIoT permet une maintenance prédictive qui prolonge la durée de vie des équipements et réduit les interventions inutiles. Ces applications peuvent réduire considérablement l'impact environnemental, garantissant le respect des normes et réglementations environnementales de la part des processus de fabrication.

Cependant, l'AIoT introduit également des impacts environnementaux importants en raison de sa dépendance envers l'électronique embarquée, les volumes élevés de données, les modèles d'apprentissage automatique et la connectivité continue.

Au niveau des dispositifs, les systèmes AIoT impliquent des milliards de capteurs, microcontrôleurs, actionneurs et processeurs en périphérie interconnectés. Ces composants sont souvent petits, mais leur volume impose un fardeau environnemental important. Ils contiennent généralement des terres rares, des métaux lourds et des plastiques techniques, dont l'extraction et le raffinement sont liés à de grands impacts environnementaux. De nombreux dispositifs AIoT sont également limités en énergie et conçus pour une durée de vie limitée, augmentant leur contribution aux déchets électroniques. L'empreinte de fabrication est encore renforcée par l'intégration de matériel compatible avec l'IA. Ces puces impliquent des processus de fabrication complexes et énergivores et des cycles fréquents d'obsolescence technologique.

Du côté des données, les systèmes AloT génèrent et traitent d'énormes volumes de données. Bien que l'informatique en périphérie réduise la latence et les besoins en bande passante, de nombreuses architectures AloT reposent encore sur l'informatique cloud pour l'agrégation de données, le stockage à long terme et l'entraînement complexe des modèles. En conséquence, l'AloT contribue à l'empreinte énergétique et hydrique croissante des centres de données lors de leur utilisation.

Les modèles d'IA utilisés dans les applications AloT, en particulier les algorithmes d'apprentissage profond pour la vision, le traitement du langage naturel ou la détection d'anomalies, peuvent être très énergivores à entraîner.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

La mise en œuvre de l'AloT en usine implique le respect de plusieurs réglementations et normes relatives à la sécurité des données, à l'interopérabilité, à l'impact environnemental et aux exigences spécifiques à chaque secteur. Voici quelques considérations réglementaires clés :

Loi sur la cyber-résilience (CRA) : La CRA introduit des exigences obligatoires en cybersécurité pour les produits dotés d'éléments numériques, englobant à la fois le matériel et les logiciels, y compris les dispositifs AloT.

- Mesures de sécurité obligatoires : Les fabricants doivent mettre en place des dispositifs de sécurité tout au long du cycle de vie du produit, de la conception à la mise hors service.

- Signalement des vulnérabilités : Les entreprises sont tenues de signaler les vulnérabilités exploitées aux autorités dans un délai de 24 heures et de fournir des mises à jour complètes dans les 72 heures.
- Mises à jour de sécurité : Les dispositifs doivent recevoir des mises à jour de sécurité pendant au moins cinq ans, sauf si la durée de vie attendue du produit est plus courte.
- Sanctions en cas de non-conformité : Les produits non conformes peuvent être interdits sur le marché européen, avec des amendes allant jusqu'à 15 millions d'euros, soit 2,5 % du chiffre d'affaires mondial.

IIC (Industrial Internet Consortium) : Cadre de sécurité – Définit les meilleures pratiques de sécurité pour l'IoT industriel et les jumeaux numériques.

Loi sur l'IA (UE) – Régule les prises de décision basées sur l'IA dans les milieux industriels

Pacte vert de l'UE et Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières– Nécessite une surveillance numérique de l'empreinte carbone dans les opérations industrielles.



Solutions



Maintenance prédictive basée sur l'IA embarquée pour les moteurs électriques industriels

Advantech
Taiwan ↔

La maintenance prédictive des moteurs électriques évite les pannes coûteuses grâce à la surveillance des vibrations et de la température. Des dispositifs tels que WISE-2410, avec ARM Cortex-M4, LoRa et l'informatique en périphérie, analysent les données embarquées pour prolonger la durée de vie de la batterie jusqu'à 2 ans. Avec une protection IP66, cela convient aux moteurs, pompes, systèmes CVC et bien plus encore pour une surveillance efficace de l'état sans fil.



Dispositifs de connectivité IoT industriels (faciles) pour API et machines

HMS Networks
Suède ↔

Les produits de communication industrielle de HMS connectent des millions d'API, de robots et de dispositifs à des logiciels et des systèmes distants. Sa famille de dispositifs EWON permet un accès sécurisé et facile aux API à distance sans pare-feu ni redirection de port, même en Chine. Prenant en charge plusieurs marques d'API, EWON relie les données industrielles aux utilisateurs distants via le Wi-Fi ou les réseaux mobiles.



Passerelle d'informatique en périphérie tout en un AIoT-5G-G06

Trugemtech
Chine ↔

Le TruGem AIoT-5G-G06 est une passerelle d'informatique en périphérie 5G d'AIoT (Intelligence artificielle des objets) tout-en-un montée sur rack 1U, conçue pour une intégration simple dans les armoires standard des salles informatiques. Cette unité intègre la fonctionnalité AIoT avec des capacités de traitement de données hautes performances, ce qui la rend adaptée aux scénarios d'informatique IoT industriels et de niveau entreprise. Il prend en charge l'analyse de données en temps réel et la prise de décision automatisée en périphérie, réduisant la latence et minimisant le besoin de voyages aller-retour dans le cloud. Le TruGem AIoT-5G-G06 est destiné à être utilisé dans des environnements nécessitant un traitement et une surveillance continues des données, et des capacités de réponse proches de la source de données.



PC industriels ultra-compacts sans ventilateur et OpenVINO

Open Vino (Intel Corporation)
États-Unis ↔

Les PC industriels ultra-compacts évolutifs combinent une puissance de calcul maximale dans ce qui est actuellement le format le plus compact avec une large gamme d'options d'installation dans l'armoire de contrôle. Ils sont idéalement adaptés au contrôle, à la visualisation et à la communication, par exemple dans le cloud. Ils offrent une puissance de calcul pour un large éventail de tâches d'automatisation et de visualisation. En raison de leur puissance de calcul impressionnante par rapport à leur taille, ces PC sont principalement adaptés à une utilisation dans des applications Industrie 4.0, par exemple comme passerelle IoT.

Les PC industriels s'utilisent pour faire tourner des cadres et logiciels d'IA avancés tels qu'OpenVINO. Il s'agit d'une boîte à outils logicielle open source servant à optimiser et à déployer des modèles d'apprentissage profond. Ils permettent aux programmeurs de développer des solutions d'IA évolutives et efficaces avec un nombre relativement faible de lignes de programmation



DeviceWISE® AI

Telit Cinterion
États-Unis ↔

Intégrant l'IA dans l'IoT, cette plateforme permet l'inspection visuelle avec des algorithmes avancés et des techniques d'apprentissage profond. L'optimisation basée sur les données pour une qualité uniforme des produits, ainsi que la collecte et l'analyse des données pour une maintenance prédictive. En prenant en charge des systèmes no-code ou low-code, cette plateforme permet l'optimisation des processus (et l'amélioration de la consommation d'énergie peut également permettre d'économiser des coûts).



Asus Ebs-4U – Smart Replenishment

ASUS
Taiwan ↔

La solution Smart Replenishment d'ASUS IoT et Macnica DHW utilise l'IA et la reconnaissance d'images pour automatiser le réapprovisionnement des périssables sans code-barre. Fonctionnant 24h/24 et 7j/7, elle offre une visibilité en temps réel du stock, élimine les contrôles manuels et améliore l'efficacité. Cette plateforme de bout en bout combine le matériel et l'analyse IoT d'ASUS avec l'interface utilisateur de Macnica pour un déploiement facile et évolutif du magasin.



Exemples


**Interior Works***Pologne*

Gestion des performances des actifs : Les utilisateurs peuvent améliorer leurs performances en étant constamment informés de la manière dont les actifs atteignent les indicateurs clés de performance (KPI). De plus, l'utilisateur peut voir si ces KPI existants sont toujours d'actualité. Avec des applications de gestion des performances construites directement sur la plateforme AloT, les utilisateurs reçoivent des alertes automatiques à chaque déviation et peuvent réagir rapidement à des comportements anormaux. Les données en temps réel et le retour des machines leur permettent d'affiner les KPI pour tirer le meilleur parti des performances de la machine. Cela se traduit par une utilisation plus efficace des actifs et des temps de production plus rapides.





**SCM Group***États-Unis*

Gestion des stocks et de la chaîne d'approvisionnement : Une plateforme intégrée AloT améliore la gestion des stocks et la prévision des ressources sur les sites de fabrication. En tirant parti de l'analyse en temps réel, elle améliore la transparence de la chaîne d'approvisionnement, automatise les décisions et renforce la résilience. Les outils basés sur l'IA aident à anticiper les perturbations, à gérer des stocks complexes et à améliorer l'efficacité, conduisant finalement à un meilleur contrôle qualité des fournisseurs, à une meilleure expérience client et à de meilleures performances commerciales.

**Prohan***Pologne*

Système de vision par ordinateur pour la détection précoce des défauts : La détection précoce des défauts sur la chaîne de production est essentielle pour les fabricants de meubles en bois utilisant des bois durs. Avec une solution basée sur la vision par ordinateur et des algorithmes d'apprentissage automatique, les écarts, les craquelures et les fissures dans les panneaux peuvent être identifiés immédiatement après l'étape de collage, à un stade où la vitesse de la machine rend les défauts indétectables à l'œil humain 

**Axiomtek***Taiwan (siège social)*

Les robots de service avec IA intégrée d'Axiomtek combinent IA, cloud, big data et biométrie pour la détection, la prise de décision et le contrôle autonome. Propulsés par des ordinateurs de périphérie haute performance comme les systèmes eBOX , IPC , AIE  et des system-on-modules , ils offrent une E/S flexible, un design compact et la possibilité de personnalisation. Axiomtek propose également des services de conception sur mesure pour améliorer la productivité, réduire les coûts et accélérer le déploiement.

**Fanuc***Japon*

Les robots collaboratifs activés pour l'IA en menuiserie automatisent des tâches telles que le ponçage, le toupillage et la manipulation, améliorant la précision, la qualité et la sécurité en minimisant l'exposition humaine à la poussière et aux dangers. Grâce à l'intégration de l'AloT, les robots inspectent la qualité en temps réel, apprennent des résultats et optimisent les processus, augmentant la productivité et permettant des opérations de fabrication plus intelligentes, adaptatives et efficaces.

**Pressac Communications Ltd***Royaume Uni*

Suivi et gestion de la consommation d'énergie : La durabilité devient de plus en plus une priorité commerciale pour les fabricants en raison de la demande des consommateurs et de réglementations plus strictes. De ce fait, nous pouvons nous attendre à un changement stratégique vers des opérations plus propres et plus écologiques, telles que l'utilisation d'énergies renouvelables, de matériaux recyclables et la réduction des émissions, de l'excès d'emballage et de l'utilisation de l'eau. La consommation d'énergie est minimisée grâce à l'utilisation des options les plus économes en énergie pour les actifs connectés. Le suivi et la gestion de la consommation d'énergie avec l'AloT dans les usines de fabrication peuvent aider à identifier des schémas et à réduire les fuites d'énergie anormales, à suivre les pics énergétiques, à étudier des moyens de réduire le gaspillage d'énergie et à mieux comprendre comment chaque actif industriel contribue à la consommation énergétique globale.



1



Difficulté de mise en œuvre : **Faible**

Viabilité économique : **Élevée**

Le parcours de l'IoT et de la connectivité



Description

L'IoT, ou Internet des objets, est un réseau d'éléments physiques (« objets ») intégrant des capteurs, des logiciels et d'autres technologies qui leur permettent de se connecter et d'échanger des données avec d'autres dispositifs et systèmes via Internet. Essentiellement, il s'agit de connecter des objets du quotidien à Internet, leur permettant de collecter et de partager des données et d'agir en fonction. Mais l'IoT ne se limite pas au matériel et à la connectivité. L'IoT permet de nombreux nouveaux services de commodité, transforme les maisons en écosystèmes intelligents et façonne la manière dont les entreprises concentrent leurs activités.

1 L'IoT transforme les maisons en écosystèmes intelligents (Source : Codiant)

Voici un aperçu des éléments clés pour l'IoT :

- **Objets connectés** : L'IoT englobe une large gamme de dispositifs domestiques ou d'objets connectés, allant d'appareils tels que des thermostats, des systèmes d'éclairage et des assistants vocaux, jusqu'aux accessoires connectés et aux systèmes de sécurité domotique intelligents. Ces dispositifs forment la couche physique de l'écosystème IoT, interagissant avec les utilisateurs et l'environnement.
- **Capteurs** : Ces dispositifs sont équipés de capteurs embarqués qui collectent des données de leur environnement (telles que la température, l'humidité, le mouvement, la lumière, les niveaux de CO₂ ou l'occupation d'une pièce). Ces données brutes constituent la base d'applications contextuelles qui permettent une automatisation et un contrôle intelligents.
- **Passerelles et communication** : Les données collectées par les capteurs sont transmises via des protocoles de communication tels que Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, LoRaWAN ou NB-IoT. Les passerelles agissent comme des intermédiaires qui regroupent et prétraitent ces données avant de les envoyer au cloud ou à des serveurs locaux.
- **Traitement des données et analyse** : Une fois transmises, les données sont traitées dans le cloud ou en périphérie. Les algorithmes d'IA et d'apprentissage automatique analysent les informations pour détecter des schémas récurrents, prédire le comportement des utilisateurs et permettre l'automatisation.
- **Systèmes de commande et interfaces** : Les utilisateurs interagissent avec l'écosystème IoT via des tableaux de bord offrant un contrôle, une surveillance et une configuration en temps réel des dispositifs.
- **Services et applications** : Enfin, l'IoT permet une ample gamme de services tels que la maintenance

prédictive, l'optimisation énergétique, la surveillance de la santé, ainsi qu'un confort et une sécurité accrus.

À mesure que la technologie de l'Internet des objets (IoT) s'intègre de plus en plus étroitement aux systèmes, modes de vie et entreprises du quotidien, elle donne lieu à un besoin accru en cybersécurité. La technologie de cybersécurité pour les dispositifs de l'Internet des objets (IoT) est cruciale en raison du nombre croissant d'appareils connectés et de données sensibles qu'ils gèrent. Les dispositifs IoT, allant des appareils domestiques intelligents aux capteurs industriels, sont souvent vulnérables aux cybermenaces en raison de leur puissance de calcul limitée, de l'absence de dispositifs de sécurité intégrés et de la complexité des écosystèmes IoT. Voici les principales technologies et pratiques de cybersécurité conçues pour protéger les dispositifs IoT.

2 Types de dispositifs IoT (Source : Istock)

À partir d'août 2025, de nouvelles réglementations européennes exigeront que tous les équipements IoT (y compris les dispositifs utilisant le Wi-Fi ou Bluetooth) respectent des normes strictes de cybersécurité. Les fabricants doivent garantir la sécurité des appareils tout au long du cycle de vie du produit, y compris la divulgation claire des vulnérabilités, des périodes de support définies et l'utilisation de mots de passe uniques ou définis par l'utilisateur pour prévenir les risques liés aux identifiants par défaut. Des fonctionnalités de sécurité telles que le Secure Boot, la validation du firmware, l'authentification basée sur PKI et l'authentification multi-facteurs (MFA) optionnelle aideront à protéger contre les accès non autorisés.

3 Dispositifs IoT à domicile (Source : AdobeStock)

Protéger à la fois les données et les connexions réseau est un élément clé pour rendre les dispositifs intelligents sûrs à utiliser. Cela signifie s'assurer que les informations envoyées entre dispositifs restent privées et ne peuvent pas être lues ou modifiées par d'autres. Ces protections sont particulièrement importantes pour les appareils IoT que l'on trouve souvent dans les maisons intelligentes, où des outils de sécurité tels que les connexions protégées et les mises à jour logicielles aident à maintenir les systèmes à jour et sécurisés.

4 Écosystème IoT Smarthub Home (Source : AEOTEC)

5 Tableau de bord IoT (Source : AdobeStock)



Application

L'IIoT transforme notre environnement en permettant de nouvelles façons de gérer les actifs, en améliorant l'efficacité et en fournissant de meilleures informations grâce à l'analyse des données. Les applications IIoT incluent, sans s'y limiter :

- **Maisons intelligentes** : assistants vocaux, aspirateurs automatiques, thermostats et actionneurs.
- **Surveillance environnementale** : température et humidité, qualité de l'air intérieur (QAI) (CO₂, COV...)
- **Sécurité** : des caméras intelligentes, capteurs de mouvement et serrures assurent une surveillance et des alertes en temps réel, renforçant la sécurité des domiciles.
- **Compteurs** : compteurs intelligents pour électricité, eau et gaz inclus, et peuvent être ajoutés à ceux gérés par les fournisseurs de services.
- **Appareils intelligents** : Les appareils intelligents connectés à l'IIoT, comme les réfrigérateurs intelligents, les fours intelligents et les lave-vaisselle intelligents, peuvent être contrôlés à distance et offrent des fonctionnalités comme des suggestions de recettes et des commandes automatisées.
- **Accessoires connectés** : trackers d'activité, montres intelligentes et autres gadgets liés à la santé et au bien-être.
- **Bâtiment intelligent** : surveillance de l'occupation et du flux des personnes, contrôle d'accès et économie d'énergie, entre autres applications.
- **Voitures connectées** : occupation du stationnement, télécommande et rendez-vous d'entretien automatiques sont quelques-unes des applications.
- **Localisation et suivi** : des personnes et des biens.

6 Contrôleur thermique et tableau de bord de contrôle mobile (Source : EVEHOME)

Au-delà des fonctions de chaque dispositifs individuel, les systèmes IIoT permettent une surveillance, une collecte et un traitement continus des données en temps réel, permettant des informations prédictives et un comportement adaptatif. Ces appareils interagissent souvent avec des plateformes cloud ou des unités informatiques en périphérie qui analysent les données des capteurs et prennent des décisions autonomes ou déclenchent des alertes. Les systèmes de contrôle et les applications

mobiles offrent aux utilisateurs un accès centralisé pour configurer, gérer et visualiser les opérations IIoT à distance. Cette communication bidirectionnelle entre les dispositifs connectés et les infrastructures de contrôle facilite des environnements plus réactifs et soutient l'automatisation, l'efficacité énergétique et la sécurité.



