

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

AU SERVICE DES BÂTIMENTS SMART & GREEN

L I V R E B L A N C

La Commission intelligence artificielle

Lancée en 2019, la Commission comporte 85 membres et s'est mobilisée pour clarifier ce qu'est l'intelligence artificielle, comment cette technologie peut améliorer la performance d'usage des bâtiments et de la ville. La Commission adresse cinq grandes thématiques que sont l'énergie, les espaces de travail, la mobilité, la maintenance et la sécurité et couvre tous les acteurs de la chaîne de la valeur, depuis la conception jusqu'à l'exploitation des ouvrages.

L'IA est une technologie très puissante qui amène de nouveaux enjeux de conduite du changement, de criticité de l'infrastructure numérique et de gouvernance de la donnée. La Commission s'est donc fixé quatre objectifs : rendre accessible l'IA pour les décideurs, démontrer par des cas d'usage les bénéfices de l'IA, caractériser les infrastructures numériques et les données qui soutiennent l'IA et enfin donner des recommandations de mise en œuvre. Les travaux de la Commission s'inscrivent parfaitement dans le cadre des dix recommandations Smart & Green de la SBA.

Contributions

Ce livre blanc n'aurait pu voir le jour sans son comité de relecture, que nous remercions chaleureusement :

Olivier Selles, BNP PARIBAS REAL ESTATE • Benjamin Ficquet, ICADE • Francois-Xavier Jeuland, SBA • Magali Tournadre, CUSTHOME • Michel Cassini, EGIS • Sylvain Girard, HAGER • Jean-Yves Orsel, DOVOP • Olivier Masseron, LEGRAND • Jean-Baptiste Prost, POLESTAR • Maxence Bobin, EDF • Adel Guédiri, FFIE • André Courbin, GOOGLE • Delphine Eyraud-Galant, GIMELEC • Hubert Mallet, ORANGE • Guy Salvatore, SMARTHOME SMARTELEC

Remerciement spécial

À Éric Jouseau, UBIANT, pour son expertise, son implication remarquable et sa rédaction de contenus.

Membres actifs de la Commission

ABB • ADEUNIS • AIRELIOR • ARTELIA • BNP PARIBAS REAL ESTATE • BOUYGUES ÉNERGIES SERVICE • CRES-TRON • DOVOP • EDF • EFFIPILOT • EGIS • ENOCEAN • F2A SYSTÈMES • GIMELEC • GOOGLE • HAGER • IBM • INGÉROP • KONE • LEGRAND • LYNRED • OPNF • ORANGE • POLE STAR • SCHNEIDER • UBIANT • VISIATIV • WIT • Z#BRE

Emmanuel François: DIRECTION DE LA PUBLICATION

Alain Kergoat: DIRECTION DES PROGRAMMES

Sébastien Meunier: DIRECTION ÉDITORIALE

Dominique Briquet: COORDINATION PROJET

CONCEPTION GRAPHIQUE ET ILLUSTRATIONS © Les 5 sur 5 • ACCOMPAGNEMENT ÉDITORIAL : AGENCE OKÉDITO

Imprimé en France. Dépôt légal : novembre 2020. ISBN 978-2-491340-01-8 © SBA - Tous droits réservés pour tous pays.

J'ai l'immense joie de partager avec vous 18 mois de travaux au sein de la Commission intelligence artificielle de la SBA ! L'IA est un sujet qui passionne jusqu'au plus haut niveau de l'État et de l'Europe. Pourquoi ? L'IA est une preuve que le numérique est en action et que des données et des algorithmes sont utilisés. Ce qui est nouveau ? Cette discipline scientifique, inventée il y a un demi-siècle, s'invite maintenant pour nous aider à limiter notre impact environnemental, à optimiser nos activités, nos espaces de travail et nos mobilités, à renforcer notre santé et notre sécurité, grâce à sa capacité « d'apprentissage automatique » notamment.

Dans ce contexte, l'infrastructure numérique ou la cyberstructure et la gouvernance deviennent donc des éléments clés pour réussir les projets à base d'intelligence artificielle. Pourtant, l'industrie du bâtiment n'est pas explicitement ciblée comme un domaine d'application de l'IA, alors même qu'elle représente la moitié de l'industrie française selon le coordinateur interministériel de l'IA !

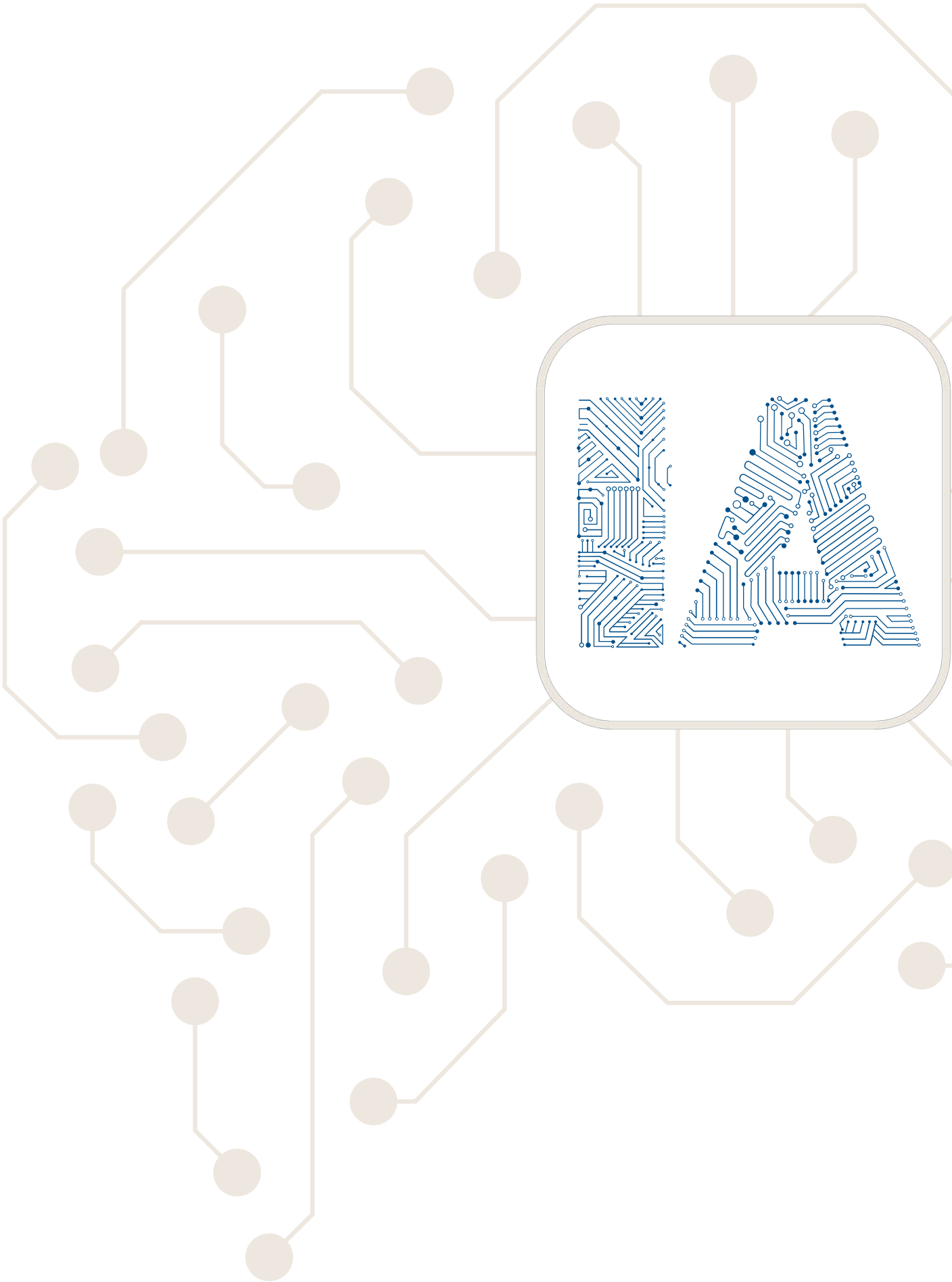
L'adoption et la réussite des projets est primordiale, car l'IA change profondément la façon d'utiliser les bâtiments

