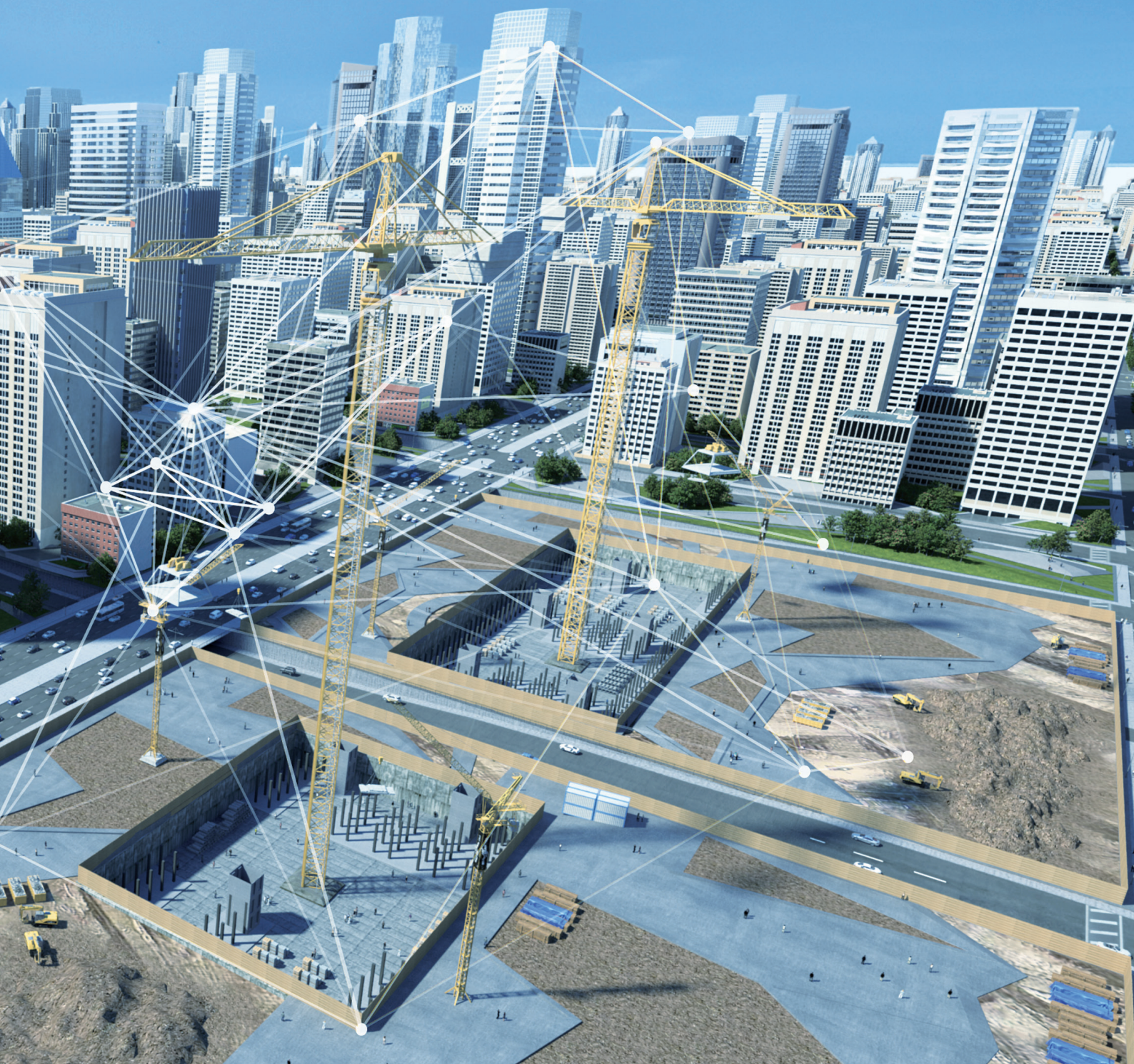


MIEUX CONSTRUIRE L'AVENIR GRÂCE AU NUMÉRIQUE





Avant-propos

Bienvenue dans le manifeste numérique d'Autodesk pour le secteur de la construction. Vous trouverez dans ce rapport une vision du futur de la construction dans lequel la technologie permettra de produire un environnement bâti économiquement plus viable, plus durable et plus évolutif.

Se projeter dans l'avenir est un véritable défi... Par ailleurs, il s'avère particulièrement difficile d'effectuer la mutation de tout un secteur aussi conservateur et représentant plus de XX milliards d'euros tel que celui du BTP vers des technologies et processus numériques qui évoluent à grande vitesse. C'est pourtant une question incontournable sur laquelle les acteurs de la construction doivent désormais absolument se pencher. Il n'est plus suffisant d'être informé sur toutes les opportunités qu'offrent ces nouvelles technologies, mais il faut également intégrer ces informations dans sa stratégie d'entreprise. Cette condition sera pour l'entreprise tout aussi importante que d'avoir un bilan solide, une organisation de qualité et une main-d'œuvre qualifiée.

Par définition, les nouvelles technologies sont novatrices. Elles remettent en question les modèles économiques, redéfinissent la notion de valeur sur les marchés, créent de nouvelles formes de concurrence et par conséquent de nouveaux compétiteurs. L'arsenal de nouvelles technologies connaît à l'heure actuelle une expansion extraordinaire : l'impression 3D, la puissance de calcul infinie, le crowdsourcing, la robotique, les techniques d'apprentissage automatique, les drones, le Big Data, l'Internet des objets (IoT), l'analyse prédictive, la réalité augmentée, la conception générative, les moteurs de jeu, la capture de la réalité, et plus encore. Ces tendances transforment la manière dont nous concevons, construisons et gérons les bâtiments et les infrastructures.

Les implications pour le secteur du BTP sont majeures, du pilotage des pipelines par capteurs au calcul de coûts par algorithmes ; de l'impression 3D de bâtiment

à la planification basée sur le Big Data ; une nouvelle ère numérique et de nouvelles formes de financement participatifs de projets pour notre environnement bâti. Ce potentiel de transformation, qui touche à de nombreux aspects de la construction, est à portée de main. Au cours des prochaines années, il sera primordial pour les professionnels d'exploiter pleinement ces possibilités. À la clé, des avantages de taille : hausse de la productivité, réduction des risques et amélioration de la résilience et des marges. Cette transformation révèle un nouveau paysage concurrentiel. La possibilité d'accéder facilement à des technologies révolutionnaires permettra aux entreprises d'innover plus facilement, dans un environnement où les obstacles qui affectent généralement le capital, les connaissances, le rendement et le relationnel, pourraient bien disparaître.

Parallèlement à cette mutation, la demande et les besoins en bâtiments et infrastructures augmentent. D'ici 2030, la croissance démographique, l'urbanisation et l'expansion économique entraîneront une augmentation de 85 % des besoins en construction à l'échelle mondiale¹. Les connaissances et les compétences actuelles ne suffiront plus. L'augmentation des contraintes en matière de durabilité, les restrictions budgétaires, la complexité croissante des paysages urbains, l'appauvrissement des compétences, l'évolution des attentes des gestionnaires de patrimoine, des utilisateurs finaux et de la société en général, contraindront les acteurs de la construction à penser et livrer des bâtiments et des infrastructures différemment. L'application de ces technologies émergentes pour répondre aux problématiques de viabilité économique, d'inclusion sociale et de durabilité, de la construction du futur, deviendra sans doute extrêmement profitable à la fois aux professionnels du secteur et à la société en général.

Dominic Thasarathar

Leader d'opinion

Construction, énergie et ressources naturelles

“Si monumentum requiris,
circumspice.”

Essayez de découvrir le monument qui lui est dédié

Épithaphe de Sir Christopher Wren



L'heure est au changement

La construction est un secteur clé. Les chiffres parlent d'eux-mêmes : 6 % du PIB mondial, 10 milliards de dollars de revenus², un véritable stimulateur de croissance. Au Royaume-Uni, chaque livre sterling investie dans le secteur de la construction génère un produit économique de 2,84 livres sterling³, et l'on observe des résultats d'une envergure similaire sur les autres marchés. Fondamentalement, la construction est le pilier de tous les autres secteurs. Elle est indispensable à la création des espaces de vie de la population comme les logements, les infrastructures sociales, culturelles et économiques.

Et son importance ne cessera d'augmenter. D'ici 2030, le produit mondial du secteur de la construction devrait atteindre 17,5 milliards de dollars, soit une augmentation de 85 % par rapport au produit réalisé en 2014⁴. L'ampleur du travail impressionne... En 2020, la Chine aura construit presque 50 000 km de réseau ferroviaire à grande vitesse⁵ ; en 2030, l'Inde aura besoin de construire de nouvelles habitations pour loger 165 millions de personnes supplémentaires⁶ ; et d'ici 2040, il faudra créer des infrastructures de production énergétique capables de fournir les 4 400 GW d'électricité additionnels⁷ nécessaires pour répondre à la demande mondiale d'électricité. Ces quelques statistiques suffisent à mettre en évidence la nature générationnelle du défi que les entreprises doivent relever.

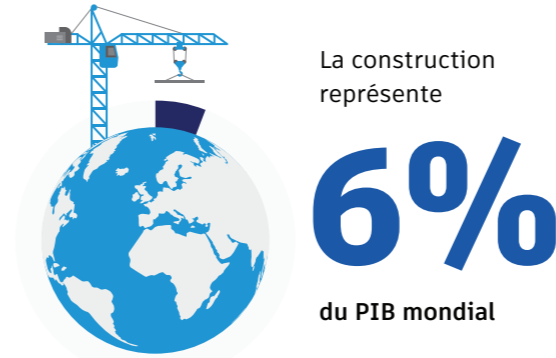
Pour réussir sur le marché de demain, il ne suffira pas d'adapter les pratiques actuelles. Face à des facteurs tels que des projets de plus en plus complexes et des niveaux de risque plus élevés, le financement incertain des projets, la pénurie des compétences et la mondialisation grandissante de la construction, la capacité d'innovation des entreprises jouera un rôle de plus en plus important pour réussir dans ce nouvel environnement.

