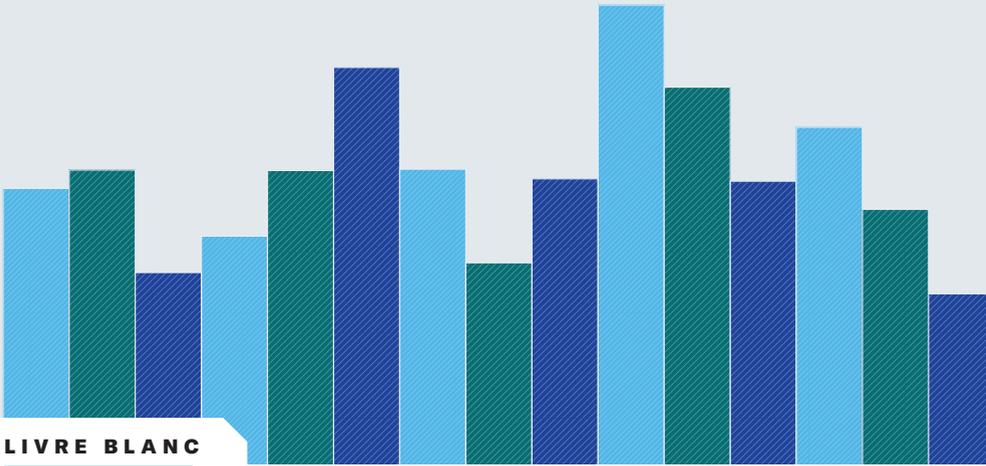




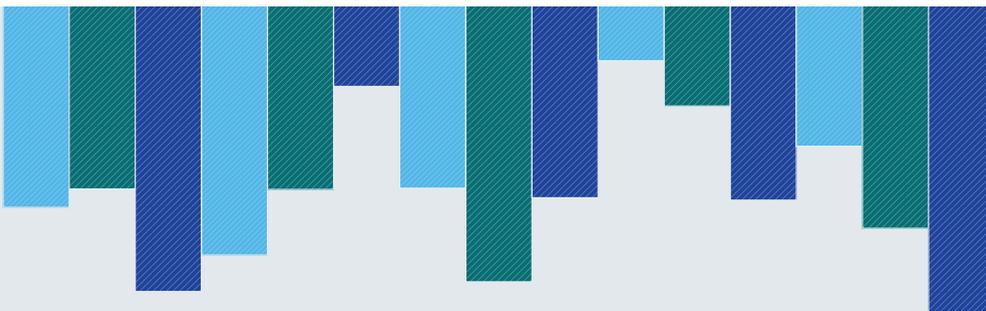
**Harvard  
Business  
Review**

ANALYTIC SERVICES



LIVRE BLANC

# Faire tomber les barrières pour des projets d'usine plus collaboratifs



Sponsorisé par

 **AUTODESK**

## POINT DE VUE DU SPONSOR

Qu'il s'agisse du commerce interentreprises ou de détail, les attentes des clients en matière d'individualisation, de fonctionnalité et de durabilité des produits et services sont de plus en plus fortes.

Pour faire face au rythme accéléré et à la complexité accrue de leur activité, de nombreuses entreprises ont déjà adapté les méthodes de conception, de développement et d'ingénierie de leurs produits, en les abordant sous l'angle des cycles de vie et en adoptant souvent des méthodes de développement efficaces, d'ingénierie simultanée et d'ingénierie des systèmes.

Étonnamment, les usines continuent parfois d'être conçues et construites de manière très traditionnelle, tout comme le traitement des données pendant l'exploitation et la maintenance—zone par zone, discipline par discipline, silo de données par silo de données.

Les attentes croissantes des clients conduisent inévitablement à la production de lots de plus petite taille et à des changements fréquents, ce qui signifie que les opérations de fabrication adaptatives et flexibles sont plus indispensables que jamais.

Nous pensons que les mesures déjà prises au niveau de la conception et de l'ingénierie des produits en termes d'intégration et de collaboration constituent également une avancée pour les opérations de fabrication. Des aspects tels que l'infrastructure des usines et les informations de construction doivent être intégrés aux données du système de production pour libérer le plein potentiel d'un jumeau numérique complet de l'usine. En outre, la réutilisation des données sur l'ensemble du cycle de vie de production est nécessaire, même si—ou précisément pour cette raison—différentes parties prenantes sont impliquées à différentes étapes pour éviter les redondances et les tâches sans valeur ajoutée.

La numérisation permet aux fabricants d'avoir des usines en phase avec cette nouvelle donne. La présente étude réalisée par Harvard Business Review Analytic Services fournit des informations utiles sur l'état actuel du secteur, ainsi que des conseils pour la préparation et la réussite future de vos opérations de fabrication existantes ou prévues à l'aide de modèles d'usines intégrées. J'invite les lecteurs à découvrir comment les leaders du secteur présentés dans ce rapport réagissent à l'évolution des marchés.



**Srinath Jonnalagadda**  
**Vice-président, Stratégie industrielle,**  
**Conception et fabrication**  
**Autodesk**

# Faire tomber les barrières pour des projets d'usine plus collaboratifs

Le changement est un phénomène constant au sein des usines, car les nouveaux produits, les attentes des clients et les pressions concurrentielles obligent les fabricants à revoir sans cesse leurs opérations existantes par le biais de modernisations ou de constructions nouvelles. À mesure qu'ils réalisent ces projets, les objectifs traditionnels liés au respect des délais et du budget sont de plus en plus difficiles à atteindre en raison des nouveaux objectifs fixés : durabilité, utilisation plus efficace de la main-d'œuvre et respect des exigences industrielles 4.0.

La complexité de ces projets est de plus en plus grande, mais les processus utilisés pour leur planification et leur gestion en usine n'ont pas évolué au même rythme. Les projets d'usine nécessitent la participation d'un grand nombre d'équipes tant chez le fabricant lui-même, que chez ses partenaires de conception et de construction. Celles-ci s'occupent tantôt de la planification du bâtiment, tantôt de l'ingénierie de la production ou encore des opérations en cours. Très souvent, ces équipes—les outils et les données qu'elles utilisent pour effectuer leurs activités—travaillent de manière plus indépendante que collaborative, ce qui entraîne des augmentations de coûts, des dépassements de budget et des retards.