La SBA s'est donc mobilisée, en même temps que d'autres organisations professionnelles de la filière, pour clarifier les enjeux, les bénéfices de cette technologie, en décrivant 32 cas d'usage basés sur l'apprentissage dans les différents domaines ciblés par la SBA. Ce document est destiné principalement aux maîtrises d'ouvrages, aux décideurs de la conception et mise en œuvre. L'adoption et la réussite des projets sont fondamentales car l'IA change profondément la façon d'utiliser les bâtiments et nécessite donc de garder l'humain au centre de la conduite du changement, former les utilisateurs et les exploitants, prendre soin de la sécurité et de la gouvernance.

Ne nous trompons pas de débat, le numérique n'est pas une option pour adresser les challenges de l'industrie du bâtiment. L'IA est une technologie clé du numérique dont l'objectif est d'aider l'activité humaine, de résoudre plus rapidement et efficacement des situations complexes. Nous avons résolument orienté ce livre blanc autour des préoccupations des acteurs en mettant en avant les « agents conversationnels » pour une IA inclusive afin de réaliser des tâches que les êtres humains ne font plus, pour des raisons de pénibilité et de coûts.

J'espère, au nom de la Commission IA, que vous trouverez ce document utile pour améliorer vos opérations.

Sébastien Meunier
PRÉSIDENT DE LA COMMISSION IA
VICE-PRÉSIDENT SMART BUILDING





L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, LA PERFORMANCE AU SERVICE DU SMART BUILDING p. 4

L'IA, NOUVEL HORIZON DU SMART BUILDING AU SMART TERRITOIRE

Définitions, idées reçues, état de l'art de l'IA	p. 6
Applications de l'IA au domaine du bâtiment	p. 12

LES APPORTS DE L'IA POUR LE BÂTIMENT ET SES PARTIES PRENANTES

IA dans tous ses états: destination d'usage, phase de projet, parties prenantes	p. 20
Cas d'usage	p. 24

UNE MISE EN ŒUVRE PERFORMANTE DE SON PROJET

Structuration & modélisation du bâtiment	p. 40
Conditions techniques de mise en œuvre de l'IA dans le bâtiment	p. 43
Conditions organisationnelles de mise en œuvre de l'IA dans le bâtiment	p. 45

QUELLE FEUILLE DE ROUTE POUR UN BÂTIMENT À « INTELLIGENCE AUGMENTÉE » ? p. 54

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, LA PERFORMANCE AU SERVICE DU SMART BUILDING

Sans intelligence artificielle, le Smart Building ne serait pas complètement smart. Pas de gestion prédictive des espaces adaptée aux usages des occupants, pas de recharge intelligente pour les véhicules électriques, pas de confort et de bien-être tenant compte des préférences individuelles...

Et pourtant, l'industrie du bâtiment ne met toujours pas en avant le numérique comme une technologie pouvant améliorer la performance et le confort d'usage. Le rapport sur l'intelligence artificielle de Cédric Villani, qui ambitionne de mettre les data au cœur de la politique économique de la France, ne dit pas un mot sur le bâtiment. L'étude du Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques¹ (Pipame) évoque à peine le bâtiment dans son document de plusieurs centaines de pages. Dans le contexte de la transition écologique et environnementale, **il est donc temps de réagir et de redonner à l'intelligence artificielle la place qu'elle mérite dans le secteur du bâtiment.**

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, FAITS ET CHIFFRES

- **20** fois plus de données produites en 2020 qu'en 2010².
- **7** milliards d'euros dans les start-up spécialisées dans l'intelligence artificielle au premier trimestre 2020³. C'est **645%** de plus qu'en 2016.
- Sur l'ensemble des fonds investis en 2020 dans l'intelligence artificielle, **46%** sont allés à des start-up chinoises et **40%** à des start-up américaines. *Quid* de l'Europe ?

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, QUÉSACO ?

Vous l'aurez compris, le potentiel de l'intelligence artificielle, ou IA, est énorme, qu'il s'agisse de rendre les véhicules autonomes, traduire instantanément un texte dans toutes les langues, détecter une maladie à partir d'une radiographie des poumons, ou ajuster précisément le confort d'une pièce au bien-être de son occupant. L'IA est aussi un sujet très technique. C'est de l'algorithmie de pointe! **Si vous avez toujours voulu savoir ce qui se cache derrière le terme d'intelligence artificielle, vous trouverez les réponses en lisant ce livre blanc dédié aux apports de l'IA dans le secteur du bâtiment.**

1. https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/etudes-et-statistiques/prospective/Intelligence_artificielle/2019-02-intelligence-artificielle-etat-de-l-art-et-perspectives.pdf

2. <https://moneystore.be/2020/actu/intelligence-artificielle-de-la-fiction-a-la-science>

3. https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights_State-of-Artificial-Intelligence-2020.pdf

1943 : le neurophysiologiste Warren Sturgis McCulloch et le mathématicien Walter Pitts étudient les analogies entre le cerveau humain et les machines informatiques.

1950 : le mathématicien et cryptologue britannique Alan Turing introduit le terme intelligence artificielle, en publiant son ouvrage *Computing Machinery and Intelligence*. Il est l'inventeur du test de Turing, dont l'objectif est de détecter lequel, d'une machine ou d'un humain, est une IA, en les soumettant à un dialogue.

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LE BÂTIMENT ET LA VILLE

À travers ce livre blanc, la Commission de la SBA vise à donner des notions clés aux parties prenantes du bâtiment et de la ville, pour leur permettre **d'avoir les idées parfaitement claires sur les bénéfices de l'intelligence artificielle**, illustrés par de nombreux cas d'usage. Parmi d'autres services, l'IA permet d'adapter le bâtiment à l'usage réel par ses occupants, grâce à ses capacités d'apprentissage et de prédictivité, à certaines conditions, évidemment :

- Les données doivent être disponibles, traitées, qualifiées, fiables et encadrées.
- La meilleure manière de produire des données dans le bâtiment doit être en capacité de collecter les données qu'il produit. Pour cela, il doit organiser sa digitalisation et s'adjoindre une « cyberstructure ». C'est-à-dire une infrastructure numérique fiable, performance et sécurisée.

CAS D'USAGE POUR METTRE EN LUMIÈRE LES ATOUTS DE L'IA

Pour les acteurs du bâtiment et de la ville (propriétaire bailleur, preneur à bail, directeur immobilier, exploitant, mainteneur, occupants, visiteurs...), l'intelligence artificielle permet donc d'être plus performant et d'apporter plus de services à moindre coûts d'investissement et d'exploitation (CAPEX et OPEX).

Pour vous en persuader, la Commission IA a réuni et détaillé dans le second chapitre de ce livre blanc une trentaine de cas d'usage réels, explicitant pour chaque exemple les problématiques à résoudre, les données exploitées et les bénéfices de l'IA associés, qu'ils soient en termes d'économies, de productivité, de bien-être, ou de respect des réglementations.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, MODE D'EMPLOI POUR LE BÂTIMENT ET LA VILLE

Définitions, cas d'usage et bénéfices... Reste à expliquer comment mettre en œuvre et en pratique l'intelligence artificielle dans le bâtiment et dans la ville.