À l'heure actuelle, l'exacerbation des risques et des financements pèse sur le marché de la construction. Cette situation a entraîné la baisse des taux de productivité, des marges peu élevées, l'apparition de coûts supplémentaires et de gaspillage. Elle est un frein au développement de toute valeur ajoutée à l'environnement de construction. Les causes premières, aussi nombreuses que variées, sont bien documentées : divergence des objectifs commerciaux des parties prenantes d'un projet, mode

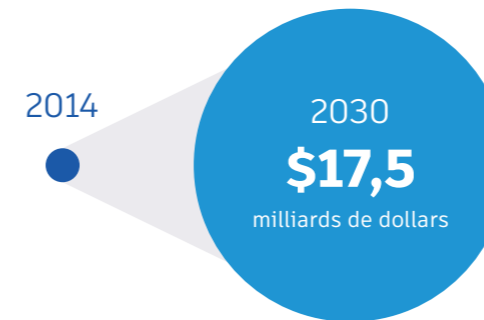
d'attribution des marchés publics, fragmentation de la chaîne d'approvisionnement, bilans faiblement capitalisés, unicité de chaque projet et grande variabilité des coûts liés à la sous-traitance, pour n'en nommer que quelques-unes. Devant la nature cyclique du secteur, qui restreint les possibilités d'adresser ces différentes problématiques, cette phase de transformation peut paraître insurmontable.

Pour tirer le meilleur parti de la technologie, il ne s'agit pas simplement d'ajuster les processus ou d'augmenter la productivité de manière incrémentielle, mais de répondre à des objectifs plus avancés. En effet, et c'est ce que nous tenterons d'expliquer dans ce manifeste, la technologie doit permettre de développer les points suivants :

- Une marge durable et prévisible, qui reflète le niveau de compétence et de professionnalisme des entreprises, ainsi que le niveau de risque pris ;
- Une résilience supérieure pour l'ensemble du secteur afin de mieux affronter les fluctuations parfois extrêmes du marché, les inefficacités et les incertitudes liées à l'approvisionnement, l'accroissement des risques et la complexité des projets ;
- L'agilité nécessaire à la croissance et à la transformation pour exploiter au mieux les marchés émergents, les nouvelles relations et les opportunités commerciales, et bénéficier d'une réputation solide face à la concurrence ;
- Améliorer la coopération et la collaboration entre toutes les parties prenantes pour aboutir à de meilleurs résultats dans le domaine de la construction.



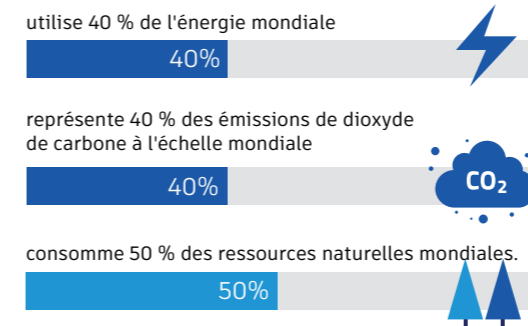
Source: World Economic Forum²



D'ici 2030, le produit du secteur de la construction à l'échelle mondiale devrait atteindre 17,5 milliards de dollars (selon les prévisions 2014), soit une augmentation de 85 % par rapport au produit réalisé en 2014.

Source: Global Construction 2030⁴

Aujourd'hui, notre environnement construit :



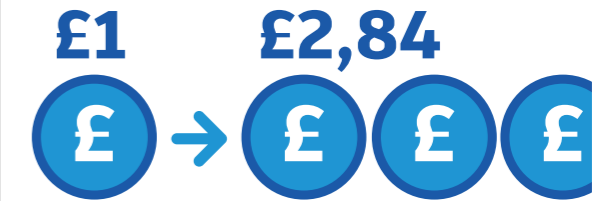
Source: Global Construction 2030⁴



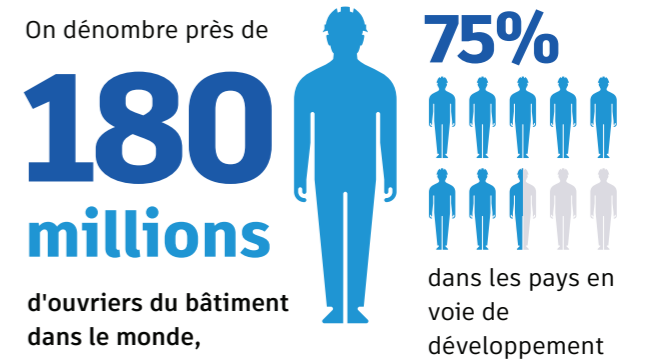
Le manque de compétences est chose courante dans de nombreux marchés de la construction, avec seulement quatre marchés (Beijing, Sao Paulo, Perth et Santiago) comptant une main d'œuvre excédentaire en raison d'une entrée récente en phase de récession.

Source: Turner and Townsend International Construction Market Survey 2016

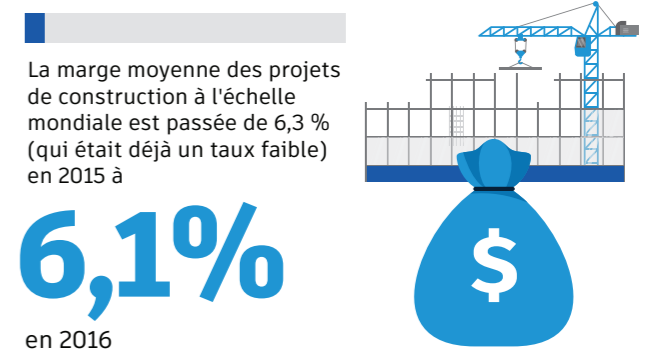
Au Royaume-Uni, chaque livre sterling investie dans le secteur de la construction génère un produit économique de 2,84 £



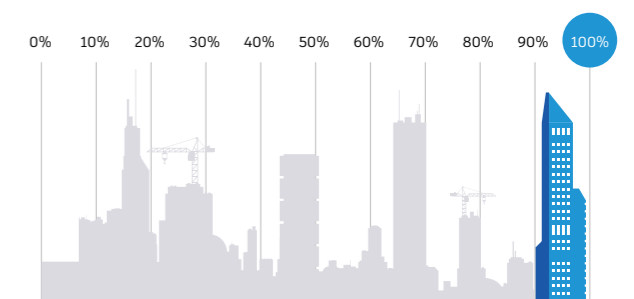
Source: LEK Consulting³



Source: Building and Woodworkers International, accessed <http://www.bwint.org/pdfs/WCProcurementFiona.pdf>



Source: Turner and Townsend International Construction Market Survey 2016



Seul un quart des projets de construction des trois dernières années a été livré avec un dépassement de délai inférieur à 10 %.

Source: KPMG, Climbing the Curve, 2015 Global Construction Project Owner's Survey

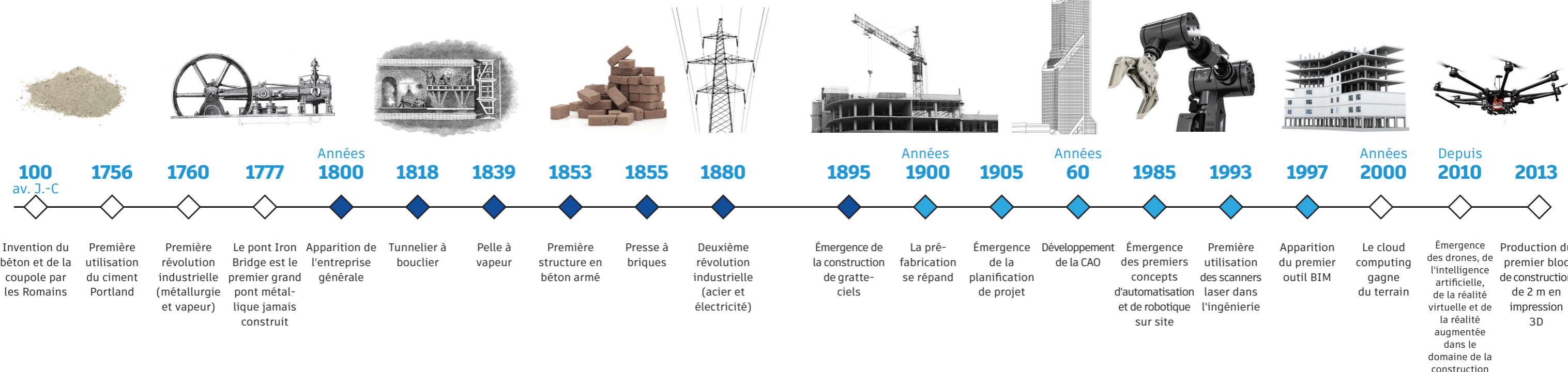
Technologie : du passé vers l'avenir

D'un point de vue technologique, l'avenir peut sembler insurmontable. Les articles des magazines spécialisés nous laissent entrevoir la menace de nous retrouver tous sans emploi d'ici quelques années, dépassés et remplacés par des ordinateurs aux algorithmes intelligents ou des robots plus productifs.

Ces dires révèlent néanmoins une vérité certaine, dans ce sens où la nature même du travail va connaître une transformation technologique radicale au cours des dix prochaines années. Depuis toujours, les révolutions technologiques ont fait l'histoire. Et les professionnels de la construction peuvent se rassurer, car leur secteur a toujours su s'adapter et se transformer.