« La construction et l'ingénierie d'usine sont deux domaines distincts qui n'ont pas été tout à fait bien coordonnés jusqu'à présent », déclare Frank Breitenbach, expert technique senior en méthodologie de planification, usine intelligente, pour EDAG Production Solutions, un fournisseur de services d'ingénierie basé à Fulda, en Allemagne, pour l'industrie automobile. « Pour que ces domaines se développent conjointement de manière efficace, il faut un changement de paradigme dans la plupart des entreprises. »

Il faudra adopter une approche multidisciplinaire et bien coordonnée pour les projets de conception et de construction d'usine afin de combler ces lacunes et de s'assurer que les équipes de construction, d'exploitation et des projets mécanique, électrique et de plomberie collaborent étroitement pour minimiser les retards, les coûts et les incompréhensions tout en maximisant les objectifs opérationnels, commerciaux et à long terme liés au projet. Pour y parvenir, les fabricants et les entreprises de construction industrielle s'efforcent d'adopter de nouveaux paradigmes de planification et de flux de travail, d'utiliser plus

## POINTS CLÉS

De plus en plus d'appels d'offres pour des projets de construction d'usine **comprennent des attentes concernant la durabilité, la numérisation et le désir d'usines intelligentes** qui prennent en charge les concepts de l'industrie 4.0.

Malgré l'évolution de ces exigences, **les processus et les flux de travail utilisés pour planifier et mettre en œuvre une nouvelle construction ou une modernisation d'usine** n'ont pas toujours suivi le rythme.

La technologie apparaît comme un outil essentiel qui permet aux fabricants et à leurs partenaires de planification et de production **d'éliminer les cloisonnements en matière d'outils, de données et de collaboration** dans leur quête d'une méthode toujours plus transparente et efficace de planification et de construction d'une usine.

intelligemment les données et d'exploiter des technologies de flux de travail plus collaboratives qui auront un impact sur le bâtiment longtemps après sa construction. Si leur vision se concrétise, les futures usines seront beaucoup plus évolutives et résilientes, capables de s'adapter promptement aux changements du marché tout en minimisant leurs propres coûts de maintenance et en optimisant leur fonctionnement.

« Pour avoir des usines hautement efficaces, il vous faut des données en temps réel pour pouvoir prendre des décisions adaptées au contexte », déclare Maximilian Viessmann, PDG du groupe Viessmann, un fabricant allemand de solutions de chauffage, de refroidissement et de climatisation basé à Allendorf. « Nous pouvons étendre notre position sur le marché si nous pouvons agir diligemment, pour nos partenaires et nos utilisateurs. L'industrie 4.0 est le catalyseur de cette diligence et, par conséquent, le catalyseur de notre avenir. »

## Nouveau monde, nouvelles pressions

Les usines ont toujours dû évoluer, adapter les installations, les lignes de production, les processus de développement et les opérations pour répondre aux exigences ponctuelles. Ces nouvelles constructions ou modernisations sont généralement motivées par le lancement de nouveaux produits, la nécessité d'améliorer la qualité des produits ou l'efficacité de la production, l'évolution de la demande, l'amélioration continue ou le remplacement des équipements. Les tendances spécifiques à l'industrie peuvent également être des facteurs, tels que le besoin de lots plus petits ou de dérivés d'un produit de base, la personnalisation de masse accrue, le passage d'un combustible fossile à des sources d'énergie plus durables ou la

nécessité de s'adapter à des pénuries de matériaux, de produire plus près du marché ou de minimiser les besoins en main-d'œuvre face aux pénuries. Selon l'étude de McKinsey & Co de juin 2020, « The Next Normal in Construction » (Secteur de la construction : la nouvelle donne), 87 % des personnes interrogées voient en la rareté de la main-d'œuvre qualifiée le facteur ayant le plus grand impact sur le secteur. Mais d'ici 10 ans, plus de 75 % pensent que les principaux leviers du secteur seront la durabilité, les réglementations de sécurité sur les chantiers et l'exigence de structures plus modulaires et plus connectées. **FIGURE 1**

Mais ces facteurs s'accompagnent d'une autre série d'exigences qui imposent des contraintes supplémentaires aux équipes de conception. De plus en plus d'appels d'offres pour des projets de construction d'usine comprennent des attentes concernant la durabilité, la numérisation et le désir d'usines intelligentes qui prennent en charge les concepts de l'industrie 4.0. Les fabricants veulent également mener à bien leurs projets plus rapidement que jamais, en particulier en ce qui concerne la modernisation des usines ; la réduction des temps d'arrêt et l'accélération de la mise des produits sur le marché constituent désormais des impératifs concurrentiels.

« La durabilité occupe une place beaucoup plus importante qu'auparavant », déclare Rupert Hoecherl, directeur général et partenaire chez io-consultants, une société de conseil en gestion à Bethlehem, Pa., dont les projets comprennent des services intégrés de conseil, de conception et de planification pour la production. « Il s'agissait plus d'une approche volontaire dans les années précédentes. Aujourd'hui, cela devient beaucoup plus défini et institutionnalisé, et dans certains domaines, il s'agit d'une exigence réglementaire. »