Dans le troisième chapitre, nous commençons par une mise au point vis-à-vis des idées reçues sur l'intelligence artificielle. Non, l'IA ne va pas détruire des emplois dans le bâtiment. En revanche, elle permet d'effectuer des tâches complexes et automatisées à moindre coût. Prenons l'exemple de la recharge intelligente d'un véhicule électrique, qui permet de faire le plein d'électricité de sa voiture au bon moment en fonction de l'état du réseau électrique et de garantir une charge complète à chaque fois qu'on en a besoin. De façon pragmatique, le métier de « pompiste électrique » n'existe pas et n'a pas de sens d'exister.

L'IA est incontournable et vise à rendre service au plus grand nombre – ce à quoi les acteurs du bâtiment ont tout à gagner –, sans nuire au marché de l'emploi. Autant profiter de cette opportunité!

Donner des clés aux parties prenantes du bâtiment et de la ville, pour leur permettre d'avoir les idées parfaitement claires sur les bénéfices de l'intelligence artificielle

LES CARACTÉRISTIQUES COMMUNES DE L'IA

Les différentes techniques d'IA (machine learning, Deep Learning, systèmes experts, systèmes multi-agents...) partagent des caractéristiques communes.

À commencer par la **capacité de décorrélérer les données du problème des moyens de résolution**. En d'autres termes, l'IA n'a pas de « conscience », qui lui

permettrait d'identifier qu'il y a un problème grâce aux données. Elle a donc besoin qu'on lui décrive le problème pour le résoudre à l'aide d'algorithmes.

La **capacité d'apprentissage** permet aux technologies d'IA d'améliorer leurs performances sur la durée, c'est-à-dire en permanence et de mieux en mieux.

L'IA, NOUVEL HORIZON DU SMART BUILDING AU SMART TERRITOIRE

Définitions, idées reçues, état de l'art de l'IA

Difficile de définir ce qu'est l'intelligence artificielle (ou IA)! Selon l'encyclopédie Larousse, l'IA est un «ensemble de théories et de techniques mises en œuvre, en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine.»

Cette définition nous renseigne sur le fait que l'IA compte des principes opérationnels et d'autres, pour l'instant, seulement prospectifs. Simuler l'intelligence humaine est un concept prométhéen vieux comme le monde, les techniques informatiques de l'IA, elles, datent d'un peu avant la seconde guerre mondiale. Les applications pratiques sont arrivées encore plus tardivement avec l'essor des ordinateurs et leur puissance de traitement toujours croissante. Enfin, la réalité couverte par ce terme ne cesse d'évoluer, du fait qu'elle désigne aujourd'hui un ensemble de techniques algorithmiques de pointe de l'informatique dont la frontière ne fait que progresser. L'IA d'hier représente l'informatique d'aujourd'hui.

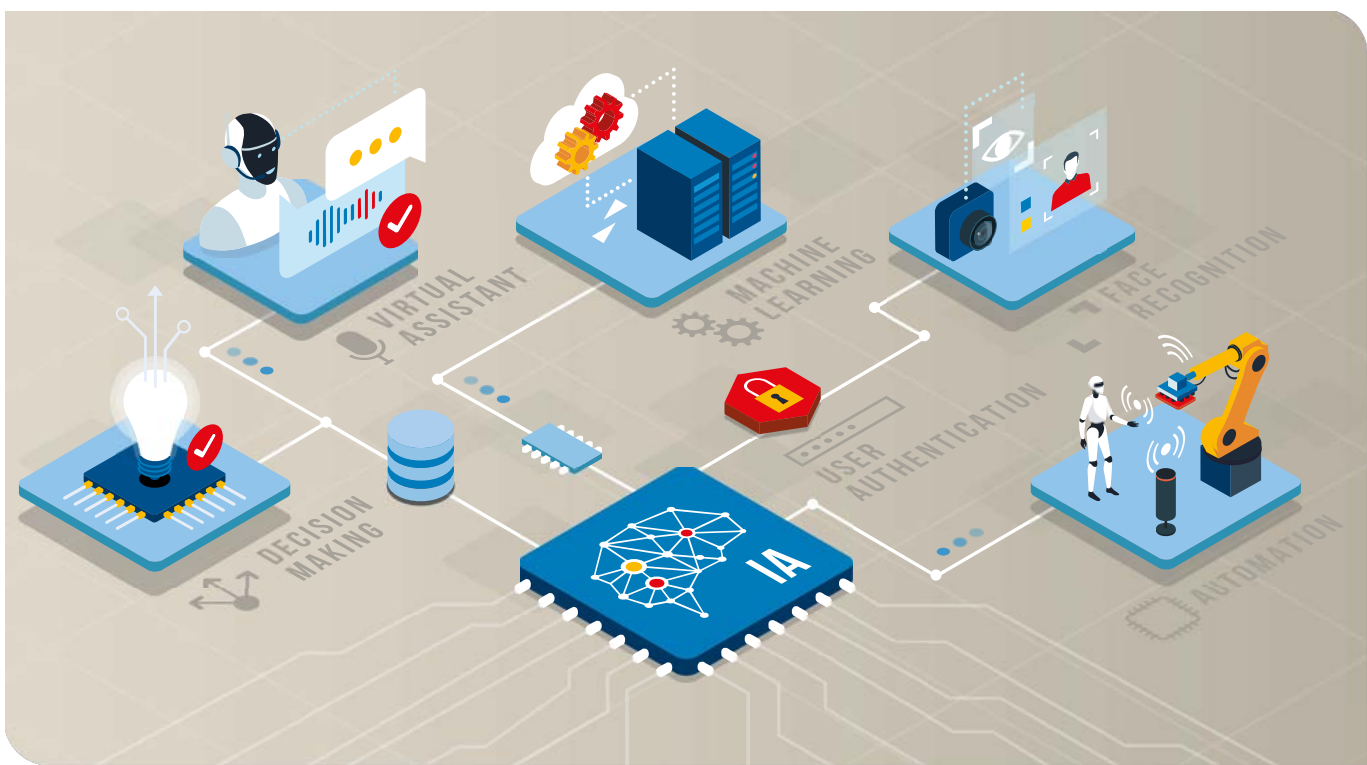
L'IA désigne ainsi un ensemble de techniques algorithmiques avancées, exigeant à ce jour des jeux de données fiables et une capacité de calcul. Ces dernières servent à mettre au point les algorithmes, puis à les exploiter dans la vie quotidienne, y compris celle des bâtiments. On parle «d'entraînement» des algorithmes, phase fondamentale que nous abordons plus loin.

Il existe **plusieurs manières de catégoriser les algorithmes d'IA** selon la nature des problèmes à traiter : algorithmes de prédiction (de ventes, d'incidents techniques), algorithmes de détection d'anomalies (tentative de fraude, défaut sur ligne de production), algorithmes de traitement du langage naturel (reconnaissance et compréhension du texte pour un agent conversationnel), algorithmes de traitement visuel (scan et ajout automatisé d'une facture dans un progiciel).

Aujourd'hui, on peut admettre que les moteurs d'IA s'appuient sur une phase d'apprentissage qui lie la qualité du résultat à la qualité des données, c'est à la fois un inconvénient et une force. En effet, même si un modèle est entraîné avec des données lacunaires, la qualité des résultats pourra s'améliorer au cours du temps. En revanche, un modèle entraîné avec des données non adaptées, voire un modèle entraîné avec peu de données, ne pourra jamais fournir de résultats suffisamment qualitatifs. Cette capacité d'adaptation qui donne parfois l'illusion de l'intelligence est presque exclusivement l'apanage de l'IA.

