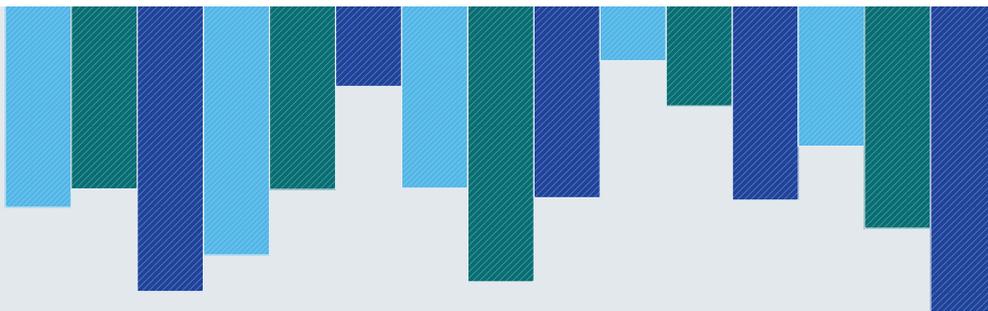


# Tirer parti de l'intelligence artificielle et de l'automatisation pour rentabiliser l'investissement dans l'innovation

Secteur de la conception et de la fabrication



Commandité par

## **Automatisation : un impératif commercial**

Quels sont les obstacles à l'innovation ? Ils résident souvent dans l'ancienne façon de faire les choses et la répétition de vieux schémas au motif qu'ils ont fonctionné avant. Les résultats sont en effet prévisibles et mesurables, mais ne sortent pas les entreprises du statu quo. Innover peut donner l'impression de marcher sur une corde raide sans filet de sécurité : mais avec l'automatisation, vous disposez pourtant d'un mentor extraordinaire, assis à vos côtés pour vous guider à travers de nouvelles possibilités. Que votre activité concerne l'architecture, l'infrastructure, la construction ou la fabrication, l'automatisation transforme votre façon de travailler, car elle aide vos équipes à explorer et à découvrir de nouvelles façons de faire les choses.

Lorsque les gens me demandent si l'automatisation et l'intelligence artificielle vont supprimer des emplois, je leur réponds toujours : « Avons-nous résolu tous les problèmes du monde ? ». Les défis à relever sont très nombreux. Les secteurs de l'architecture, de l'ingénierie, de la construction et de l'industrie manufacturière ont de faibles marges, sont confrontés à une main-d'œuvre vieillissante et doivent s'adapter à de nouveaux modèles de fabrication, tels que la construction industrialisée et la délocalisation de la fabrication.

L'automatisation est votre amie : elle vous permet de passer plus de temps à résoudre des problèmes plutôt qu'à vous concentrer sur des tâches fastidieuses et à interpréter des volumes de données. Le cerveau humain n'est pas capable d'absorber le déluge croissant de données déversé par une multitude de capteurs. Les gens ont besoin d'une aide informatique pour visualiser les schémas et obtenir des informations pertinentes.

Toute cette aide est possible grâce à l'automatisation fournie par les jumeaux numériques, la conception générative et les processus de construction innovants tels que la conception pour la fabrication et l'assemblage (DfMA). Un jumeau numérique, réplique dynamique et actualisée d'un bien physique tel qu'une voiture, un bâtiment ou un pont, peut absorber et échanger des données tout au long du cycle de vie d'un bien. Grâce à l'ajout de données opérationnelles en temps réel, les jumeaux numériques acquièrent la conscience comportementale nécessaire pour simuler, prédire et prendre des décisions fondées sur des conditions réelles.

Avec la conception générative, vous exprimez le résultat que vous recherchez et vous laissez la main à une puissance de calcul brute et impartiale, qui créera, testera et évaluera les options par elle-même. Sans nécessairement toutes les utiliser, cette approche vous montre des pistes que vous n'aviez pas envisagées, déclenche des innovations et des idées, et vous aide à prendre des décisions éclairées face à des problèmes de conception complexes.

Parallèlement, le DfMA - un ensemble de principes de conception qui permet de relier le processus de conception à la fabrication - change la donne pour l'environnement bâti. L'automatisation vous permet, à vous et à vos équipes, d'être plus productifs et de vous adapter au changement. Elle peut vous aider à atteindre les objectifs de durabilité, tels que l'engagement pris en 2021 lors de la Conférence des Nations unies sur le changement climatique, même de faire en sorte que tous les bâtiments soient zéro émission d'ici 2030.

Toutes ces innovations montrent les promesses de l'automatisation. Ce n'est pas un luxe. Pour résoudre les problèmes complexes du monde, c'est absolument essentiel.

**Mike Haley**

**Vice-président**

**Recherche Autodesk**

# Tirer parti de l'intelligence artificielle et de l'automatisation pour rentabiliser l'investissement dans l'innovation

## Secteur de la conception et de la fabrication

Les capacités d'innovation sont essentielles sur le marché d'aujourd'hui. Forrester Research considère qu'une stratégie d'innovation durable et axée sur la technologie est « essentielle » pour éviter les perturbations et faire face aux changements constants, et constate que les organisations qui adoptent ce type de stratégie d'innovation connaissent une croissance 2,6 fois plus rapide que celles qui ne l'adoptent pas.<sup>1</sup>

L'intelligence artificielle (IA) et l'automatisation sont souvent considérées comme des catalyseurs clés de l'innovation, qui permettent aux organisations de travailler mieux, plus rapidement et de manière plus durable et efficace tout en réduisant les coûts. Une enquête menée en 2021 par McKinsey & Co<sup>2</sup> auprès de 1 843 organisations mondiales intersectorielles a montré que 87 % d'entre elles ont fait état d'une diminution des coûts due à l'IA dans le secteur de la fabrication, et 69 % d'une diminution des coûts dans le développement de produits et/ou de services en 2020. Respectivement 63 % et 70 % d'entre elles ont constaté une augmentation des revenus dans la fabrication et le développement de produits et/ou de services suite à l'adoption de l'IA en 2020.

« L'environnement commercial, qu'il s'agisse de la chaîne d'approvisionnement, de l'énergie, du climat ou des attentes des clients, est en constante évolution. Rien que pour cela, je pense que l'innovation est une nécessité pour assurer la croissance des entreprises », déclare John Suh, vice-président de Hyundai Motor Group et responsable du New Horizons Studio, une équipe qui développe des véhicules à mobilité ultime (UMV) basée à Fremont, en Californie. « En raison du changement à l'œuvre dans l'industrie, il est nécessaire de faire les choses différemment. »

Les secteurs de la conception et de la fabrication (D&M) et de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AEC) se tournent vers l'IA et l'automatisation pour alimenter l'innovation en rationalisant les processus, en découvrant de nouveaux modèles et de nouvelles idées, et en automatisant la prise de décision basée sur les données. L'IA et des approches telles que les jumeaux numériques, la conception générative et la conception pour la fabrication et l'assemblage (DFMA) offrent la possibilité de libérer la créativité des travailleurs et d'amener

### PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

Les organisations des écosystèmes de la fabrication et de la construction ont parfois **du mal à identifier et à monétiser les idées innovantes.**

Les organisations qui investissent dans l'innovation permettant d'**aborder les anciens problèmes d'une nouvelle manière connaissent une croissance plus importante.**

L'intelligence artificielle et les approches telles que les jumeaux numériques, la conception générative et la conception pour la fabrication et l'assemblage **offrent la possibilité de libérer la créativité des travailleurs.**

l'activité innovante au-delà des cas d'utilisation de niche pour avoir un impact sur l'organisation dans son ensemble et sur sa direction stratégique.