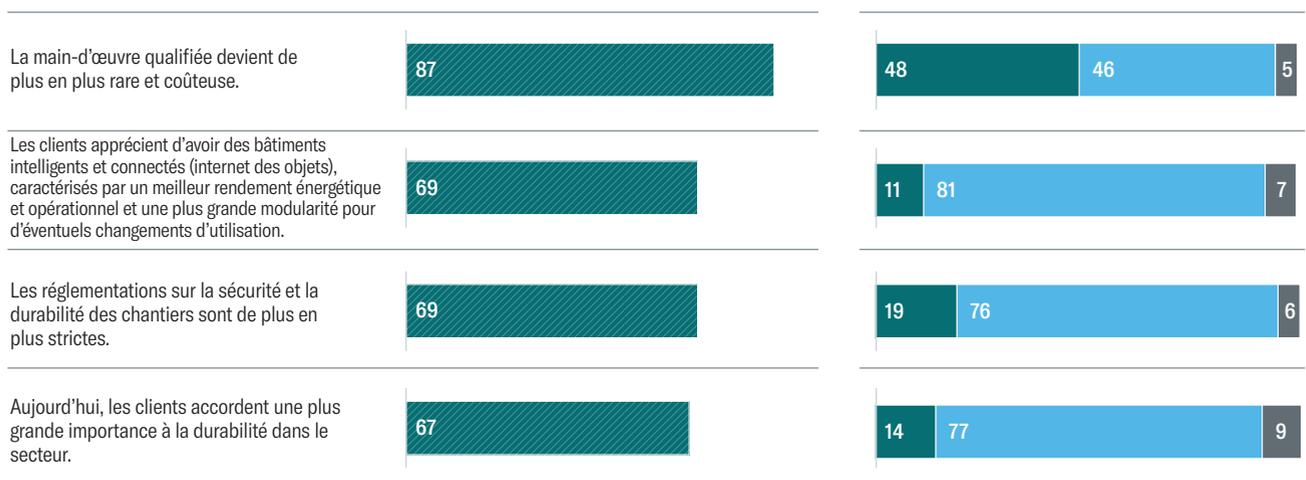
FIGURE 1

## Les facteurs du marché compliquent les projets de construction

La pénurie de main-d'œuvre, les bâtiments intelligents et les réglementations en matière de sécurité et de durabilité sont les principales difficultés.

### Impact le plus élevé sur le secteur de la construction

Pourcentage de répondants



Source: McKinsey & Co., Juin 2020

Un nombre croissant d'entreprises industrielles citent également un besoin de numérisation, d'usines intelligentes ou de concepts de l'industrie 4.0. Selon M. Breitenbach d'EDAG, les clients ont des définitions différentes de ces termes, qu'il convient de clarifier dès les premières étapes du projet. Ces exigences de l'industrie 4.0 intègrent de plus en plus les préoccupations relatives à la durabilité, ajoute-t-il.

« L'industrie 4.0 crée finalement un réseau horizontal et vertical cohérent au sein de mon système de production et bien au-delà. Ceci—et c'est nouveau à mes yeux—a récemment inclus le bâtiment. Après tout, c'est le bâtiment qui fournit à mon usine l'espace, le volume et les matériaux d'exploitation. Le bâtiment doit pouvoir résister aux effets de mes émissions et, dans le même temps, il exerce également une influence environnementale sur mes machines. »

Le besoin de rapidité s'est accru en raison de problèmes imprévus liés au marché et à la chaîne d'approvisionnement, comme récemment avec la pandémie. « Nous avons observé des fluctuations extrêmes pendant la pandémie, associées à des restrictions régionales ou internationales. Ces fluctuations ont rendu particulièrement difficile l'identification du moment approprié pour interrompre la production dans le cadre de projets de rénovation », déclare Maximilian Viessmann de Viessmann Group.

## Écarts dans le processus de planification de l'usine

Malgré l'évolution de ces exigences, les processus et les flux de travail utilisés pour planifier et mettre en œuvre une nouvelle construction ou une modernisation d'usine n'ont pas toujours suivi le rythme. Le fait est qu'une usine est par définition un système complexe, qui le devient chaque jour davantage grâce aux progrès de l'automatisation et de la technologie. La confluence de la complexité croissante et des flux de travail désordonnés rend également la coordination de la construction de l'usine plus difficile.

« L'usine n'est pas constituée uniquement d'un bâtiment », déclare Robert Ostermann, concepteur d'usine chez Magna Steyr, un constructeur automobile basé à Graz, en Autriche. « Il y a beaucoup de systèmes de convois, beaucoup de structures en acier, d'équipements de machines, etc. Une usine est donc plus qu'un processus BIM [building information modeling, modélisation des données de construction] et la coordination ou la maintenance de l'ensemble de ce spectre numérique n'est pas encore un processus commun. »

Les approches traditionnelles sont souvent en grande partie séquentielles, avec des équipes effectuant le travail avant de remettre le produit dudit travail aux équipes suivantes. Les données et les outils qu'elles utilisent sont souvent également séparés, ce qui nécessite des conversions de format coûteuses et de nombreux échanges d'e-mails pour gérer les changements et les suivis. Les lacunes en matière de communication deviennent inévitables, en particulier lors du passage d'une étape à l'autre.

Les raisons de ces lacunes varient. Il faut souvent 10 à 15 ans aux petites et moyennes entreprises pour mettre en œuvre de nouveaux projets d'usine, de sorte que leurs processus de planification peuvent être obsolètes ou inexistantes, déclare Matthias Dannapfel, ingénieur en chef, planification d'usine, à l'Université RWTH d'Aix-la-Chapelle, en Allemagne. Bien



« Le numérique a permis aux gens de reproduire l'information, mais sans gestion appropriée de ce processus de création et de reproduction, il est difficile de se fier à l'information », explique Brian Glancy, directeur de la stratégie BIM pour Kingspan Group.

souvent, les entreprises « éprouvent des difficultés à intégrer les exigences à long terme et à les traduire en structures d'usine. En raison de l'environnement dynamique des marchés, elles doivent renoncer à leurs conceptions dépassées. Elles doivent remettre en question leur approche et leur façon d'envisager les usines. »

Les problèmes ne sont pas seulement internes. Les projets d'usine nécessitent une coordination entre les équipes internes et externes, souvent réparties entre celles qui travaillent sur le bâtiment lui-même et celles qui se chargent des processus et des équipements à utiliser à l'intérieur. Chaque équipe apporte généralement ses propres outils et mémoires de données pour mener à bien les tâches.