Il y a deux types d'avantages qui se cumulent : **capacité de traiter un système complexe** (c'est-à-dire qu'il est difficile ou impossible de le modéliser complètement) et **capacité d'apprentissage** (c'est-à-dire s'adapter à des changements dans le temps du système).

La complexité que l'on veut traiter est parfois difficile à appréhender, alors qu'elle peut simplement venir du nombre de paramètres que l'on veut prendre en compte pour prendre une décision. Par exemple, réguler une température autour d'une consigne stable est un problème physiquement simple et facile à programmer. En re-



vanche, si la régulation de la température de consigne doit prendre en compte les prévisions climatiques, le comportement thermique du bâtiment, les exigences individuelles des occupants, l'impact carbone et/ou économique du système de chauffage ou de refroidissement, seul un programme s'appuyant sur un moteur IA pourra proposer une solution acceptable au problème, la complexité étant trop grande pour un algorithme classique.

Pour toutes ces raisons, l'IA constitue un très bon ensemble d'outils pour effectuer des tâches complexes.

Un certain nombre d'idées reçues doivent cependant être évoquées ici :

- **Il n'y a pas d'intelligence « forte » dans l'IA.** Il n'existe pas en effet aujourd'hui d'algorithme capable d'apprendre tout et n'importe quoi. L'IA reste un outillage, elle ne dote pas l'ordinateur de raison, indépendante de son développeur par exemple. L'IA n'est donc ni malveillante ni bienveillante. C'est un programme qui fait ce pourquoi il a été programmé. Il faut se garder d'un anthropomorphisme assez courant, comme l'illustre la façon dont les personnes « répondent » aux assistants virtuels Siri ou Alexa.

- **Un programme d'IA n'a de pertinence que sur un périmètre déjà exploré.** Pour s'en convaincre, il suffit de regarder les prévisions de temps de parcours affichées après la fermeture soudaine des transports en commun. Un changement de contexte et donc l'apport de nouvelles données peut entraîner un certain délai avant que l'IA ne fournissent un résultat adapté à force d'entraînement. Cela ressemble plus à un modèle « essai-erreur » qu'à de l'intelligence humaine !

- **Certaines tâches sont encore hors de portée même des systèmes d'IA,** soit parce que les modèles sont trop complexes et/ou les variables mal connues (météo par exemple) ou parce que la puissance de traitement n'est pas assez performante pour l'instant (déplacements robotisés complexes comme la voiture totalement autonome, par exemple). On ne peut donc pas tout attendre de l'IA non plus.

À l'inverse, à cause de cette phase d'apprentissage et de leurs dépendances aux données, **les moteurs d'IA sont parfois rejetés des automatismes habitués aux spécifications fonctionnelles**, pour lesquels la manière d'arriver au bon résultat est connue à l'avance : c'est le modèle physique sous-jacent.

Le reproche dans ces cas-là est classique: «On ne connaît pas le résultat, donc on ne peut pas garantir que cela va fonctionner». En fait, quand les données sont bonnes, ce qui souvent veut juste dire réelles et disponibles, la capacité de la plupart des moteurs est supérieure aux systèmes classiques. De plus, quand les données se dégradent au cours du temps et que le modèle physique de base n'est plus adapté, les moteurs d'IA continuent souvent à donner de bons résultats grâce à leurs capacités d'extrapolation que n'ont pas les systèmes classiques. Par exemple, il est démontré, qu'un réseau de neurones, appelé aussi un système multi-agents, peut effectuer une régulation de température aussi bien qu'un PID¹ (algorithme de régulation classique de l'automatisme) et même mieux, dès que l'on s'écarte un peu trop des conditions de fonctionnement initiales des équipements.

LES DOMAINES D'IMPACT DE L'IA

Imiter les comportements humains (intelligents ou non), ouvre *a priori* sur tous les domaines d'applications de l'industrie et des services. Aujourd'hui, on peut mettre en avant quelques domaines où l'IA est déjà à ce jour employée massivement.

La santé: le diagnostic automatique est un domaine historique de l'IA. Les avancées en classification d'images en font également un très bon outil pour la radiologie.

Le divertissement: un autre secteur historique de l'IA vient de l'application de la théorie des jeux. Les échecs sur ordinateur représentent sans doute l'exemple le plus cité quand on parle de la supériorité de la machine sur l'homme avec l'IA. L'industrie du *gaming* et du cinéma sont d'importants utilisateurs de l'IA depuis longtemps et avec des contraintes spécifiques comme le temps réel et le terrain de jeu partiellement visible.

L'industrie manufacturière: la robotique combinée à l'IA est de plus en plus employée par l'industrie. La capacité d'effectuer des prédictions sans modèle établi fait également de l'IA un très bon moyen de réaliser de la maintenance prédictive. La maintenance prédictive est employée dans les services quand elle est déportée et par l'industrie directement quand elle est embarquée.

Le transport: entre la résolution de problèmes de navigation multimodale, la prédiction de trafic routier ou l'assistance à la conduite et le véhicule autonome (train, drone, voiture, fusée), l'utilisation de l'IA est aussi très répandue dans ce secteur.

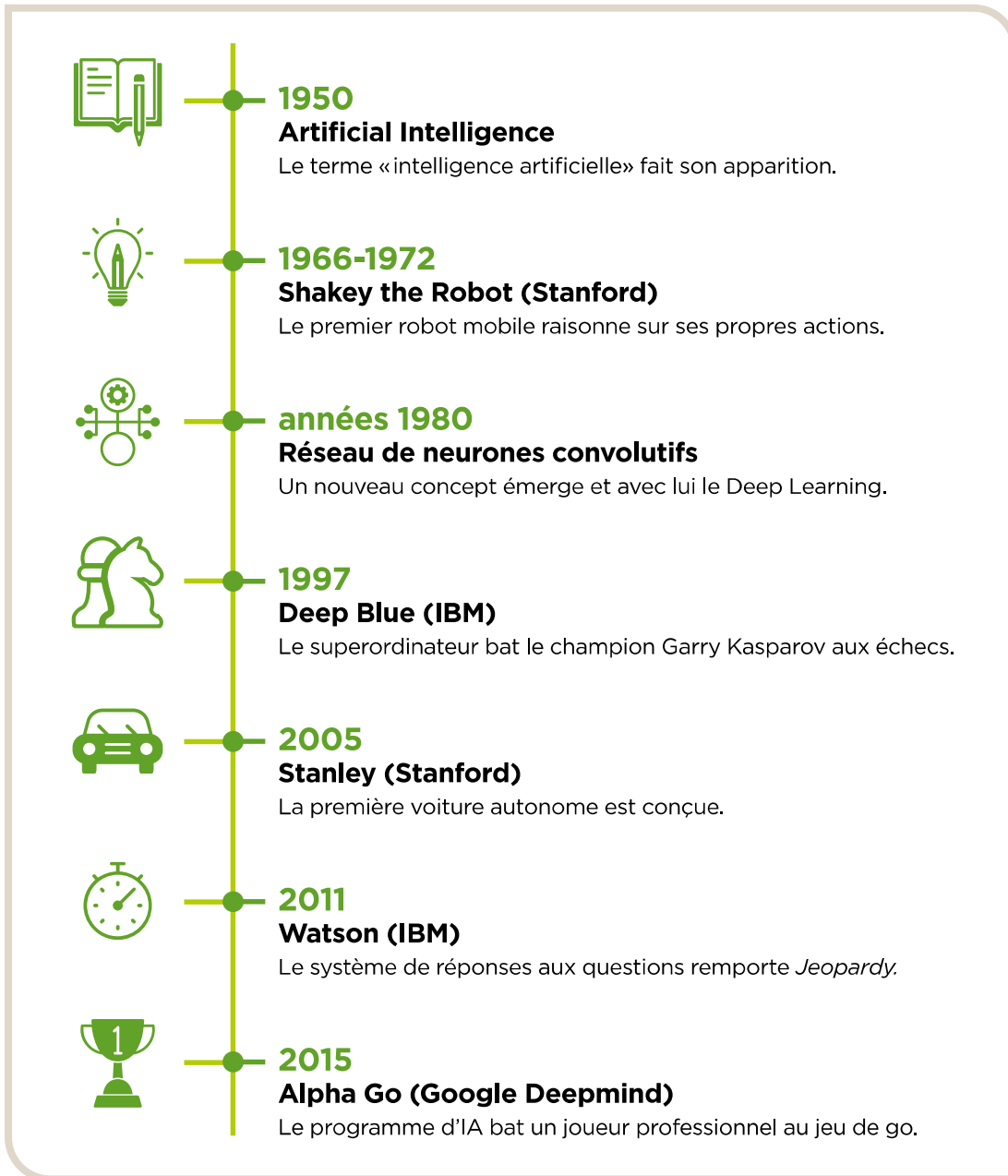
Le commerce: l'apparition du e-commerce, et donc le besoin de traitement massif de données très hétérogènes et nombreuses, fait de l'IA un outil de choix pour le tracking des clients, ou les recommandations automatiques.