Au-delà de la pression de la concurrence et des clients, des facteurs tels que la durabilité et la nécessité d'attirer de jeunes travailleurs férus de numérique renforcent la nécessité de devenir plus innovant pour alimenter la croissance future. Mais les organisations des écosystèmes de la fabrication et de la construction ont parfois du mal à identifier et à monétiser les idées innovantes. Parmi les obstacles courants à la promotion et à la mise en œuvre de l'innovation figurent la résistance culturelle, les pratiques commerciales bien ancrées et l'incertitude quant à la manière d'instaurer des processus propices à l'innovation.

Les organisations qui cherchent à monétiser l'innovation dans les secteurs D&M et AEC doivent apprendre les changements à apporter pour l'entretenir et adopter l'innovation afin de pouvoir aborder avec succès sur le marché de demain. Cette transition nécessite de comprendre pourquoi l'innovation est si importante, et comment les entreprises innovantes prennent l'avantage en adoptant l'IA et ses technologies connexes. Il s'agit également d'améliorer la collaboration, d'identifier les facteurs susceptibles de freiner l'innovation et de tirer parti des meilleures pratiques qui ont aidé les premiers adoptants des secteurs D&M et AEC à évoluer vers des pratiques et des cultures commerciales propices à l'innovation. Les actions propices au succès comprennent la mise en place d'équipes diverses et interfonctionnelles et la formalisation de la structure autour de l'innovation.

« L'innovation n'est pas seulement un moteur de croissance pour les secteurs de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction ; elle bouleverse en quelque sorte le secteur de fond en comble », déclare Angelo Yu, fondateur et PDG de PIX Moving, une entreprise multidisciplinaire basée à Guiyang, en Chine, qui développe et fabrique des véhicules intelligents modulaires. « À l'instar de la façon dont Henry Ford a favorisé l'adoption massive des voitures, et dont Apple a initié le big bang de l'ère numérique, l'innovation en matière de conception, d'ingénierie et de fabrication finira par changer la façon dont nous travaillons, vivons et jouons. »

## La pression de l'innovation

Selon Gartner, l'innovation requiert trois éléments clés : la nouveauté, l'exécution et un résultat utile.<sup>3</sup> Dans les secteurs AEC et D&M, les résultats utiles de l'innovation comprennent la capacité à réduire fortement les délais, les coûts et les risques, tout en augmentant la durabilité des processus de construction et de fabrication.

Prenons l'exemple de Bryden Wood, une société d'architecture, d'ingénierie et de conception basée à Londres et axée sur l'innovation dans le secteur de la construction. L'entreprise automatise divers processus AEC et met en œuvre la conception pour la fabrication et l'assemblage, ce qui lui a permis de réduire ses coûts d'investissement de 20 à 30 % et ses délais de 20 % à l'échelle de nombreux projets, et de configurer en deux jours des conceptions qui auraient pris 15 mois à une équipe de conception traditionnelle. De même, PIX Moving a utilisé des algorithmes de conception pilotés par l'IA pour réduire les composants d'une plateforme de châssis de skateboard à conduite autonome imprimée en 3D à un dixième de ce qui était nécessaire auparavant et appliquer la fabrication numérique dans le but de réduire les délais de 75 %.

Ce ne sont là que deux exemples d'organisations qui ont adopté plus franchement que leurs concurrents que leurs concurrents des processus, des technologies et des mentalités propices à l'innovation, et qui en tirent des avantages considérables.

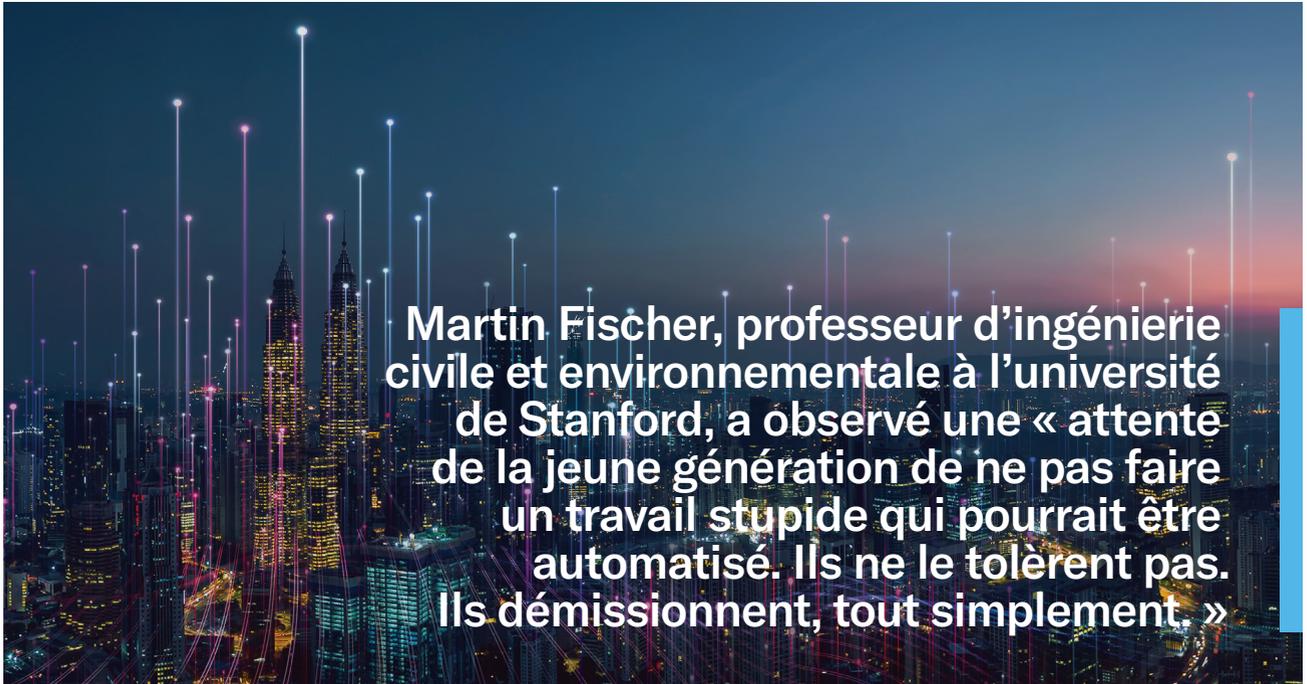
La capacité de réduire considérablement les ressources nécessaires à la conception, à l'ingénierie et à la construction d'un objet, qu'il s'agisse d'une trottinette ou d'un gratte-ciel, offre un avantage concurrentiel évident par rapport aux méthodes traditionnelles. Comme le confirment les résultats de Forrester, les organisations qui investissent dans l'innovation nécessaire pour aborder les anciens problèmes d'une manière nouvelle connaissent une croissance plus importante. Mais certains signes indiquent que ces capacités d'innovation deviendront également un moyen de survie dans les secteurs D&M et AEC. Selon « Winning the Race for Survival », un livre blanc du Forum économique mondial datant de mai 2020, « nous sommes proches du « darwinisme opérationnel », dans lequel de simples réductions de coûts ne suffiront sans doute pas à concurrencer les leaders qui font de la fabrication un élément rapide et essentiel de leur avantage en matière d'innovation numérique. » La pression pour innover vient des clients, des concurrents et de la propre main-d'œuvre des organisations.