« Tout le monde utilise des outils logiciels différents pour lesquels nous ne disposons pas d'interfaces claires permettant de fournir ou de transmettre des informations d'un outil à l'autre, déclare Matthias Dannapfel. Par conséquent, nous perdons beaucoup d'informations lors de la transmission de retouches manuelles ou lorsque nous effectuons des communications manuelles pour nous assurer que toutes les informations que nous voulons apporter sont diffusées à l'équipe suivante et aux équipes ultérieures. Il s'agit d'un processus hautement inefficace. »

« Ce que nous pouvons améliorer, c'est la communication sur le processus, la coordination du modèle et l'évolution de la conception de l'usine », ajoute Robert Ostermann de Magna Steyr. « Elle doit porter directement sur le modèle, et non au niveau des systèmes différents qui ne communiquent pas bien. »

L'une des approches pour éliminer les obstacles à la communication a consisté à convertir des données disparates afin qu'elles puissent être rassemblées dans un environnement de conception assistée par ordinateur (CAO) unique, mais cette étape est coûteuse. Les communications et les demandes de changement ont tendance à se produire en dehors de cet environnement, ce qui entraîne des retards et des erreurs, et les modifications apportées à un système ne sont pas automatiquement disponibles pour les autres. Même les efforts visant à pratiquer l'ingénierie simultanée de processus de planification disparates se heurtent à une rupture de communication.



« Seules des équipes interdisciplinaires peuvent gérer la complexité et les problèmes liés à la mise en commun de tous les processus opérationnels. Des vérifications régulières principaux indicateurs sur l'ensemble de la chaîne de valeur et des simulations fréquentes des processus nous permettent assurément d'atteindre les statistiques requises et de réaliser les objectifs du projet », déclare Maximilian Viessmann, PDG du groupe Viessmann.

Alors que la plupart des usines ont été largement numérisées depuis les années 1990, une grande partie des données n'a pas été utilisée et les tentatives de création d'une norme de données unique dans le cadre des outils utilisés pour les planifier, les construire et les entretenir ont progressé lentement.

« Ce que le numérique a fait, c'est de permettre aux gens de reproduire l'information, mais c'est une reproduction sans gestion, et donc peu fiable, explique Brian Glancy, directeur de la stratégie BIM pour Kingspan Group, un fabricant de matériaux de construction à Kingscourt, en Irlande. C'est pourquoi nous essayons de mettre en place des procédures de gouvernance autour de l'information. »

Suivant un modèle bien connu, certaines entreprises technologiques qui génèrent des données de conception dans le cadre de leurs jeux d'outils ont résisté aux tentatives de création de normes ouvertes prises en charge par d'autres développeurs. « Je pense que c'est l'un des plus gros problèmes. Et c'est ce que nous devons résoudre lorsque nous parlons d'une vision holistique de l'usine elle-même, et lorsque nous voulons obtenir tous les avantages offerts par le BIM et l'usine numérique », déclare Breitenbach.

Selon un article académique publié par l'Université RWTH d'Aix-la-Chapelle intitulé « An Approach to the Analysis of Causes of Delays in Industrial Construction Projects through Planning and Statistical Computing » (Une approche de l'analyse des causes de retards dans les projets de construction industrielle via la planification et l'informatique statistique), le BIM est conçu spécifiquement pour traiter les écarts entre les processus de planification du bâtiment et de planification de la construction, mais il est beaucoup plus utilisé dans la construction de logements et de bâtiments publics que dans la planification d'usine. Des recherches visant à soutenir cette analyse ont révélé une « implémentation limitée dans les projets de planification d'usine en raison (1) de l'absence de spécifications de niveau de maturité et (2) et de normes de gestion des données ».

Tous les problèmes ne sont pas d'ordre technique, explique Breitenbach. Parallèlement à la généralisation accrue du partage de données et aux possibilités de collaboration qui en découlent, les diverses équipes doivent également adopter de nouvelles méthodes de travail. « Nous devons intégrer à notre culture, et pour chaque projet, des réunions régulières et structurées au cours desquelles les collaborateurs peuvent se parler et échanger des informations. »

## Les coûts de planification des écarts

Les failles dans le processus de planification et de construction des usines coûtent cher aux fabricants dans de multiples

domaines, ce qui peut avoir un impact non seulement sur le projet lui-même, mais aussi sur les opérations et la maintenance de l'usine à long terme.

« En fin de compte, les impacts se situent toujours quelque part entre le champ d'application, le temps et les budgets », déclare Rupert Hoecherl d'io-consultants. « Si des choses sont négligées, si vous devez faire des ajustements plus tard dans le projet, cela a un impact sur le calendrier, et très probablement également sur le budget. Une réaction peut consister à repenser le champ d'application afin d'atténuer l'impact. Des lacunes significatives ou des défauts de conception peuvent par inadvertance réduire la capacité installée et potentiellement limiter l'ergonomie et la longévité du bâtiment. »

Les compromis sur la quantité ou sur le type d'équipement et de technologie faits dans le cadre d'un projet peuvent rendre nécessaire l'embauche de plus de main-d'œuvre ou occasionner la perte d'avantages techniques, ajoute-t-il, mais heureusement, la qualité du produit lui-même n'est généralement pas affectée.

D'autres impacts peuvent inclure l'échec de l'intégration des fournisseurs, la nécessité de procéder plus souvent à une nouvelle ingénierie et les pertes d'efficacité.

Même un projet de construction achevé avec succès, produit de manière traditionnelle, ne permet pas d'atteindre les objectifs de la conception industrielle en matière d'impact sur la durée de vie continue du bâtiment. Sans l'apport bénéfique de concepts nouveaux tels que la modélisation, qui permet d'établir un plan visuel de la création d'une usine et de ses équipements de production, et les jumeaux numériques, qui permettent de créer une réplique numérique exacte d'un bien physique, il est plus difficile de conserver un enregistrement numérique des décisions et des détails qui ont présidé aux choix de conception. Le manque de données rend les modifications futures plus coûteuses et plus difficiles.

## La vision d'usine intégrée

Le concept d'un processus de conception d'usine entièrement intégrée est ancré dans la vision des usines futures elles-mêmes. La façon dont les usines sont créées joue un rôle toujours plus important dans leur capacité à atteindre les objectifs, y compris ceux liés à la flexibilité, la durabilité et l'intelligence.