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Faible

Les appareils électroniques IIoT grand public doivent être faciles à installer et à utiliser à la fois pour l'intégrateur et l'utilisateur final. Parfois, les producteurs privilégient la commodité ou la sécurité. Cependant, il ne devrait pas être nécessaire de choisir l'un ou l'autre. Garantir l'exactitude, la sécurité et la confidentialité des données est essentiel pour le succès des initiatives de capteurs en réseau. Des mesures de cybersécurité robustes sont vitales pour protéger les informations sensibles et prévenir les accès non autorisés. Les exigences réglementaires obligeront les producteurs à mettre la cybersécurité au premier plan et ils pourront certainement réussir à conserver un bas niveau de difficulté de mise en œuvre.

■ Viabilité économique : Élevée

La mise en œuvre de la technologie des capteurs en réseau à grande échelle nécessite souvent un investissement important en capteurs, dispositifs IIoT, logiciels, infrastructures et personnel qualifié. Cependant, pour les déploiements de petite et moyenne échelle, l'IIoT est une technologie déjà mature avec un retour sur investissement éprouvé.

■ Facteurs humains

L'adoption de l'IIoT s'accélère dans les environnements grand public, notamment par le biais des dispositifs connectés par smartphone ou contrôlés par la voix. Ces technologies deviennent omniprésentes dans la vie quotidienne, des thermostats et éclairages intelligents aux systèmes de sécurité et capteurs de qualité de l'air.

2



3



4



5



Pour les fabricants, intégrer des capteurs connectés au mobilier ou à l'intérieur de la maison représente un changement de paradigme : cela transforme des ventes ponctuelles en modèles à service continu, avec des revenus issus de services basés sur les données comme la maintenance prédictive, la surveillance à distance ou l'analyse utilisateur.

La mise en œuvre de systèmes IoT à grande échelle nécessite une transformation culturelle et organisationnelle significative. Les entreprises doivent évoluer vers une mentalité axée sur les données et favoriser la collaboration transversale entre l'informatique, la conception produit et le service client.

Pour garantir l'adoption et l'utilisabilité, les RH doivent investir dans le perfectionnement des compétences des employés dans des domaines tels que la maîtrise des données, l'interaction avec les interfaces utilisateur et les protocoles de cybersécurité. Les opérateurs et le personnel de soutien doivent également être formés à interpréter les données des capteurs et à réagir de manière appropriée.

De plus, les approches de conception participative (où les employés participent aux tests et à l'amélioration de systèmes intelligents) renforcent l'appropriation et l'acceptation. Les aspects éthiques tels que la confidentialité des données, les limites de surveillance des employés et la transparence algorithmique doivent être abordés de manière proactive en dialogue avec le personnel.

En résumé, l'acceptation humaine, la confiance et la maîtrise des compétences numériques sont essentielles pour un déploiement réussi de l'IoT.

■ Facteurs environnementaux

La mise en œuvre de capteurs en réseau joue un rôle clé dans la réduction de l'empreinte carbone, la minimisation des déchets et l'amélioration de l'efficacité énergétique. Les dispositifs IoT peuvent réduire considérablement la consommation d'énergie domestique en permettant la surveillance en temps réel, l'automatisation et une gestion optimisée de l'énergie. De plus, les capteurs connectés en réseau servent de base à la maintenance prédictive, prolongeant la durée de vie des équipements tels que les chaudières ou les climatiseurs et minimisant les interventions inutiles.

Cependant, leur empreinte environnementale croît rapidement en raison de la prolifération d'éléments électroniques empaquetés, de l'échange continu de données et des besoins en infrastructure.

Pour ce qui est du matériel, les dispositifs IoT comprennent des capteurs, des microcontrôleurs, des modules de communication (par exemple, Wi-Fi, Bluetooth, LTE) et des batteries. Ces composants sont généralement composés d'éléments en terres rares, de cuivre, de lithium, de cobalt et de polymères modifiés, tous ayant un impact environnemental important. La miniaturisation et l'intégration de l'électronique, tout en améliorant la fonctionnalité, entravent souvent le démontage et la recyclabilité, ce qui suscite des inquiétudes concernant les déchets électroniques (DEEE).

La phase de fabrication des dispositifs IoT est énergivore : la fabrication de semi-conducteurs, la production de cartes à circuits imprimés et l'assemblage dans des environnements contrôlés. De nombreux dispositifs sont conçus pour être peu coûteux et jetables, avec une durée de vie courte (2 à 5 ans), ce qui intensifie encore leur impact environnemental. De plus, l'échelle mondiale de l'IoT signifie que même de petits impacts par dispositif se traduisent par des effets agrégés substantiels.

Pendant la phase de fonctionnement, la plupart des dispositifs IoT consomment individuellement une énergie minimale. Cependant, leur demande cumulative d'électricité est significative, surtout lorsqu'elle est étendue à des millions de nœuds. En plus de l'énergie nécessaire au fonctionnement des dispositifs, la transmission de données, le stockage cloud et l'analyse nécessitent une infrastructure numérique importante.

De nombreux systèmes IoT dépendent du cloud, transmettant les données des capteurs vers des serveurs centralisés pour traitement. Cela augmente l'empreinte environnementale, en particulier lorsque des données de faible valeur ou redondantes sont diffusées en continu.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

La mise en œuvre de capteurs en réseau dans une usine implique le respect de plusieurs réglementations et normes relatives à la sécurité des données, à l'interopérabilité, à l'impact environnemental, et d'exigences spécifiques. Voici quelques considérations réglementaires clés :

- L'exigence essentielle énoncée dans l'article 3(3), point (d) de la **Directive 2014/53/UE** s'applique à tout équipement radio pouvant communiquer par lui-même sur Internet, qu'il communique directement ou via tout autre équipement (« équipement radio connecté à Internet »).
- **prEN18031-1** : Équipement radio connecté à Internet (sécurité et risque réseau)
- **prEN18031-2** : Équipements radio divers (jouets, accessoires connectés) (risque de sécurité et confidentialité)
- **prEN18031-3** : Équipement radio gérant des devises (risque de sécurité et financier)
- **RGPD (Règlement général sur la protection des données - UE)** : Régit la collecte, le traitement et le stockage des données, garantissant la confidentialité des données personnelles et industrielles.
- **ISO/CEI 27001** : Norme internationale pour la gestion de la sécurité de l'information.

6





Solutions



Plateforme Fiware Middleware

Nivid Technologies

États-Unis ↔

FIWARE est une plateforme open source qui soutient le développement d'applications intelligentes utilisant des standards ouverts et des technologies avancées. Elle renforce l'interopérabilité, favorise l'innovation, réduit les coûts et améliore les services publics. Certaines solutions propriétaires, telles que la plateforme Smart Cities de Telefónica, s'appuient sur le cœur de FIWARE, et tirent parti de ses API, de ses modèles de données partagés et de l'échange de données en temps réel pour une compatibilité fluide.



Alignement des produits du fabricant avec l'écosystème IoT de la maison intelligente

Open Home Foundation

Nouvelle-Zélande ↔ ↔ ↔ ↔

Home Assistant ↔, Google Home ↔, Apple HomeKit ↔, Tuya Home ↔, Samsung SmartThings ↔... Ces entreprises ne se contentent pas de créer des produits, elles développent des marques d'écosystèmes IoT qui offrent commodité, sécurité et efficacité. L'interconnexion entre les éléments signifie que les utilisateurs ne se satisfont plus d'accéder à un seul produit/service mais commencent à exiger une solution globale basée sur des scénarios.



Nouveaux protocoles de connectivité basse consommation basés sur IP pour la maison intelligente

Thread Group

États-Unis ↔

Le Wi-Fi était autrefois inefficace pour les dispositifs IoT alimentés par batterie, mais le Wi-Fi 6 a introduit des fonctionnalités telles que Target Wake Time (TWT) pour réduire la consommation d'énergie. Cela a permis de nouveaux protocoles IoT sans matériel supplémentaire. Thread, un protocole maillé à faible consommation, offre une communication sécurisée et évolutive. Matter, lancé par de grandes entreprises technologiques, s'appuie sur Thread et le Wi-Fi pour garantir une interopérabilité fluide des dispositifs de la maison intelligente. ▶



Solution IoT pour la sécurité dans les environnements de vie et de travail

Netmamo

France ↔

Le Netatmo Smart Smoke Alarm est un détecteur de fumée autonome connecté au Wi-Fi qui fournit des alertes en temps réel à votre smartphone. Il est équipé d'un capteur photoélectrique haute performance, émettant une alarme de 85 dB lorsque de la fumée est détectée. Avec une autonomie de 10 ans, il élimine le besoin de remplacer fréquemment la batterie. L'appareil inclut également une fonction d'auto-test, qui surveille la batterie, le capteur et la connexion Wi-Fi, et vous informe de tout problème. L'installation est simple et s'intègre parfaitement à l'application Home + Security, compatible aussi bien avec les appareils iOS qu'Android.



Cadre de développement accéléré

Blynk Technologies Inc.

États-Unis ↔

Blynk est une plateforme IoT low-code qui accélère le développement produit grâce à des créateurs d'applications glisser-déposer, la gestion de dispositifs et l'infrastructure cloud. Elle prend en charge le prototypage rapide, le matériel multiplateforme et une intégration fluide, permettant des solutions IoT rapides et évolutives avec un minimum de codage.



Capteurs et dispositifs IoT

TEKTELIC Communications

Canada ↔

TEKTELIC conçoit et fabrique des dispositifs IoT habilités LoRaWAN® qui convertissent les données environnementales et opérationnelles en informations exploitables. Leurs capteurs peuvent surveiller une gamme de paramètres, notamment la température, le mouvement, la qualité de l'air et l'état des équipements, à la fois en intérieur et en extérieur.

Ces dispositifs sont utilisés dans des applications telles que le suivi des actifs, la surveillance environnementale et l'optimisation des performances des bâtiments.



Exemples



Ojmar
Espagne
↔

Systèmes de verrouillage IoT intelligents : OJMAR, une entreprise avec plus de 90 ans d'expérience dans la fabrication de serrures pour meubles, est passée de la production de serrures mécaniques durables à l'offre de solutions électroniques compatibles avec l'IoT. Initialement axé sur la vente ponctuelle, ce système génère désormais des revenus grâce à la maintenance, aux logiciels et à l'analyse de données. Au service de centres sportifs ouverts 24h/24, OJMAR exploite l'IoT pour la maintenance prédictive et les données utilisateur, embrassant la servitisation et la transformation numérique.



Ikea
Suède
↔

IoT intégré dans les meubles (produit et service) : La table STARKVIND d'IKEA est équipée d'un filtre à air intégré qui élimine les particules de poussière, les allergènes et les polluants de l'air environnant, contribuant ainsi à un environnement plus propre et plus sain dans la pièce où se trouve la table. Elle est dotée d'un filtre à particules optimisé pour filtrer environ 99,5 % des particules en suspension dans l'air.



Ori Living
États-Unis
↔

Appartements extensibles avec mobilier robotisé : Fondée par Hasier Larrea, Ori Living facilite la transformation de l'espace grâce à sa boîte à outils plug-and-play qui permet aux architectes et promoteurs de concevoir des environnements de vie plus innovants, flexibles et désirables. Ori introduit un modèle de développement dynamique qui répond mieux aux besoins des locataires et des promoteurs, ouvrant la voie à une vie adaptable et intuitive. Soutenus par une décennie d'innovation, des milliers d'installations réelles et des racines dans la recherche du MIT, les systèmes robotiques propriétaires d'Ori offrent une solution de conception éprouvée. Ils offrent aux architectes les outils pour créer des expériences transformatrices à domicile et des typologies d'appartements qui élargissent l'espace et qui s'intègrent parfaitement à tous les types de construction.



Morfeus (en collaboration avec Cosmob)
Italie
↔

Des solutions intelligentes pour la qualité du sommeil : La marque italienne Morfeus, en collaboration avec Cosmob, le Centre Technologique du secteur du bois et du meuble, a développé un matelas innovant qui intègre des capteurs avancés pour surveiller des paramètres clés influençant la qualité du sommeil. Plus précisément, les capteurs intégrés dans le matelas suivent la température, l'humidité et les phases du sommeil, tandis que les capteurs externes connectés au système mesurent les facteurs environnementaux de la chambre, tels que la température, l'humidité, la qualité de l'air, la luminosité et le bruit. Toutes les données collectées sont analysées et communiquées à l'utilisateur via une application dédiée pour smartphone, qui fournit des conseils et suggestions personnalisés pour aider à améliorer la qualité du sommeil.



Autonomous
États-Unis
↔

Bureau Autonomous basé sur l'IA : Le bureau Autonomous permet un ajustement automatisé de la hauteur pour promouvoir des habitudes de travail plus saines. Pendant une période initiale d'étalonnage, l'utilisateur règle manuellement les hauteurs préférées assises et debout. Le bureau enregistre ces données afin d'établir des schémas de mouvement personnalisés. Une fois configuré, le bureau alterne entre position assise et debout en fonction du comportement appris de l'utilisateur, visant à réduire le temps sédentaire tout au long de la journée de travail. Dès la détection de la présence de l'utilisateur le matin, il s'ajuste automatiquement à la hauteur debout prédéfinie. Si une position assise prolongée est détectée, le système envoie une invite encourageant l'utilisateur à se lever. Une variation régulière de la posture peut contribuer à une meilleure ergonomie et à des résultats de santé à long terme.



Eight Sleep
États-Unis
↔

Matelas intelligent avec technologies de capteurs IA et suivi de la santé : EightSleep Pod exploite des capteurs IoT et alimentés par l'IA pour fournir un suivi de santé en temps réel, des alertes prédictives de maladie, ainsi que des commandes adaptatives de température et d'élévation. Il se distingue par l'optimisation immersive du sommeil, la surveillance liée au smartphone et des ajustements automatisés pour un repos personnalisé, ce qui est impossible avec les produits traditionnels.



Description

Les modèles de fondation pour la génération d'images représentent une catégorie avancée dans le domaine de l'intelligence artificielle générative. Ils sont le résultat de l'évolution des réseaux de neurones profonds (apprentissage profond) et des techniques d'apprentissage automatique axées sur la génération visuelle. Cette technologie permet aux utilisateurs d'optimiser et d'accélérer les processus créatifs, offrant des résultats de haute qualité. Dans le secteur du meuble, ils ont le potentiel de devenir des assistants créatifs intelligents pour les concepteurs, les architectes d'intérieur et autres rôles impliqués dans la création et la personnalisation de produits. ¹

La génération d'images basée sur l'IA prend sa source dans les avancées majeures réalisées au cours de la dernière décennie. Tout a débuté en 2014 avec l'introduction de réseaux génératifs antagonistes (GAN) par Ian Goodfellow, suivis de modèles tels que StyleGAN, BigGAN et des modèles de diffusion capables de générer des visages, des images et des vidéos réalistes à partir d'entrées telles que du texte, des croquis, des fichiers audio ou des données structurées.

Un tournant est survenu en 2021 avec DALL E 1, le premier modèle génératif multimodal d'OpenAI à obtenir des résultats viables dans la transformation de texte en image. Cela a marqué la consolidation d'une technologie qui, pendant des années, avait produit des résultats limités, élargissant considérablement les possibilités de conception, de communication et d'idéation spatiale.

En 2022, la technologie est devenue plus largement accessible avec la sortie de DALL E 2, offrant une meilleure qualité de sortie, aux côtés d'autres modèles tels que Imagen (Google), Stable Diffusion (open source) et Midjourney. Tout au long de 2022 et 2023, de nouvelles techniques ont émergé, telles que LoRA (Low-Rank Adaptation), qui permet une formation efficace, ou des outils tels que ControlNet, img2img et Inpainting/

1



2



3



4



Difficulté de mise en œuvre : **Moyenne**
 Viabilité économique : **Moyenne-Élevée**

IA générative pour personnaliser la conception et accélérer le prototypage

Outpainting, qui permettent un meilleur contrôle sur la composition, le détail et l'expansion de la toile. Des plateformes comme ComfyUI proposent également des environnements visuels pour travailler avec des flux de travail complexes sur des modèles tels que Stable Diffusion ou Flux. ²

Le moteur clé de l'essor de ces outils n'est pas seulement la technologie elle-même. Grâce à des outils abordables et modérément complexes, les utilisateurs ont désormais accès à des capacités auparavant limitées aux contextes de recherche. En plus d'élargir l'offre, de nouveaux outils et techniques donnent naissance à une communauté d'utilisateurs qui expérimentent, adaptent et personnalisent les modèles pour des cas d'usage spécifiques.

Il existe déjà de nombreuses solutions commerciales basées sur ces modèles, allant de plateformes visuelles explorant de nouveaux modèles économiques grâce à cette technologie (comme Freepik ou Krea AI), jusqu'à des intégrations dans des outils standards de l'industrie comme Autodesk Revit (avec Veras) ou SketchUp (avec SketchUp Diffusion). Cela permet aux entreprises de tirer parti du potentiel de l'IA générative sans perturber leurs flux de travail, facilitant ainsi l'adoption et réduisant la courbe d'apprentissage. ³

L'IA générative d'images offre à l'industrie du meuble une nouvelle façon d'explorer et de visualiser des concepts aux premiers stades du processus créatif. De la génération de planches d'inspiration et de prototypes jusqu'à la simulation de matériaux, elle permet une itération rapide entre plusieurs alternatives, réduisant ainsi le temps et les coûts opérationnels.

De plus, les modèles génératifs multimodaux alimentent ce que l'on appelle la créativité augmentée : une collaboration fluide entre le concepteur et l'intelligence artificielle. Alors que l'IA suggère des variantes visuelles, des idées inattendues ou des ajustements spécifiques, le professionnel reste concentré sur la prise de décision stratégique.