Pour illustrer ce point de vue, remontons 2000 ans en arrière, à l'époque de l'édification du Panthéon à Rome. Achevé autour de l'an 126 apr. J.-C., il est couvert par ce qui reste aujourd'hui la plus grande coupole en béton non armé au monde : plus de 4 500 tonnes, un diamètre de plus de 43 m et aucune armature en acier. Il a pu être réalisé grâce à l'innovation d'un entrepreneur romain, qui créa une nouvelle forme de béton léger, à base de scories volcaniques, permettant de couvrir de telles dimensions.

Bien plus récemment, le monde s'est habitué à une évolution frénétique. Prenez par exemple le BIM ou Building Information Modeling. Ses avantages sont



désormais trop évidents pour les ignorer : en 2013/2014, le processus BIM a permis de réaliser 800 millions de livres sterling (£) d'économies sur les coûts de construction rien qu'au Royaume-Uni⁸. C'est un exemple flagrant de l'impact de la technologie sur la construction et des avantages dont vous pouvez bénéficier en étant le premier à adopter ces nouvelles technologies.

Cette transformation que nous connaissons actuellement s'étend et s'accélère de manière exponentielle. Voici certaines des tendances numériques actuelles susceptibles d'attirer votre attention :



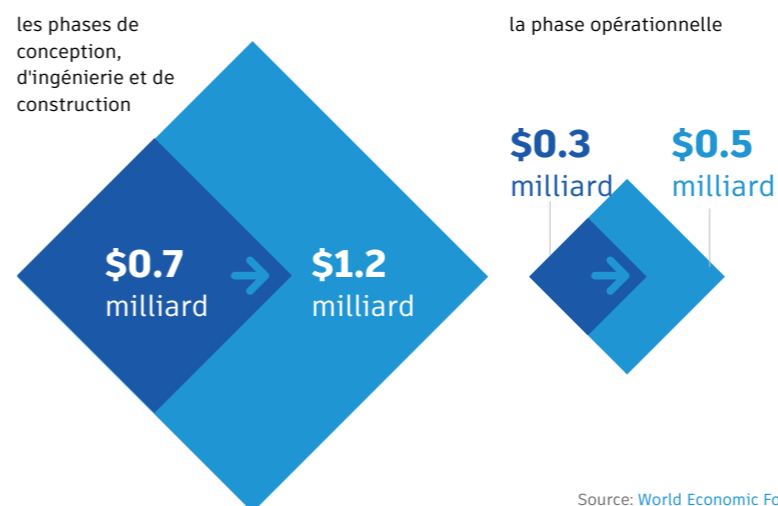
Que ce soit individuellement ou associées, chacune de ces tendances jouera un rôle dans la transformation du secteur de la construction. Leur association multipliera quant à elle les effets positifs. Ces concepts bouleversent la manière même dont nous concevons, construisons et gérons les bâtiments et infrastructures. Une véritable révolution du secteur est en train de se produire.

En 2013-2014, le BIM a permis de réaliser plus de **800 millions** de livres sterling d'économies sur les coûts de construction rien qu'au Royaume-Uni.

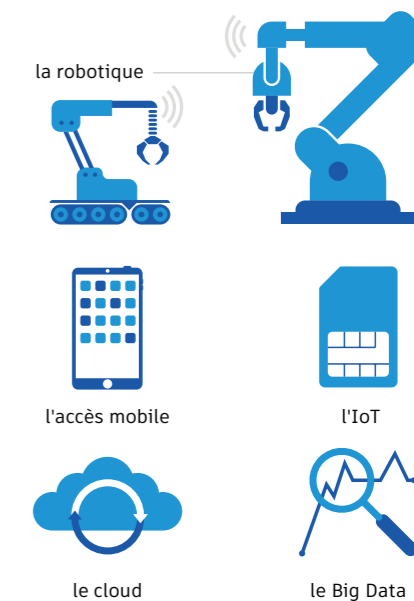
Source: G Paterson, J Hartly and T Kouider, 2015⁸

Dans **10 ans**

la digitalisation complète du secteur de la construction engendrera un énorme potentiel d'économies annuelles à l'échelle mondiale. Concernant les constructions non résidentielles, ces économies s'élèveront à :



Les technologies telles que



sont les principaux facteurs de changement d'emploi sur la période 2015-2020. Ils ont entraîné un changement de

2.02%

par rapport à la moyenne générale de 1,73 %

Source: World Economic Forum, Future of Jobs 2016

A man is shown in profile, wearing a black VR headset with 'VIVE' written on it and a pair of black Sennheiser HD 202 headphones. He is looking towards a large screen in the background that displays a colorful, abstract image. The man is wearing a white shirt with a logo that reads 'AUTODESK UNIVERSITY 2016'.

Une autre vision de la conception

La technologie transforme les méthodes de conception, aussi bien des ressources physiques (telles que les immeubles) que les ressources métier (comme les stratégies commerciales).

De nos jours, la conception est un processus itératif, dans lequel le nombre de variantes à évaluer et leur complexité sont limités par les ressources disponibles : le temps, l'argent, la puissance de calcul, les informations et l'expertise. Les processus de conception actuels reposent par conséquent sur des pratiques habituelles, qui se basent la plupart du temps sur des suppositions, des intuitions, des raccourcis. Les résultats sont loin d'être parfaits. Par exemple, combien d'entrepreneurs se sont-ils retrouvés piégés par un excès d'optimisme (ou "optimisme biaisé") lors de l'estimation des coûts, et ont vu leurs bénéfices affectés pendant l'exécution du projet en raison de dysfonctionnements inattendus dans la chaîne d'approvisionnement, de conditions de site onéreuses ou de fluctuations défavorables des coûts des matériaux ? Une étude portant sur plus de 200 projets de transport dans 20 pays et sur plus de cinq continents a par exemple démontré que les coûts de développement étaient en moyenne 28 % plus élevés que les coûts estimés⁹.

Il faut tenir compte du fait que le financement initial de grands projets est souvent limité par la volonté de réduire autant que possible les coûts liés aux partenaires. Dans de nombreux cas, on observe une explosion conséquente des coûts, des retards pendant l'exécution du projet ou des ressources aux performances inférieures aux attentes initiales. Une étude récente a révélé que 70 % des projets du secteur du pétrole et du gaz au cours des cinq dernières années n'ont pas respecté les délais ou les budgets impartis¹⁰.

Devant la complexité croissante des projets, à la fois sur le plan constructif, commercial, environnemental et sociétal, les processus de conception classiques seront de moins en moins aptes à fournir des résultats acceptables.

Toutefois, l'association de six tendances technologiques permettra d'éviter la restriction des ressources sur laquelle reposent les processus actuels et de transformer l'approche de conception. La conception du futur reposera alors sur une approche d'optimisation des processus, qui entraînera une réduction significative des coûts, l'accélération des processus et l'amélioration des résultats.

1. Une puissance de calcul infinie dans le cloud

Le cloud computing est un concept généralement bien connu, utilisé par les messageries électroniques, l'automatisation des tâches et les réseaux sociaux. Le cloud est également capable de transformer l'avenir de la conception, car il permet d'allouer un nombre illimité de processeurs (UC) à la demande pour un traitement en calculs parallèles infini.

Dans le domaine de la construction, il pourrait même permettre aux équipes projet d'inverser les processus de conception et de "commencer par le produit fini". Prenons l'exemple d'un entrepreneur qui travaille avec un promoteur immobilier et qui a détecté une opportunité pour développer 10 000 m² de plateaux de bureaux haut de gamme dans un quartier particulier. Quelle serait la réponse idéale à cette opportunité commerciale ? Avec les processus actuels, il est impossible de garantir un retour sur investissement maximal et un coût global inférieur, car les combinaisons de paramètres sont infinies (dimensions et ampleur, choix des matériaux, options de financement, modes d'approvisionnement, etc.).

2. Conception générative

L'être humain est créatif et il est capable d'intégrer et de traiter d'importantes quantités de données diverses et variées. Il peut résoudre des problèmes par le biais de processus de réflexion complexes et abstraits. Mais son raisonnement sera toujours influencé par une part de subjectivité. Ce n'est pas le cas du traitement informatique.

La conception générative, qui utilise des algorithmes intelligents reproduisant l'approche naturelle de la conception, est libre de tout préjugé lorsqu'il s'agit de décider si une conception est "bonne". Imaginez alors l'impact sur le processus d'appel d'offres. Imaginez par exemple qu'un entrepreneur dispose de six semaines pour répondre à un appel d'offres, proposer un projet et planifier sa construction en une seule étape, dans un environnement ultra-compétitif. S'il pouvait soumettre le cahier des charges du maître d'ouvrage, la marge souhaitée, les ressources en personnel nécessaires, les profils des sous-traitants et entreprises à un algorithme sophistiqué capable d'identifier les meilleures possibilités de réponse, les répercussions sur le coût et l'efficacité des soumissions seraient énormes.

3. Le Big Data et l'analyse prédictive Analytics

Le Big Data est utilisé dans d'autres secteurs depuis déjà quelque temps, principalement dans les domaines de la finance et de la vente où il sert à prévoir les taux d'intérêts par défaut ou le comportement des acheteurs, respectivement. Dans le secteur de la construction actuel, des données massives extrêmement structurées sont générées par le BIM et l'ensemble des outils technologiques utilisés pour les projets. Cette situation ouvre la voie à une nouvelle discipline appelée l'intelligence de la construction, c'est-à-dire la capacité à prévoir l'avenir grâce à l'analyse des données.

La recherche de schémas spécifiques au sein d'un ensemble de projets, associée à d'autres sources de données, peut aider les entreprises de construction à tout identifier : les tout premiers signes de contrainte dans une chaîne d'approvisionnement, la manière d'optimiser la trésorerie ou encore la raison de la surestimation des offres.