« Il est absolument nécessaire que nous disposions d'usines hautement efficaces et modulaires sur tous les plans : durabilité, productivité et infrastructure globale. Cette efficacité et cette modularité sont la base de notre résilience », déclare Maximilian Viessmann. La mise en œuvre de ces principes est directement liée au processus de planification.

« L'impact de la planification d'usine intégrée et collaborative est immense », poursuit Maximilian Viessmann. « Seules des équipes interdisciplinaires peuvent gérer la complexité et les problèmes liés à l'intégration transparente de tous les processus opérationnels. Des vérifications régulières principaux indicateurs sur l'ensemble de la chaîne de valeur et des simulations fréquentes des processus nous permettent assurément d'atteindre les statistiques requises et de réaliser les objectifs du projet. »

Une représentation numérique de l'usine réduit également le risque de problèmes de planification potentiels, tels que deux tuyaux qui se chevauchent, ou des données géométriques incorrectes d'une pièce de machine qui sont essentielles pour concevoir correctement l'espace qu'elle occupera. Le fait d'éviter ces problèmes grâce à la collaboration entre les équipes à un stade précoce permet d'économiser des milliers d'euros en mesures d'atténuation des impacts sur le site, ce qui pourrait être le cas si le problème ne se posait qu'au stade de la construction. Au-delà du processus de construction lui-même, l'intégration et la numérisation transparentes des processus de conception intégrés peuvent également améliorer le lancement des opérations d'usine et l'utilisation continue de l'usine.

« Nous commençons à intégrer l'idée que tout existe sous forme numérique avant même que la contrepartie physique ne soit créée », déclare Brian Glancy de Kingspan. « Lorsque vous avez une représentation numérique, avec les progrès de la réalité augmentée, de la réalité virtuelle, et ainsi de suite, nous pouvons commencer à parcourir ces bâtiments, nous pouvons même former les opérateurs sur l'équipement avant [qu'il ne soit installé] le site physique. Cette capacité représenterait une avancée considérable en matière d'amélioration du démarrage, de la formation et de la qualité. »

Ces avantages perdurent tant que le modèle numérique est mis à jour au fur et à mesure de l'évolution de l'usine, devenant ainsi un journal vivant de l'histoire de l'installation. Un modèle entièrement réalisé, tel qu'un jumeau numérique, peut tout piloter, de l'alimentation de la maintenance prédictive à l'accélération des rénovations, en passant par la simulation de l'impact des modifications proposées sur l'analyse des performances des matériaux et de la conception elle-même.

« Je pense que les gens accorderont plus d'intérêt à la compréhension d'un plus grand nombre d'aspects d'un bâtiment à l'avenir qu'ils ne le font aujourd'hui », déclare Brian Glancy.

## Rationalisation du processus de conception d'usine

Même si la conception de l'usine du futur a évolué, l'écart a persisté entre cet état final et les processus actuels en ce qui concerne la planification et l'exécution de la conception et de la construction de l'usine. Au fil des années, les fabricants ont conçu un certain nombre de solutions pour intégrer et rationaliser le processus, de sorte que de nombreuses étapes du processus de planification sont désormais automatisées, assistées par ordinateur, numérisées et contrôlées. Ces avancées servent de base aux innovations d'aujourd'hui, même si elles étaient trop en avance sur les capacités techniques produire des résultats efficaces au moment où elles ont été introduites.

Dans les années 90, on parlait de fabrication intégrée par ordinateur (computer-integrated manufacturing, CIM). L'idée était d'avoir un modèle 3D, un modèle CAO et de le transférer directement à la machine qui produirait les pièces. C'était une

très bonne idée. Mais dans les années 90, ce logiciel n'était pas à ce degré de maturité, explique Breitenbach. « Nous avons commencé avec l'usine numérique dans les années 1990. Une usine numérique est une conception holistique de l'usine qui combine les produits, les processus de fabrication, les personnes, les machines, les robots et les autres ressources qui lui permettent de fonctionner. »

Aujourd'hui, les logiciels, les données et les technologies de communication ont permis de combler le retard sur ces concepts. Les experts s'attendent à ce que les processus de modélisation des données du bâtiment, les jumeaux numériques, les caméras et les capteurs, l'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage machine (AM), et même la réalité virtuelle et augmentée soutiennent à l'avenir un processus de conception d'usine intégré et collaboratif. De plus en plus, les entreprises seront en mesure de coordonner les activités de conception en temps réel.

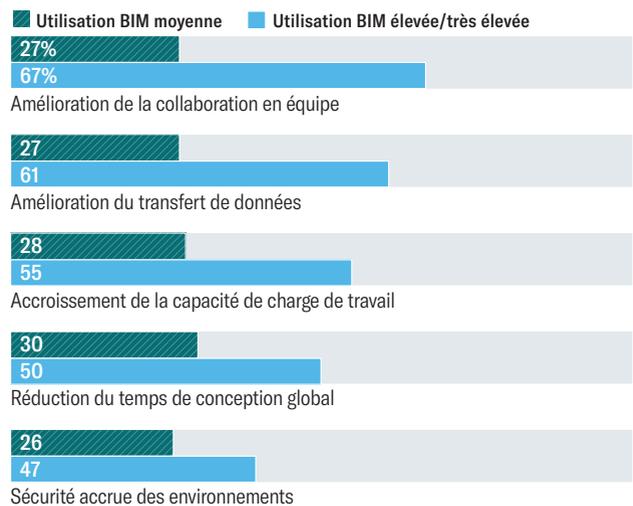
L'article de l'Université d'Aix-la-Chapelle définit le BIM comme une méthodologie qui intègre toutes les parties prenantes d'un projet de construction en gérant une base de données partagée sur les bâtiments afin de faciliter la planification, la construction et la gestion des installations en exploitation.