La banque: l'utilisation de l'IA pour le trading est la plus connue et sans doute la plus ancienne dans ce secteur, par exemple, pour améliorer l'expérience client avec des chatbots et accélérer l'analyse des demandes pour les prêts.

Le secteur militaire et la sécurité: simulation stratégique, pilotage automatique, reconnaissance d'images ou de différents signaux. Le secteur de la défense est, depuis toujours, un grand utilisateur de la plupart de ces technologies de pointe. La sécurité civile, comme la Police, la Gendarmerie ou les Douanes, parfois, l'emploie aussi massivement pour la reconnaissance faciale par exemple.

*Imiter les
comportements
humains
(intelligents ou
non), ouvre a priori
sur tous
les domaines
d'applications
de l'industrie
et des services*

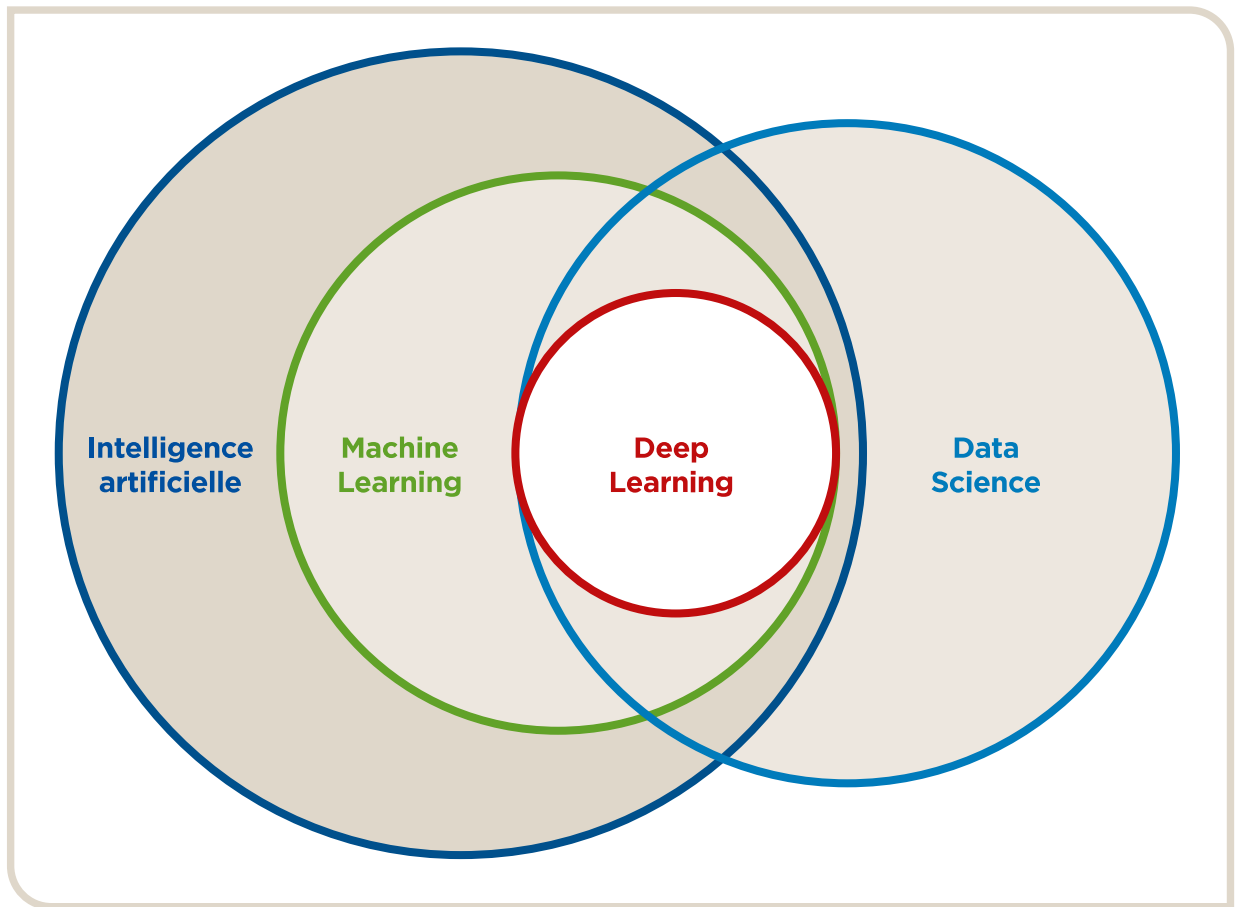
1. PID: Proportionnel, intégral, dérivé.



L'énergie: la prédiction (de consommation ou de production) et la gestion de réseaux complexes de distribution, sont des terrains de jeux privilégiés de l'IA. Par exemple, pour disposer d'une fonction d'auto-cicatrisation du réseau électrique en cas de panne.

Plus généralement, partout où l'on trouve du traitement d'images ou de vidéos, des applications liées au langage informatique (de programmation) VS le langage naturel, c'est-à-dire celui utilisé par les êtres vivants, des analyses prédictives, de l'automatisation et de la simulation de système complexe (y compris jeux, météo...), l'IA est un outil aujourd'hui indispensable.

Rapidement, la plupart des services, le droit, la construction, l'éducation, la politique, l'art seront impactés fortement par ce domaine très transverse qui suit de près la digitalisation, dès que les flux de données sont importants voire massifs. Le bâtiment au sens large (de sa conception à son exploitation) ne fait pas exception à la règle.



LES GRANDES TYPOLOGIES D'IA

Systèmes experts, machine learning, Deep Learning, systèmes multi-agents, SVM (Support Vector Machines), réseaux bayésiens...: longue est la liste des algorithmes classiques qu'on ne peut différencier qu'en rentrant dans les subtilités mathématiques de leurs différences mais qui sont autant de techniques algorithmiques employées en IA. Le choix de la méthode se fait souvent en fonction de plusieurs critères: les données, les architectures matérielles disponibles, la nature du problème à résoudre.