4. La collaboration temps réel dans le cloud

Les équipes intervenant sur un projet de construction sont complexes et sont souvent réparties entre plusieurs entreprises et dispersées sur plusieurs zones géographiques. La collaboration entre les équipes et les intervenants du projet reste un problème récurrent, source de surcoûts, de délais, de contraintes liées au travail répétitif et de risques. Une étude récente a révélé cependant que 82 % des leaders du secteur de la construction attendent davantage de collaboration entre les maîtres d'ouvrage et les entreprises de construction dans les cinq ans à venir¹¹.

Intrinsèquement, la collaboration dans ce secteur repose principalement sur un processus asynchrone dans lequel les différents maillons de la chaîne d'approvisionnement travaillent indépendamment les uns des autres, sur la partie du projet qui leur incombe. Ces modèles individuels sont ensuite agrégés afin de détecter tout conflit.

5. La mobilité et les réseaux sociaux

Aucune puissance de calcul ne pourra jamais remplacer totalement le facteur humain dans les procédures de conception. Mais face au casse-tête budgétaire, les entreprises de construction ont toujours du mal à trouver les meilleurs talents au moment opportun.

En réduisant les distances qui nous séparent, l'environnement numérique transforme les notions de "travail" et de "lieu de travail". Les plateformes d'économie collaborative, ces marchés de transactions numériques tels qu'Uber et TaskRabbit, sont peu à peu adoptées dans d'autres secteurs et contribuent à ce que l'on appelle la "gig economy". Si elles n'ont pas encore fait leur apparition dans le secteur du BTP, elles font partie des possibilités de développement qui permettraient aux professionnels de la construction d'accéder à un vaste réseau d'expertise bien plus important que l'actuel, tout comme le crowdsourcing, grâce auquel de nombreux utilisateurs peuvent collaborer pour résoudre des problèmes complexes via Internet.

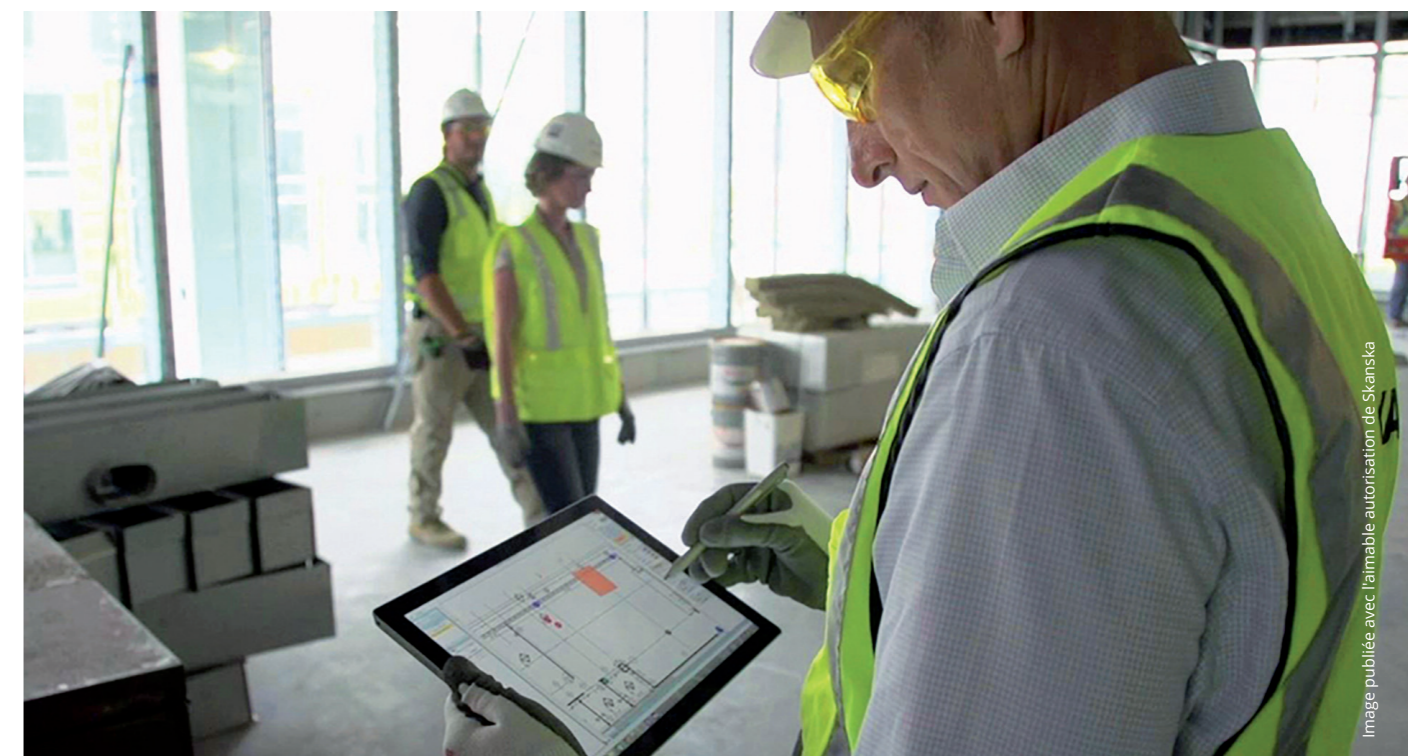
6. La rencontre entre le monde numérique et le monde physique

La finalité de tout projet consiste à être construit et il interagira alors réellement, avec son environnement, physique, social et économique. En fusionnant encore plus la réalité numérique et la réalité physique, la technologie

permet aux équipes projet d'aborder la conception dans le contexte de ces éléments réels.

La réalité augmentée projette les concepts dans le monde réel afin de comprendre l'impact physique qu'ils peuvent avoir sur leur environnement. L'entreprise Skanska a récemment intégré cette avancée dans son programme d'Innovation Grant Platform¹², qui prend en charge des projets pilotes d'intégration de la réalité augmentée et des moteurs de jeu en 3D.

L'utilité première de ces capacités serait de réduire le nombre d'erreurs dans le monde réel, qu'il s'agisse de la conception des équipements, de leur exploitation ou de leur maintenance, car l'impact financier d'une erreur est évidemment beaucoup moins lourd dans le monde virtuel que dans le monde réel. Outre cette fonction, elles peuvent aussi permettre de développer des projets plus performants sur d'autres aspects et paramètres "non physiques". L'utilisation d'un moteur de jeu sur un projet d'extension de lignes de métro pourrait, par exemple, permettre aux différents acteurs de prédire l'impact du placement des sorties de métro sur la fréquentation des boutiques situées à proximité.



L'émergence d'environnements collaboratifs en temps réel devrait permettre une mutation du secteur vers la collaboration temps réel, car la connectivité fournie par le cloud permettra à tous les participants du projet de travailler efficacement à partir d'un seul emplacement "virtuel" dédié au projet. Cette approche a déjà été mise en place par l'entreprise Skanska, qui utilise le cloud pour collaborer activement avec ses clients et partenaires afin de résoudre des problèmes virtuellement, avant qu'il ne se produisent¹³.



Une nouvelle manière de construire

Les moyens de production physique connaissent également une transformation technologique radicale, notamment dans la manière dont tous les projets clés sont sélectionnés, financés et livrés.

L'un des plus grands défis du secteur aujourd'hui reste le taux de productivité, sachant qu'une baisse de 10 % de l'efficacité de la main-d'œuvre conduit à une perte de profit minimum de 5 %¹⁴. Alors que d'autres secteurs de l'économie ont connu un véritable élan de productivité au cours des dernières décennies, les taux de productivité dans le secteur de la construction ont résolument stagné

à des niveaux très bas¹⁵. Il est primordial d'améliorer radicalement la productivité. Avec des prévisions qui tablent sur une augmentation de 85 % des besoins de construction d'ici 2030, la mise à l'échelle d'une productivité si faible sur notre environnement et nos économies aurait un impact inacceptable, sans compter les opportunités manquées d'ajouter de la valeur à notre environnement construit. Les achats groupés, les chaînes d'approvisionnement intégrées et la législation progressive sont certainement des avancées très positives, mais seront-elles suffisantes ?