Selon une étude menée par Dodge Data & Analytics, les concepteurs dont le travail inclut une utilisation élevée ou très élevée du BIM ont déclaré en avoir retiré des avantages dans des proportions bien plus importantes que ceux dont l'utilisation est moyenne dans tous les domaines, de l'amélioration de la collaboration d'équipe (67 % contre 27 %) à l'amélioration du transfert de données (61 % contre 27 %) en passant par l'augmentation de la capacité de charge de travail (55 % contre 28 %). **FIGURE 2**

FIGURE 2

### La collaboration est l'un des principaux avantages du BIM en matière de conception

Les concepteurs qui utilisent la modélisation des données du bâtiment à des niveaux élevés et très élevés sont ceux qui génèrent les bénéfices les plus importants.



Source: Dodge Data & Analytics, 2021



« Le jumeau numérique est le noyau du changement pour l'industrie et le BIM, le processus au cœur de ce changement. Si nous les mettons au service d'une livraison de projet parfaite d'un point de vue numérique, nous pouvons répliquer l'approche pour la livraison physique, » dit Glancy de Kingspan.

Mais certains considèrent le BIM comme un processus qui ne s'étend pas à la production. « Nous avons des processus BIM, mais le processus BIM commence et se termine par le bâtiment lui-même, et chez Magna, nous avons des usines », déclare Robert Ostermann de Magna Steyr. « Ce que fait le BIM pour le bâtiment lui-même, c'est quelque chose que nous voulons essayer d'atteindre pour toute la conception de l'usine. »

Ce qu'il faut, c'est un moyen d'étendre les avantages du BIM à l'ensemble du projet, en intégrant la planification du bâtiment lui-même et des machines et équipements qui s'y trouveront.

### Entrer dans le modèle d'usine intégré

Les jumeaux numériques et les modèles d'usine 3D sont devenus des outils précieux pour passer de l'état actuel de la conception d'usine à un processus de conception entièrement intégré. Selon Juniper Research,<sup>1</sup> l'industrie manufacturière sera le secteur le plus important pour le déploiement des jumeaux numériques en 2021, ce qui représente 34 % des dépenses totales en technologie.

Le terme « jumeau numérique » possède de nombreuses définitions dans l'industrie manufacturière ; ce que certains appelleraient un jumeau numérique, par exemple, d'autres le décrivent comme un modèle 3D/avancé. Le Digital Twin Consortium a réuni des experts pour définir le terme.<sup>2</sup> Sa définition du jumeau numérique le décrit comme une représentation virtuelle d'une entité et/ou d'un processus réel, synchronisé à une fréquence et une fidélité spécifiées. Le jumeau numérique utilise des données en temps réel et historiques pour représenter le passé et le présent, puis simule des prévisions inspirées par les résultats souhaités et souvent adaptées à des cas d'utilisation spécifiques. Un jumeau numérique est alimenté par l'intégration, construit sur les données, guidé par la connaissance du domaine et implémenté dans les systèmes IT/OT.

Les experts pensent que les jumeaux numériques ont le potentiel de transformer les projets commerciaux et d'usine en accélérant la compréhension holistique, la prise de décision optimale et l'action efficace.

Selon une étude de McKinsey & Co., « Les entreprises peuvent améliorer leur rendement et intégrer la phase de conception au reste de la chaîne de valeur en utilisant la modélisation des informations du bâtiment (BIM) pour créer un modèle tridimensionnel complet (un « jumeau numérique »), et ajouter des éléments supplémentaires tels que le calendrier et les coûts au début du projet plutôt que de finaliser la conception tandis que la construction est déjà en cours ». <sup>3</sup> McKinsey affirme que l'utilisation du BIM et des jumeaux numériques modifiera sensiblement les risques et la séquence de prise de décision qui a lieu pendant les projets de construction, et remettra en question les modèles traditionnels d'ingénierie, d'approvisionnement et de construction (IAC).

En utilisant un tel modèle avancé pour une conception d'usine en cours de réalisation, les parties prenantes peuvent naviguer et visualiser la structure en 2D et 3D depuis n'importe quel angle, explorer visuellement des caractéristiques spécifiques, accéder aux spécifications relatives à n'importe quel élément, suivre l'historique des modifications apportées à un élément donné, et plus encore.

Chez io-consultants, les concepteurs d'usines sont « très enthousiastes à l'idée de pouvoir prendre des décisions plus instantanées et de pouvoir envisager des scénarios de simulation à différents stades du processus de conception », déclare Rupert Hoecherl.

Dans un « véritable » jumeau numérique, les capteurs intégrés à l'usine elle-même collectent des données en continu pour s'assurer qu'elles sont toujours à jour avec le bâtiment physique, ce qui permet d'envisager des cas d'utilisation après la construction. D'autres cas d'utilisation des jumeaux numériques dans le fonctionnement de l'usine incluent la détermination des espaces susceptibles d'être affectés par une défaillance de l'équipement et la comparaison des performances réelles des actifs et des systèmes avec les prévisions. Ces informations à prévoir les événements en vue d'améliorer la disponibilité et d'améliorer le processus de décisions pour maximiser le retour sur investissement.

Maximilian Viessmann affirme que son entreprise utilise un jumeau numérique pour améliorer les communications et la collaboration pendant les phases de planification, de conception et de construction d'un nouveau site de production de pompes à chaleur à Legnica, en Pologne. Le fait de voir le plan réel de l'usine permet à l'entreprise d'identifier et de résoudre les problèmes concernant l'utilisation de l'espace, les goulots d'étranglement et les éventuels « encombrements » internes dans le monde numérique, ce dès les premières phases du projet, sans avoir à supporter les coûts ou risques élevés qui découlent de leur découverte tardive. L'entreprise utilise également un jumeau numérique pour surveiller en permanence l'avancement de la construction et le respect des plans, sans effort supplémentaire.

« Nous planifions tous ensemble sur la même base, le même statut convenu, sans conflits de version de la part des participants tels que l'ingénierie industrielle, les architectes, les planificateurs de la santé et de la sécurité environnementales, et tous les différents départements de production qui pourraient conduire à des malentendus coûteux, à des informations ou à des interprétations erronées » explique Maximilian Viessmann.