Les sections suivantes vont approfondir les applications et l'impact de cette technologie sur le secteur du meuble, où elle est présentée comme un outil à forte valeur ajoutée qui améliore l'efficacité opérationnelle, favorise l'innovation créative et soutient la prise de décision stratégique tout au long du processus de conception et de prototypage de produit.



Application

Dans le secteur du meuble, l'IA générative aide à rationaliser les tâches clés du processus de conception et de prototypage de produit, telles que la génération de variantes visuelles, la révision de prototypes ou la création de documentation visuelle. Elle améliore l'efficacité opérationnelle et soutient les prises de décision créatives et techniques. ⁴

Planches d'inspiration automatisées pour les concepts de design

Ces outils permettent aux équipes de conception et de produit des entreprises de meuble de générer automatiquement des planches d'inspiration à partir de descriptions textuelles ou de références visuelles. Ils facilitent la synthèse des tendances esthétiques, des palettes de couleurs et des combinaisons de matériaux (comme le bois, les textiles, les métaux ou les finitions) dans des compositions visuelles cohérentes, permettant aux équipes d'explorer en temps réel les tendances émergentes du marché. Ils contribuent également à l'identification précoce des contraintes techniques ou des préférences des clients, améliorant la coordination entre conception, production et ventes. Cela optimise non seulement la rentabilité en termes de coûts et de temps, mais accélère aussi la prise de décision créative, conduisant à des résultats plus proches des attentes des clients. ⁵

Propositions visuelles pendant le prototypage du produit

De la génération initiale des croquis numériques jusqu'aux visualisations finales, ces outils offrent un soutien visuel continu tout au long de la conception et du prototypage de nouvelles solutions de mobilier. Les concepteurs peuvent générer automatiquement plusieurs variantes de produits à partir d'un concept, d'une saisie de texte et/ou d'une image unique initial(e), facilitant ainsi la négociation et la validation des solutions avec les clients et les départements commerciaux ou techniques. Cette application renforce la collaboration entre les services, permettant une communication claire et efficace grâce à des visualisations concrètes et réalistes des produits.

Sélection des matériaux et des finitions en fonction de critères spécifiques

La capacité des modèles génératifs à simuler avec précision une large gamme de matériaux et de finitions offre un avantage significatif aux concepteurs de produits, leur permettant de travailler en fonction de

IA générative pour la conception personnalisée et le prototypage rapide

critères techniques, fonctionnels et environnementaux. Ces outils permettent une visualisation immédiate de la manière dont différents matériaux peuvent être appliqués à une seule conception de meuble numérique. De plus, ces visualisations peuvent être enrichies par des données pertinentes sur des variables telles que l'empreinte carbone, les performances techniques ou la recyclabilité. Cela favorise une prise de décision éclairée et permet la création de propositions non seulement esthétiquement attrayantes, mais qui répondent également aux critères de durabilité, de fonctionnalité et de faisabilité de fabrication.

Expériences virtuelles immersives pour la validation de prototypes

La combinaison de l'IA générative avec des technologies de visualisation immersive telles que la réalité virtuelle et la réalité augmentée représente un domaine d'application émergent avec un fort potentiel pour le secteur du meuble. La création d'environnements virtuels immersifs permet la visualisation de prototypes en contexte et permet des ajustements en temps réel des finitions ou des dispositions spatiales. Cela facilite une prise de décision technique et esthétique agile et bien informée. Les prototypes virtuels optimisent le temps et le coût liés à la création physique de modèles et améliorent considérablement les capacités de communication et de négociation avec les clients et les équipes de production. ⁶

Automatisation de la documentation technique visuelle

Les tâches répétitives impliquées dans la préparation de fiches techniques visuelles, de plans détaillés et de rendus finaux peuvent être automatisées à l'aide d'outils génératifs. Cela permet aux designers de se concentrer sur des tâches créatives à plus grande valeur, telles que le développement visuel de nouvelles solutions, l'exploration du style ou la personnalisation des propositions du client. L'automatisation améliore non seulement la cohérence visuelle et accélère la production de documentation graphique, mais élargit aussi la capacité de l'équipe à générer des éléments visuels qui enrichissent le projet et apportent une différenciation à chaque étape du processus de conception.



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Moyenne

Le coût de l'utilisation d'outils d'IA générative tels que Krea ou VIZCOM est faible et permet aux équipes de commencer à travailler avec des prototypes visuels sans obstacles majeurs. Le niveau de difficulté aug-

mente avec les développements personnalisés et les environnements plus spécialisés comme Stable Diffusion, qui nécessitent un investissement technique et financier important. De plus, intégrer ces outils dans les flux de travail existants pose des défis au sein des organisations. Il est donc essentiel de promouvoir une transformation organisationnelle qui réduit la résistance au changement, forme les équipes à l'utilisation de ces outils et à la formulation de prompts efficaces et encourage l'expérimentation créative.

■ Viabilité économique : Moyenne-Élevée

L'investissement requis dépend du type de solution : l'utilisation des outils existants implique un faible coût, tandis que le développement sur mesure nécessite un investissement initial plus important. Néanmoins, le retour sur investissement (RSI) peut être significatif grâce à des processus créatifs accélérés et à un besoin réduit de prototypes de meubles physiques, ce qui réduit l'investissement en temps et en matériaux. Il existe des options flexibles, allant de solutions internes jusqu'à des services externes, qui permettent d'adapter les dépenses au niveau de maturité numérique et aux capacités internes de chaque entreprise.

■ Facteurs humains

L'intégration de l'IA générative dans les flux de travail créatifs ouvre de nouvelles opportunités pour les professionnels de se concentrer sur des tâches à plus grande valeur ajoutée. Ces outils automatisent des tâches répétitives telles que la génération de variantes visuelles ou la production de documentation graphique, libérant ainsi du temps pour que les concepteurs puissent explorer des solutions innovantes, expérimenter avec des styles émergents ou adapter des propositions à des contextes spécifiques. Ils permettent également un dialogue fluide entre le concepteur et la machine, où l'IA agit en tant que co-créatrice : elle suggère, ajuste et visualise, tandis que l'humain prend des décisions stratégiques, sélectionne les meilleures options et les affine avec jugement. Cette approche collaborative améliore non seulement la productivité, mais renforce aussi la créativité appliquée et la qualité globale du résultat final.

Cependant, plusieurs défis doivent être relevés pour intégrer efficacement cette technologie. Premièrement, les organisations doivent favoriser un changement culturel qui positionnerait l'IA comme copilote de confiance, et non comme un concurrent.

Cela inclut une formation structurée en conception de prompts, une interprétation critique du contenu généré, et le développement de la maîtrise visuelle pour évaluer les résultats assistés par l'IA.

Prendre en compte les implications éthiques est tout aussi important : garantir la transparence sur les capacités et limites du modèle, clarifier la paternité des

ressources générées par l'IA, et documenter l'origine et l'utilisation des données d'entraînement.

De nouveaux postes peuvent également émerger, tels que « Stratège en conception IA » ou « Conservateur de prompts », nécessitant des compétences hybrides alliant direction créative et maîtrise de l'IA.

Enfin, une communication ouverte entre les équipes des ressources humaines, de conception et d'informatique est essentielle pour créer un processus d'adoption sûr et engageant, où le retour d'information, l'expérimentation et l'apprentissage continu sont encouragés.

Une mise en œuvre responsable et centrée sur l'humain garantit que l'IA viendra améliorer, et non pas remplacer, le professionnel créatif, renforçant ainsi sa pertinence et son impact dans un processus de conception transformé numériquement.

■ Facteurs environnementaux

Appliquée au meuble et à la décoration intérieure, l'IA générative peut réduire considérablement l'impact environnemental des processus créatifs et de production. Valider numériquement les concepts, les prototypes et les matériaux avant la fabrication réduit les déchets causés par les erreurs ou les tests inutiles et évite la création de déchets physiques. Ces technologies permettent également la simulation de scénarios d'utilisation, l'évaluation précoce de la faisabilité durable de la conception et l'optimisation des processus de production pour réduire la consommation d'énergie. De plus, elles ouvrent de nouvelles voies pour intégrer des principes d'économie circulaire tels que la modularité, la réparabilité et la recyclabilité.

Cependant, certains impacts environnementaux doivent être surveillés. Selon diverses sources, l'entraînement de modèles avancés peut générer plus de 500 tonnes de CO₂, et les centres de données consomment de grands volumes de ressources, jusqu'à 216 millions de litres d'eau par semaine pour le refroidissement. De plus, une obsolescence rapide du matériel pourrait entraîner environ 5 millions de tonnes de déchets électroniques d'ici 2030.

En plus de la consommation d'électricité et d'eau, le matériel même, principalement les GPU et les puces IA spécialisées, est gourmand en ressources pour sa manufacture. Ces dispositifs contiennent des éléments en terres rares et en métaux précieux, tels que le

cobalt, l'or et le néodyme, contribuant à la dégradation environnementale et à des préoccupations en termes de droits humains associés à l'exploitation minière. La mise à niveau fréquente du matériel pour accueillir des modèles plus grands vient encore aggraver la production de déchets électroniques (DEEE) et raccourcit le cycle de vie des équipements.

À cet égard, les outils basés sur l'IA peuvent aider au respect du Règlement sur l'écoconception (UE 2024/1781), qui favorise la création de produits durables. De même, l'adoption des énergies renouvelables chez les entreprises utilisant l'IA, encouragée par la directive (UE) 2018/2001, peut renforcer davantage les bénéfices environnementaux de ces solutions. De plus, la loi sur l'IA, en vigueur à partir d'août 2024, exige que l'impact environnemental de l'IA soit évalué, favorisant une adoption plus responsable et transparente. Pour déployer ces technologies de manière cohérente sur le plan environnemental, il est recommandé de sélectionner des outils à faible demande énergétique, d'adapter leur utilisation aux besoins réels et d'établir des indicateurs internes pour surveiller l'impact écologique dans le temps.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

Dans le secteur du meuble, l'IA générative peut aider à la conformité au marquage CE via des simulations numériques qui vérifient la conformité avant la production, en particulier pour les produits réglementés comme les meubles pour enfants ou les articles avec des composants électriques. Elle permet également de générer des données précises pour les Déclarations Environnementales de Produits (EPD), d'optimiser la sélection des matériaux et d'estimer l'empreinte carbone, aidant les entreprises à se conformer à des normes telles qu'ISO 14025 et aux exigences de certification environnementale des appels d'offres publics et des marchés internationaux.

5



6



IA générative pour la conception personnalisée et le prototypage rapide



Solutions



Générateur d'images Midjourney

Midjourney

États-Unis ↔

Midjourney est un générateur texte-image connu pour produire des visuels stylisés et artistiques à partir de simples entrées textuelles. Il est largement utilisé par les concepteurs et les créatifs pour visualiser rapidement des planches d'inspiration, des atmosphères de conception et des concepts esthétiques, ce qui en fait un outil efficace pour le brainstorming et la visualisation précoce dans des industries créatives comme le meuble et le design industriel.



Plateforme générative Krea.ai

Krea.ai

États-Unis ↔

Krea.ai propose une plateforme générative de conception qui transforme des croquis, des photos ou des textes en images raffinées et de haute qualité. Conçu pour les professionnels créatifs, cet outil permet une idée rapide visuelle et la génération de variantes, permettant aux concepteurs de tester plusieurs idées de conceptions de meubles en temps réel, favorisant ainsi l'innovation sans recourir à des processus de rendu manuels.



Outil de prototypage Vizcom Ai

Vizcom

États-Unis ↔

VIZCOM est un outil alimenté par l'IA conçu pour le prototypage de produits par génération d'images en temps réel. En convertissant des croquis ou du texte en représentations visuelles détaillées, il permet aux concepteurs d'itérer rapidement sur des formes et des caractéristiques de produits. Particulièrement utile en design industriel et de meubles, VIZCOM fait le lien entre l'idéation précoce et la visualisation conceptuelle affinée.



Outil de rendu alimenté par l'IA

Rendair

Espagne ↔

Rendair propose des solutions de rendu basées sur IA qui transforment des croquis, des photos et des plans d'agencement en contenu visuel de haute qualité. Cet outil accélère le développement des produits et la planification des espaces en offrant des alternatives de prototypage rapides et économiques pour les professionnels du meuble et de la décoration intérieure



Stable Diffusion

Stability AI

Royaume-Uni ↔

Stable Diffusion est un modèle de génération d'images open source qui transforme du texte ou des images en visuels photoréalistes. Sa flexibilité et son contrôle en font un modèle idéal pour le prototypage de meubles ou de produits sur mesure, permettant aux concepteurs d'itérer sur des styles, des matériaux et des formes sans outil de rendu coûteux ni maquette physique, ce qui favorise l'expérimentation créative et la rapidité



Furniture Generator

OpenArt AI

États-Unis ↔

Furniture Generator d'OpenArt AI crée des images de meubles réalistes à partir de textes, de prompts, de photos ou de croquis. Il aide les concepteurs et les fabricants à visualiser rapidement les produits, réduisant les coûts de prototypage et accélérant le processus créatif dans la conception du mobilier en permettant une exploration rapide des concepts sans échantillon physique.



Plateforme Visualize AI

Visualize AI

Inde ↔

Visualize AI offre une plateforme intuitive pour générer des rendus détaillés de produits et d'espaces à partir de croquis, de photos ou de plans d'agencement. Elle soutient les concepteurs de meubles et les designers d'intérieur en simplifiant le prototypage et en accélérant la création de contenu visuel, améliorant ainsi la prise de décision et la communication avec les clients et les parties prenantes.



Plateforme de rendu spatial IA

Spacely AI

Thaïlande ↔

Spacely AI est spécialisée dans la génération de rendus photoréalistes d'espaces de vie à partir d'images ou de textes, aidant les concepteurs à visualiser les agencements et la disposition des meubles. Son approche basée sur l'IA réduit la dépendance aux méthodes de rendu traditionnelles, économisant du temps et des coûts dans les projets de design d'intérieur et d'architecture.

**Agent IA pour la conception***Oda AI**États-Unis* ↔

L'agent Oda AI exploite l'intelligence artificielle pour créer des visualisations détaillées de produits et d'espaces à partir de diverses contributions, y compris des croquis et du texte. Il améliore le secteur du meuble et des espaces de vie en simplifiant les processus de prototypage et en permettant une itération rapide des concepts de design.

**Plateforme de génération de contenu visuel***Presti AI**États-Unis* ↔

Presti AI permet de générer des rendus réalistes de meubles et d'espaces à partir de textes ou d'images, aidant les concepteurs à créer rapidement des prototypes et des visualisations. Sa plateforme améliore les flux de travail créatifs en réduisant le besoin en échantillons physiques et en rendus traditionnels, augmentant ainsi l'efficacité des projets de design.

**Application de rendu par IA***Fermat**Espagne* ↔

L'application alimentée par l'IA de Fermat produit des rendus photoréalistes de produits et d'espaces à partir de croquis, de photos ou de descriptions textuelles. Axé sur les marchés du meuble et du design d'intérieur, il permet de réduire les délais et les coûts de prototypage tout en facilitant une visualisation rapide des concepts.

**Outil de redesign d'intérieur sensible au contexte***Interior AI**États-Unis* ↔

Interior AI propose une plateforme basée sur IA qui reconçoit les espaces intérieurs en suggérant des meubles, des styles et des agencements en fonction du contexte existant. Elle permet aux utilisateurs d'explorer instantanément plusieurs scénarios d'ameublement, favorisant la créativité et la prise de décision dans les projets de design d'intérieur.

**Assistant de design d'intérieur IA***RoomGPT**États-Unis* ↔

RoomGPT utilise l'IA pour générer diverses alternatives de décoration intérieure basées sur des photos d'utilisateurs, proposant de nouveaux agencements et styles de mobilier. Cet outil rapide et simple aide les propriétaires et les professionnels à visualiser différentes options d'ameublement sans effort de reconception manuelle.

**Plateforme de reconception d'intérieur alimentée par l'IA***REImagine Home**Canada* ↔

REImagine Home utilise l'IA pour proposer des solutions de reconception d'intérieur sensibles au contexte. Cette solution suggère des meubles, des agencements et des styles adaptés à l'espace de l'utilisateur, permettant une exploration rapide de multiples scénarios de mobilier et soutenant des décisions de conception éclairées avec un minimum d'effort.

**Outil de sélection de matériaux et de finitions IA***Polaron AI**Royaume-Uni* ↔

Polaron AI se spécialise dans la sélection de matériaux et de finitions basée sur IA, optimisant les choix en fonction de critères esthétiques, techniques et environnementaux. Il vient compléter les outils de design d'intérieur en aidant les professionnels à choisir les meilleurs matériaux pour le mobilier et les espaces, améliorant la durabilité et la qualité du design.

**Génération d'image 4o***OpenAI**États-Unis* ↔

Le modèle 4o d'OpenAI permet de générer des images très réalistes à partir de textes, de prompts, de croquis ou de photos de référence. Il améliore les flux de travail créatifs en permettant aux concepteurs de visualiser rapidement des concepts et d'explorer des alternatives de conception sans le rendu ou le prototypage 3D traditionnels, accélérant considérablement le développement des idées à leur stade précoce dans des domaines tels que la conception de meubles et de produits.

IA générative pour la conception personnalisée et le prototypage rapide



Exemples



Kartell

Italie



Une collection de meubles conçue par l'équipe Kartell en collaboration avec l'IA générative, explorant de nouvelles formes esthétiques et fonctionnelles grâce à la co-création humain-machine dans la conception de produits.



Studio Snoop

Australie



Un studio de design qui met en vedette Tilly Talbot, une conceptrice virtuelle propulsée par l'IA générative. Tilly collabore avec l'équipe humaine pour créer de nouveaux meubles, y compris des tabourets surréalistes fabriqués et exposés en 2023 comme exemple de co-création entre l'IA et les concepteurs.



StagenHome

Espagne



Une plateforme basée sur l'intelligence artificielle générative qui transforme de vraies images d'espaces vides en propositions décorées dans divers styles. Elle génère automatiquement le mobilier ainsi que l'ambiance, offrant des visualisations réalistes qui permettent aux utilisateurs d'explorer plusieurs alternatives de design en quelques secondes. Idéal pour expérimenter avec les agencements, les styles et les finitions sans besoin de rendus manuels.