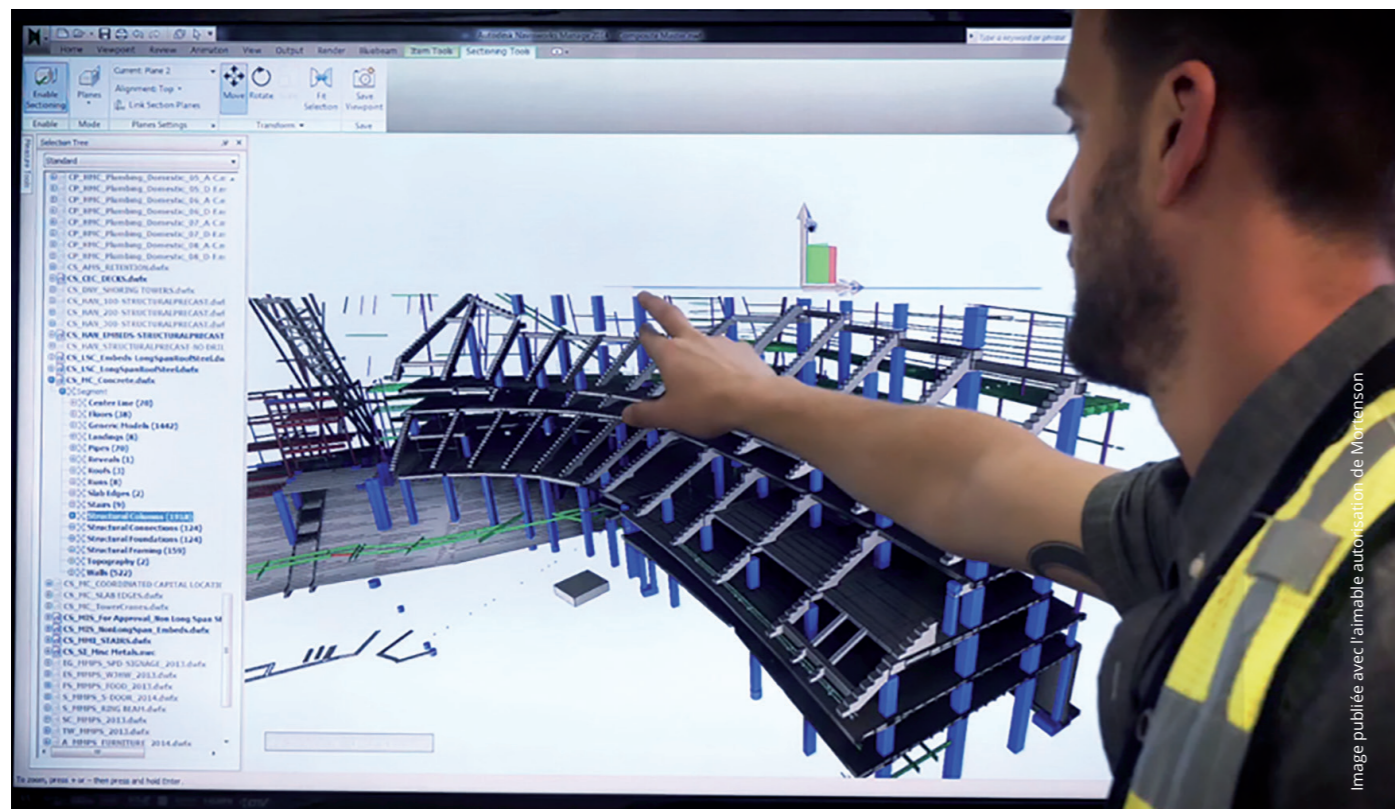


Image publiée avec l'aimable autorisation de Mortenson

La technologie a le potentiel d'apporter une approche de transformation rapide de la productivité. C'est ce qu'a pu constater l'entreprise de construction Mortenson après avoir fourni des interfaces à écran tactile et du matériel mobile à ses équipes¹⁶. Leur productivité s'est améliorée considérablement, car elle leur permet de partager leurs commentaires en temps réel, sur le terrain.

Les entreprises de construction doivent par ailleurs tenir compte de la productivité des bâtiments et infrastructures créées. Dans quelle mesure ces données répondent-elles par exemple pleinement aux besoins pour lesquels elles ont été conçues ? La rentabilité de cette autoroute correspond-elle à celle initialement prévue ? Ce projet de logements sociaux va-t-il améliorer la qualité de vie des résidents locaux ? Cette nouvelle ligne ferroviaire à grande vitesse a-t-elle permis de booster le PIB anticipé pour la région ? La technologie peut aider à prendre de meilleures décisions concernant les biens à construire, leur nature et leur variété.

Une augmentation de 85 % des besoins en projets doit s'accompagner d'une augmentation similaire sur le plan financier, mais se pose alors la question de la provenance des capitaux. Les infrastructures globales accusent un manque de financement annuel à hauteur d'un milliard de dollars¹⁷. La technologie de demain pourrait contribuer à faciliter les investissements dans les futurs projets de construction et d'infrastructure.

1. Décider en fonction du Big Data

En 2007, 380 villes dans les régions développées produisaient plus de la moitié du PIB mondial. Mais d'ici 2025, 136 nouvelles villes des régions en voie de développement devraient rejoindre le top 600 des villes les plus productives¹⁸. Le secteur de la construction change. Il est progressivement remodelé par le besoin de bâtir dans des contextes urbains complexes et le centre de gravité de la production est en train de glisser vers les pays émergents. Comment les clients et les entrepreneurs doivent-ils répondre à cette dynamique ? L'analyse des données permettra de déterminer quelles ressources bâtir pour arriver au résultat souhaité et quels projets financer pour assurer une croissance rentable. Le cloud computing aide à répondre à ces questions en collectant les informations sur les tendances démographiques, la croissance économique, le revenu disponible et de nombreuses autres données.

Ce besoin entraîne la création de nouveaux outils capables de modéliser des bâtiments et la génération

d'informations d'infrastructures à grande échelle. Grâce à ces données, les entrepreneurs pourront aider leurs clients à prendre des décisions dans divers contextes. De manière plus remarquable encore, le cloud computing peut contribuer à changer la manière dont nous pensons notre environnement construit : en recentrant la planification générale d'infrastructures non plus sur les coûts et les ressources, qui font appel à des solutions ponctuelles à court terme, mais sur les résultats et la valeur ajoutée, afin que les entrepreneurs et leurs clients puissent se baser sur des systèmes connectés.

Le groupe de construction et de génie civil Balfour Beatty a utilisé le BIM dans son projet de transformation du stade olympique de Londres en nouvelle base du club de football West Ham United. Le BIM a permis aux équipes de Balfour Beatty de suivre les performances en temps réel, d'identifier et de résoudre les obstacles au bon déroulement du projet et de fournir aux parties prenantes les toutes dernières informations et la documentation la plus récente¹⁹.

2. Des capitaux basés sur les données

Les entreprises ont besoin de capital pour construire, mais depuis la crise financière de 2008, les incertitudes viennent entraver le financement des projets. Les tendances technologiques offrent trois nouvelles façons de débloquer les capitaux nécessaires à la construction :

- **La prise en compte des risques** : le Big Data et l'analyse prédictive peuvent contribuer à améliorer la compréhension des risques des projets. Le suivi de l'utilisation des ressources du début à la fin du projet, grâce à l'IoT, doit permettre de fournir une meilleure visibilité sur le futur rendement et d'aider les investisseurs à évaluer le type de risque d'un projet avant de le financer.
- **Détermination de la valeur résiduelle** : on estime à 218 milliards de dollars²⁰ la valeur du patrimoine mondial construit. Il est courant de vendre du patrimoine pour dégager du capital à investir dans de nouveaux projets. Mais pour cela, il faut pouvoir déterminer précisément la valeur résiduelle d'un bien. Les résultats de l'analyse prédictive, la télédétection et l'IoT doivent aider à mieux quantifier cette valeur afin de maximiser la valeur du capital qui en découle, et la responsabilité engagée. Par exemple, l'interrogation des plans de maintenance d'un réseau routier et les prévisions de circulation peuvent aider à déterminer plus précisément le coût d'entretien du réseau.
- **Le financement participatif** : ce type de financement, déjà couramment utilisé pour lever des capitaux, notamment dans les domaines de l'industrie et

du divertissement, devrait permettre de financer des projets immobiliers privés et des projets d'infrastructures sociales dans le domaine public.

3. Préfabrication et fabrication numérique

La préfabrication n'a rien de nouveau, mais elle est de plus en plus facile d'accès. Les technologies de modélisation avancée permettent aux professionnels du secteur de travailler de manière proactive en utilisant des éléments standardisés pour les bâtiments et les infrastructures, et en sens inverse en déstructurant un projet en éléments susceptibles d'être préfabriqués hors site, puis assemblés sur site.

Autrefois réservée aux constructions plutôt modestes, la préfabrication est désormais applicable à grande échelle, avec un potentiel de normalisation élevé, indispensable pour atteindre des niveaux de productivité semblables à ceux observés dans l'industrie. Les bâtiments peuvent être fabriqués dans des centres de production à bas coût, puis expédiés à travers le monde pour l'assemblage final, véritable bouleversement du paysage concurrentiel.

Mais la normalisation n'est pas adaptée à tous les projets, ni à tous les composants. La nouvelle révolution industrielle est en phase de réécrire les processus de fabrication, de la conception à l'aboutissement du projet dans le monde réel. En première ligne de cette révolution figure la fabrication numérique et plus particulièrement l'impression 3D. Il suffit aujourd'hui d'une seule machine et d'appuyer sur un bouton pour matérialiser un objet dans le monde réel à partir d'un modèle 3D virtuel, sans avoir à changer d'outil, avec 80 types de matériaux disponibles (acier, verre, polymères, béton, etc.).

Il s'agit là d'une révolution majeure qui vient bouleverser les modes de travail de fabrication moderne, mis en place il y a plus d'un siècle. Jusqu'à présent, il était plus rentable de se procurer un composant standard dans le commerce et de le personnaliser, car la complexité et l'unicité étaient deux caractéristiques coûteuses pour la fabrication. Mais grâce à l'impression 3D, ces deux caractéristiques deviennent aujourd'hui accessibles. Fini les contraintes liées aux composants standards ! Les professionnels de la construction peuvent se concentrer sur des solutions idéalement adaptées à leurs projets, et les produire avec un minimum de pertes.

L'imprimeur 3D néerlandais MX3D équipe ses robots industriels multiaxes d'outils 3D pour créer un pont en acier entièrement fonctionnel sur le canal Oudezijds Achterburgwal, à Amsterdam. Une fois terminé, le pont MX3D sera le premier pont imprimé en 3D au monde²¹.

Verrons-nous bientôt des imprimantes 3D à l'œuvre sur les chantiers ? C'est possible. Ou peut-être pourrons-nous

observer un tout autre phénomène. Des micro-usines semblent émerger de cette vague de démocratisation des technologies de fabrication : des installations de proximité, de taille relativement réduite, équipées de machines-outils numériques, capables de produire des composants de tous niveaux de complexité. Peuvent-elles perturber les chaînes d'approvisionnement classiques qui ont su tirer parti, ces 30 dernières années, de la disparition des frontières commerciales et de la diminution des coûts du transport pour donner naissance à des réseaux internationaux complexes de fourniture de produits et composants nécessaires aux projets de construction ? Si tel est le cas, nous pourrions voir apparaître des constructeurs citoyens et des usines communautaires occuperaient un rôle clé dans la chaîne d'approvisionnement, car elles réduiraient les coûts liés au transport et favoriseraient le développement d'une économie locale.