Si la concurrence et la demande des clients n'ont rien de nouveau, la pression exercée par la main-d'œuvre pour innover se fait sentir dans de nombreux secteurs industriels, qui peinent à attirer de nouveaux talents. « Partout dans le monde, on a besoin de plus de talents, de meilleurs talents », déclare Martin Fischer, professeur d'ingénierie civile et environnementale à l'université de Stanford. Martin Fischer a observé une « attente de la jeune génération de ne pas faire un travail stupide qui pourrait être automatisé. Ils ne le tolèrent pas. Ils démissionnent, tout simplement. »

L'étude « 2021 Future Manufacturing Workforce Study », une enquête menée par la société de gestion de la main-d'œuvre UKG auprès de 882 employés de la génération Z du secteur manufacturier, a révélé que 94 % d'entre eux considéraient que le fait de travailler sur des projets valorisants était important, très important ou extrêmement important pour leur satisfaction professionnelle. Les trois quarts sont d'accord, plutôt d'accord ou tout à fait d'accord pour dire que l'industrie manufacturière offre des conditions de travail non satisfaisantes.

Les tentatives visant à attirer de nouveaux talents dans les organisations industrielles conduisent à une sorte de choc des cultures lorsque des travailleurs établis, imprégnés de l'expertise de la fabrication, rencontrent de jeunes talents doués pour le numérique, sans ce bagage. « Cela occasionne un fort dysfonctionnement culturel dans les cas où les nouveaux arrivants ne sont pas bien accueillis », déclare Jo Geraghty, cofondateur de Culture Consultancy, une organisation de conseil en changement culturel basée à Londres. Les organisations doivent trouver des moyens pour que les nouvelles recrues puissent tirer parti de l'expérience et des connaissances des travailleurs de longue date, tout en utilisant leurs compétences en matière de données pour actualiser et transformer les processus.

Les objectifs de durabilité augmentent également la pression en faveur de l'innovation dans l'approvisionnement, les matériaux et les processus, alors que les parties prenantes, y compris les investisseurs, les clients et les employés, se concentrent de plus en plus sur des objectifs qui vont au-delà de la simple génération de revenus. « Il est de plus en plus



admis, notamment en ce qui concerne la durabilité, que l'absence de stratégie sur la façon de réduire les matériaux, ou d'augmenter leur efficacité, n'est pas acceptable de nos jours », déclare Jaimie Johnston, directeur et responsable des systèmes mondiaux chez Bryden Wood.

Les décrets et les incitations des gouvernements, tels que les incitations fiscales offertes pour innover à Singapour, font également monter la pression. Les gouvernements, du Royaume-Uni au Brésil en passant par le Mexique, exigent ou encouragent fortement l'utilisation de la modélisation des données du bâtiment (BIM), un processus holistique de création et de gestion des informations relatives à un bien construit, en commençant généralement par les projets financés par le gouvernement. Les exigences en matière de durabilité font leur apparition dans les codes de construction, comme par exemple les nouvelles exigences californiennes concernant l'utilisation de panneaux solaires, de batteries et de pompes à chaleur électriques dans certains nouveaux logements et bâtiments commerciaux.<sup>4</sup> Les propositions européennes de « Green Deal » comprennent de nouvelles règles visant à rendre presque tous les biens matériels plus respectueux de l'environnement et à mettre en œuvre des réglementations plus strictes en matière de construction durable. Les conclusions de la conférence des Nations unies sur le changement climatique qui s'est tenue à Glasgow en 2021 ont notamment mis l'accent sur l'objectif de zéro émission de dioxyde de carbone au niveau mondial d'ici 2050, ce qui a un impact sur les organisations AEC et de D&M. Pour la chaîne de valeur du ciment et de la construction, par exemple, cet objectif nécessitera de tripler le rythme actuel de la décarbonisation. Les participants d'un panel du secteur de la construction réuni par McKinsey & Co. lors de l'événement ont déterminé que la création d'une culture de l'innovation représente une stratégie clé pour atteindre cet objectif.<sup>5</sup>

Pour répondre à ce faisceau complexe de pressions, des changements significatifs s'imposent dans l'activité du secteur

AEC et de D&M. Pour éviter les perturbations, faire face aux changements constants et atteindre une croissance plus rapide dans ces secteurs, les organisations devront repenser leurs processus et leur culture, tant en interne que dans leurs écosystèmes, en identifiant et en adoptant de nouvelles méthodes de travail.

### Principaux leviers de l'innovation

La technologie s'avère un facteur clé dans l'innovation, car elle applique des algorithmes et des modèles de plus en plus sophistiqués aux données et automatise l'itération des choix de conception. Les sources de données essentielles prolifèrent dans le secteur de la fabrication et de la construction grâce à des capteurs et des caméras de plus en plus abordables et à la possibilité de collecter et d'accumuler des données via des réseaux sans fil et cellulaires et via le cloud. Au-delà de la simple numérisation des processus analogiques existants à l'aide de ces données, les organisations les digitalisent de plus en plus, en réorganisant les processus d'entreprise par le partage et la collaboration des informations numériques selon de nouvelles méthodes, l'information étant au centre de ce nouveau modèle opérationnel. Les organisations AEC et D&M tirent parti de l'automatisation, de l'IA, des jumeaux numériques, de la conception générative et de la DFMA pour favoriser l'innovation et créer de la valeur commerciale en rationalisant les processus, en découvrant de nouveaux modèles et de nouvelles perspectives, et en automatisant la prise de décision basée sur les données.

L'IA aura sans aucun doute un effet significatif sur l'ensemble de l'économie mondiale. McKinsey a créé un modèle simulant l'impact cumulatif potentiel de l'utilisation de l'IA sur l'économie mondiale d'ici 2030, lequel comprend une analyse de la manière dont elle pourrait affecter les entreprises. Dans son rapport intitulé « Notes from the AI



## Les non-utilisateurs [de l'intelligence artificielle] « pourraient connaître une baisse d'environ 20 % de leurs flux de trésorerie par rapport aux niveaux actuels », selon un rapport de McKinsey & Co de 2018.

frontier: Modeling the impact of AI on the world economy », publié en septembre 2018, les analystes de McKinsey ont constaté que les précurseurs dans l'adoption de l'IA pourraient doubler leur flux de trésorerie (qui correspond à l'avantage économique capturé moins les investissements associés et les coûts de transition) d'ici 2030, avec une variation cumulée de 122 %. **FIGURE 1** Les non-utilisateurs « pourraient connaître une baisse d'environ 20 % de leur flux de trésorerie par rapport aux niveaux d'aujourd'hui, en supposant le même modèle de coûts et de revenus qu'actuellement », selon le rapport.

La capacité à tirer parti des techniques d'IA pour effectuer des tâches qui requièrent normalement l'intelligence humaine (souvent à une échelle et à une vitesse qui dépassent les capacités de l'homme) permet aux organisations de créer de nouvelles méthodes de travail dans les processus de conception, d'ingénierie et de production. PIX Moving, par exemple, s'appuie sur l'IA et l'automatisation pour développer des systèmes capables de produire rapidement un produit personnalisé prêt à être fabriqué. Selon Yu de PIX Moving, l'utilisation de techniques de conception et de fabrication numérique pilotées par l'IA permet de réduire le nombre de composants, de raccourcir les délais, de réduire la dépendance à l'égard de la chaîne d'approvisionnement, de répondre plus rapidement aux besoins de personnalisation et d'adopter une approche moderne, ce qui réduit considérablement les coûts pour l'entreprise.