Juliettes Interiors

Royaume Uni



Il s'agit d'une entreprise qui a donné vie à la demande verbale d'un client grâce à un processus collaboratif qui a commencé avec des concepts générés par l'IA. Ces derniers furent ensuite développés en dessins techniques puis fabriqués par des artisans qualifiés, aboutissant à un ensemble de salle à manger sur mesure qui alliaient innovation, design pratique et savoir-faire de haute qualité.



Meridiani

Italie



Plateforme d'IA générative en cours de développement pour la décoration d'intérieur. Cet outil crée des visuels personnalisés en temps réel, aidant les designers et les clients à accélérer et à simplifier les premières étapes du projet tout en maintenant un fort accent sur la personnalisation, la créativité et l'expérience utilisateur.



HC28 Cosmo

Chine



Le fauteuil TWISTY MINI de Roderick Vos pour HC28 COSMO s'inspire d'images conceptuelles générées par l'IA. Sa forme en boucle continue est née de l'interprétation des visuels génératifs en conception physique. Cette pièce sculpturale illustre le dialogue entre intelligence artificielle et créativité humaine, traduisant une esthétique abstraite et algorithmique en un objet de mobilier ludique et ergonomique.



Paola Lenti

Italie



La collection « Alma » de Paola Lenti, sortie en 2025, a été co-créée avec Francisco Gomez Paz à l'aide d'algorithmes génératifs. L'IA optimise des cadres en acier inoxydable légers fabriqués par CNC, permettant des tailles personnalisées illimitées et des sièges durables sans rembourrage, démontrant une personnalisation à l'échelle industrielle, des cycles de prototypage plus courts et une réduction des déchets matériels et énergétiques.



Description

Les modèles de fondation représentent l'une des innovations les plus significatives en intelligence artificielle ces dernières décennies. Avant leur apparition, développer des solutions d'IA pour traiter des textes ou contenus complexes nécessitait d'entraîner des modèles à partir de zéro, un processus coûteux et chronophage. Grâce à leur polyvalence et leur adaptabilité, les modèles de fondation (comme GPT, PaLM, Claude) permettent aux entreprises d'obtenir des résultats concrets avec un investissement initial inférieur à celui requis pour les développements d'IA conventionnels. Cela facilite l'exploration de cas d'usage réels sans avoir besoin de ressources importantes à l'avance.

Les grands modèles de langage (LLM), en particulier, sont devenus une technologie fondamentale dans le contexte des modèles de fondation. Entraînés sur d'immenses volumes de texte, ces modèles sont capables de comprendre, traiter et générer un texte de type humain, générant un contenu cohérent et s'adaptant à un large éventail de contextes. Combinées à d'autres techniques d'IA, ces solutions permettent une interaction rapide, conversationnelle et précise avec la documentation d'entreprise, quel que soit le format dans lequel elle est stockée, et transforment la manière dont les organisations gèrent, interrogent et partagent les connaissances internes. ¹

L'adoption de cette technologie dans le secteur du meuble et de l'habitat constitue un outil stratégique pour optimiser la gestion documentaire, la formation interne et la conformité réglementaire. Les LLM permettent d'extraire des informations clés à partir de manuels, de normes, de fiches techniques et de toute autre documentation, rendant ainsi les connaissances organisationnelles plus accessibles et contextualisées. Cela permet non seulement de réduire le temps passé à la recherche d'informations, mais aussi d'améliorer

1



2



3



4



Difficulté de mise en œuvre : **Moyenne**
 Viabilité économique : **Moyenne-Élevée**

Systèmes de gestion des connaissances basés sur l'IA

la précision des décisions et de favoriser la continuité opérationnelle entre les équipes. ²

L'une des méthodes les plus puissantes pour appliquer cette technologie est par le biais de ce que l'on appelle les assistants de connaissances : il s'agit de systèmes conversationnels qui se connectent à des sources d'information internes (bases de données, documents techniques, intranets ou plateformes cloud) et renvoient des réponses spécifiques adaptées au contexte de l'utilisateur. Ces assistants permettent aux utilisateurs de rechercher des procédures, des réglementations de fabrication ou des spécifications techniques des produits sans vérifier manuellement chaque source d'information. Le résultat est une expérience fluide et naturelle qui facilite l'adoption à tous les niveaux de l'organisation, des employés de l'atelier jusqu'aux responsables de la qualité ou du développement produit.

Ces solutions sont construites sur des infrastructures évolutives utilisant des API et des services cloud, ce qui les rend faciles à intégrer avec les systèmes existants et adaptables à la taille et à la maturité numérique de chaque entreprise. Elles sont également conçues suivant une approche « humain dans la boucle », où les utilisateurs interagissent avec, valident et affinent les sorties du système. Cela augmente non seulement la précision et la fiabilité des réponses, mais garantit aussi que la solution reste alignée sur les besoins réels de l'équipe, en maintenant un équilibre entre automatisation et supervision humaine. ³

Les applications dans le secteur du meuble sont vastes et concrètes : analyse documentaire pour les processus de conception ou de production, soutien à la conformité réglementaire dans les certifications de produits, assistance interne aux flux de travail d'assurance qualité, ou même support technique automatisé pour les clients et distributeurs. Dans un environnement où l'information est abondante mais fragmentée, cette technologie se positionne comme un allié clé pour faire en sorte que le savoir d'entreprise soit plus accessible, structuré et utile.

Comme nous le verrons dans les sections suivantes, l'impact de cette technologie va au-delà de l'automatisation : elle réside dans sa capacité à favoriser une culture organisationnelle plus connectée, efficace et centrée sur la connaissance.



Application

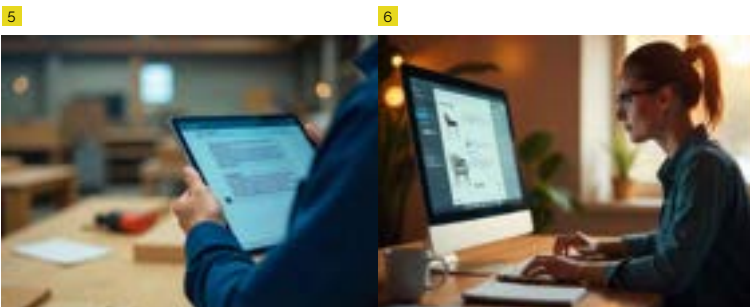
L'IA générative appliquée à la gestion des connaissances dans le secteur du meuble permet aux entreprises d'organiser, d'interroger et d'extraire rapidement des informations à partir de documents commerciaux complexes tels que des procédures internes, des manuels, des protocoles de gestion qualité ou des détails des appels d'offres publics, ce qui simplifie le travail des différents rôles entre les divers services. ⁴

Accès intelligent et organisation du savoir d'entreprise

L'IA générative sert de pont entre des services tels que celui de conception, d'ingénierie, de production et de vente, facilitant l'accès à des documentations clés : procédures internes, manuels techniques, instructions d'assemblage et plus encore. Elle améliore le transfert de connaissances entre les équipes et accélère l'intégration, ce qui est particulièrement précieux pour les entreprises de meubles avec des processus complexes ou un fort renouvellement du personnel. Elle permet également aux profils administratifs ou de gestion de récupérer des informations sans dépendre du personnel technique. ⁵

Assistant IA pour les systèmes de gestion de la qualité

Intégré à des plateformes de qualité, l'assistant peut aider à interroger des protocoles, accéder à la documentation technique, localiser des incidents similaires ou récupérer des dossiers de non-conformité. Les responsables qualité et les techniciens d'usine peuvent ainsi optimiser la gestion documentaire, réduire les erreurs et rationaliser les processus d'inspection, d'audit et d'amélioration continue.



5

6

Analyse automatisée des appels d'offres et des contrats

Les assistants basés sur l'IA générative peuvent extraire et résumer des informations clés issues d'appels d'offres publics ou de contrats complexes : budgets, délais, exigences techniques ou clauses réglementaires. Cette fonctionnalité est particulièrement utile pour des postes tels que responsable des achats, directeur commercial ou pour le personnel technique qui doit évaluer rapidement la faisabilité d'une proposition sans examiner manuellement des documents détaillés. ⁶

Analyse de la documentation de responsabilité sociale de l'entreprise (RSE)

Les systèmes de gestion des connaissances de l'IA peuvent automatiquement identifier les informations pertinentes dans les documents de durabilité ou de réglementation environnementale et sociale. Ils assistent les services qualité, durabilité ou conformité à analyser les indicateurs clés liés aux matériaux, aux conditions de travail, aux émissions, aux pratiques d'économie circulaire, et plus encore. Cela facilite la production de rapports et aide à répondre aux exigences des clients ou de certification.



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Moyenne

Le niveau de difficulté dépend de l'utilisation de la technologie, allant des requêtes simples avec ChatGPT, qui nécessitent peu d'expertise technique, aux développements avancés impliquant des systèmes multi-agents, l'intégration avec d'autres technologies et des prompts affinés. Des intégrations profondes avec des systèmes tels que l'ERP ou le CAO augmentent à la fois la complexité et le coût, et l'adoption nécessite également un changement culturel, incluant la formation des équipes et la validation par un « humain dans la boucle ». Pour garantir une utilisation sécurisée et efficace, les entreprises devraient envisager des mesures de gouvernance des données, telles que le contrôle d'accès, l'anonymisation et le chiffrement, et adapter les modèles au vocabulaire, aux flux de travail et aux normes de conformité spécifiques à l'industrie du meuble via des ajustements fins, des intégrations personnalisées ou une documentation interne.

■ Viabilité économique : Moyenne-Élevée

L'utilisation de solutions existantes sur le marché, qui se connectent facilement à d'autres outils numériques via des systèmes d'intégration standard, offre un point d'entrée accessible avec de faibles coûts initiaux. L'investissement augmente lorsqu'un degré plus élevé

de personnalisation ou d'intégration avec les systèmes internes est requis. En retour, ces outils réduisent considérablement le temps et les ressources consacrés aux tâches manuelles, améliorent la prise de décision et renforcent l'efficacité opérationnelle. De plus, le système est évolutif et adaptable à la croissance organisationnelle et aux besoins spécifiques de l'entreprise.

■ Facteurs humains

L'adoption des assistants de connaissances et des outils d'IA générative transforme la manière dont les équipes accèdent aux informations internes, les gèrent et les consultent. En automatisant des tâches répétitives telles que la recherche manuelle de documents, l'interprétation des réglementations ou la relecture des procédures, ces solutions libèrent du temps pour que les professionnels puissent se concentrer sur des activités à plus grande valeur ajoutée : amélioration continue, analyse des processus, résolution de problèmes complexes et prise de décision stratégique. Cette redistribution du temps favorise une culture plus efficace et collaborative, où les individus agissent en tant que superviseurs, interprètes et amplificateurs des connaissances organisationnelles. Ils passent de « récupérateurs d'informations » à « conservateurs de connaissances », jouant un rôle clé dans l'amélioration de la qualité des données et de la préparation à la décision.

De plus, en simplifiant l'accès aux réglementations, manuels et procédures complexes grâce à l'interaction en langage naturel, ces outils améliorent l'accessibilité cognitive et aident à intégrer des profils non techniques dans des processus de gestion clés.

Cela est particulièrement précieux pour l'intégration de nouveaux collaborateurs ou pour les profils des services de ressource humaines, juridique ou durabilité concernant les questions techniques.

Bien que ces outils soient conçus pour être intuitifs, une adoption efficace nécessite des programmes d'intégration structurés et des ateliers pratiques adaptés à des rôles divers.

Les équipes doivent être compétentes en termes de prompts, de techniques de formulation de requêtes spécifiques aux domaines et de la capacité à évaluer de manière critique les contenus générés par l'IA.

Favoriser ces compétences améliore non seulement la qualité des interactions avec le système, mais renforce aussi l'autonomie de l'utilisateur, la maturité numérique et la collaboration transversale.

Pour intégrer avec succès l'IA générative dans les flux de travail des connaissances, il faut un changement culturel, porté par la direction et les RH, vers un apprentissage continu, une confiance dans la co-création humain-IA, et un alignement avec les objectifs organisationnels.

Des défenseurs dévoués de l'IA, des réseaux d'apprentissage entre pairs et une communication transparente sur les capacités et les limites : tous ces éléments soutiendront davantage l'adoption.

■ Facteurs environnementaux

Les assistants de connaissances basés sur l'IA contribuent à une gestion documentaire plus durable en réduisant le besoin d'imprimer des manuels, des rapports ou des fiches techniques. L'interrogation numérique élimine l'utilisation de papier, de matériaux de reliure et de supports de stockage physiques tels que des dossiers, des disques durs externes ou des clés USB. Centraliser l'information dans des environnements numériques réduit également la dépendance aux imprimantes et au stockage physique, diminuant ainsi la consommation d'énergie et l'empreinte environnementale dans les bureaux et les environnements industriels. Les mises à jour de contenu en temps réel, le contrôle des versions et l'évitement de documents obsolètes améliorent la traçabilité et optimisent l'utilisation des ressources numériques.

Ces solutions réduisent également la duplication des efforts et des matériaux en facilitant l'accès aux normes, procédures ou rapports internes existants, économisant du temps et des ressources lors de la création de documents. Cependant, il est important de considérer que l'exécution de modèles d'IA augmente également la consommation d'énergie, tant par le biais des processus d'entraînement que par celui de l'utilisation continue des infrastructures numériques.

La phase de formation de ces assistants est l'un des aspects les plus lourds pour l'environnement. L'entraînement d'un grand modèle de langage (LLM) tel que GPT-4 implique des milliards de paramètres et de pétaoctets de données textuelles, nécessitant des millions d'heures GPU dans des environnements de calcul haute performance (HPC). Ce processus consomme d'énormes quantités d'électricité et d'eau et génère d'importantes émissions de carbone, surtout lorsqu'il est alimenté par des réseaux énergétiques dominés par les combustibles fossiles.

Le matériel nécessaire pour entraîner et faire fonctionner ces modèles tels que les GPU, les TPU et les serveurs de support constitue également une source majeure d'impact environnemental, car ces composants dépendent d'éléments en terres rares et en silicium de haute pureté. De plus, le rythme d'innovation du matériel d'IA entraîne des cycles de mise à niveau courts, aggravant les problèmes d'extraction et d'élimination des ressources (déchets électroniques).

Une fois déployés, les assistants IA nécessitent des ressources informatiques substantielles pour répondre aux requêtes des utilisateurs en temps réel. Ces systèmes sont généralement hébergés sur des plateformes cloud et des centres de données, qui contribuent à la demande croissante d'électricité et à l'impact environnemental du secteur numérique. De plus, les assistants IA reposent sur le stockage, la récupération et l'intégration de données à travers de vastes bases de connaissances, ce qui augmente encore plus la demande en infrastructure numérique.

Néanmoins, les bénéfices en termes d'efficacité, de numérisation et de réduction de la dépendance aux supports physiques contribuent à compenser en partie cet impact, surtout lorsque les meilleures pratiques sont suivies et que les organisations évoluent vers des environnements technologiques économes en énergie.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

Les solutions basées sur l'IA générative doivent respecter le Règlement général sur la protection des données (RGPD) et peuvent soutenir la mise en œuvre de normes telles qu'ISO 9001 (Systèmes de gestion de la qualité), ISO 14001 (Gestion environnementale) et ISO 26000 (Responsabilité sociale). Elles favorisent une gestion des connaissances plus efficace, sécurisée et traçable, garantissant le contrôle d'accès, la transparence et l'alignement avec les valeurs d'entreprise et les systèmes de gestion adoptés au sein du secteur.

Systèmes de gestion des connaissances basés sur l'IA



Solutions



Bidbrief – Système de gestion des appels d'offres

Sciling

Espagne ↔

Bidbrief est une solution développée par Sciling qui utilise des agents IA pour analyser les spécifications des appels d'offres et la documentation technique. Cet outil peut aider les entreprises manufacturières à accélérer la prise de décision concernant la participation aux appels d'offres ou à d'autres processus d'approvisionnement public et de financement.



IA documentaire

SambaNova

États-Unis ↔

L'IA documentaire de SambaNova exploite l'IA générative et conventionnelle pour fournir un accès conversationnel aux documents techniques et opérationnels. Elle aide les entreprises de meubles à analyser, classer et interroger les réglementations, manuels et factures, automatisant les flux de travail des documents et soutenant le personnel technique sur site pour améliorer la conformité et réduire le temps de requête.



Traitement intelligent des documents (IDP - Intelligent Document Processing)

Appien

États-Unis ↔

Le Traitement intelligent des documents d'Appian combine des technologies d'IA pour automatiser l'extraction, la classification et l'interrogation de documents techniques tels que les SOP, les manuels et les fiches techniques. Son intégration dans les systèmes d'entreprise améliore l'efficacité opérationnelle, permettant un support interne plus rapide et garantissant la conformité réglementaire dans l'industrie du meuble.



Squint.ai Copilot

Squint.ai

États-Unis ↔

Squint.ai Copilot utilise un mélange d'IA générative et traditionnelle pour offrir une interaction conversationnelle avec des documents techniques et opérationnels. Il permet une récupération rapide des données et une validation pour les flux de travail du secteur du meuble, automatisant l'analyse documentaire et fournissant une assistance sur site au personnel, améliorant ainsi la conformité et réduisant la charge de travail manuelle.



Eddy (Gestion des connaissances alimentée par l'IA)

Document360

Royaume-Uni ↔

Eddy de Document360 utilise l'IA générative et des assistants conversationnels pour améliorer l'accès aux connaissances internes. Il permet des interrogations rapides des documents techniques, réglementations et procédures, soutenant l'intégration, la résolution des problèmes et la conformité dans les secteurs du mobilier et de la fabrication, améliorant ainsi la gestion des connaissances et l'efficacité opérationnelle.