« Le jumeau numérique est le noyau du changement pour l'industrie et le BIM, le processus au cœur de ce changement », explique Brian Glancy. « Si nous les utilisons pour livrer un projet parfait numériquement, nous pouvons reproduire cela physiquement. » Il affirme que son entreprise a utilisé des jumeaux numériques dans une approche de fabrication à partir de modèles, en créant un jumeau numérique manufacturable

aussi proche que possible d'un modèle de base pour résoudre les problèmes liés aux détails proposés, comme l'acier structurel qui peut affecter le revêtement/l'enveloppe ou une machine placée à l'endroit où une colonne est prévue.

Les jumeaux numériques et les modèles d'usine 3D prennent également en charge la modélisation d'usine intégrée en réduisant les temps d'arrêt requis pour les projets de modernisation et en facilitant une meilleure collaboration entre les équipes, intégrant les perspectives de plusieurs disciplines de planification pour appuyer les objectifs globaux au lieu d'optimiser uniquement à partir d'une seule perspective. Pendant le processus de construction, un jumeau numérique peut simuler des séquences de construction pour accélérer l'installation et réduire les demandes de modification. Un autre cas d'utilisation très utile consiste en la facilitation et l'intégration rapide des fournisseurs grâce à une intégration structurée de tous les fournisseurs tout au long du cycle de vie de l'usine, de la planification à l'exploitation. Les experts espèrent qu'en réduisant les déchets et en optimisant l'efficacité, la fiabilité, la durabilité et les objectifs connexes, les jumeaux numériques amélioreront radicalement la planification et les opérations de l'usine.

« D'une part, ces méthodes et outils m'aident dans la phase d'ingénierie pour créer une usine ou pour apporter des modifications au système de production », explique Breitenbach d'EDAG. « Le BIM et l'usine numérique cartographient les structures, le produit-processus-ressource, et le jumeau numérique garantit que je peux vérifier en toute sécurité les scénarios à l'avance. Dans la phase d'exploitation, le jumeau m'assiste en enregistrant et en évaluant les données de fonctionnement. Les applications d'intelligence artificielle m'offrent alors la possibilité d'agir de manière proactive, par exemple, en prenant des mesures de qualité ou de maintenance. »

Le BIM et les jumeaux numériques « sont des catalyseurs technologiques pour nous, mais nous devons d'abord définir les processus, les flux d'informations et les responsabilités », ajoute Matthias Dannapfel de l'Université RWTH d'Aix-la-Chapelle. « Si nous y parvenons, alors [ces technologies] peuvent démontrer leur véritable potentiel, puisque nous disposons alors d'une planification basée sur des modèles. Nous disposons d'une source unique de vérité sur la base de laquelle nous pouvons planifier. » La nature visuelle des outils tels que les modèles d'usine 3D et les jumeaux numériques est censée enrichir le processus collaboratif.

« Nous sommes des personnes visuelles, qui utilisent la technologie pour démontrer les choses et permettre aux gens de comprendre les bases, les relations, les dispositions de manière beaucoup plus claire. Je pense que cette technologie va jouer un rôle considérable en termes de connaissance des résultats, déclare Brian Glancy explique Brian Glancy . « Lorsque vous pouvez vous déplacer à l'intérieur d'un jumeau numérique dans un environnement virtuel, il est plus facile d'échanger sur la configuration des éléments et les raisons de leur emplacement à tel ou tel endroit. Parce qu'une partie de la difficulté consiste à aider quelqu'un à mieux comprendre le problème. Ce type d'expérience immersive améliorera les communications avec les parties prenantes. »

Une technologie complémentaire associée aux jumeaux numériques et aux modèles d'usine 3D est la conception générative, qui trouve également sa place dans des processus de conception d'usine plus efficaces et rationalisés. La conception générative est une technologie d'exploration de la conception



**Les experts espèrent qu'en réduisant les déchets et en optimisant l'efficacité, la fiabilité, la durabilité et les objectifs connexes, les jumeaux numériques amélioreront radicalement la planification et les opérations de l'usine.**

qui prend en compte un ensemble de contraintes et propose des options à filtrer pour parvenir à la conception finale. Bien qu'elle ait été largement utilisée dans l'industrie manufacturière, elle l'a moins été jusqu'à présent dans la construction.

« Vous pouvez évaluer plusieurs dispositions de lignes, peut-être même deux ou trois lignes dans cette usine avec la conception générative, et comprendre qu'il s'agit de la meilleure façon d'utiliser l'espace de même que comprendre comment vos opérateurs pourraient travailler dans cet environnement en fonction de la disposition », en tirant parti de l'apprentissage automatique (AA) pour participer à la conception, déclare Brian Glancy . « La démocratisation de toutes ces technologies, en particulier lorsqu'elles font partie de la boîte à outils des nouveaux diplômés, entraînera d'importants changements. Je pense que ça se fera uniquement d'ici trois à cinq ans. C'est impressionnant et effrayant à la fois. »

### **Plus de facilitateurs de conception d'usines intégrées**

Le BIM, la conception générative et les jumeaux numériques ne sont pas les seules technologies utilisées pour accélérer et rationaliser le processus de conception et de construction. L'évolution vers une conception d'usine entièrement intégrée est également rendue possible par le balayage laser, la réalité augmentée et virtuelle (RA/RV), l'Internet des objets, l'IA et l'AA. Les autres éléments de base essentiels comprennent le cloud, les modèles de données partagées et les capacités de collaboration intégrées aux plateformes de conception elles-mêmes.

Les technologies du scan laser et des caméras sont de plus en plus utilisées pour générer des données, par exemple pour collecter et télécharger des mesures pour un projet de modernisation afin que les planificateurs à distance puissent prendre des décisions de planification. Les technologies AR et VR permettent aux membres de l'équipe de visiter virtuellement un modèle de bâtiment en cours. L'intelligence artificielle et l'apprentissage machine ont des rôles à jouer pour améliorer tous les aspects de l'automatisation de certaines parties de la planification et de la maintenance des usines ainsi que la gestion de la qualité.

Le cloud s'avère essentiel pour faciliter un accès aisé et partagé aux gros volumes de données générées par les processus de planification d'usine, des données qui peuvent être conservées et espérons-le, être modifiées chaque fois que l'usine change, pour alimenter les activités de maintenance



## La communication et la collaboration intégrées sont des composants essentiels de ces nouvelles solutions : elles permettent que toutes les équipes puissent accéder à une vue unique, partagée et en temps réel du modèle d'usine.

et simplifier la rénovation et la replanification. Les données de planification doivent être bien gérées pour garantir leur intégrité et leur disponibilité entre les équipes et leurs outils.