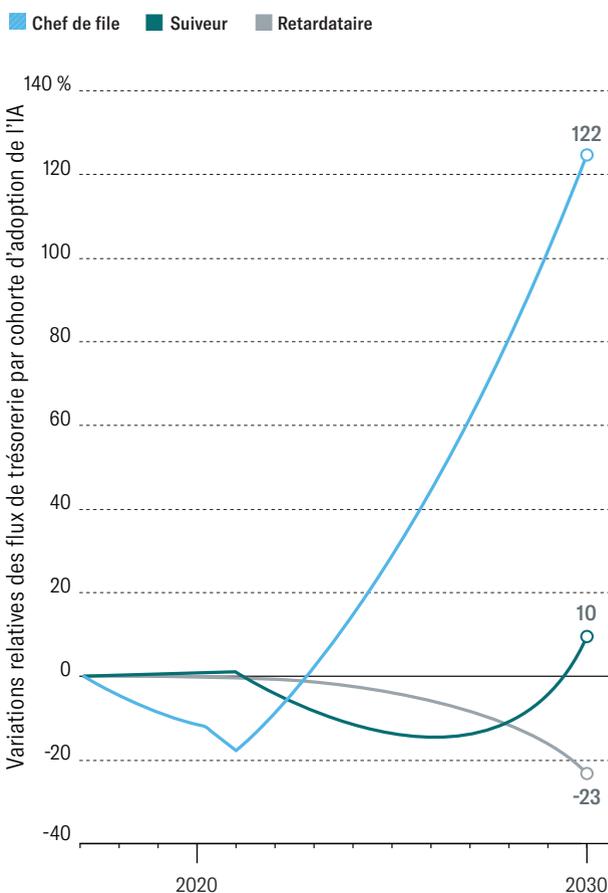
Selon M. Yu, les systèmes de fabrication définis par logiciel permettent à PIX Moving de s'affranchir des obstacles à l'innovation des constructeurs automobiles traditionnels. Ces obstacles comprennent des usines de très grande taille, des investissements lourds, des barrières à l'entrée élevées, des délais d'exécution plus longs et des processus chronophages tels que l'outillage et la mise en place de la chaîne de production, qui ralentissent et comportent des risques significatifs. Lorsque la même tâche, à savoir la conception et la production d'une voiture, est rendue possible par des outils tels que l'IA, le processus « est distribué, participatif et décentralisé, et ne nécessite plus de moules, ce qui réduit le nombre d'outillages et nous permet de réagir avec souplesse aux changements du marché », déclare-t-il.

Certaines des applications les plus répandues de l'IA dans le secteur de la construction concernent le suivi de l'avancement des travaux et la sécurité. En analysant les données d'images capturées par des caméras montées sur des grues, et de plus en plus par des drones, les entreprises de construction réduisent considérablement le nombre d'heures

FIGURE 1

### Avantages pour les pionniers pour les pionniers

D'ici à 2030, les pionniers de l'adoption de l'intelligence artificielle pourraient doubler leur flux de trésorerie



Source : McKinsey & Co., septembre 2018

et de personnes nécessaires pour préparer les rapports de suivi des travaux, une mesure clé, à quelques minutes seulement.

« Grâce aux technologies numériques intégrées, nos chefs de projet peuvent évaluer objectivement l'état d'avancement du projet, la productivité et les risques éventuels, et [peuvent] prendre plus rapidement des décisions fondées sur des données afin d'améliorer la sécurité, les performances et les résultats », déclare Francesco Tizzani, chef de groupe de la construction numérique chez Leighton Asia, un entrepreneur international de construction dont le siège se trouve à Hong Kong et qui appartient au groupe CIMIC. « Les technologies réduisent également les rapports manuels, ce qui permet à notre personnel de se concentrer sur l'analyse de données intelligentes pour améliorer la réalisation des projets. »

La numérisation est utilisée pour innover dans tous les domaines de Leighton Asia, y compris la sécurité, déclare M. Tizzani. Par exemple, une solution de sécurité de Nexlore, la société d'innovation logicielle interne du groupe, a été testée

**Les analystes de McKinsey ont constaté que les précurseurs dans l'adoption de l'IA pourraient potentiellement doubler leur flux de trésorerie (qui correspond à l'avantage économique capturé moins les investissements associés et les coûts de transition) d'ici 2030, avec une variation cumulée de 122 %.**

**« Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy, »  
McKinsey & Co., septembre 2018**



sur un chantier de Leighton Asia. Un système de caméras de détection de proximité alimenté par l'IA surveille les zones d'exclusion (zones interdites pour les « activités à haut risque ») et déclenche une alarme si, par exemple, un opérateur ou un travailleur pénètre dans une zone d'exclusion établie pour le protéger des équipements en mouvement.

Mais beaucoup considèrent que ces applications ne sont qu'un début. L'IA est bien adaptée à un large éventail de cas d'utilisation innovants dans les processus de conception et de production AEC et D&M, qu'il s'agisse de filtrer les données volumineuses, d'identifier les possibilités de durabilité, de recueillir les connaissances d'une main-d'œuvre vieillissante ou d'effectuer des simulations. « Il peut s'agir de la codification des connaissances humaines et de l'intelligence », déclare Jo Vertigan, directeur du numérique pour l'Anglian Water @ One Alliance, un partenariat de sept sociétés collaborant sur une partie importante du programme d'investissement en capital de la société britannique. « Le recours à l'IA et à l'apprentissage automatique peut nous permettre de saisir des nuances dans les données [qui] nous permettent de tirer rapidement de nouveaux enseignements. »

Le tri rapide d'un problème multidimensionnel, tel que l'optimisation des paramètres de la version la plus durable d'une conception, permet aux personnes de concentrer leur attention à bon escient.

« Il y a tellement de choses dans lesquelles nous pourrions innover », déclare Martin Fischer, de Stanford. « C'est en cela que je considère que l'IA est capable de nous fournir les indications pour donner la priorité à ce qui compte vraiment et [à ce qui] a le plus grand impact. »

Comme l'illustrent ces exemples, les organisations AEC et D&M adoptent l'IA pour découvrir de nouvelles perspectives et optimiser leurs choix quant à un large éventail de variables, des innovations qui seraient autrement très difficiles à réaliser. Ces avantages vont sans aucun doute se multiplier à mesure

que les organisations commencent à collecter des données plus nombreuses et de meilleure qualité. En effet, selon l'étude de 2020 « AI Enablement in Smart Manufacturing » menée par Deloitte, 54 % des personnes interrogées sont d'accord, et 39 % tout à fait d'accord, pour dire que l'IA sera la clé de la croissance et de l'innovation dans le secteur manufacturier. Les répondants à l'enquête étaient des cadres supérieurs de 110 entreprises manufacturières chinoises.

### Les jumeaux numériques donnent vie à de nouvelles idées

Les jumeaux numériques jouent également un rôle croissant en tant qu'outil d'innovation dans les secteurs de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction. Les organisations exploitent la capacité des jumeaux numériques à créer une version virtualisée d'un produit ou d'une structure afin de permettre aux concepteurs et aux ingénieurs d'expérimenter des designs, des matériaux et d'autres variables dans le cadre du processus de conception initial. La nature dynamique des jumeaux numériques, et leur capacité à représenter les données et les performances du monde réel sur un modèle virtuel, créent une boucle de rétroaction entre les environnements physique et virtuel. Cette boucle aide les utilisateurs et les organisations à prendre de meilleures décisions, à améliorer leurs pratiques commerciales et à accéder à des avantages tels que la réduction des temps d'arrêt et l'augmentation du ROI pendant la construction et la fabrication. Les jumeaux numériques profitent également à l'utilisation continue des produits et des bâtiments.