Navex AI Assistant

Navex

États-Unis ↔

Navex AI Assistant utilise l'IA pour faciliter l'accès aux documents liés à la conformité et aux connaissances internes. Il soutient les entreprises de meubles dans la gestion des réglementations et des normes de qualité, facilitant une résolution plus rapide des problèmes, l'intégration des employés et garantissant le respect des politiques internes grâce à des interactions conversationnelles avec l'IA.



Plateforme de connaissances alimentée par l'IA

Sinequa

France ↔

Sinequa propose une plateforme de connaissances basée sur l'IA qui exploite l'IA générative pour fournir un accès rapide et contextuel aux informations d'entreprise. Elle aide les entreprises du secteur du meuble à interroger rapidement les documents techniques et les données internes, accélérant la prise de décision et améliorant la conformité ainsi que le partage des connaissances entre les équipes.



Recherche des connaissances et informations basées sur l'IA

Mindbreeze

Autriche ↔

Alimenté par l'IA, Mindbreeze permet la recherche et l'obtention d'informations liées aux connaissances, permettant aux entreprises d'accéder et d'analyser des documents techniques, des réglementations et des procédures. Ses assistants conversationnels améliorent l'accès aux connaissances internes, soutenant les processus d'intégration du personnel et de conformité dans la fabrication de meubles et les industries connexes.

**Plateforme de gestion des connaissances par IA***Zive**États-Unis* ↔

Zive intègre l'IA générative et des outils conversationnels pour faciliter un accès rapide aux connaissances internes et aux documents. Elle soutient les entreprises du secteur du meuble en améliorant l'efficacité de la recherche d'informations, facilitant la résolution des problèmes, le respect de la conformité et permettant une intégration plus fluide du personnel.

**Plateforme de connaissances par IA Thron***Thron**Italie* ↔

La plateforme IA de Thron améliore la gestion des connaissances en permettant un accès instantané aux documents, contrats et procédures de l'entreprise. Ses assistants IA aident les professionnels du secteur du meuble à trouver rapidement des informations pertinentes, assurant la conformité et soutenant l'efficacité opérationnelle grâce à une organisation intelligente des données.

**Gestion des connaissances Guru***Guru**États-Unis* ↔

Guru utilise l'IA et des assistants conversationnels pour améliorer le partage et la récupération des connaissances au sein des organisations. Cet outil permet aux entreprises de meuble d'accéder instantanément aux documents techniques, réglementations et bonnes pratiques, accélérant ainsi l'intégration du personnel, la résolution des problèmes et la conformité aux normes de qualité.

**Plateforme Work AI***Glean**États-Unis* ↔

La plateforme Work AI de Glean utilise l'IA générative pour fournir un accès conversationnel aux connaissances de l'entreprise. Elle aide les professionnels du secteur du meuble à trouver rapidement des documents, des réglementations et des procédures, facilitant l'intégration des nouveaux collaborateurs, la conformité et la communication interne grâce à un accès fluide à l'information.

**Plateforme IA SquirroGPT***Squirro**Suisse* ↔

SquirroGPT combine l'IA générative et l'analyse de données pour améliorer la gestion des connaissances. Elle offre aux entreprises du secteur du meuble un accès conversationnel à la documentation interne et aux informations, simplifiant la conformité, le support technique et la prise de décision en mettant rapidement en avant et de manière contextuelle les informations pertinentes.

**Graphe d'expertise dynamique***Starmind**Suisse* ↔

Starmind construit des graphes d'expertise dynamiques en analysant les communications issues des e-mails, de Jira et de Teams afin de rediriger les questions internes vers les bons experts. Largement utilisé dans la manufacture et la R&D, cet outil accélère la résolution de problèmes et le partage des connaissances tout en assurant la conformité au RGPD, rendant les flux de travail du secteur du meuble plus fluides.

**Plateforme Einstein 1***Salesforce**États-Unis* ↔

Einstein 1 de Salesforce intègre l'IA dans les données et les flux de travail de l'entreprise à l'aide d'outils low-code. Cette plateforme automatise les tâches et fournit des informations personnalisées, améliorant l'efficacité des ventes et de la gestion des connaissances. Les entreprises d'ameublement bénéficient ainsi de processus simplifiés et d'un engagement client accru grâce à une connectivité aux données alimentée par l'IA.

**Zoho CRM avec Zia AI***Zoho**Inde* ↔

Zoho CRM, propulsé par Zia AI, prédit les résultats des prospects, suggère les meilleurs moments pour les contacter, génère des messages personnalisés et fournit des rapports de performance. Ce CRM amélioré par l'IA aide les équipes commerciales du secteur du meuble à accroître leur efficacité, à réduire les coûts opérationnels et à améliorer la gestion de la relation client grâce à l'automatisation basée sur les données.

**Cadre open source pour le développement de l'IA***LangChain**N/A (Open source)* ↔

LangChain est un cadre open source qui permet aux entreprises de créer, de personnaliser et d'intégrer des applications d'IA avec un meilleur contrôle sur les données et les flux de travail. Il soutient le développement de modèles de langage avancés et d'outils d'IA, aidant les organisations à réduire la dépendance vis-à-vis des fournisseurs et à encourager l'innovation interne.

Systemes de gestion des connaissances basés sur l'IA



Cadre NLP open source

Haystack
N/A (Open source) ↔

Haystack est un cadre NLP open source conçu pour construire des systèmes évolutifs de recherche de documents et de réponse aux questions. Il permet aux entreprises de créer des solutions d'IA personnalisables pour une compréhension approfondie des documents, réduisant la dépendance envers les fournisseurs commerciaux et permettant une intégration personnalisée dans l'infrastructure informatique existante.



Grand modèle de langage open source

LLaMA
N/A (Open source) ↔

LLaMA, développé par Meta AI, est un grand modèle de langage open source offrant aux organisations la capacité d'exécuter un traitement avancé du langage par IA sur leur propre infrastructure. Il offre flexibilité, une meilleure confidentialité des données et des opportunités de personnalisation pour réduire la dépendance envers les fournisseurs d'IA commerciaux.



Grand modèle de langage open source

Mistral
N/A (Open source) ↔

Mistral est un grand modèle de langage open source qui vise à fournir de puissantes capacités de compréhension des langues. Il aide les entreprises qui cherchent des outils d'IA personnalisables offrant un contrôle total sur leurs données et leurs processus d'IA, minimisant ainsi les risques liés à la dépendance vis-à-vis des fournisseurs et favorisant l'innovation.



Moteur de génération augmentée par récupération (RAG)

RAGFlow
Chine ↔

RAGFlow est un moteur open source spécialisé dans la génération augmentée par récupération, permettant une compréhension approfondie de documents complexes tels que les PDF, les images et les bases de données. Il fournit des réponses par IA basées sur des citations et s'intègre sans heurts dans les flux de travail de l'entreprise grâce à des API intuitives, permettant aux entreprises de gérer les connaissances grâce à un contrôle total des données.



Exemples



IKEA

Suède
↔

Assistant IA (ChatGPT) et Kreativ d'IKEA : IKEA combine l'IA conversationnelle avec des outils de conception immersifs pour améliorer l'expérience du client. Son assistant IA (basé sur ChatGPT) aide les utilisateurs et les employés avec leur questions concernant les produits, des recommandations de meubles et des conseils en matière de décoration, offrant un accès rapide aux informations techniques et commerciales. Parallèlement, Kreativ d'IKEA permet aux clients de scanner leurs propres espaces, de retirer les meubles existants et de placer virtuellement les produits IKEA à l'échelle réelle et avec l'éclairage réel. Grâce à l'IA, au scannage en 3D et à la réalité augmentée, cet outil crée des modèles de salles modifiables qui aident à prendre des décisions de conception réalistes et personnalisées.



Wayfair

États-Unis
↔

Agent Co-Pilot : Un assistant interne alimenté par une IA générative qui fournit des réponses instantanées aux équipes commerciales et de support client sur les produits, les politiques et les alternatives, améliorant ainsi l'efficacité et la qualité de l'assistance.



Freedom Furniture - Centre de marchandisage alimenté par l'IA de Coveo

Australie
↔

Freedom Furniture utilise la plateforme de merchandising alimentée par l'IA de Coveo pour améliorer la découverte de produits et rationaliser la gestion des connaissances. Cette solution combine intelligence artificielle et commandes manuelles, permettant à l'entreprise de gérer efficacement les informations sur le produits et d'améliorer l'expérience client grâce à une recherche intuitive et à des recommandations personnalisées.

**Steelcase – « IA d'intégration »***États-Unis*

Utilise Einstein de Salesforce pour unifier les données entre Herman Miller, Knoll et DWR. L'IA recommande des produits et produit des analyses inter-marques, améliorant ainsi le service client et les choix des responsables merchandising.

**Qatalog***Royaume Uni*

Un outil de gestion des connaissances qui utilise l'intelligence artificielle pour permettre aux équipes de rechercher et d'obtenir des réponses en temps réel à partir de toutes les sources de l'entreprise (documents, outils, applications, par exemple) sans copier ni déplacer des données. Il fonctionne comme un assistant conversationnel qui relie directement les informations à la source, garantissant la sécurité, la précision et des mises à jour constantes.

**Netguru Memory***Pologne*

Base de connaissances alimentée par l'IA développée en interne comme un dépôt centralisé qui stocke, organise et partage les connaissances au sein d'une entreprise. Cet outil exploite l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique pour aider à rechercher rapidement d'immenses bases de données et à constituer des études de cas générées par l'IA à des fins internes et externes.

**Home Depot***États-Unis*

Magic Apron est la suite d'outils d'IA générative de Home Depot qui aide les clients dans leurs projets d'amélioration de l'habitat. Disponible sur leur application et leur site web, elle repose sur des connaissances propriétaires combinant des jeux de données avec l'expertise de Home Depot. Elle répond aux questions liées aux produits, résume les avis et agit comme un assistant de magasin numérique.

Optimisation des processus de marketing et de vente avec l'IA générative : automatisation et personnalisation des contenus



Description

L'intelligence artificielle générative appliquée à l'automatisation et à la personnalisation du contenu combine des modèles de texte, d'image, d'audio et de vidéo entraînés sur de grands volumes de données pour générer du nouveau contenu à partir d'instructions simples ou de données contextuelles. Ces technologies ont évolué à partir de modèles de fondation tels que GPT, Stable Diffusion, et des outils de synthèse vidéo comme Synthesia, et représentent un des domaines de développement les plus actifs en marketing et communication numérique. Cependant, malgré leur potentiel, ces technologies soulèvent également d'importantes inquiétudes. L'un des principaux défis est la qualité et la fiabilité du contenu généré, car les modèles génératifs sont enclins à introduire des inexactitudes ou des « hallucinations », c'est-à-dire des résultats plausibles mais incorrects qui peuvent saper la confiance. De plus, l'utilisation d'ensembles de données externes pour entraîner ces modèles a suscité un débat autour du droit d'auteur et de la propriété intellectuelle, en particulier lorsque le contenu généré reproduit ou s'inspire d'œuvres protégées sans attribution ou licence claire. Les entreprises doivent être conscientes que les modèles entraînés sur des images/textes protégés par le droit d'auteur peuvent générer des œuvres dérivées et s'exposer à des poursuites pour contrefaçon.

Dans le contexte du secteur du meuble, cette technologie permet la génération automatique de publications sur les réseaux sociaux, de textes publicitaires, de catalogues visuels, de vidéos produits et de messages textuels ou audio personnalisés adaptés à différents profils, langues ou préférences clients. Des outils tels que ChatGPT/DALL E, Stable Diffusion, Runway ou Synthesia peuvent être utilisés pour produire des actifs créatifs, cohérents et visuellement impactants pour des campagnes de marketing. De plus, cette automatisation permet la réalisation de tests A/B à grande échelle,

1

2

3

4



Difficulté de mise en œuvre : **Moyenne**
 Viabilité économique : **Moyenne-Élevée**

Optimisation des processus de marketing et de vente avec l'IA générative : automatisation et personnalisation des contenus

l'adaptation des créatifs à des marchés spécifiques, et des réactions rapides aux évolutions des tendances ou des préférences esthétiques. **1**

L'une des applications les plus stratégiques de l'IA générative en marketing et en vente est la création de contenus multimédias personnalisés (texte, images, vidéos ou audio) basés sur l'analyse des tendances visuelles, des styles et des gammes de produits. Ces systèmes sont conçus pour détecter des schémas stylistiques dans les bases de données de produits, les réseaux sociaux, les foires commerciales ou les matériaux internes, et les traduire en propositions alignées sur l'identité visuelle de la marque et les préférences du public cible. Cela permet de générer un contenu hautement pertinent et adaptable pour divers contextes commerciaux.

De plus, l'IA générative stimule de nouvelles formes d'interaction avec les clients grâce à du contenu commercial dans des interfaces dynamiques, comme des expériences immersives, des recommandations visuelles ou des catalogues interactifs. Ces solutions présentent des produits, répondent aux questions fréquemment posées ou guident les clients tout au long du processus décisionnel de manière visuelle, agile et contextualisée, enrichissant l'expérience à travers les canaux numériques. **2**

D'un point de vue stratégique, ces capacités permettent aux marques de meuble d'accroître leur visibilité, de renforcer les liens émotionnels avec les clients et d'améliorer l'intention d'achat grâce à un contenu persuasif, créatif et personnalisé. De plus, en centralisant le contrôle du style et du message au sein d'un seul outil, les marques peuvent garantir une production cohérente de matériaux sur plusieurs formats et canaux, renforçant ainsi la valeur perçue de la marque. **3**

Un avantage clé de cette technologie est son intégration avec des outils standards de marketing et de vente tels que les gestionnaires de contenu, les plateformes d'automatisation, les éditeurs visuels ou les CRM. Cela permet d'intégrer l'IA générative dans les flux de travail existants au sein des processus commerciaux de l'industrie du meuble, sans devoir appliquer de changements radicaux dans les structures actuelles, maintenant ainsi un contrôle créatif tout en tirant parti de la puissance de l'automatisation.

Comme le montreront les sections suivantes, ces solutions deviennent des outils clés pour amplifier la créativité dans les processus de vente, améliorer l'expérience client et renforcer la compétitivité du secteur du meuble dans un environnement numérique de plus en plus dynamique.



Application

L'intégration de l'intelligence artificielle générative dans les processus de marketing et commerciaux du secteur du meuble permet l'automatisation et la mise à l'échelle de tâches clés de manière hautement personnalisée et efficace. Voici les principales applications :

Création, gestion et stratégie de contenu personnalisé

Les équipes marketing peuvent automatiquement générer des supports visuels, textuels et audiovisuels adaptés à différents profils clients, canaux et contextes commerciaux. À partir de prompts simples, de guides de style de marque ou d'analyses visuelles de lignes de style, de tendances produits ou des campagnes concurrentes, il est possible de créer du contenu aligné sur les objectifs stratégiques de chaque campagne. Ces informations peuvent également être utilisées pour redéfinir le positionnement, ajuster les campagnes en cours ou identifier des opportunités de marché avant la concurrence. Ces outils garantissent une cohérence visuelle et narrative sans surcharger les ressources humaines. Cependant, l'efficacité du contenu doit être continuellement évaluée via des analyses, en alimentant les informations dans les systèmes de conception de prompts ou d'ajustement fin des modèles afin d'assurer la pertinence continue des campagnes.

Malgré l'automatisation des processus, chaque optimisation doit être validée par une équipe en termes de langage, de cohérence visuelle et de respect des valeurs de l'entreprise. Le risque est que la charge de travail supplémentaire pour le contrôle qualité annule partiellement les gains de temps attendus. Bien que l'IA puisse produire du contenu cohérent avec des consignes et des suggestions, elle manque souvent de la profondeur créative, émotionnelle ou culturelle qu'une équipe humaine peut offrir. Le risque est que le contenu généré automatiquement puisse paraître « plat » ou stéréotypé, réduisant ainsi la distinctivité de la marque. **4**

Automatisation des flux de travail des campagnes et du marketing

En s'intégrant aux plateformes de marketing par e-mail, aux CRM ou aux réseaux sociaux, il est possible de concevoir des flux de communication automatisés avec des messages générés dynamiquement. L'IA générative peut écrire des e-mails personnalisés, créer des articles adaptés à chaque plateforme et segmenter les messages en fonction du comportement de l'audience ana-

Optimisation des processus de marketing et de vente avec l'IA générative : automatisation et personnalisation des contenus

lysé auparavant. De plus, les assistants virtuels peuvent offrir un accompagnement instantané et personnalisé, répondre aux questions fréquemment posées et guider les clients tout au long du processus de prise de décision. L'utilisation des assistants virtuels implique également des considérations réglementaires. Selon le RGPD, les utilisateurs doivent être informés lorsqu'ils interagissent avec l'IA, et toute donnée personnelle traitée doit respecter les exigences de transparence et de consentement.

De nombreuses solutions (par exemple pour les publications sociales, les fiches produits ou les catalogues) reposent sur des mises en page standardisées, risquant de standardiser la communication visuelle des marques. Cela entraînerait une perte d'originalité et créerait la confusion avec les concurrents qui utilisent les mêmes outils. ⁵

Campagne continue et optimisation du contenu

Grâce à l'analyse automatisée des indicateurs de performance (taux de clics, engagement, conversions, etc.), les modèles génératifs peuvent suggérer des ajustements en temps réel pour améliorer l'efficacité des campagnes. Cela inclut des suggestions de reconception pour les créateurs, des modifications des textes publicitaires ou des modifications de la fréquence et des canaux de distribution. La capacité à réaliser des tests A/B automatisés à grande échelle améliore la prise de décision basée sur les données et soutient l'apprentissage continu au sein de l'équipe.