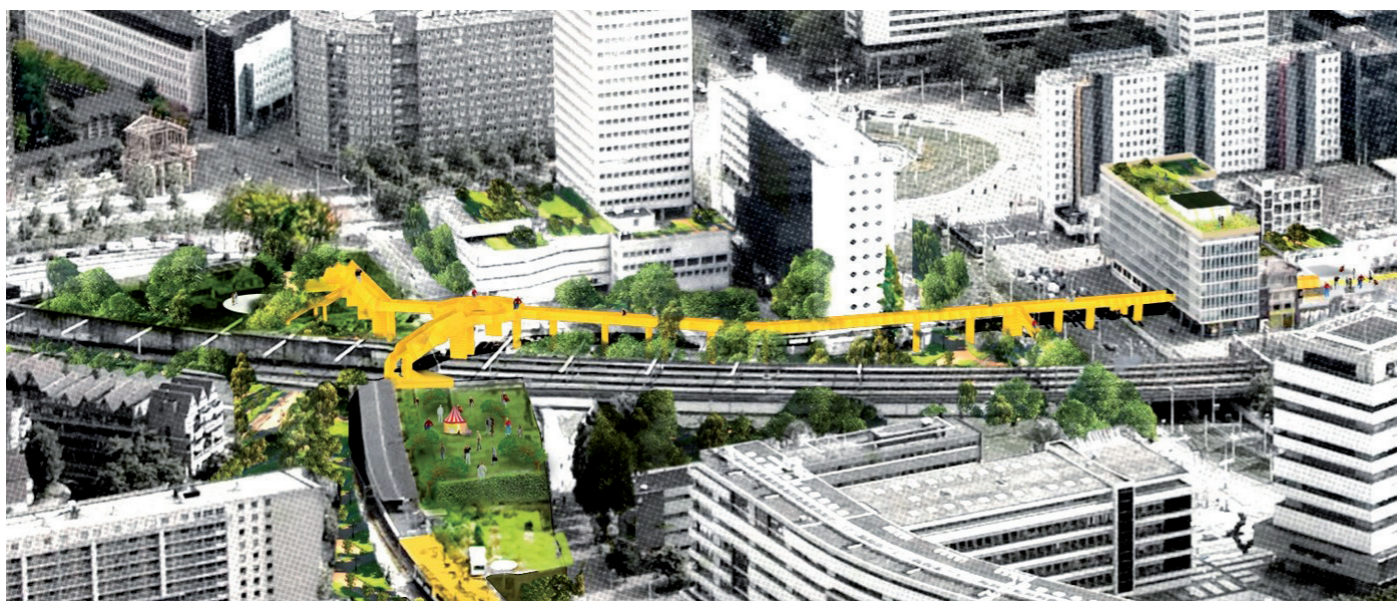
bâtiments et de structures de grande hauteur qui limitent les risques et les coûts associés au travail en hauteur, ainsi qu'à l'inspection à grande échelle d'infrastructures linéaires tels que les pipelines ou les voies ferroviaires.

Les équipements de protection individuels connectés sont utilisés pour améliorer la sécurité sur les chantiers. L'entreprise Human Condition Safety ouvre la voie et est en train de développer des solutions connectées. Par exemple, des gilets intelligents qui permettront aux ouvriers de travailler plus efficacement, plus rapidement et en toute sécurité, et qui fourniront aux responsables de chantier une vision en temps réel grâce à un tableau de bord leur indiquant le nombre d'ouvriers présents dans les zones à risque élevé²².

La robotique se perfectionne elle aussi dans le domaine de la construction. Les robots sont généralement utilisés pour reproduire des séries limitées de tâches répétitives, principalement dans le domaine de la manutention des matériaux et composants. Maintenant que les robots sont largement utilisés sur les lignes de production à grande échelle, nous savons qu'ils sont capables de bien plus. Ils peuvent notamment être connectés à une multitude de capteurs permettant d'enregistrer des informations sur les composants sur lesquels ils travaillent. Intégrées au système de commandes, ces données permettent alors d'ajuster le fonctionnement des robots pour les rendre plus efficaces et plus précis tout au long du processus de fabrication.

4. L'automatisation des sites

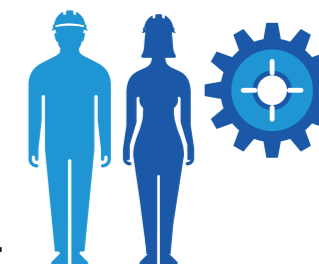
Les nouvelles technologies comme les drones peuvent servir à étudier, à examiner et à inspecter les sites de construction. Les images filmées par les drones sont intégrées dans les logiciels de capture de la réalité et agrégées pour créer des modèles 3D. Elles permettent de transposer le monde réel dans des modèles virtuels à grande échelle. Les drones équipés de caméras sont déjà utilisés à plusieurs fins, de la surveillance de grands



Aux Pays-Bas, le projet "I Make Rotterdam" est un parfait exemple de projet basé sur un financement participatif. Pourquoi le financement participatif est-il si révolutionnaire ? Parce qu'il ouvre la voie à une nouvelle ère de démocratie participative, dans laquelle l'entreprise de construction et la communauté seront beaucoup plus étroitement associées à tous les niveaux (financement, conception, construction et maintenance), avec la technologie numérique comme devise commune.

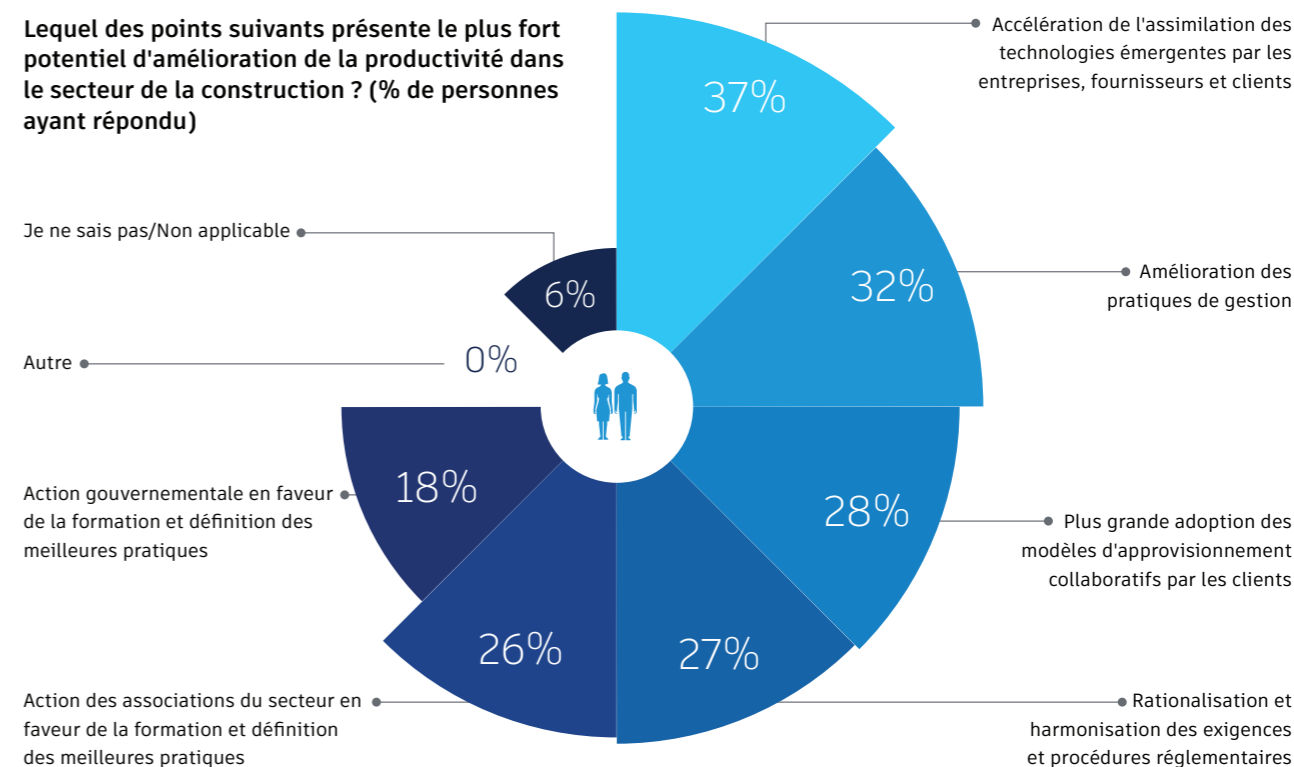
Image publiée avec l'aimable autorisation de Zones Urbaines Sensibles

Aujourd'hui, l'un des plus grands défis du secteur demeure la productivité du travail. Lorsque la main-d'œuvre baisse de 10% en efficacité, on constate une réduction des bénéfices d'un minimum de 5%