Il y a également une différence entre «supervisé ou non supervisé»: classification et apprentissage avec label ou fonction d'erreur connue d'un côté, découverte de classes non apprises de l'autre (Deep Learning, SVM...). Les deux existent. En conséquence, on peut utiliser l'IA quand l'on sait ce que l'on veut trouver ou au moins quand l'on sait qualifier la réponse du système. On peut également exploiter des outils d'IA quand il s'agit d'identifier des comportements cohérents, des ensembles homogènes à l'intérieur de données en vrac et sans idées préconçues sur les ensembles à trouver (ni de taille ni de population).

Systèmes boîte noire VS boîte grise ou blanche

Les systèmes d'IA sont en général connus pour être de type «boîte noire», c'est-à-dire sans capacité d'explication des résultats. En fait, il existe toute la gamme possible depuis les systèmes experts historiques où les règles et le moteur de raisonnement (ou d'inférence) sont explicites et donc pour lesquels l'algorithme peut expliquer son raisonnement, jusqu'aux algorithmes de Deep Learning dont l'apprentissage n'est pas supervisé (boîte noire complète).

Comme expliqué plus avant, le fait d'être une boîte grise ou même une boîte noire ne présage en rien de la qualité du résultat et de l'efficacité de ces systèmes.

Il y a des systèmes «hybrides» entre l'IA et l'algorithmie classique ou l'automatisme. On peut, par exemple, expliciter un système physique sous forme d'équations et utiliser l'IA pour le paramétrer finement au cours du temps et améliorer ainsi l'efficacité de ce modèle.

L'avantage de ces systèmes hybrides est qu'il est facile de les faire accepter. Leur inconvénient est la limitation introduite par le modèle utilisé. Les équations de la physique, même paramétriques, permettent mal de prendre en compte des entrées inconnues.

Le mythe de l'IA forte ?

Alors que l'IA faible est limitée à un domaine restreint, l'IA forte serait une IA quasi multipotente. Il n'y a pas d'IA forte implémentée et déployée aujourd'hui. Sa possibilité même, supposant vraisemblablement une « conscience » de la machine, est mise en cause sur le plan théorique.

APPORTS, ÉVOLUTIONS ET LIMITES DE L'IA

Les apports de l'IA sont devenus évidents depuis l'explosion d'Internet et de la quantité de données que la toile génère. La croissance du volume de données est même bien plus rapide que celle de la loi de Moore et ses dérivées (croissance des capacités de traitements des ordinateurs avec le temps). La manipulation de ces données avec des algorithmes « classiques » est désormais quasiment impensable si on raisonne sur un marché et des données globales.

Dans la relation avec les humains à grande échelle, l'IA commence à apporter une finesse aux machines qui donne à l'interaction homme-machine des possibilités qu'elle n'avait pas jusqu'à présent. Nous ne sommes qu'au début de ce phénomène. Le traitement du langage naturel ou la reconnaissance des émotions, par exemple, sont encore balbutiants.

C'est la combinaison des données massives et des progrès de l'IA qui vont marquer le plus rapidement les années à venir, sans doute.

Limites théorique technique et éthique/politique

Il n'y a pas de limite théorique claire aux développements de l'IA. En termes de capacités, la limite serait plutôt à chercher dans les possibilités techniques de traitement des informations par un automate (limite qui progresse sans cesse malgré tout). Il ne faut cependant pas chercher la reproduction totale du comportement humain comme la limite à atteindre, de la même manière le vol artificiel des avions ne cherche pas à reproduire le vol naturel des oiseaux. Même si l'éventualité de l'émergence d'une « conscience » sur une machine fait sérieusement débat, celle-ci semblant être un prérequis à l'avènement de ce que l'on appelle une « IA forte », c'est-à-dire non limitée à un domaine précis.

Aujourd'hui, les limites dans le développement de l'IA sont plutôt éthiques et politiques que techniques. En traitant assez de données et en les croisant (c'est-à-dire en ne les anonymisant pas), l'IA est déjà capable de donner des résultats dans le domaine médical (avec l'utilisation des données de génome par exemple), dans celui de la sécurité (reconnaissance faciale généralisée) ou dans celui de la politique (analyses des comportements, sociologie fine) qui vont au-delà de notre conception de l'éthique. Par conséquent, c'est le champ politique qui devrait fixer les limites de l'IA, pour focaliser son champ d'actions sur des avancées positives.

*C'est la combinaison
des données
massives
et des progrès de l'IA
qui vont marquer
le plus rapidement
sans doute
les années à venir*

Applications de l'IA au domaine du bâtiment

LES CINQ DOMAINES D'APPLICATION

- Conception et réalisation
- Performances d'usage et services
- Interaction et aide pour les occupants
- Continuité d'exploitation et maintenance prédictive
- Interconnexion du bâtiment avec son quartier

Conception et réalisation

En conception, les capacités de simulation rapide de systèmes complexes font de l'IA un moyen de modéliser dynamiquement des bâtiments et donc de les optimiser en prenant en compte simultanément des données physiques multiples.

Aujourd'hui, on utilise essentiellement des simulateurs physiques verticaux (une seule donnée analysée à la fois), comme les calculs éléments finis pour la résistance des matériaux ou le calcul de structure par exemple, ou des calculs thermiques statiques et sans simulation de présence. On peut d'ores et déjà utiliser l'IA pour faire ces modélisations de manière croisée et dynamique.

En automatisant un grand nombre de ces opérations, on trouve des résultats plus performants techniquement. Ces simulations pourraient également être croisées avec des données réelles de bâtiment existant pour les renforcer.

Les phases de chantiers utilisent très peu l'IA aujourd'hui et pourtant les gains pourraient être importants dans ce domaine également. Tout d'abord, la phase chantier pourrait être une des étapes simulées de la conception de façon à optimiser les usages des différentes ressources d'un chantier (hommes, machines, matériaux, énergie).

Sans aller jusqu'aux chantiers complètement automatisés et réalisés par des robots, l'IA pourrait rapidement apporter des bénéfices dans des domaines précis et limités comme, entre autres, le monitoring, la planification, le levage, la sécurité, la mise en service des équipements, les vérifications de sécurité et de fonctionnement.

La construction hors-site est en passe de devenir un mode constructif particulièrement bien adapté pour profiter des gains de productivité de l'industrie d'une part (comme la robotique, l'impression 3D, les logiciels et les machines intelligentes) et d'autre part des différentes technologies IA au service d'une construction plus rapide, économique et adaptable aux usages futurs. La modélisation du bâtiment en amont de sa construction permet notamment d'utiliser l'IA pour réaliser des simulations et des optimisations sur son jumeau numérique, de la même façon que ce qui est utilisé dans l'industrie aéronautique par exemple.

Performances d'usage et services

Afin de bénéficier au mieux de la mise en œuvre de l'IA de la conception à l'exploitation, le bâtiment doit entrer de plain-pied dans l'ère du numérique et du connecté. Cela permettra de faire coïncider au mieux ce qui a été simulé à la réalité des usages et réciproquement. La numérisation du bâtiment (en conception) permet, en effet, de simuler les bâtiments (en exploitation) en fonction des usages réels qu'ils auront et de leur environnement. Une boucle vertueuse peut donc se créer: non seulement les nouveaux bâtiments vont bénéficier du retour d'expérience de l'existant, mais la réci-

proque est vraie car, dans une architecture idéale, les bâtiments existants vont se mettre à jour au fur et à mesure des nouveaux développements testés sur des conceptions en cours.

Au-delà de la conception, en usage, l'IA, de par sa capacité à prendre en compte les habitudes individuelles, permet d'adapter la réponse du bâtiment à chaque utilisateur, chaque situation. C'est une amélioration notable du bien-être qui en découle, ainsi qu'une performance énergétique accrue.