Accélération de la production de ressources marketing

La génération automatique de textes publicitaires, fiches produits, créations visuelles et ressources audiovisuelles permet de faire évoluer la production de contenu sans compromettre la qualité. Cette capacité est particulièrement précieuse dans des environnements de campagne rapides ou dans des marchés multilingues et multi-pays, où l'adaptation du contenu entre langues et régions peut être automatisée tout en préservant la cohérence de la marque. Plutôt que de remplacer des professionnels créatifs, l'IA générative est mieux comprise comme un outil qui améliore leurs capacités. L'intervention humaine reste essentielle pour guider, superviser et affiner les résultats, garantissant la pertinence, la précision et l'alignement avec les valeurs de la marque. La collaboration entre humains et machines permet aux créateurs de contenu, concepteurs et stratèges marketing de se concentrer sur des tâches à plus grande valeur ajoutée, combinant automatisation et créativité stratégique. ⁶



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Moyenne

La complexité de la mise en œuvre varie selon la solution choisie. L'intégration de fonctionnalités pré-intégrées dans des outils standards est généralement simple, tandis que les développements personnalisés ou les intégrations complexes nécessitent un effort technique plus important. De plus, le succès dépend du développement d'une culture orientée sur les données et les résultats, de la gestion efficace des sources d'information et de l'intégration de l'IA avec les systèmes de marketing et de vente existants. Adapter les équipes aux nouveaux processus et flux de travail présente également un défi organisationnel important.

■ Viabilité économique : Moyenne-Élevée

Le coût de la mise en œuvre dépend du niveau de personnalisation et d'intégration nécessaire. Des options abordables sont disponibles via des services cloud et des abonnements SaaS, permettant aux entreprises de commencer par des investissements modérés. Plus le degré de segmentation et d'automatisation est élevé, plus le retour sur investissement potentiel est élevé. Cependant, des projets à grande échelle ou des intégrations complexes (par exemple avec CRM, CMS ou des systèmes internes) augmenteront les coûts initiaux, bien qu'ils puissent également améliorer la compétitivité à long terme.

■ Facteurs humains

L'adoption de l'intelligence artificielle générative dans le marketing et la vente peut considérablement améliorer l'expérience professionnelle des équipes en les libérant de tâches répétitives telles que la rédaction de contenus promotionnels ou la production manuelle de créations. Cette automatisation permet aux professionnels de se concentrer sur des décisions stratégiques et, surtout, sur un travail créatif à plus grande valeur ajoutée, favorisant une culture de co-création où l'humain sélectionne, valide et supervise le contenu généré par l'IA.

Ce changement renforce la satisfaction au travail et permet aux professionnels de la communication de se concentrer sur le storytelling, la construction de la marque et l'innovation sur le marché.

Pour garantir l'efficacité de cette transformation, elle doit être soutenue par une stratégie globale de perfectionnement qui permet aux équipes d'utiliser ces outils, d'affiner les résultats, de maintenir la cohérence de la marque et de participer de manière proactive à un environnement numérique en évolution.

Cela inclut des formations à la conception de prompts, à la génération de contenu éthique, aux adaptations sécurisées pour la marque et à la maîtrise des données pour l'optimisation des campagnes.

En même temps, il est important de garder à l'esprit que l'abondance de contenu généré automatiquement peut entraîner une fatigue décisionnelle, réduire la pertinence du message ou diluer la différenciation de la marque si ce contenu n'est pas appliqué avec soin.

Renforcer le jugement éditorial et mettre en place des cadres de gouvernance du contenu aide à filtrer les résultats et à assurer l'alignement avec les objectifs de la campagne.

Encourager un engagement critique avec le contenu généré par l'IA favorise une sélection réfléchie et protège l'identité de marque contre les résultats génériques ou mal alignés.

De même, aligner l'utilisation de ces technologies avec les valeurs et objectifs de l'organisation garantit un déploiement éthique, transparent et conforme à la responsabilité sociale du secteur.

En pratique, cela signifie l'implication des services marketing, juridique et RH dans l'adoption de l'IA, garantissant la transparence dans l'utilisation des outils, et clarifiant le rôle de l'IA dans la création de contenu tant auprès des équipes que des audiences.

■ Facteurs environnementaux

L'utilisation de l'intelligence artificielle générative dans le marketing et la vente peut contribuer de manière significative à la durabilité opérationnelle des entreprises d'ameublement. Avec une segmentation améliorée de l'audience et la possibilité de générer des supports personnalisés sans séances photo physiques, il devient possible de réduire la production et la distribution de catalogues imprimés, brochures ou supports promotionnels souvent inutilisés. Cette efficacité réduit non seulement la consommation de papier, d'emballages et de supports physiques, mais aussi le temps et les coûts liés à l'organisation de productions complexes.

De plus, présenter les produits virtuellement et générer du contenu visuel et audiovisuel sans déplacement réduit l'empreinte carbone associée aux déplacements d'affaires ou à la participation à des événements promotionnels, un facteur particulièrement pertinent dans un secteur où les cycles commerciaux nécessitent souvent

une mobilité intensive. Les flux de travail numériques centralisés, par le biais de plateformes connectées à des outils tels que les CRM ou les CMS, minimisent encore davantage le besoin d'infrastructures physiques et de matériaux, soutenant ainsi une stratégie de communication plus agile et durable.

Cela dit, bien que ces avantages soient évidents, la mise en œuvre de ces outils doit être cohérente et éviter l'écoblanchiment. Dans un contexte où les visuels générés par l'IA peuvent sembler répondre aux exigences de durabilité en raison de leur nature numérique, il est important de considérer le coût environnemental de l'infrastructure qui les alimente, en particulier dans les systèmes génératifs basés sur le cloud.

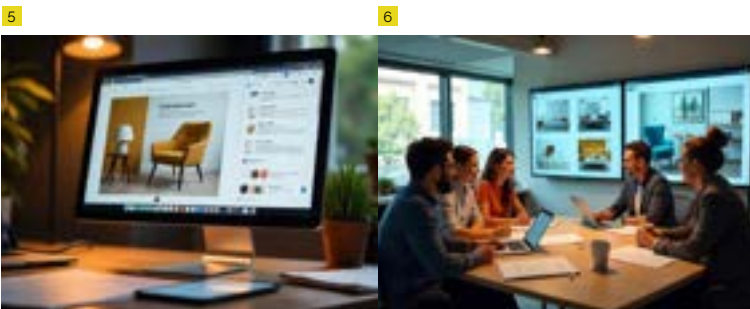
Bien que les entreprises d'ameublement utilisent généralement des solutions d'IA pré-entraînées et prêtes à être déployées, celles-ci reposent toujours sur de grands modèles hébergés dans des centres de données mondiaux très énergivores. L'entraînement et le fonctionnement continu de tels modèles exigent une grande puissance de calcul, avec des inférences fréquentes, des processus de personnalisation et des algorithmes de recommandation fonctionnant à grande échelle. Cela implique une consommation considérable d'énergie et d'eau.

Le matériel joue également un rôle : les GPU, les TPU et les puces IA personnalisées nécessaires à la génération de contenu en temps réel sont fabriqués avec des matériaux rares comme le cobalt ou le néodyme, dont l'extraction comporte des risques environnementaux et sociaux. De plus, les exigences continues en matière de performances entraînent des mises à jour matérielles fréquentes, contribuant à la création de déchets électroniques.

Pour garantir de réels gains en durabilité, les entreprises d'ameublement devraient privilégier les fournisseurs technologiques disposant de stratégies claires en termes d'efficacité énergétique, de politiques d'approvisionnement responsables et de rapports transparents sur l'impact environnemental, alignant leurs efforts de communication sur des actions réelles et mesurables.

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

Les solutions d'IA générative utilisées en marketing et en vente doivent respecter le Règlement général sur la protection des données (RGPD), en particulier lorsque des données personnelles sont utilisées pour la segmentation ou la personnalisation. Elles doivent également respecter les exigences de transparence de la Loi européenne sur l'IA, qui impose l'identification des contenus générés par l'IA lorsqu'ils influencent les décisions ou perceptions des consommateurs. De plus, le respect du droit d'auteur et la cohérence avec les valeurs éthiques et de communication de l'entreprise doivent être garantis.



Optimisation des processus de marketing et de vente avec l'IA générative : automatisation et personnalisation des contenus



Solutions



Scènes de styles de vie hyper-réalistes générées par l'IA

Scenes

Danemark ↗

Scenes utilise l'IA pour créer des scènes de style de vie hyper-réalistes pour le secteur du meuble, éliminant ainsi le besoin de séances photo traditionnelles. Cette solution aide les marques à produire des présentations de produits polyvalentes et attractives qui améliorent efficacement et à moindre coût les supports marketing et les présentations numériques.



Test publicitaire et évaluation de campagnes alimentés par l'IA

Kantar

Royaume-Uni ↗

La plateforme de test publicitaire basée sur l'IA de Kantar prédit l'efficacité des vidéos et des bannières avant leur lancement. Cet outil aide les fabricants et les marques à optimiser les campagnes en fonction d'informations basées sur des données, réduisant ainsi le temps de validation créative et améliorant l'impact publicitaire pour de meilleurs résultats marketing.



Plateforme de génération visuelle alimentée par l'IA

Presti.ai

France ↗

Presti.ai propose une plateforme basée sur l'IA qui génère des images de style de vie hyper-réalistes pour la présentation de produits de mobilier. Elle permet aux marques de créer un contenu visuel attrayant sans séances photo physiques, soutenant les campagnes marketing grâce à des images polyvalentes et photoréalistes qui engagent les clients sur tous les canaux numériques.



Création et optimisation de campagnes multimodales basées sur l'IA

Agents Typeface

États-Unis ↗

Les agents Typeface Arc agissent comme des coéquipiers intelligents toujours actifs qui imaginent, créent et optimisent des campagnes de marketing multimodales. Ils veillent à ce que le texte et les images restent alignés sur les directives de la marque, stimulant la créativité et l'efficacité des campagnes grâce à la gestion de contenu basée sur l'IA.



Scènes intérieures générées par l'IA

Freepik

Espagne ↗

Freepik propose des scènes intérieures générées par l'IA, idéales pour les catalogues, les réseaux sociaux et les campagnes publicitaires. Leur vaste bibliothèque de visuels photoréalistes aide les entreprises de meubles à créer rapidement des contenus marketing attrayants, aidant les marques à renforcer l'engagement des clients et à mettre en valeur leurs produits de manière attrayante.



Génération automatisée de publicités visuelles et de textes

AdCreative.ai

France ↗

AdCreative.ai utilise l'IA pour générer automatiquement des publicités visuelles, des textes promotionnels et des publications pour réseaux sociaux adaptés à différents formats et publics cibles. Cet outil simplifie les flux de travail marketing, aidant les marques à créer rapidement des campagnes efficaces et engageantes tout en adaptant le contenu pour un impact maximal.



Plateforme de création de contenu par IA

Jasper

États-Unis ↗

Jasper est une plateforme propulsée par l'IA qui automatise la création de textes promotionnels, de publicités et de contenus destinés aux réseaux sociaux. Elle aide les entreprises à générer des textes personnalisés pour des publics et formats diversifiés, améliorant ainsi l'efficacité et la créativité du marketing de contenu sans effort manuel.



Plateforme de visualisation 3D et de personnalisation de produits

Cylindo (Chaos)

Allemagne ↗

Cylindo propose une solution de visualisation 3D avancée, de réalité augmentée et de personnalisation en temps réel des produits adaptée aux fabricants de meubles et aux détaillants. Cette plateforme automatise le rendu et permet aux clients de personnaliser les produits par couleurs, finitions et matériaux, améliorant ainsi l'expérience e-commerce et favorisant des taux de conversion plus élevés.

**Génération de contenu automatisée***Contents.com**Italie* ↔

Contents.com utilise l'IA pour produire automatiquement des publicités visuelles et du matériel promotionnel écrit. Cette plateforme adapte le contenu à différents formats de médias et différentes audiences, permettant aux marques d'adapter leurs efforts marketing et de maintenir efficacement un message cohérent et de haute qualité.

**Plateforme d'alignement de la messagerie de marque***Jacquard**Royaume-Uni* ↔

Jacquard aide les entreprises à maintenir la cohérence des messages en alignant tout le contenu marketing sur l'identité de la marque. Cette plateforme garantit que les publicités, publications et supports promotionnels reflèteront le ton et les valeurs de la marque, soutenant une communication cohérente et fiable entre les canaux.

**Plateforme de rédaction publicitaire empathique et personnalisée***Anyword**États-Unis* ↔

Anyword est une plateforme de rédaction par IA qui personnalise le ton et le style en fonction du public, du produit et du canal de communication. Elle génère du contenu personnalisé, allant des descriptions de produits aux messages publicitaires, en s'adressant à des profils variés (utilisateurs finaux, architectes, distributeurs...) afin de maximiser l'engagement.

**Marketing multilingue et messagerie CRM***Typewise AI**Suisse* ↔

Typewise AI aide les équipes marketing et de CRM à élaborer des messages multilingues adaptant le ton et le contenu à différents publics. Cette solution est particulièrement précieuse pour les marques internationales recherchant une communication cohérente à travers des marchés divers, améliorant l'engagement client et l'unité de la marque.

**Automatisation de la communication client après l'achat***Auralis AI**États-Unis* ↔

Auralis AI automatise la communication post-achat en générant des réponses personnalisées, en suggérant des contenus sur mesure liés à l'entretien, à l'appariement et au renouvellement, et en aidant les opérateurs en temps réel. Elle s'intègre aux plateformes de CRM et e-commerce pour améliorer l'expérience client, réduire les coûts opérationnels et favoriser la fidélité.

**E-mails de vente et de service client générés par IA***Flowrite**Finlande* ↔

Flowrite génère des e-mails commerciaux, des suivis et des réponses à partir de prompts courtes, en soutenant les équipes de marketing et de service client. Cet outil garantit un message cohérent tout en faisant gagner du temps, en simplifiant les flux de communication et en améliorant la réactivité entre les points de contact avec les clients.

Optimisation des processus de marketing et de vente avec l'IA générative : automatisation et personnalisation des contenus



Exemples



Hypotenuse AI

États-Unis



Hypotenuse AI est une plateforme de création de contenu par IA générative pour l'e-commerce. Elle permet de générer des descriptions de produits en grands volumes, garantissant la nature unique de chaque texte, même pour des articles très similaires. Elle répond à un besoin courant dans le secteur du meuble, où les produits existent souvent en plusieurs variantes. Living Spaces, un important détaillant de meubles aux États-Unis, utilise cette plateforme pour créer à grande échelle des contenus attrayants, précis, optimisés pour la recherche et cohérents avec la marque, gérant efficacement de grands catalogues.



Norr11

Danemark



La marque danoise Norr11 a utilisé la technologie Scenes pour générer des images hyper-réalistes de son fauteuil FAVE sans séances photo. Le projet « My FAVE Spot » a permis de créer des visuels alignés sur l'identité de la marque, simplifiant la production de contenu pour les catalogues, les réseaux sociaux et le commerce électronique dans le secteur du meuble.

Renovai

Israël

Renovai propose une suite de solutions de commerce électronique basées sur l'IA pour le secteur du meuble, incluant la recherche par similarité visuelle, des générateurs de combinaisons de produits, des assistants d'achat personnalisés et des moteurs de recommandations qui améliorent l'expérience client et augmentent les taux de conversion.



Archiproducts

Italie



Archiproducts utilise l'IA générative pour améliorer la recherche de produits en permettant aux utilisateurs de rechercher des meubles à partir de textes spécifiques. Cet outil facilite la sélection, permettant aux professionnels et aux consommateurs de trouver des solutions de conception plus efficacement, améliorant ainsi l'expérience utilisateur globale et l'engagement.



Alias Design

Italie



Alias Design utilise la plateforme THRON pour optimiser ses processus de gestion de contenu numérique. Elle automatise la création de contenus marketing, de catalogues de produits et de fiches techniques.



Arper

Italie



Arper a intégré la plateforme THRON comme un outil clé dans sa stratégie de communication B2B, améliorant l'expérience des clients et partenaires via son site web.



Lago

Italie



Lago a mis en place plusieurs fonctionnalités de la plateforme THRON pour centraliser la gestion et la distribution de contenu, et est parvenu à réduire les actifs numériques totaux de 75 % en éliminant les doublons et en améliorant la traçabilité.



Serax

Belgique



Serax, une entreprise belge de design et de mobilier, a adopté SAP Business AI pour automatiser le traitement des commandes au format PDF. Cela a réduit la saisie manuelle des données de 33 %, améliorant considérablement l'efficacité opérationnelle. Ainsi, l'équipe a pu se concentrer sur des activités à valeur ajoutée telles que la vente incitative et le service client personnalisé.



Anyword

États-Unis



Anyword est une plateforme de rédaction publicitaire basée sur l'IA qui permet de personnaliser le ton et le style du contenu en fonction du public cible. Elle est utilisée par des entreprises telles que National Geographic et Red Bull pour générer des textes allant de descriptions de produits à des messages publicitaires, s'adaptant aux préférences et émotions du public cible.



Amazon Personalize

États-Unis



Amazon Personalize exploite l'intelligence artificielle générative pour proposer des recommandations personnalisées, du contenu dynamique et des interactions sur mesure, améliorant ainsi l'expérience client dans le e-commerce.



Softology

Royaume-Uni



Softology a introduit des outils de recherche visuelle permettant aux clients de télécharger des images (photos, captures d'écran, coupures de magazine) pour trouver des produits similaires dans le catalogue. Cette fonctionnalité améliore l'expérience de découverte produit et augmente l'engagement du client.



Prises de décisions intelligentes dans le secteur du meuble grâce à la corrélation des données et à l'analyse basée sur l'IA

15

1



2



Difficulté de mise en œuvre : **Moyenne**Viabilité économique : **Élevée**

Prises de décisions intelligentes dans le secteur du meuble grâce à la corrélation des données et à l'analyse basée sur l'IA



Description

À l'ère d'Industrie 5.0, l'intégration de l'analyse avancée et de l'intelligence artificielle (IA) dans les processus de fabrication est devenue cruciale. Les systèmes d'aide à la décision (DSS) et l'analyse de corrélation des données basés sur l'IA permettent aux fabricants de transformer d'immenses quantités de données en informations exploitables, facilitant ainsi une prise de décision éclairée et une efficacité opérationnelle. Ces systèmes combinent généralement une analyse descriptive avec la prévision prédictive et, dans certains cas, des capacités prescriptives pour soutenir la prise de décision en temps réel.