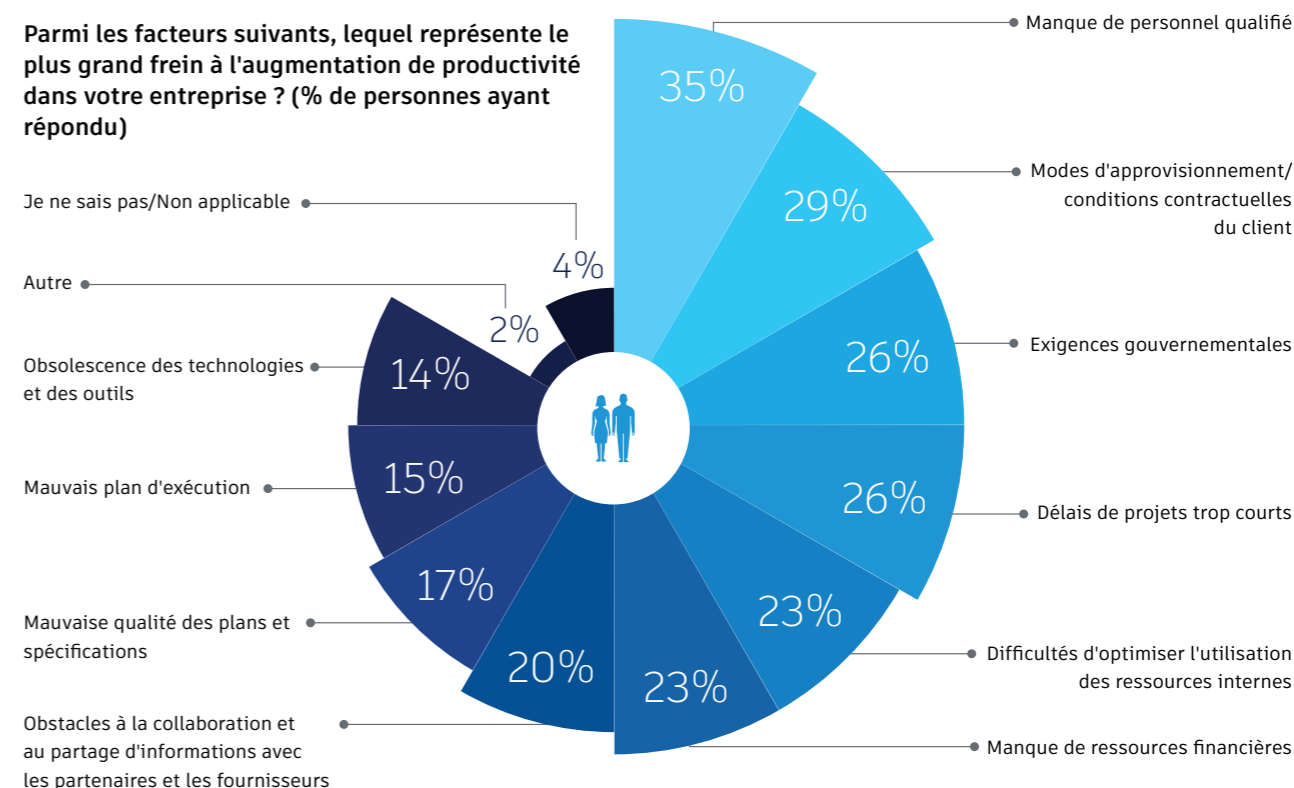


Source: Training4Contractors¹⁴

Lequel des points suivants présente le plus fort potentiel d'amélioration de la productivité dans le secteur de la construction ? (% de personnes ayant répondu)



Parmi les facteurs suivants, lequel représente le plus grand frein à l'augmentation de productivité dans votre entreprise ? (% de personnes ayant répondu)



Source: The Economist Intelligence Unit, Rethinking productivity across the construction industry, 2015



Vers une optimisation de la gestion du patrimoine

La technologie vient bouleverser la manière dont nous utilisons et gérons les bâtiments et les infrastructures, ainsi que la nature et la quantité des données que nous exploitons.

Les objets sont de plus en plus intelligents et connectés. Par exemple, il est aujourd'hui possible de placer de nombreux capteurs dans les bâtiments afin de surveiller la consommation d'énergie et les conditions environnementales, ou bien d'utiliser des réseaux intelligents pour consommer moins d'énergie et améliorer la résilience. Les mondes numérique et physique sont de plus en plus interconnectés.

Parallèlement, la progression des réseaux sociaux et de la mobilité change nos habitudes de vie et de travail, et crée de nouvelles exigences en matière de construction, de la nature et du taux d'occupation des espaces de bureaux, au volume et aux schémas du trafic des transports de voyageurs, en passant par les types de système de télécommunications nécessaires. Cette évolution a déjà pu être observée dans le domaine de la vente de biens de consommation, où le e-commerce a déjà supplanté les boutiques de nos centres-villes et accru le besoin en entrepôts et centres d'expédition.

La révolution s'accélère. Alors que jusqu'ici la rénovation ou la conversion des bâtiments ne commençait qu'après dix ans de vie, ce cycle sera désormais non seulement réduit, mais nous pourrions également observer une augmentation des besoins en constructions multifonctionnelles.

Sans oublier que d'autres tendances technologiques sont déjà sur les starting-blocks... L'utilisation de drones pour la livraison de colis pourrait entraîner une réduction du nombre de véhicules en circulation et avoir un impact sur les futurs besoins en infrastructures autoroutières ; de même, la fabrication distribuée est une facette de la nouvelle révolution du secteur de la fabrication qui pourrait changer les schémas de transport du fret.

1. Des ressources intelligentes délivrées intelligemment

À mesure que les composants, les équipements et les systèmes physiques deviennent plus sophistiqués et interconnectés grâce à des capteurs intelligents, les éléments de construction présentent dès lors une capacité à répondre toujours mieux aux besoins de leurs propriétaires et utilisateurs. Les mentalités évoluent. Les bâtiments et les infrastructures ne sont plus considérés uniquement comme des éléments statiques, conçus pour une fonction prédéterminée, intrinsèquement limitée par les matériaux et les composants physiques employés pour leur construction.

Les utilisateurs voudront de plus en plus personnaliser leur environnement, en optimisant par exemple leur espace de travail au niveau de la température, de la ventilation et de l'éclairage. Et dans les villes, elles aussi de plus en plus connectées, cette personnalisation pourra être mutualisée entre les divers éléments de construction. Les systèmes de transport pourraient par exemple communiquer en temps réel l'impact des retards sur les trajets des voyageurs et suggérer éventuellement d'autres itinéraires.

L'éclairage peut représenter jusqu'à 40 % de la consommation électrique d'un bâtiment. En outre, il a été démontré que la qualité de l'éclairage dans un espace joue un rôle important sur le niveau d'attention, de précision et de bien-être de ses occupants. Des outils tels que le logiciel de commande de Panasonic qui intègre la technologie BIM et l'IoT, permettent de spécifier des conditions d'éclairage optimales dès les premières étapes du processus de conception et de les rendre disponible de manière précise en aval.

BIM-AM (logiciel de gestion des actifs) est utilisé par le service public de Hong Kong. Ce logiciel relie le BIM au système de gestion des bâtiments et au réseau de télésurveillance, et fournit des informations détaillées sur les conditions des services et des ressources. Les utilisateurs peuvent afficher ces informations à distance sur leur ordinateur ou leur tablette.

Lorsqu'un incident est signalé, les utilisateurs peuvent filtrer et afficher l'équipement affecté pour accéder aux informations d'exploitation et de maintenance appropriées, ainsi qu'aux données de performance précédentes et en temps réel en lien avec le système de gestion des bâtiments. Les responsables de site peuvent alors déterminer plus facilement les causes et les solutions possibles, avant même de visiter un bâtiment, en s'aidant aussi de la télésurveillance, afin de repérer les éventuels problèmes d'accessibilité ou de sécurité²³.

L'expérience des gestionnaires sera également transformée. L'accès à des données auparavant inaccessibles, telles que les taux d'occupation, les types d'utilisation, les performances énergétiques, la consommation d'eau, les parcours des voyageurs, multipliera les avantages. Grâce à cette visibilité, les propriétaires et leurs partenaires peuvent prendre des décisions mieux informées sur les bâtiments et l'infrastructure environnante afin de réduire les coûts, d'améliorer la capacité existante sans compromettre l'expérience utilisateur, voire d'ajouter des capacités afin d'optimiser la valeur de l'ensemble.

La convergence de produits connectés intelligents et du cloud permet aux entrepreneurs de collecter, d'analyser, de contrôler et de gérer des inventaires de données, jusque-là invisibles ou inaccessibles, provenant de différentes sources. Le fournisseur de logiciels de gestion énergétique Panoramic Power associe par exemple sa plateforme d'analyse par capteurs aux solutions BIM d'Autodesk basées sur le cloud, pour aider ses clients à identifier les défauts d'efficacité de leurs sites et équipements, et à améliorer l'utilisation des ressources et à réduire les coûts opérationnels²⁴.

2. Des services de construction aux ressources en tant que service (AaaS)

Comme de plus en plus d'éléments de l'environnement construit sont connectés numériquement via l'IoT, les données produites peuvent faciliter la prévision des futurs besoins de façon détaillée. Elles peuvent également contribuer à améliorer la conception des futures ressources dans une optique d'optimisation des performances, par l'incorporation des données d'exploitation dans les nouveaux projets.

Avec ce suivi de bout en bout, les professionnels bénéficieront de nouvelles opportunités. Les informations concernant les ressources, fusionnées à d'autres jeux de données à grande échelle (comme les données démographiques, de croissance économique ou de niveau de vie), permettront aux différents acteurs de bénéficier d'une visibilité plus précise sur les futurs besoins de construction. Il sera alors possible d'atténuer, au moins en partie, l'une des problématiques perpétuelles du secteur, à savoir l'incertitude liée aux projets à venir. Les entreprises pourront investir avec plus de confiance. Mais au-delà des ressources individuelles, les données de l'IoT permettront aux entreprises d'établir de nouvelles

relations avec leurs clients, fondées sur les résultats plutôt que sur le prix ou même la valeur. Face à la complexité croissante de nos environnements construits et à l'augmentation des niveaux de risque, il conviendra d'accorder une plus grande importance aux méthodes à mettre en place pour obtenir le résultat voulu sans compromettre les possibilités de financement ou la réalisation du projet. Une ressource n'est pas utile si elle est isolée. Il est donc important de comprendre la manière dont chaque ressource est connectée aux autres systèmes, physiques ou virtuels. L'IoT permet de répondre

à des questions existentielles telles que : "que faut-il construire ?", "pourquoi faut-il construire ?", "faut-il vraiment construire ?" et aide les entreprises à fournir les réponses adéquates à leurs clients.