Nous ne sommes pas capables de faire une liste des services qui vont apparaître demain dans un bâtiment intelligent. Pas plus qu'on ne prévoyait *Deliveroo*, *Waze* ou *Instagram* quand les portables se sont équipés de systèmes d'exploitation.

Cependant, on peut voir que dans d'autres domaines (comme celui du véhicule par exemple), les usages ont été révolutionnés par l'arrivée du numérique. Ils se sont interconnectés. L'utilisation combinée de deux services en créant un troisième plus performant. Ils ont transformé la voiture en plateforme de services (*Uber*, *Blablacar*) et on peut s'attendre à la même évolution dans le domaine du bâtiment (coworking, coliving...). Dans ce cadre, l'IA et la numérisation se comportent comme des accélérateurs mutuels, l'un bénéficiant des apports de l'autre et réciproquement.

On peut donc *a minima* compter sur deux changements importants avec l'IA et la numérisation :

- le développement d'une variété des services par le croisement des données d'usages du bâtiment ;
- un déplacement de la valeur de la propriété vers la valeur d'usage.

En effet, sur les avancées rapides et déjà disponibles au moins partiellement, on voit que les technologies utilisant l'IA se concentrent aujourd'hui sur la performance énergétique, la géolocalisation, l'optimisation de l'utilisation des espaces partagés, et la communication intelligente avec les véhicules et le réseau énergétique environnant. La sûreté et la sécurité font partie également des axes privilégiés de développement du moment, que ce soit la cybersécurité comme le contrôle d'accès.

Interaction et aide pour les occupants

Dans les développements à venir de l'IA, sa capacité à améliorer et automatiser les échanges homme-machine, vont transformer la relation occupant-bâtiment, la compléter, l'améliorer. Un bâtiment capable de guider les gens, d'auto-expliquer son fonctionnement et de s'adapter à ses différents usagers sera une véritable avancée. Dans le domaine du maintien à domicile ou de l'aide aux personnes en situation de handicap par exemple, on voit bien qu'il y a de sérieux besoins. Si le bâtiment peut s'adapter à une perte temporaire ou progressive d'audition, de vue, de mobilité de ses occupants, cela aura un impact social très important. L'IA est d'ores et déjà en mesure de répondre à certaines de ces problématiques.

Continuité d'exploitation et maintenance prédictive

L'IA va impacter l'exploitation technique du bâtiment sur au moins trois axes principaux.

La résilience énergétique : à travers sa capacité à prédire les usages, optimiser et anticiper les ressources disponibles, l'IA permet d'utiliser de manière très efficace des sources complémentaires d'énergie (énergies renouvelables, réseau, calorifique, échanges locaux...). Cela rend le bâtiment intelligent performant énergétiquement et très résilient.

*Le développement
d'une variété
de services
et un déplacement
de la valeur
de la propriété vers
la valeur d'usage*

*L'arrivée de
l'intelligence
artificielle est une
excellente nouvelle
pour les intégrateurs
et les clients finaux
qui vont disposer
d'applications
efficaces pour des
prix maîtrisés.*

La maintenance prédictive : une IA capable d'apprentissage, d'interprétation de données hétéroclites et hétérogènes dans des temporalités différentes, de prédiction et de classification des données, saura détecter et anticiper la plupart des différentes défaillances de ces équipements. Cela procure un bénéfice double en termes de temps de disponibilité des équipements en question, voire du bâtiment dans son ensemble, ainsi qu'une meilleure planification d'éventuelles tâches de remplacement. Les coûts d'exploitation s'en trouvent réduits et les délais de réparation optimisés, rendant l'usage du bâtiment accessible aux meilleurs niveaux de service.

La résilience fonctionnelle : complément naturel de la maintenance prédictive, la capacité pour de l'IA à trouver des circuits fonctionnels alternatifs, peut permettre, comme pour la résilience énergétique, d'améliorer la résilience de la plupart des fonctions du bâtiment grâce aux algorithmes et aux données.

Le bâtiment connecté à son quartier

Le bâtiment est en interaction avec son environnement extérieur en vue d'optimiser :

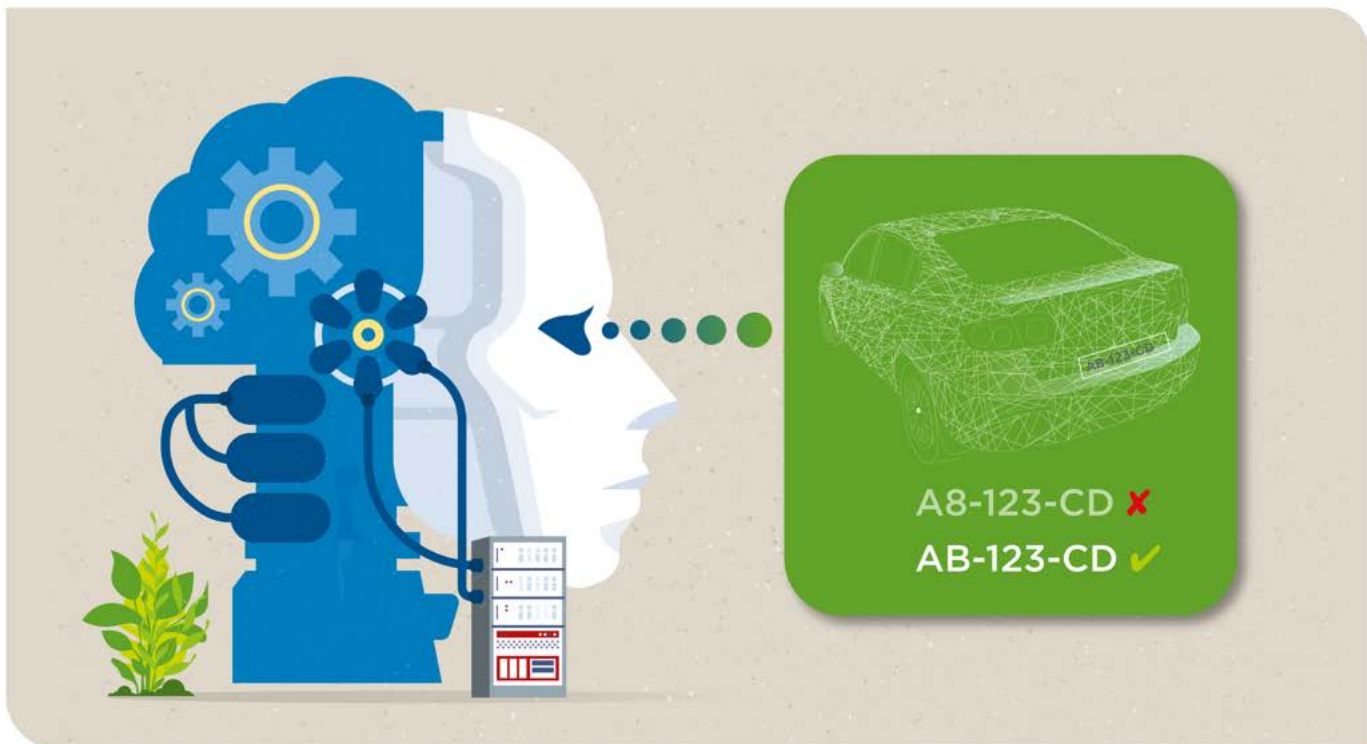
- son impact carbone et son efficacité énergétique ;
- son accessibilité via les transports en commun ;
- la gestion et la mutualisation des parkings (l'optimisation des chargements des véhicules électriques) ;
- la géolocalisation et le géoguidage continu en extérieur et en intérieur du bâtiment ;
- la prise en compte de facteurs externes pour prédire le taux d'occupation (trafic routier, manifestations, pandémie ou encore congés scolaires).