Ces technologies exploitent des algorithmes d'apprentissage automatique pour analyser des données provenant de diverses sources : lignes de production, chaînes d'approvisionnement, retours clients et tendances du marché. En identifiant des schémas et des corrélations, DSS peut prédire les résultats, optimiser les processus et recommander des actions stratégiques. Par exemple, corréler les données de production avec les retours clients peut mettre en évidence les points d'amélioration du produit, tandis que l'analyse des données de la chaîne d'approvisionnement permet d'identifier les perturbations potentielles avant qu'elles n'impactent les opérations.

La mise en œuvre de tels systèmes nécessite une infrastructure de données robuste, incluant des mécanismes de collecte de données (capteurs, appareils IoT), des solutions de stockage de données et des outils analytiques. L'intégration de ces composants permet une surveillance et une analyse en temps réel, garantissant que les décisions seront basées sur les informations les plus récentes disponibles.

De plus, l'adaptabilité des DSS basés sur l'IA leur permet d'apprendre et d'évoluer au fil du temps. À mesure que de nouvelles données sont collectées, la précision prédictive et les capacités de prise de décision du système s'améliorent, ce qui conduit à une amélioration continue des processus de fabrication.

- 1 Exemple de tableau de bord de prévision de la chaîne d'approvisionnement
- 2 Tableau de bord utilisé dans la manufacture de meubles
- 3 Optimisation de la fabrication basée sur le flux analyse, décision et IA ↔
- 4 Exemple de tableau de bord de gestion de la production manufacturière ↔



Application

L'industrie du meuble, caractérisée par sa diversité de gammes de produits et ses exigences de personnalisation, bénéficiera considérablement des DSS basés sur l'IA et de l'analyse de corrélation des données. Ces technologies peuvent être appliquées sous divers aspects :

Conception et développement de produits : En analysant les préférences des clients et les tendances du marché, les fabricants peuvent concevoir des produits qui correspondent aux demandes des consommateurs. La corrélation des données aide à comprendre quelles caractéristiques sont les plus appréciées, orientant ainsi les décisions de conception.

Optimisation de la production : La surveillance des données de production permet d'identifier les goulots d'étranglement et les inefficacités. Le DSS peut recommander des ajustements en temps réel, augmentant la productivité et réduisant les déchets.

Gestion de la chaîne d'approvisionnement : La corrélation des données des fournisseurs, des niveaux d'inventaire et des calendriers de livraison permet une gestion proactive de la chaîne d'approvisionnement, minimisant les retards et garantissant une exécution rapide des commandes.

Contrôle qualité : L'analyse des données de production en plus des résultats d'inspection qualité permet d'identifier des schémas conduisant à des défauts, permettant une intervention précoce et une amélioration continue de la qualité du produit.

Service client : Intégrer les retours clients aux données de production et de vente aide à comprendre les niveaux de satisfaction client, à orienter l'amélioration du service et à favoriser la fidélité des clients.

Pour garantir une mise en œuvre réussie, il est crucial d'intégrer des systèmes d'assistance à la décision dans les plateformes existantes de l'entreprise, telles que les systèmes ERP ou CRM. Cette intégration garantit un flux de données fluide, des recommandations contextuelles et un alignement opérationnel, améliorant l'applicabilité des informations obtenues en temps réel et renforçant la prise de décision entre les services.

La mise en œuvre de ces applications nécessite une approche collaborative, impliquant des équipes transversales afin de garantir que les données seront collectées, analysées et mises en œuvre avec précision. Former le personnel à interpréter et utiliser les informa-

Prises de décisions intelligentes dans le secteur du meuble grâce à la corrélation des données et à l'analyse basée sur l'IA

tions issues du DSS est également crucial pour maximiser les bénéfices de ces technologies.

- 5 Tableau de bord de suivi des machines ↔
- 6 Gamme de disciplines clés de la fabrication pour une analyse complète des données en temps réel.
- 7 Entrepôt de meubles.



Aspects relatifs à la mise en œuvre

■ Difficulté de mise en œuvre : Moyenne

La mise en œuvre de DSS basés sur l'IA et de l'analyse de corrélation des données nécessite un investissement en infrastructure technologique et en formation du personnel. Cependant, grâce à des solutions évolutives et à une planification appropriée, les fabricants de meubles de taille moyenne peuvent adopter avec succès ces technologies pour améliorer leurs opérations.

■ Viabilité économique : Élevée

L'adoption de ces technologies conduit à une meilleure efficacité, une réduction des déchets et une meilleure adéquation aux demandes des clients, ce qui permet de réaliser des économies significatives et d'obtenir une rentabilité accrue au fil du temps.

■ Facteurs humains

L'intégration des systèmes d'aide à la décision (DSS) basés sur l'IA et l'analyse de données dans l'industrie du meuble déclenche une évolution fondamentale de la dynamique de la main-d'œuvre. Les employés doivent s'adapter aux nouvelles technologies, ce qui nécessite des efforts de perfectionnement importants pour favoriser la maîtrise des données, les capacités analytiques et la confiance envers les outils numériques. En conséquence, les employés peuvent ressentir une plus grande satisfaction au travail, passant d'un travail manuel répétitif à des activités plus stratégiques et à forte

valeur ajoutée telles que l'interprétation des données et l'optimisation des processus.

De plus, impliquer les employés dans le processus de mise en œuvre crée un sentiment d'appartenance, favorise l'adhésion et réduit la résistance. Une communication transparente sur les avantages et les changements associés à ces technologies est essentielle pour générer la confiance, aligner les attentes et dissiper l'incertitude.

Cette transition transforme inévitablement les profils professionnels. Bien que certains postes puissent évoluer ou devenir obsolètes, de nouveaux postes dans des domaines tels que la science des données, la supervision des systèmes d'IA ou la maintenance prédictive s'ouvriront. Les entreprises doivent gérer de manière proactive ce changement grâce à des stratégies ciblées de requalification et de perfectionnement, favorisant l'adaptabilité et préservant l'engagement et le moral des employés tout au long du processus de transition.

■ Facteurs environnementaux

La mise en œuvre de DSS basés sur l'IA et de l'analyse de données contribue à la durabilité environnementale dans l'industrie du meuble. En optimisant les processus de production, les entreprises peuvent réduire les déchets matériels et la consommation d'énergie. L'analyse prédictive permet une meilleure prévision de la demande, minimisant la surproduction et l'utilisation des ressources associées. Ces techniques minimisent également les défauts de production, réduisant le re-travail et contribuant significativement à un processus de fabrication plus durable et économe en ressources.

De plus, ces technologies soutiennent le développement de produits durables en analysant les préférences des clients en termes de matériaux et de conceptions écologiques. Elles facilitent également le suivi de l'impact environnemental sur toute la chaîne d'approvisionnement, permettant aux entreprises d'identifier des axes

3



4



d'amélioration et de mettre en œuvre des pratiques plus écologiques.

L'intégration d'indicateurs de durabilité dans les processus décisionnels garantit le rôle essentiel des considérations environnementales dans les stratégies d'entreprise. Cette approche est non seulement en accord avec les objectifs mondiaux de durabilité, mais répond également à la demande croissante des consommateurs en produits respectueux de l'environnement.

Cependant, les DSS basés sur l'IA intègrent de grands volumes de données structurées et non structurées provenant de multiples sources. Ces entrées sont analysées à l'aide d'algorithmes d'apprentissage automatique qui nécessitent une puissance de calcul importante et contribuent à une consommation accrue d'énergie, d'eau et d'émissions de gaz à effet de serre (GES).

Parallèlement, l'analyse de corrélation de données consiste à comparer d'immenses ensembles de données pour identifier les relations et les tendances. À mesure que les volumes de données augmentent, la demande de traitement, de stockage et d'analyse en temps réel augmente également, surtout lorsque les modèles sont fréquemment mis à jour ou réentraînés. Tout cela fait que les centres de données se voient soumis à une charge croissante. Le matériel utilisé, y compris les GPU, les CPU et les accélérateurs d'IA spécialisés, nécessite des terres rares, des minéraux provenant de zones de conflit et une énergie importante pour la production, ce qui implique un impact environnemental pertinent. Les cycles de vie courts des produits et les mises à jour fréquentes du matériel contribuent aux déchets électroniques (DEEE).

■ Alignement sur les certifications et les réglementations

Le déploiement de DSS basés sur l'IA et de l'analyse de données est régi par diverses certifications et réglementations du secteur. Par exemple, ISO 9001 (Systèmes de gestion de la qualité) et ISO 14001 (Systèmes de gestion environnementale) mettent l'accent sur l'amélioration continue et la responsabilité environnementale, toutes deux concernant ces technologies. De plus, le respect du Règlement général sur la protection des données (RGPD) de l'UE est essentiel lors de la gestion des données de clients, garantissant la confidentialité et la sécurité des données dans les processus analytiques.

5



6



7



Prises de décisions intelligentes dans le secteur du meuble grâce à la corrélation des données et à l'analyse basée sur l'IA



Solutions



DataFurn

EOSC-DIH

UE ↔

Plateforme en tant que service (PaaS) offrant des analyses pour l'industrie du meuble, permettant aux fabricants d'analyser le contenu en ligne, de surveiller l'influence de la marque et de prévoir les tendances du mobilier.



Tableaux de bord d'informatique décisionnelle (Business Intelligence - BI) et d'optimisation des ventes pour les entreprises d'ameublement

CPoint5

États-Unis ↔

Fournit des tableaux de bord dynamiques permettant aux entreprises de l'ameublement d'analyser les performances, d'identifier les produits les plus vendus et d'optimiser les stratégies d'inventaire et de vente.



Plateforme unifiée de données et d'informatique décisionnelle pour la fabrication

Microsoft Fabric Power BI

États-Unis ↔

Microsoft Fabric intègre l'ingénierie des données, l'analyse en temps réel et l'informatique décisionnelle dans une plateforme unifiée. Combiné à Power BI, cet outil permet aux fabricants de visualiser les KPI, d'appliquer des modèles d'apprentissage automatique et de prendre des décisions basées sur les données au niveau de la gestion des opérations, des stocks et de la chaîne d'approvisionnement.



ERP compatible IoT pour la fabrication de meubles

Epicor

États-Unis ↔

L'ERP cinétique d'Epicor intègre des capteurs IoT pour fournir des informations en temps réel, permettant des décisions plus intelligentes, une maintenance prédictive et une efficacité opérationnelle dans la fabrication de meubles.



ERP avec gestion de la chaîne d'approvisionnement et analyse prédictive pour la fabrication de meubles

Focus Softnet

Inde ↔

La solution ERP de Focus Softnet optimise les processus de production et de distribution dans la fabrication de meubles, offrant des capacités robustes de gestion de la chaîne d'approvisionnement et d'analyse prédictive.



Plateforme d'analyse avancée alimentée par IA/ML pour la fabrication de meubles

SAS

États-Unis ↔

SAS Viya exploite l'IA/ML (par exemple, ARIMA, gradient boosting, vision par ordinateur) pour la fabrication de meubles. Elle intègre des données diverses (capteurs, ventes, image) pour une prévision précise de la demande, une qualité prédictive via la détection d'anomalies, la surveillance des performances des actifs alimentée par l'IoT (estimation RUL), ainsi que l'optimisation des chaînes d'approvisionnement grâce à la simulation et à des algorithmes avancés.



Planification de la production alimentée par l'IA

Ima Schelling

Allemagne ↔

Des solutions d'IA pour optimiser la production industrielle de meubles, conçues pour les grands fabricants. Ces systèmes analysent les données des lignes de production et les relient à la planification des commandes, permettant des décisions plus intelligentes. Les avantages incluent l'imbrication optimisée, la réduction des déchets de matériaux et l'amélioration des délais de livraison, favorisant une plus grande efficacité et productivité sur l'ensemble du processus de fabrication.



Exemples



RISE (Instituts de recherche de Suède)

Suède ↔

A développé un outil d'analyse d'images basé sur l'IA pour soutenir les décisions de rénovation de meubles, améliorant la circularité en identifiant rapidement les modèles de meubles et les pièces détachées nécessaires.



Vaimo

Mondial



Utilise des analyses de données avancées pour optimiser les opérations de vente au détail de meubles, incluant la disposition des showrooms, les expériences client personnalisées et les analyses de durabilité.



Dribia

Espagne



GOIA de Dribia est un outil de prévision de la demande sur mesure basé sur l'IA qui combine apprentissage automatique et expertise humaine. Il permet aux entreprises d'anticiper les fluctuations de la demande, d'optimiser les niveaux de stock et de réduire les déchets, soutenant ainsi des opérations de fabrication durables et efficaces.



Imperia SCM

Espagne



Imperia propose une plateforme modulaire alimentée par l'IA pour la planification de la chaîne d'approvisionnement. Elle améliore la prévision de la demande, l'optimisation des stocks et les processus de planification des ventes et des opérations (S&OP), offrant une visibilité en temps réel et une adaptabilité aux évolutions du marché, améliorant ainsi l'efficacité opérationnelle et la satisfaction client.



Leverage AI

États-Unis



Fournit une automatisation intelligente pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement dans la fabrication de meubles. Cette plateforme offre une visibilité en temps réel, crée des tableaux de bord pour évaluer les fournisseurs et automatise les communications, réduisant de 50 % le temps passé par les acheteurs à commander et le temps de gestion des fournisseurs.



Forma ideale

Serbie



Forma ideale a adopté diverses technologies d'IA : la conception générative utilisant des GAN pour créer de nouveaux concepts de meubles basés sur des données existantes et les préférences des clients, l'intégration de l'IA et de l'IoT pour surveiller les performances des équipements et optimiser la production, et la gestion intelligente des entrepôts avec des véhicules autonomes pour renforcer l'efficacité logistique.

Rapport sur Industrie 5.0 dans la fabrication européenne



Ce rapport (D2.1) présente ce qu'est Industrie 5.0, d'où elle vient, où elle se trouve, où elle va. Le chemin vers le nouveau paradigme d'Industrie 5.0 a été long et défini. Dans ce paradigme, les États européens lancent désormais des programmes et des actions pour soutenir la transition 5.0 à des vitesses différentes afin d'aider les entreprises et les systèmes économiques à évoluer et à s'engager dans cette voie qui pourrait conduire à un grand développement, non seulement économique mais aussi humain et social.

La transition 5.0 est la transition vers un modèle industriel avancé centré sur la technologie, où l'adoption de technologies numériques telles que l'IoT, l'IA et la robotique améliore l'efficacité, la durabilité et la personnalisation des processus de production.

Ce changement nécessite également une révision des pratiques commerciales et un plus grand accent sur les besoins humains. En somme, c'est la marche vers une industrie hautement numérisée et tournée vers l'avenir.

Industrie 5.0 représente une nouvelle façon de concevoir l'économie et l'industrie, un modèle où la technologie et l'humanité se fusionnent harmonieusement, créant un équilibre entre efficacité et valeurs humaines. C'est une vision de l'industrie qui vise non seulement la productivité, mais aussi le bien-être des individus et le respect de l'environnement. Contrairement à Industrie 4.0, qui a été conçue comme une véritable révolution industrielle et technologique, Industrie 5.0 est avant tout un nouveau paradigme culturel.

C'est pourquoi il est essentiel d'aider les entreprises, qui sont les véritables actrices de ce nouveau paradigme, à comprendre quelle voie convient le mieux à leur modèle économique, depuis leur point de départ actuel. Des modèles et des outils seront nécessaires pour

comprendre d'où nous partons et où nous voulons aller, pour éviter de gaspiller des ressources et garantir la croissance continue de la compétitivité des entreprises européennes.

Nous vivons dans un contexte d'évolution continue des systèmes, des compétences et des processus de production, la technologie se présente comme un double défi : d'une part, elle accroît la pression concurrentielle, d'autre part, elle propose des solutions aux grands défis de notre époque, tels que les transitions écologiques, sociales et démographiques.

La clé pour faire face à ces changements réside dans le développement du paradigme de Société 5.0 : théorisé au Japon, il représente un paradigme de développement économique et social qui place l'homme au centre de la relation synergique avec la technologie. Un pas au-delà du paradigme d'automatisation typique du monde 4.0 : l'objectif de déployer la technologie dans la Société 5.0 est d'améliorer le bien-être et la qualité de vie des individus, en plaçant la technologie au service des individus, et non en remplacement.

Le paradigme 5.0 est essentiel pour l'avenir de l'Europe et pour le succès des transitions et des voies de transformation à long terme mises en place par l'Union européenne.

En ce sens, il existe deux leviers stratégiques majeurs pour une transition réussie : l'innovation et les compétences, sans lesquelles toute action de déploiement technologique est destinée, sinon à échouer, du moins à ne pas bénéficier de ses avantages.

Rapport sur le niveau de maturité d'Industrie 5.0 dans le secteur du meuble de l'UE



Ce rapport (D2.2) évalue le niveau actuel de préparation de l'industrie du meuble de l'UE à sa transition vers Industrie 5.0. Le secteur du meuble démontre qu'il possède les **connaissances de base pour certains types de technologies** qui impactent déjà les processus de production, ont déjà été mis en œuvre par nature et type de produits et sont donc mieux connus que d'autres.

Cependant, de nombreuses technologies qui devraient aujourd'hui être explorées en profondeur en raison de leur impact sur la vie des entreprises ne sont pas prises en compte.

Cela est dû au manque de connaissances de ces technologies et à l'absence d'analyses approfondies sur leur potentiel et leurs usages possibles.

L'enquête a mis en lumière un **secteur peu informé sur certains types de technologies** et plus compétent sur d'autres. Dans l'ensemble, cependant, un fort manque de connaissances de ces technologies habilitantes semble émerger, tant pour les grandes que pour les petites entreprises.

Ce fait souligne la nécessité pour **le secteur de faire un pas en avant en termes de formation** pour les technologies qui habilitent l'industrie intelligente. Cela permettra de commencer à pouvoir identifier de nouveaux usages et de nouvelles applications dans un domaine qui progresse lentement vers la transformation technologique observée ces dernières années.

L'enquête a certainement été une bonne occasion de découvrir les lacunes les plus importantes en termes de connaissance de ces technologies et d'imaginer des solutions et des propositions qui pourraient aider les entreprises à comprendre le potentiel et les outils que la technologie offre aujourd'hui, afin d'apporter un nouvel élan innovant au secteur du meuble.