Le marché mondial des jumeaux numériques devrait atteindre un TCAC de 58 % entre 2020 et 2026, passant ainsi de 3,1 milliards de dollars à 48,2 milliards de dollars, selon le rapport de Markets and Markets.<sup>6</sup> La région APAC devrait

## APERÇU DU SECTEUR

### Relever les défis de l'innovation en matière de conception et de fabrication

L'industrie de la conception et de la fabrication (D&M) fait montre d'une longue tradition d'innovation. Mais les pratiques conventionnelles telles que l'attribution de la génération de nouvelles idées à une poignée d'équipes, la construction et l'essai de prototypes physiques et la réalisation d'études de marché conséquentes, ne sont plus assez rapides ni dynamiques. Pour travailler au rythme du marché actuel, il faut une nouvelle approche de l'innovation caractérisée par une plus grande rapidité, une collaboration plus étendue et un changement de culture marqué.

Passer à une culture plus innovante peut s'avérer difficile, en particulier pour les entreprises manufacturières de longue date. Selon Andrew Kusiak, professeur d'ingénierie industrielle et des systèmes à l'université de l'Iowa, l'un des problèmes est l'absence d'innovation en ingénierie en tant que discipline universitaire établie. « Comme la connaissance en matière d'innovation est relativement faible, il est difficile pour les entreprises de la pratiquer », déclare-t-il.

Les récentes tentatives d'attirer des talents dans de nouvelles disciplines telles que la science des données ont engendré des chocs culturels et une certaine méfiance, déclare Jo Geraghty, cofondatrice de Culture Consultancy, une organisation de conseil en changement de culture basée à Londres. L'industrie D&M est également limitée dans son accès aux données exploitables, et dans sa volonté de partager les données dont elle dispose. Les experts interrogés dans le cadre de ce rapport recommandent les étapes suivantes aux organisations de D&M pour innover face aux défis.

#### Mettre en place des équipes interfonctionnelles.

Favoriser une culture dans laquelle chaque travailleur est encouragé et habilité à innover nécessite un changement volontaire. Selon Geraghty, les centres d'innovation peuvent constituer une stratégie efficace à court terme, mais à plus long terme, les organisations D&M auront besoin d'un travail d'équipe diversifié et transdisciplinaire. Son cabinet de conseil a soumis les travailleurs d'un grand fabricant de produits alimentaires à un exercice consistant à confier une tâche d'innovation à des équipes composées de personnes de différentes générations, disciplines, sexes et origines. Le succès de l'exercice a conduit le fabricant à adopter cette pratique pour des projets plus importants.

« Ils ont fait preuve d'innovation et cela a fonctionné », déclare-t-elle. « Mais la plus grande victoire a été la compréhension de l'élément 'Oh, je vois la valeur que votre différence apporte au sujet dont il est question' ».

**Impliquer les universités et les start-up.** Cette approche collaborative peut s'étendre à l'extérieur

de l'organisation afin d'inclure des partenariats universitaires et commerciaux, mais aussi le travail avec des start-up qui n'ont pas forcément une culture bien ancrée. Le partenariat peut s'avérer particulièrement efficace pour éviter les guerres de talents entre les entreprises de fabrication, déclare John Suh, vice-président de Hyundai Motor Group et directeur fondateur de New Horizons Studio, une équipe qui développe des véhicules à mobilité ultime (UMV) basée à Fremont, en Californie. Son groupe collabore avec des tiers pour accéder aux réflexions les plus innovantes en matière de conception d'UMV. La collaboration nécessite de régler des questions cruciales telles que la propriété intellectuelle (PI) et la propriété des brevets, mais elle peut profiter à toutes les parties du partenariat.

« Nous repoussons les limites dans ce domaine technologique particulier afin que les organisations en bénéficient et puissent en tirer d'autres opportunités économiques », déclare Suh. « Nous allons financer cela, mais cela profite à d'autres que nous. Nous allons en assurer le financement, et accepter l'idée que cela profite à d'autres que nous. »

**Traiter les problèmes de données.** Comme pour les questions de propriété intellectuelle, la collaboration en matière d'innovation peut être utilisée pour surmonter les problèmes de données. Les machines et équipements plus anciens ne sont peut-être pas encore équipés pour capturer des données utiles. Et même lorsque les données sont collectées, les organisations ne sont pas toujours disposées à les partager, déclare Kusiak de l'université de l'Iowa. Ce problème peut être résolu en modifiant les politiques internes afin de répondre à la nécessité de partager les données pour alimenter l'innovation collaborative.

**Faire de la place pour l'expérimentation.** Les dirigeants doivent également faire de la place aux travailleurs pour qu'ils innoverent : ils doivent prendre le temps, consacrer des ressources et accepter que l'échec soit inévitable. Les travailleurs à tous les niveaux doivent se sentir à l'aise pour partager des informations sur les projets qui ne se sont pas déroulés comme prévu mais aussi sur ceux qui ont été un succès. Le soutien doit s'étendre non seulement au processus d'innovation, avec tous ses revers, ses perfectionnements et ses premières mises en œuvre, mais aussi à la garantie de l'adoption. Les nouvelles idées ont souvent besoin d'une période d'utilisation prolongée avant d'être acceptées et d'être pleinement monétisées.

La technologie peut contribuer au processus d'innovation en automatisant les tâches manuelles et en découvrant des informations qui stimulent les nouvelles idées.

SUITE À LA PAGE 8

## APERÇU DU SECTEUR

### SUITE DE LA PAGE 7

Geraghty, de Culture Consultancy, préconise également l'utilisation d'outils d'idéation et de collaboration pour saisir et partager les expériences. « Une grande partie des meilleures idées d'innovation viendront de votre personnel de première ligne, car ce sont les personnes [qui] voient ce qui se passe, sur le terrain », dit-elle.

**Mesurer les progrès.** Les mesures permettent de maintenir les initiatives d'innovation sur la bonne voie et d'identifier celles qui sont prometteuses. PIX Moving, une entreprise de Guiyang, en Chine, spécialisée dans le développement de technologies multidisciplinaires dans le domaine de la robotique et de l'automatisation, évalue ses propres innovations en termes de coût, de flexibilité, d'efficacité, du niveau de « révolution » qu'elles représentent et d'expérience utilisateur, ainsi que d'impact sur sa propre main-d'œuvre. La culture du fabricant met l'accent sur la recherche d'un équilibre entre l'efficacité des travailleurs et l'équité. Dans ce contexte, « les travailleurs sont plus disposés à utiliser des équipements automatisés tels que les robots pour améliorer l'efficacité de leur travail quotidien, et à collecter des données de production pour optimiser les produits et les processus de production », déclare Angelo Yu, fondateur et PDG. « Une culture orientée vers l'avenir est nécessaire. »

connaître le TCAC le plus rapide, étant prédit que le secteur de l'industrie manufacturière sera le premier à l'adopter.

Selon une enquête mondiale menée par la Royal Institution of Chartered Surveyors de Londres entre septembre et novembre 2021 26 % des répondants utilisent des jumeaux numériques et 18 % ont commencé à prendre les premières mesures de mise en œuvre. Les principaux cas d'utilisation sont la facilitation du partage des données pour améliorer les performances de toutes les parties prenantes et la collecte de données en temps réel sur les sites pour la prise de décision et la collaboration (54 % chacun).