La technologie permet aux différents acteurs de mieux comprendre la manière dont les ressources sont utilisées, leurs performances sur l'ensemble du cycle de vie et leur coût total associé à ce cycle de vie, et donc d'explorer des possibilités plus en amont, vers des domaines tels que l'immobilier en tant que service. as-a-Service.



Bienvenue dans l'ère de la connexion

L'heure de la transformation a sonné. De nos jours, les pratiques d'approvisionnement, les normes et les stratégies commerciales ou les niveaux de productivité ne sont pas viables face aux nouveaux besoins en bâtiments et en infrastructures. Alors que la construction devient toujours plus complexe, il sera de plus en plus difficile de s'assurer qu'elle répond aux besoins et aux attentes de la population mondiale sur les plans qualitatif et économique. La levée des capitaux nécessaires sera tout aussi compliquée, si les niveaux de performance des projets et des ressources ne sont pas pris en compte. L'entrée sur le marché de demain implique d'éliminer la part de risque liée aux constructions et à l'incertitude des prévisions, d'améliorer la livraison des projets et les performances financières des entreprises du secteur de la construction, d'accroître la rentabilité des projets, de réduire l'écart entre les performances ciblées et les performances réelles, et de fournir aux professionnels les moyens de penser et d'agir de manière stratégique. La technologie permettra de répondre à ces aspirations.

Ces trois révolutions technologiques, qui transforment la conception, la construction et la gestion des bâtiments et des infrastructures, ouvrent de nouveaux horizons pour le secteur tout entier. Une nouvelle ère dans laquelle chaque professionnel, indépendamment de la taille de son entreprise, de sa situation géographique, de son secteur de spécialisation ou de la hauteur de ses capitaux, bénéficiera d'un accès généralisé à un nouvel ensemble de fonctionnalités connectées :

- **Des équipes connectées,**
ou la capacité de connecter les différents acteurs de manière dynamique et en temps réel, indépendamment de leur situation géographique et des frontières commerciales. Cette approche remplacera l'approche de collaboration asynchrone classique et réduira les coûts associés au recrutement de profils experts par le biais de centres d'échange de talents et de plateformes de crowdsourcing.
- **Des données connectées,**
ou la capacité de résoudre des problèmes conceptuels d'une grande complexité en combinant la puissance de calcul infinie du cloud avec le Big Data et les algorithmes intelligents, afin de prendre des décisions mieux informées tant sur des sujets concrets (comme les bâtiments) que sur d'autres plus abstraits (comme les stratégies commerciales).

- **Des résultats connectés,**
ou la capacité de "viser des objectifs ambitieux dès le départ" en connectant de manière optimale et transparente les réalités physique et numérique à l'aide de logiciels de capture de la réalité, de moteurs de jeu et de technologies de réalité virtuelle/augmentée. Les équipes projet auront alors la possibilité d'explorer et d'ajuster leurs variantes en fonction de différents contextes (physiques, environnementaux, économiques et sociaux) issus du monde réel dans lequel elles doivent s'intégrer.
- **Des livraisons connectées,**
ou la capacité de commencer par concevoir un bâtiment ou une infrastructure dans un environnement virtuel pour aboutir à un élément construit dans le monde réel en passant par un minimum de modifications, et en réduisant les pertes, les coûts et les frais généraux associés à la chaîne d'approvisionnement. Tout cela grâce à la fabrication et à la préfabrication numériques, et aux micro-usines.
- **Des ressources connectées,**
ou la capacité de connecter les bâtiments du monde réel et les données d'infrastructure numériques, afin de comprendre chacun des aspects liés aux performances, à l'utilisation et aux interactions de ces ressources avec les environnements dans lesquels elles résident. L'ensemble des données collectées peut ensuite être utilisé pour les futurs projets et pour l'amélioration des constructions existantes.
- **Des capitaux connectés,**
ou la capacité de connecter rapidement les propositions de projets aux financements en limitant les risques liés à la construction grâce à une gestion totalement numérique et au suivi des données de performance des bâtiments tout au long du cycle de vie. La capacité également à connecter les propositions de projets avec les nouvelles sources de capitaux provenant de financements participatifs et à évaluer la valeur résiduelle du bâti existant.

Comment les acteurs du secteur peuvent-ils se préparer à l'entrée imminente dans cette nouvelle ère connectée ? Être tout d'abord conscient de l'importance significative des changements à venir, car on ne parle pas ici d'une amélioration progressive des pratiques existantes mais d'un bouleversement. Adopter ensuite, si ça n'est pas déjà le cas, le BIM ou Building Information Modeling qui constitue une étape nécessaire et incontournable. Opter finalement pour une gestion stratégique des technologies en prévision des prochains bouleversements du paysage concurrentiel.



Références

1 Global Construction 2030, accessed <http://www.globalconstruction2030.com/>

2 (2016) World Economic Forum, Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology, accessed http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf

3 (2009) LEK Consulting, Construction in the UK economy: The Benefits of Investment, accessed <http://www.lek.com/press-releases/construction-investment-provides-significant-benefit-uk-economy-reveals-new-report>

4 Global Construction 2030, accessed <http://www.globalconstruction2030.com/>

5 Nguyen, Christine (2015) This bridge will connect 90% of the Chinese population, accessed <http://www.techinsider.io/china-beipan-river-bridge-high-speed-railway-2015-11>

6 Global Construction 2030, accessed <http://www.globalconstruction2030.com/>

7 (2015) IEA sees global energy transition, accessed <http://www.world-nuclear-news.org/EE-IEA-sees-global-energy-transition-1011154.html>

8 Paterson, G., Harty, J. and Kouider, T. (2015) Getting to Grips with BIM: A Guide for Small and Medium-Sized Architecture, Engineering and Construction Firms, accessed <https://www.routledge.com/Getting-to-Grips-with-BIM-A-Guide-for-Small-and-Medium-Sized-Architecture/Harty-Kouider-Paterson/p/book/9781138843974>

9 Flyvbjerg, B., Bruzelius, N. and Rothengatter, W. (2003) Mega Projects and Risk: An Anatomy of Ambition, accessed <http://www.cambridge.org/us/academic/subjects/sociology/political-sociology/megaprojects-and-risk-anatomy-ambition?format=PB>

10 (2008) Front End Loading Provides Foundation for Smarter Project Execution, accessed <http://www.ogfj.com/articles/print/volume-5/issue-7/special-report/front-end-loading-provides-foundation-for-smarter-project-execution.html>

11 (2015) Collaboration can help avoid construction project failures, says expert, accessed <http://www.out-law.com/en/articles/2015/april/collaboration-can-help-avoid-construction-project-failures-says-expert/>

12 Colonna, Tony (2014) Four ways to enable innovation in construction, accessed <http://blog.usa.skanska.com/four-ways-to-enable-innovation-in-construction/>

13 Song, Soo (2016) Virtuality Check: 3 Ways Cloud Technology in Construction Can Solve the Skilled-Labor Shortage, accessed <https://redshift.autodesk.com/cloud-technology-in-construction/>

14 (2016) Are Your Profit Margins Being Affected by Low Productivity on Construction Projects?, accessed <http://training4contractors.org/2016/04/profit-margins/>

15 Changali, Sriram; Mohammad, Azam and van Nieuwland, Mark (2015) The Construction Productivity Imperative, accessed <http://www.mckinsey.com/industries/infrastructure/our-insights/the-construction-productivity-imperative>

16 Song, Soo (2016) Virtuality Check: 3 Ways Cloud Technology in Construction Can Solve the Skilled-Labor Shortage, accessed <https://redshift.autodesk.com/cloud-technology-in-construction/>

17 Fuerer, Guido (2015) How can we bridge the \$1 trillion infrastructure gap?, accessed <https://www.weforum.org/agenda/2015/10/how-can-we-bridge-the-1-trillion-infrastructure-gap/>

18 Dobbs, Richard; Smit, Sven; Remes, Jaana; Manyika, James; Roxburgh, Charles and Restrepo, Alejandra (2011) Urban world: Mapping the economic power of cities, accessed <http://www.mckinsey.com/global-themes/urbanization/urban-world-mapping-the-economic-power-of-cities>

19 The Future of Construction: Connecting people, project, and processes, accessed <http://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/connected-teams-balfour-beatty-collaboration-leads-to-efficiencies>

20 (2015) Arcadis Global Built Asset Wealth Index, accessed <https://www.arcadis.com/en/global/our-perspectives/global-built-asset-wealth-index/>

21 Construction of World's 1st 3D Printed Bridge Begins in Amsterdam, accessed <https://3dprintingindustry.com/news/construction-of-worlds-1st-3d-printed-bridge-begins-in-amsterdam-60110/>

22 Walsh, Jeff (2015) Human Condition Aims to Transform Construction-Site Safety with Wearables, accessed <https://redshift.autodesk.com/construction-site-safety/>

23 Next-Generation Integrated Asset Management System with Building Information Modelling, accessed http://www.emsd.gov.hk/filemanager/conferencepaper/en/upload/63/EMSD%20BIM_AM%20technical%20paper%20for%20HKIE%20CAI.pdf

24 (2014) Panoramic Power and Autodesk to Collaborate on Joint Development of New Breed of Applications for Real-time Facility Performance and Operations, accessed <http://www.panpwr.com/media-center/news-old/panoramic-power-and-autodesk-to-collaborate>

ROAD NETWORK REPORT

ANALYZING CITY [SPRINGFIELD // ZONE S-324]



ACTION REQUIRED!

www.autodesk.com/the-power-of-digital-for-construction
www.autodesk.com/bim
@AutodeskAEC