Besoins en compétences et recommandations pour les parties prenantes du secteur du meuble



Dans ce rapport (D5.1), nous avons abordé deux questions fondamentales : quelles compétences écologiques et numériques émergent actuellement dans le secteur européen du bois et du meuble, en particulier celles alignées sur Industrie 5.0, et où ces compétences rencontrent-elles des décalages entre la demande et l'offre ? Et comment les entreprises du secteur peuvent-elles adopter efficacement les principes d'Industrie 5.0 en développant des compétences pertinentes, en tirant parti des nouvelles technologies et en adoptant des outils européens de validation des compétences ?

Notre analyse a révélé une transformation profonde en cours. Les compétences techniques liées à l'éco-conception, à l'évaluation du cycle de vie, à la robotique, aux jumeaux numériques et à l'analyse de données doivent désormais être complétées par des compétences transversales telles que l'adaptabilité, la pensée systémique, la collaboration numérique et la sensibilisation à la durabilité. Cependant, l'offre est encore en retard, la numérisation reste inégale parmi les PME, les compétences écologiques sont peu diffusées et les systèmes de formation n'ont pas encore pleinement intégré les profils hybrides requis par Industrie 5.0. Ce décalage a des implications claires pour divers acteurs : les formateurs doivent proposer des parcours d'apprentissage modulaires et flexibles, des micro-certifications alignées sur l'ESCO et le CEC, adaptées aux rôles émergents. Les décideurs politiques et les autorités publiques devraient renforcer les écosystèmes de compétences grâce à une gouvernance multipartite,

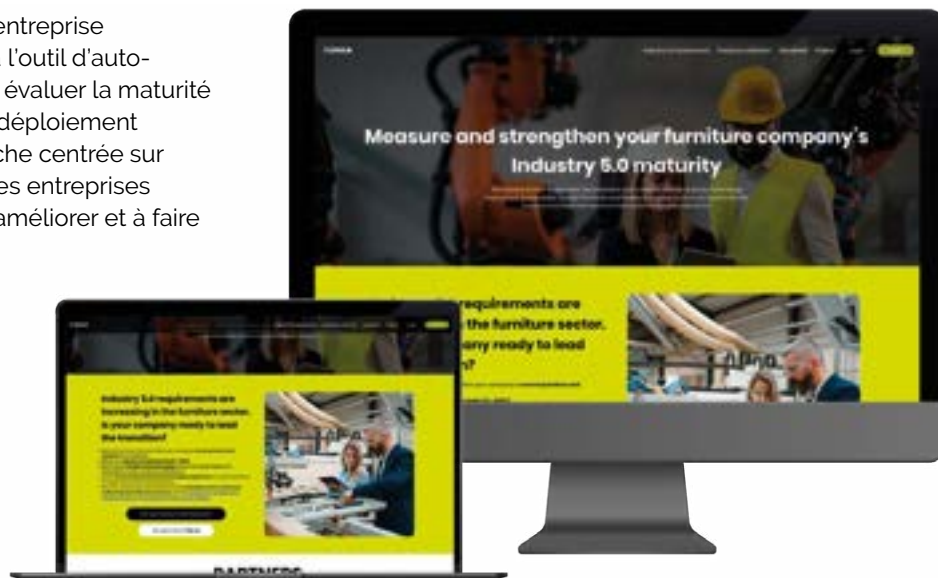
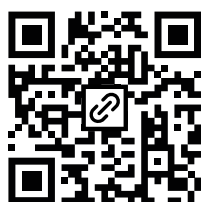
des stratégies basées sur les grappes et des observatoires sectoriels capables de suivre l'évolution des compétences et d'anticiper les écarts futurs. Les entreprises mêmes doivent passer de solutions réactives et ad hoc à l'intégration directe du développement des compétences dans la planification stratégique et technologique.

Une surveillance soutenue et une intelligence tournée vers l'avenir sont essentielles. Les observatoires de compétences, soutenus par des outils tels que Foresight Platforms et Skills Radars, permettront à l'Europe d'anticiper les besoins émergents en compétences avant qu'ils ne deviennent des contraintes systémiques, garantissant à la fois l'adaptabilité de la main-d'œuvre et la compétitivité industrielle.

En résumé, l'idée centrale est que les compétences sont la pierre angulaire d'Industrie 5.0 dans le secteur du bois et du meuble. Pour réduire l'écart entre les besoins émergents en compétences et l'offre existante, il faut adopter une double stratégie : doter les travailleurs de capacités hybrides (écologiques et numériques) tout en intégrant ces dernières dans l'adoption technologique, dans des modèles économiques et dans des réseaux collaboratifs. Le développement des compétences n'est pas une activité optionnelle. Il doit devenir la force motrice pour que l'innovation centrée sur l'humain, la durabilité et la numérisation puisse s'aligner sur la résilience industrielle à long terme de l'Europe.

A1

Mesurez et renforcez la maturité de votre entreprise d'ameublement pour Industrie 5.0. Grâce à l'outil d'auto-évaluation Industrie 5.0, vous allez pouvoir évaluer la maturité de votre entreprise dans les domaines du déploiement technologique, de la durabilité, de l'approche centrée sur l'humain et de la résilience. Cet outil aide les entreprises d'ameublement à identifier les secteurs à améliorer et à faire progresser leur transition vers Industrie 5.0



L'outil en 5 étapes

Suivez ces étapes pour commencer le processus d'auto-évaluation et tirer profit du contenu et des résultats de l'outil d'auto-évaluation Industrie 5.0

0

Inscrivez-vous et connectez-vous
assessment.furn50.eu



1

Répondez

Répondez à toutes les questions qui reflètent le mieux les pratiques et les scénarios actuels de votre entreprise au niveau de chaque bloc d'Industrie 5.0. Vous pourrez ainsi déterminer le niveau de maturité Industrie 5.0 de votre entreprise et identifier des opportunités d'amélioration et de transition vers Industrie 5.0





2

Évaluez

Découvrez l'indice de maturité Industrie 5.0 de votre entreprise et identifiez ses points forts et ses points faibles en termes de maturité à différents niveaux : déploiement technologique, durabilité, approche centrée sur l'humain et résilience

3

Améliorez

Apprenez comment renforcer la transition de votre entreprise vers Industrie 5.0 en découvrant des actions recommandées, des applications technologiques et un ensemble de pratiques destinées à favoriser l'amélioration et la hiérarchisation des priorités



4

Recueil de pratiques

Accédez au recueil complet de pratiques et de scénarios Industrie 5.0 conçu dans le cadre du projet FURN5.0



A2

FIX production and project union, LLC

fixunion.com.ua

UKRAINE

L'outil d'auto-évaluation est clair, bien structuré et facile à utiliser. Il offre une description détaillée de notre position actuelle et permet de faire des comparaisons pertinentes avec d'autres pays et marchés.

Plus important encore, il a permis à notre entreprise de développer un plan d'action pratique et de hiérarchiser nos efforts dans certains domaines clés, dont certains sont particulièrement critiques en temps de guerre, tels que la circularité, la résilience et la diversification de l'approvisionnement.



FIX
UNION

Furniture plant Stryi, LLC

tivoli.com.ua

UKRAINE

Le questionnaire nous a permis d'identifier clairement les domaines où nous pouvons renforcer notre développement en tant qu'entreprise manufacturière durable et prête pour l'avenir. Sur la base de ces informations, notre objectif est désormais d'accélérer le déploiement de technologies ciblées et d'améliorer encore plus nos pratiques de durabilité, non seulement pour renforcer notre propre résilience, mais aussi pour créer un modèle de production évolutif, efficace et responsable au sein du secteur de l'ameublement ukrainien.



TIVOLI

AQUINOS GROUP

aquinosgroup.com

PORTUGAL

La transition vers Industrie 5.0 pose des défis importants qui vont au-delà des variations constantes du marché mondial. C'est grâce à des outils pratiques tels que celui-ci, qui permettent une transition efficace et sans accroc, que nous sommes en mesure d'entamer notre parcours vers notre évolution technologique.



aquinos
sofas

Love 2 Design

love2design.org

BULGARIE

Je l'ai trouvé bien développé et très utile. Je pense qu'il offre suffisamment de détails pour aider les entreprises à comprendre leur situation et la façon dont elles peuvent s'améliorer. Une comparaison de résultats entre entreprises pourrait permettre une meilleure compréhension du paysage du secteur et permettrait de réaliser de précieuses comparaisons au niveau international.



Love 2 Design
Furniture company

Svedholm

🌐 svedholm.se

SUÈDE

L'outil a permis d'identifier plusieurs domaines potentiels à améliorer. Nous allons centrer nos efforts sur des applications qui nous aident à développer un modèle commercial plus circulaire.



Svedholm
MADE IN SWEDEN

AZEMAD GROUP

🌐 azemad.com

PORTUGAL

C'est un outil important qui montre clairement les actions que l'entreprise a implémentées et celles qui ne l'ont pas été. Il nous aide à comprendre comment nous pouvons nous améliorer à l'avenir.



AZEMAD GROUP

ACADO

🌐 acado.bg

BULGARIE

Nous sommes très satisfaits de cet outil : il nous a permis de mieux comprendre notre situation actuelle et offert des conseils clairs pour notre avenir. J'ai particulièrement apprécié les sections sur le meuble en tant que service et les outils de retour interne pour les suggestions des employés. L'importance donnée à la diversification de l'approvisionnement nous a semblé cruciale, et nous avons été impressionnés par le concept d'appartenance à un réseau de partage des ressources pour améliorer la résilience pendant les crises. Non seulement cette expérience a été instructive, elle a également représenté pour nous une véritable source d'inspiration dans notre progression vers Industrie 5.0.



ACADO
PRODUCTION, DISTRIBUTION, SERVICE

NADOP-VÝROBA NÁBYTKU, a.s.

🌐 nadop.cz

RÉPUBLIQUE TCHÈQUE

L'outil est clair et pratique. Il offre un bel aperçu de notre position actuelle et des domaines clés à améliorer. Grâce aux précieuses informations fournies, nous avons pu identifier les priorités en termes de circularité, de résilience et de diversification de l'approvisionnement. Il nous a également offert des directives claires pour une transition vers Industrie 5.0 grâce à une approche plus durable et axée sur l'avenir. Facile à utiliser et intuitif, nous avons trouvé cet outil efficace et convivial.



NADOP | NÁBYTEK DOUŠČASTI VŠERHO

Dřevojas, výrobní družstvo

drevojas.cz

RÉPUBLIQUE TCHÈQUE

L'outil d'auto-évaluation est convivial, clair et visuellement attrayant. La nature détaillée des questions posées nous a permis de mieux comprendre et de mieux analyser notre situation actuelle.



dřevojas ®
český koupelnový nábytek

CitySens Lab

citysenslab.com

ESPAGNE

Cet outil nous a permis de mener une analyse détaillée de la situation actuelle de notre entreprise en identifiant les processus clés à optimiser et à renforcer. Il s'agit pour nous d'une précieuse opportunité de croissance stratégique tout en restant fidèles à notre objectif principal.



CitySens (lab)

KAVE HOME

kavehome.com

ESPAGNE

L'expérience d'utilisation de cet outil nous a donné la précieuse opportunité d'apprendre en nous montrant l'application pratique des principes d'Industrie 5.0. L'exercice s'est avéré déterminant pour identifier des domaines à améliorer et a souligné le besoin d'améliorations constantes.



Kave Home

Waste Prevention SL (Prewaste)

prewaste.com

ESPAGNE

Cet outil est extrêmement utile, ses aspects techniques sont bien développés et il ne fait aucun doute qu'il contribuera à améliorer l'intégration d'Industrie 5.0 au sein de notre organisation. Comme amélioration potentielle, nous recommanderions d'inclure davantage d'exemples pratiques et opérationnels afin de mieux interpréter les niveaux de maturité et de spécifier des actions sociales de manière plus concrète, en incluant des références à des politiques telles que des codes de conduite de fournisseurs ou des directives de gestion des parties prenantes.



prewaste

ABSOTEC

absorcionacustica.com

ESPAGNE

Cet outil nous a permis d'évaluer notre maturité au niveau de divers aspects tels que la numérisation, la circularité et la durabilité. Il nous a également permis d'identifier des opportunités d'amélioration grâce aux technologies, aux applications, aux meilleures pratiques associées et aux recommandations structurées intégrées dans l'outil.



NOMON

nomon.es

ESPAGNE

L'outil s'est avéré extrêmement bénéfique et nous a offert un aperçu clair et complet de la position actuelle de l'entreprise. Il nous a permis d'évaluer la situation d'un point de vue plus large, d'identifier des opportunités potentielles et d'évaluer des options concernant des décisions à prendre avec plus de certitude et de confiance.



Tomasella

tomasella.it

ITALIE

Cette expérience a été à la fois claire et engageante et nous a permis de mieux comprendre la façon dont nous opérons et l'importance de nos décisions au quotidien. Le processus nous a offert des informations concrètes et structurées sur notre réalité en soulignant nos forces et en découvrant de nouvelles opportunités de croissance. Cette expérience a renforcé notre vision axée sur la qualité, la cohérence et la responsabilité en promouvant une évolution naturelle qui améliore le présent tout en préparant un avenir équilibré.



TOMASELLA

Árkossy Bútor Kft

arkossy.hu

HONGRIE

L'outil nous a fourni toute une gamme de précieuses informations et a clairement défini des options d'avenir.



Plydesign Ltd.

🌐 plydesign.eu

HONGRIE

Dans le cadre de l'évolution continue de notre entreprise en termes de durabilité et de technologie, cet outil a permis de mettre en lumière des directions futures et des niveaux potentiels à notre portée.



PLY DESIGN

Alpes

🌐 alpes.si

SLOVÉNIE

Cet outil est très utile et simple à utiliser. Il permet de vérifier le niveau de maturité des pratiques Industrie 5.0 de notre entreprise, d'évaluer son développement actuel et suggère une meilleure direction stratégique.



MKTECHMINDS SRL

ROUMANIE

Mon expérience avec cet outil a démontré l'aspect essentiel de l'intégration d'outils numériques et de la promotion d'états d'esprits collaboratifs dans le cadre de l'éducation et du développement professionnel. Il ne s'agit plus d'une simple question de choix, si nous souhaitons préserver notre avantage concurrentiel et notre pertinence sur le marché européen en constante évolution.



Gonzaga Pro

🌐 gonzaga.eu

SLOVÉNIE



Antares Romania

🌐 scaune.ro

ROUMANIE

À mon avis, il s'agit là d'un outil pratique et bien conçu. Il offre un aperçu concis de notre progression en termes de numérisation et de durabilité et indique notre niveau de maturité. Il permet également de mettre en lumière plusieurs domaines à améliorer.



ANTARES 
INTERNATIONAL

A3

Ce rapport présente les retours des répondants concernant leur expérience avec l'outil d'auto-évaluation en ligne FURN5.0 exprimés par le biais d'un questionnaire spécifique élaboré dans le but de capturer les impressions, les niveaux de satisfaction et les suggestions d'amélioration des utilisateurs après leur interaction avec l'outil. En analysant les réponses, nous avons identifié les forces, les défis et les opportunités concrètes d'amélioration de l'outil en termes d'utilisabilité, de pertinence et d'efficacité générale.

Un total de 21 représentants d'entreprises localisées dans 10 pays européens (Bulgarie, République Tchèque, Hongrie, Italie, Portugal, Roumanie, Slovaquie, Espagne, Suède, Ukraine) ont répondu à l'enquête. En général, les répondants ont signalé un **niveau élevé de satisfaction** quant à l'utilisabilité de l'outil : l'interface graphique, le système de navigation, les instructions et la lisibilité ont été largement appréciés. L'outil a fréquemment été décrit comme *facile à utiliser, convivial et satisfaisant*. Plusieurs utilisateurs ont souligné que l'outil avait encouragé une réflexion profonde concernant la maturité numérique et organisationnelle de leur entreprise.

L'inscription et la navigation ont généralement été considérées comme intuitives. Cependant, un petit nombre de participants ont fait part d'une incertitude initiale à la fin du processus, suggérant l'introduction d'un message de confirmation final plus clair ou d'une barre de progression. Seuls quelques problèmes techniques isolés ont été signalés.

En termes de **contenu**, les utilisateurs ont confirmé que les questions étaient ordonnées de manière logique et amplement alignées sur le contexte de leur entreprise, bien que plusieurs répondants ont signalé que certains éléments n'étaient pas entièrement applicables,

particulièrement dans les situations où la production est externalisée ou quand l'entreprise est de petite taille. Certains utilisateurs ont fait état de difficultés occasionnelles pour interpréter des questions spécifiques et ont suggéré d'ajouter des explications plus claires, des exemples ou des remarques contextuelles pour aider à la compréhension.

La **section des résultats** a été évaluée de manière positive en termes de clarté et d'utilité. Les répondants ont généralement considéré les résultats comme étant réalistes et pertinents pour promouvoir une réflexion stratégique sur Industrie 5.0. Néanmoins, une des requêtes les plus fréquentes était d'améliorer l'outil avec des exemples plus détaillés de meilleures pratiques, des suggestions de fournisseurs et des informations d'applications mises à jour.

Plusieurs utilisateurs ont exprimé leur intérêt de pouvoir **télécharger un rapport** et comparer leurs résultats à des **moyennes européennes du secteur**, ce qui indique une forte demande en fonctions d'analyse comparative.

En conclusion, les retours ont démontré que l'outil FURN5.0 **a été amplement apprécié pour sa structure, sa clarté et sa pertinence pratique, aidant efficacement les entreprises à évaluer leur maturité pour Industrie 5.0**. Les suggestions recueillies nous orientent vers des opportunités d'amélioration de l'expérience utilisateur, d'expansion des informations pratiques et d'amélioration de l'adaptabilité et de l'utilité stratégique de l'outil en fonction des divers profils d'entreprises.

Le rapport complet est disponible ici:





FURN5.●

ambit
LIVING SPACES CLUSTER

 **FLA**
FederlegnoArredo

E#IC
Europe's Furniture Industry Consortium



Co-funded by
the European Union