« Les jumeaux numériques permettront de réduire le coût de développement des processus de conception et de démonstration, ce qui peut contribuer à améliorer la rentabilité », déclare Yuya Kajikawa, professeur à l'école d'environnement et de société de l'Institut de technologie de Tokyo et à l'Institut des initiatives futures de l'université de Tokyo.

Le studio New Horizons de Hyundai place les jumeaux numériques de son concept UMV dans des mondes simulés numériquement. L'objectif à long terme est d'évaluer les performances du véhicule dans cet environnement. En raison de la complexité de la reproduction d'une traction réaliste du véhicule sur des surfaces simulées, l'objectif à court terme de New Horizons est de montrer comment un UMV pourrait être utilisé dans divers scénarios dans lesquels la physique de la performance du véhicule est simplifiée. Ces informations permettent aux clients potentiels de comprendre ce qu'un futur



**La nature dynamique des jumeaux numériques, et leur capacité à représenter les données et les performances du monde réel sur un modèle virtuel, créent une boucle de rétroaction entre les environnements physique et virtuel. Cette boucle aide les utilisateurs et les organisations à prendre de meilleures décisions, à améliorer leurs pratiques commerciales et à accéder à des avantages tels que la réduction des temps d'arrêt et l'augmentation du ROI pendant la construction et la fabrication.**

produit pourrait faire et de donner leur avis, que les ingénieurs peuvent ensuite utiliser pour itérer les nouvelles conceptions, sans jamais avoir à construire un prototype physique.

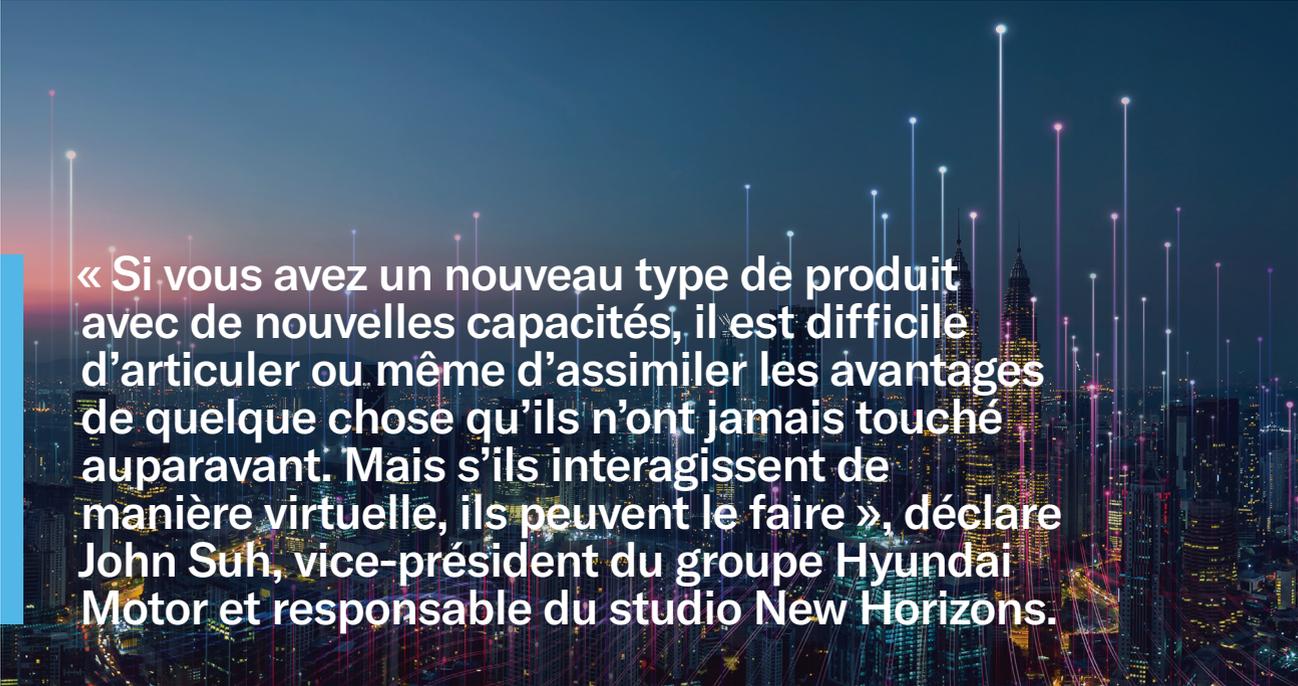
« Si vous avez un nouveau type de produit avec de nouvelles capacités, il est difficile d'articuler ou même d'assimiler les avantages de quelque chose qu'ils n'ont jamais touché auparavant », déclare Suh de New Horizon. « Mais s'ils interagissent virtuellement, ils le peuvent. » La simulation des conceptions et de l'utilisation des matériaux aide également les organisations AEC tout au long du processus de construction.

M. Tizzani, de Leighton Asia, se réjouit de voir l'entreprise ouvrir la voie à l'utilisation des jumeaux numériques. « Nous construisons l'actif et son jumeau numérique pour nos clients. Un jumeau numérique commence par un modèle BIM dynamique de ce qui doit être construit. Nous intégrons les multiples flux de travail d'un projet dans le modèle et saisissons les données au fur et à mesure de l'avancement du projet », explique-t-il. Comme Leighton Asia ne verrouille pas les données dans des feuilles de calcul et des dessins en 2D, l'équipe peut utiliser le modèle et les rapports visuels pour collaborer à la gestion des changements. Ensuite, ils peuvent utiliser la simulation et l'apprentissage automatique pour faciliter la prise de décision, améliorer l'efficacité et réduire les reprises. « Une fois la construction achevée, le jumeau numérique est d'une valeur inestimable pour les opérations et la maintenance tout au long de la durée de vie de l'actif », ajoute Tizzani.

Si les progrès actuels sont encourageants, le potentiel des jumeaux numériques pour transformer une grande partie du processus de conception et de production de biens et de structures dans les secteurs AEC et D&M est encore à venir. En augmentant le volume et la variété de leurs activités de collecte de données, les organisations peuvent jeter les bases pour récolter des informations et stimuler l'expérimentation à l'avenir.

**« Les jumeaux numériques permettront de réduire le coût de développement de certaines parties des [processus] de conception et de démonstration, ce qui peut contribuer à améliorer la rentabilité. »**

**Yuya Kajikawa, professeur à l'école d'environnement et de société de l'Institut de technologie de Tokyo et à l'Institut des initiatives futures de l'université de Tokyo**



« Si vous avez un nouveau type de produit avec de nouvelles capacités, il est difficile d'articuler ou même d'assimiler les avantages de quelque chose qu'ils n'ont jamais touché auparavant. Mais s'ils interagissent de manière virtuelle, ils peuvent le faire », déclare John Suh, vice-président du groupe Hyundai Motor et responsable du studio New Horizons.