« Pour nous, le système de gestion des données constituait le plus grand défi », déclare Robert Ostermann. « Un système de gestion des données a beaucoup affecté notre usine, car par le passé, il était parfois difficile de trouver les données au moment opportun. » L'évolution vers les normes de données, qui est en cours par l'intermédiaire d'organisations telles que les groupes industriels The Digital Twin Consortium et CESMII – The Smart Manufacturing Institute,<sup>4</sup> devrait rendre la gestion des données encore plus transparente.

« Je pense que les gens remporteront cette [bataille des normes] et les éditeurs de logiciels ouvriront leurs livres et diront : Voici notre structure », affirme Breitenbach. « Vous pouvez l'utiliser pour travailler avec mon logiciel, vous pouvez travailler avec d'autres logiciels, avec ce format de données Et vous n'aurez aucune perte d'informations lors de l'échange de données. »

La communication et la collaboration intégrées sont des composants essentiels de ces nouvelles solutions : elles permettent que toutes les équipes puissent accéder à une vue unique, partagée et en temps réel du modèle d'usine. Il est important que l'activité de communication telle que les demandes de changement, les demandes d'information et les discussions sur les problèmes ait lieu au sein des plateformes de conception collaborative elles-mêmes, pour s'assurer que les informations sont toujours à jour et accessibles à tous, et qu'un enregistrement existe pour chaque changement effectué.

« On ne saurait trop insister sur l'importance des communications constantes pour toutes nos parties prenantes », déclare Maximilian Viessmann. « Pour pouvoir prendre la bonne décision, il faut connaître le contexte et avoir la bonne compréhension. D'après mon expérience, la façon de discuter a beaucoup changé. Historiquement, les services de construction planifiaient les travaux de construction, et la production planifiait le processus de production à l'intérieur du bâtiment. Aujourd'hui, ces services ont changé ; la planification de nombreux bâtiments se fait principalement autour des processus de production. Sur la base des communications et des simulations, nous obtenons les meilleurs résultats et les meilleures performances. »

### Réinventer la planification d'usine pour le 21<sup>e</sup> siècle

Le respect des délais et du budget n'est plus la norme de jugement des projets de construction d'usine. Aujourd'hui, les processus de planification et de construction doivent être non seulement rapides et bien intégrés mais aussi soutenir de nouveaux objectifs en matière de développement durable et d'industrie 4.0. Au-delà de la réalisation de ces objectifs, l'installation doit être facilement adaptable à des utilisations futures et permettre de réduire au minimum les coûts de maintenance et l'impact environnemental.

La technologie apparaît comme un outil essentiel qui permet aux fabricants et à leurs partenaires de planification et de production d'éliminer les cloisonnements en matière d'outils, de données et de collaboration dans leur quête d'une méthode toujours plus transparente et efficace de planification et de construction d'une usine. Les partisans d'une plus grande intégration des outils et des données, ainsi que des processus et de la culture essentiels à leur bonne utilisation par les équipes de conception, de construction et d'exploitation des usines, sont optimistes quant au potentiel des processus intégrés de conception d'usine qui permettent de réduire les risques, d'économiser du temps et de l'argent, et de créer des installations résilientes, adaptables et capables à long terme de soutenir des objectifs en constante évolution.

« Le processus de planification, j'en suis convaincu, sera toujours plus intégré », dit Rupert Hoecherl. « Et je pense que la collaboration sera beaucoup plus facile, même à travers différentes organisations partenaires. Les plateformes numériques sont essentielles pour permettre une coordination transparente entre les différents experts grâce à l'accès aux dernières informations. Combinés aux progrès de la technologie des jumeaux numériques et de la simulation, nous avons à portée de main des facilitateurs qui offrent la possibilité de lancer des projets en avance à un coût raisonnable et de réduire ainsi le risque de mise en œuvre. »

#### Notes de fin

- 1 Juniper Research, "Why Digital Twins Are Critical to the Industry," June 2020. <https://www.juniperresearch.com/whitepapers/why-digital-twins-are-critical-to-the-industrial>.
- 2 Digital Twin Consortium, "The Definition of a Digital Twin." <https://www.digitaltwinconsortium.org/hot-topics/the-definition-of-a-digital-twin.htm>.
- 3 Maria João Ribeiro, Jan Mischke, Gernot Strube, Erik Sjödin, Jose Luis Blanco, Rob Palter, Jonas Biorck, David Rockhill, and Timmy Andersson, "The Next Normal in Construction," McKinsey & Co., June 2020. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/The%20next%20normal%20in%20construction/The-next-normal-in-construction.pdf>.
- 4 The Digital Twin Consortium and CESMII—The Smart Manufacturing Institute, "Digital Twin Consortium Announces a Liaison with CESMII—The Smart Manufacturing Institute," November 2021. <https://www.digitaltwinconsortium.org/press-room/11-02-21.htm>.





**Harvard  
Business  
Review**

ANALYTIC SERVICES

## À PROPOS DE NOUS

Harvard Business Review Analytic Services est une unité de recherche commerciale indépendante au sein du groupe de la Harvard Business Review qui effectue des recherches et des analyses comparatives sur les principaux problèmes de gestion et les nouvelles opportunités commerciales. Chaque rapport est publié en fonction des conclusions de recherches et d'analyses quantitatives et/ou qualitatives originales, dans le but de fournir des informations commerciales et les perspectives d'un groupe de pairs. Les enquêtes quantitatives sont réalisées avec le conseil consultatif de HBR, le panel de recherche mondial de HBR, et la recherche qualitative est menée avec des hauts dirigeants d'entreprises et des spécialistes du domaine issus de la communauté des auteurs de la *Harvard Business Review*. Envoyez-nous un e-mail à [hbranalyticservices@hbr.org](mailto:hbranalyticservices@hbr.org).

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