### L'innovation par des approches de conception de nouvelle génération

La nécessité d'accroître la capacité d'innovation des organisations entraîne également une utilisation accrue de la conception générative et de la conception pour la fabrication et l'assemblage. La conception générative est un processus d'exploration de la conception qui prend en compte les objectifs, les paramètres et les contraintes de la conception pour générer et tester rapidement des alternatives de conception. Le DFMA permet aux ingénieurs d'incorporer la construction dans les premières phases de conception, lorsque les changements sont moins coûteux. Il permet également aux concepteurs/architectes, aux ingénieurs, aux fabricants, aux entrepreneurs et aux sous-traitants de travailler main dans la main dans le processus de conception et de collaborer à des objectifs tels que la réduction des délais et des coûts totaux du projet. Les architectes, par exemple, peuvent savoir comment chaque pièce sera fabriquée et assemblée afin d'optimiser leurs conceptions en conséquence. Et les fabricants et les constructeurs peuvent partager leurs contraintes à l'avance, afin que les architectes ou les concepteurs puissent en tenir compte. L'efficacité du processus de conception offre d'énormes avantages en termes de coûts et d'efficacité en aval, au fur et à mesure que les projets avancent.

Bryden Wood utilise la conception générative de plusieurs façons afin d'insuffler de l'innovation dans ses processus, notamment en aidant les constructeurs « en série » devant ériger des variations du même bien sur plusieurs sites. Au lieu de concevoir chaque site comme un cas unique à l'aide d'approches conventionnelles, la conception générative peut rapidement produire plus de 100 000 variations qui peuvent être « sélectionnées » en fonction des valeurs du

client, afin d'aboutir à la conception idéale pour chaque site individuel. Ce succès a permis à Bryden Wood de faire passer le concept de conception générative au niveau supérieur en se demandant ce que l'organisation pouvait faire *d'autre* en ayant une conception optimisée en main. La société a utilisé la conception automatisée pour développer un ensemble de pièces à assemblage rapide et de haute précision pour la superstructure de « The Forge », un projet de bureaux commerciaux à bilan carbone nul dans le sud de Londres.

Nous avons ensuite [demandé] à l'entrepreneur en mécanique et en électricité : « Si vous saviez que la superstructure est super précise, que tous vos points de fixation sont déjà dans la dalle et qu'ils sont également très précis, que feriez-vous avec cela ? », déclare Johnston de Bryden Wood. Dans un projet conventionnel, l'entrepreneur en mécanique et en électricité installerait les composants électriques manuellement sur le site, comme une série de commerces individuels, en raison de la variation inévitable, par exemple, de l'emplacement d'une colonne. Mais comme la superstructure a été construite selon les spécifications exactes de la conception, l'entrepreneur en électricité a pu créer des cassettes multiservices contenant des composants mécaniques et électriques dans une usine, puis les déplacer et les installer rapidement à l'emplacement prévu. Essentiellement, l'entrepreneur pourrait concevoir la fabrication et l'assemblage. « Le temps d'installation est passé de quelques heures à quelques minutes », déclare Johnston. Le même concept, appliqué à des parties de la façade, a permis de réduire le temps nécessaire à l'installation de chaque panneau d'une heure à sept minutes et demie.

La capacité de prendre en compte les processus de fabrication et d'assemblage automatisé au stade de la conception sera particulièrement utile, car de plus en plus de processus de production sont gérés par des robots, note Suh de New



## L'efficacité du processus de conception offre d'énormes avantages en termes de coûts et d'efficacité en aval, au fur et à mesure que les projets avancent.

Horizons. « Nous relierons nos modèles numériques des composants conçus pour un assemblage automatisé ; puis ce fichier ira directement au robot qui fabrique et assemble les composants », explique-t-il. « Ensuite, sur le site, les gens utiliseront une automatisation simple pour prendre en charge l'assemblage final des sous-ensembles de manière rapide et précise. »

En adoptant la conception générative et la DFMA, les organisations AEC et D&M augmentent leur capacité à générer, tester et collaborer sur des idées dès le début du processus de conception, ce qui leur permet de développer des approches innovantes dans leur façon de travailler, tout en minimisant les coûts et en augmentant leur efficacité. Alors que l'utilisation de la conception générative et de la DFMA continue de s'étendre, elles promettent d'apporter une collaboration et une cohésion beaucoup plus importantes aux processus de bout en bout dans les domaines AEC et D&M.

### Stimuler de nouvelles approches de la durabilité

Il n'y a peut-être pas de besoin d'innovation plus important que celui d'accroître la durabilité des processus de conception, de production et de construction. Tandis que la pression des gouvernements et des clients pour la création de produits, de processus et de structures plus durables continue d'augmenter, les organisations AEC et D&M vont de plus en plus utiliser l'IA et les outils et techniques de modélisation pour arriver à de nouvelles conceptions qui équilibrent l'objectif, la conception et les matériaux durables, ainsi que les facteurs économiques.

« Il existe généralement un compromis entre durabilité environnementale et efficacité économique », déclare M. Kajikawa de l'université de Tokyo. L'IA et la modélisation peuvent être ajustées pour aider les humains à prendre ces décisions dans le cadre de compromis complexes, dit-il.

Une enquête de l'Institut de recherche Capgemini menée en février et mars 2021 auprès de 480 cadres de l'industrie manufacturière mondiale a révélé que les organisations constatent déjà les avantages en termes de durabilité des technologies numériques à grande échelle, notamment l'automatisation, l'IA/l'apprentissage automatique et l'analyse des données. **FIGURE 2** Par exemple, les personnes interrogées font état d'une réduction moyenne de 15 % des déchets au cours des deux dernières années et de 20 % supplémentaires attendus au cours des cinq prochaines. Selon le rapport, « l'innovation, portée par la technologie et les données,

peut aider les fabricants à répondre simultanément aux préoccupations de durabilité et d'économie. »

« Lorsque vous examinez les structures des bâtiments et que vous essayez d'éliminer le carbone de votre construction, vous essayez de réduire l'énergie utilisée, mais vous devez également tenir compte du carbone incorporé dans le bâtiment et des matériaux utilisés », déclare Jacqui Glass, vice-doyenne de la recherche et professeur en gestion de la construction au University College London.

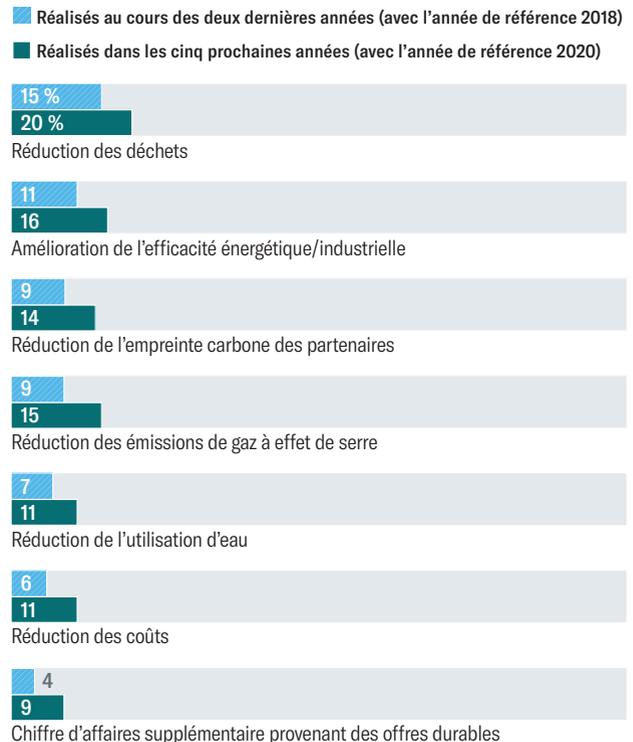
Comme exemple d'innovation en matière de durabilité, note-t-elle, on peut citer le projet Automating Concrete Construction de l'université de Bath, au Royaume-Uni, qui vise à améliorer considérablement la durabilité et la productivité dans le secteur de la construction en définissant une approche globale de la fabrication, de l'assemblage, de la réutilisation et de la déconstruction des bâtiments en béton. L'apprentissage automatique, un sous-ensemble de l'IA qui permet à une machine d'apprendre automatiquement à partir de données antérieures sans être spécifiquement programmée à cette fin, est utilisé pour concevoir des dalles intelligentes

FIGURE 2

### Les investissements numériques offrent des avantages en matière de développement durable

Les fabricants signalent les avantages de l'utilisation à grande échelle des technologies numériques, notamment l'automatisation et l'IA/l'apprentissage automatique

Quels sont les avantages moyens en matière de durabilité découlant des technologies numériques à grande échelle ?



Source : Institut de recherche Capgemini, 2021

qui sont ensuite créées à l'aide de cadres en béton, ce qui permet de réduire jusqu'à 50 % l'utilisation de matériaux en garantissant que le béton est placé uniquement là où il est nécessaire afin d'assurer une stabilité et une résistance suffisantes. Ensuite, l'impression 3D et la production robotisée améliorent l'efficacité du processus de production. « C'est une très belle démonstration de la façon dont on réunit les technologies pour stimuler l'innovation dans la façon dont les processus de construction peuvent être rendus plus durables », déclare Glass.

La nécessité d'une plus grande durabilité dans les processus et les matériaux de fabrication et de construction étant devenue urgente, les organisations AEC et D&M se tournent vers l'innovation pour dépasser les limites des pratiques traditionnelles. Les approches intégrant l'IA, les jumeaux numériques, la conception générative et l'AMDF vont permettre de nouvelles méthodes de travail qui éliminent le gaspillage, accélèrent les processus, réduisent les coûts et créent des méthodes de travail beaucoup plus cohérentes et intégrées.

Pour découvrir de nouveaux moyens de réduire « le temps, les matériaux et les autres coûts de la conception et de la production des biens et des bâtiments, il faut surmonter des obstacles considérables. Les entreprises AEC et D&M doivent relever les défis organisationnels, culturels et technologiques propres à leur secteur pour réussir à jeter les bases de pratiques plus innovantes.

## Relever des défis complexes grâce à l'innovation

Les industries AEC et D&M ont toujours été confrontées à des défis, bien sûr. Mais aujourd'hui, la pression de la concurrence et des clients, les défis de la durabilité et de la main-d'œuvre, et les décrets qui augmentent se font sentir plus intensément qu'auparavant. Nombreux sont ceux qui voient dans l'innovation la clé qui permettra de débloquent les nouveaux matériaux, les nouveaux processus et l'énergie créative nécessaires pour faire face.

L'importance accrue accordée à l'innovation pousse les organisations AEC et D&M à explorer des méthodes de travail basées sur la technologie. L'IA et les approches telles que



« À notre époque, il n'y a pas d'autre option que d'innover pour se développer », déclare Jo Geraghty, cofondateur de Culture Consultancy.

les jumeaux numériques, la conception générative et la DMFA automatisent les processus routiniers et aident les personnes à découvrir, tester et mettre en œuvre de meilleures méthodes pour atteindre les objectifs organisationnels. Les premiers utilisateurs de ces technologies, dont Bryden Wood et PIX Moving, constatent une réduction sensible des coûts d'investissement et des délais de conception et de production et découvrent des matériaux et des méthodes plus durables.

Pour tirer véritablement parti des avantages des nouvelles approches de l'innovation fondées sur la technologie, les organisations changent également leur façon de travailler. Dans le secteur de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction, les stratégies efficaces consistent à modifier la structure des contrats, à améliorer la collecte et l'analyse des données et à créer une structure plus formelle pour intégrer l'innovation dans le travail quotidien. Dans le secteur D&M, le fait de favoriser des équipes internes plus diversifiées et interfonctionnelles, de collaborer avec des universités et des start-up et de faire de la place à l'innovation dans la culture d'entreprise aide les organisations à nourrir et à monétiser les nouvelles idées avec succès. Les experts sont convaincus que ceux qui sont en mesure de surmonter les obstacles à l'adoption sont prêts à profiter de l'innovation dans leurs écosystèmes.

« À notre époque, il n'y a pas d'autre option que d'innover pour se développer », note Geraghty, de Culture Consultancy.

## Notes de fin d'ouvrage

- 1 Forrester Research, "Grow And Differentiate Business Value Through Continuous Innovation," May 10, 2021. <https://www.forrester.com/report/grow-and-differentiate-business-value-through-continuous-innovation/RES165159?objectId=RES165159>.
- 2 McKinsey & Co., "The state of AI in 2021," December 2021. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Analytics/Our%20Insights/Global%20survey%20The%20state%20of%20AI%20in%202021/Global-survey-The-state-of-AI-in-2021.pdf>.
- 3 Gartner, "Gartner Says Marketing Innovation Makes Up More Than 20% of Marketing Budgets, Yet Many Marketers Lack a Clear Definition of Innovation," August 11, 2021. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/gartner-says-marketing-innovation-makes-up-more-than-20-of-mark#:~:text=Gartner%20defines%20innovation%20as%20%E2%80%9Cthe,execution%20and%20a%20useful%20outcome>.
- 4 Penn, Ivan, "California's Plan to Make New Buildings Greener Will Also Raise Costs," The New York Times, August 30, 2021. <https://www.nytimes.com/2021/08/30/business/energy-environment/californias-solar-housing-costs.html>.
- 5 Tony Hansen, Focko Imhorst, Anna Moore, et al., "Decarbonizing the built environment: Takeaways from COP26," McKinsey.com, January 12, 2022. <https://www.mckinsey.com/industries/engineering-construction-and-building-materials/our-insights/decarbonizing-the-built-environment-takeaways-from-cop26>.
- 6 Markets and Markets, "Digital Twin Market by Enterprise, Application (Predictive Maintenance, Business Optimization), Industry (Aerospace, Automotive & Transportation, Healthcare, Infrastructure, Energy & Utilities) and Geography - Global Forecast to 2027," September 2020. [https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html?gclid=EAlaQobChMI9Mz6wv\\_A7wlVinZgCh0gBgMFEAYASAAEgJQI\\_D\\_BwE](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html?gclid=EAlaQobChMI9Mz6wv_A7wlVinZgCh0gBgMFEAYASAAEgJQI_D_BwE).



**Harvard  
Business  
Review**

ANALYTIC SERVICES

## À PROPOS DE NOUS

Les services d'analyse de la Harvard Business Review sont une unité de recherche commerciale indépendante au sein du Harvard Business Review Group, qui effectue des recherches et des analyses comparatives sur d'importants défis de gestion et de nouvelles occasions d'affaires. En cherchant à fournir des renseignements commerciaux et des renseignements sur les groupes de pairs, chaque rapport est publié en fonction des résultats de la recherche et de l'analyse quantitatives et/ou qualitatives originales. Des enquêtes quantitatives sont menées avec le Conseil consultatif de HBR, le groupe de recherche mondial de HBR, et des recherches qualitatives sont menées avec des cadres supérieurs et des experts en la matière de la communauté des auteurs de la *Harvard Business Review* et d'ailleurs. Contactez-nous par e-mail à [hbranalyticservices@hbr.org](mailto:hbranalyticservices@hbr.org).

**[hbr.org/hbr-analytic-services](https://hbr.org/hbr-analytic-services)**