D'une manière générale, l'intelligence artificielle apporte beaucoup au domaine du traitement d'images dans le secteur du transport. Mais son utilisation est très variable suivant les sujets. Massif dans le domaine de la DAI (Détection automatique d'incident) ou dans celui de la classification, l'IA est à ce jour plus rarement utilisée en matière de LAPI (Lecture automatisée des plaques d'immatriculation).

Dès lors qu'il s'agit de répertorier un objet dans une image, l'intelligence artificielle est une technologie révolutionnaire. Auparavant, il fallait des années de travail avec de très bons ingénieurs mathématiciens pour construire des algorithmes permettant de modéliser les objets de manière à les reconnaître dans leur environnement à l'aide d'une caméra, quelles que soient leur orientation, leur taille et les conditions d'éclairage. Désormais, un logiciel comme *TensorFlow*, outil d'apprentissage automatique de Google ou ses équivalents, (accessible pour des professionnels), permet de développer des applications efficaces de classification en quelques semaines ou quelques mois à un coût dérisoire.

Ces nouveaux outils permettent de produire un résultat prédictif à partir des données injectées dans le modèle. Ils vont classer ces données c'est-à-dire mettre une étiquette sur ce qui apparaît dans l'image : une voiture, un lampadaire, une personne, un chien. Pour cela, l'intelligence artificielle est absolument révolutionnaire et terriblement performante.

Prenons un autre exemple, celui de l'utilisation de l'intelligence artificielle pour la lecture des plaques d'immatriculation. La barrière à l'entrée qui autrefois était constituée par des modélisations mathématiques très poussées n'existe quasiment plus. Il reste naturellement des difficultés mais elles ne sont pas technologiques. Il faut notamment disposer de suffisamment de données et les classer correctement pour alimenter les modèles, ce qui pose des problèmes de nature juridique ou administrative, mais non technologique.



Dans le domaine des activités de transport, on ne compte plus les sociétés qui ont été créées depuis 2018 pour utiliser l'intelligence artificielle pour la classification, où elle est particulièrement utile. Nombre d'entre elles sont capables de donner la marque et le modèle d'un véhicule, de lui attribuer une classe¹, de faire de la détection de covoiturage en repérant une forme humaine à l'intérieur d'un habitacle.

Pour autant, en matière de LAPI, l'intelligence artificielle vient compléter, mais non remplacer l'approche algorithmique. Les entreprises de lecture de plaques haut de gamme utilisent maintenant l'intelligence artificielle par petites touches dans leur technologie. C'est une évolution indispensable qui permet de compléter les outils habituels, mais ce n'est pas une révolution.

L'arrivée de l'intelligence artificielle est alors une excellente nouvelle pour les intégrateurs et les clients finaux qui vont disposer d'applications efficaces pour des prix maîtrisés.

Citons deux exemples où le surcroît de performance ouvre des possibilités nouvelles (voir Cas d'usage page 30):

- Dans le métier du parking, des caméras LAPI identifiant les véhicules à plus de 98% offrent la possibilité de passer à des parkings sans ticket et sans contact dans lesquels le service aux usagers est nettement amélioré, avec des entrées et sorties plus rapides, une meilleure gestion des tickets perdus et des coûts d'exploitation drastiquement réduits (avec moins, voire plus aucun équipement de contrôle d'accès).

- Dans le métier de l'exploitation autoroutière, que ce soit en péage traditionnel ou en péage sans arrêt, des caméras LAPI identifiant les véhicules à plus de 98%, c'est la possibilité de mettre en place des offres basées exclusivement sur cette technologie (couplage du LAPI et de la carte bancaire) à l'exclusion notamment de tout abonnement basé sur les technologies DSRC ou RFID qui requièrent la distribution et la gestion de transpondeurs plus ou moins complexes et coûteux, embarqués dans les véhicules.

1. Au sens de classe autoroutière d'un véhicule dont dépend le tarif qui lui est appliqué.

TROIS THÉMATIQUES TRANSVERSALES

Données, système d'exploitation et IA du bâtiment

Les notions de système d'information, de système d'exploitation du bâtiment, d'architecture orientée services et d'IA pour le bâtiment sont liées entre elles.

La rationalisation des architectures des systèmes d'information apportée par l'utilisation d'OS du bâtiment (*Operating System* ou système d'exploitation) va permettre à la fois d'apporter plus de données (mutualisation) et également d'en améliorer la qualité et la fiabilité. Cet OS va permettre aux services connectés de bénéficier d'une sémantique et d'un vocabulaire communs et unifiés pour le bâtiment (et tous ceux qui utilisent le même OS). Cette caractéristique, pour un système d'IA est un bénéfice très important. À travers quelques ontologies (autant qu'il y a d'OS), les services d'IA vont accéder à des données décrivant de manière unifiée et plus simple les capteurs, les actionneurs et autres équipements du bâtiment, s'épargnant les tâches fastidieuses et quasi insurmontables de décryptage de chaque matériel et protocole.

Unifiant également la topologie de chaque bâtiment ainsi que leur référentiel temporel, les OS permettent aux différents moteurs d'IA de « raisonner » directement à l'échelle du bâtiment. Avec une vue globale multi-bâtiments, ces services vont pouvoir mettre en œuvre des technologies qui sont aujourd'hui pratiquement inaccessibles à ce secteur.

L'explosion du nombre d'émetteurs et récepteurs de données dont l'ordre de grandeur va très vite devenir supérieur à celui dû à la connexion des individus, nécessitera un OS du bâtiment afin d'en tirer toute la valeur potentielle.

Cybersécurité, sécurité des biens et des personnes

La cybersécurité, c'est-à-dire la sécurité des flux de données qui parcourent les bâtiments, est un enjeu depuis longtemps. La massification de la connexion des bâtiments va simplement transformer cet enjeu en volume. Les méthodes permettant de garantir cette sécurité existent et sont en fonctionnement dans un grand nombre d'activités numérisées des banques ou du secteur de la défense, l'IA étant un gros consommateur de données. Il est à parier que ces techniques, matures, industrialisées et déployées massivement ailleurs, vont prendre leur essor dans le bâtiment également en imposant leur standards.

Pour ce qui est de la sécurité des biens et des personnes, l'utilisation des techniques de l'IA est déjà massive. Le développement de la vidéo-surveillance, combinée à la multiplication des usages des bâtiment, va vraisemblablement l'accélérer.

Au travers de la maintenance prédictive, de la détection d'anomalies, de la reconnaissance d'activité, on voit que l'essor de l'IA va apporter un plus en termes de services dans le domaine de la sécurité.

Éthique, respect et gouvernance

Déjà clairement encadrée, notamment par le RGPD, l'utilisation des données est un sujet sensible en termes de vie privée, de surveillance ou de droit. En rendant accessible le traitement massif de volumes de données plus importants et en permettant d'en extraire des informations de plus en plus complexes et personnelles, l'IA est au cœur de ces problématiques. Il est par exemple possible pour une IA dans un bâtiment équipé de caméras et de compteurs énergétiques, de donner une image de la productivité du personnel ou de rendre compte des activités et des allées et venues



de personnes dans le résidentiel. La capacité des systèmes à prendre en compte cette dimension, à être conforme à une législation qui évolue et à donner les clés de l'administration consciente de ces paramètres, va devenir un axe de choix stratégique des fournisseurs de services quand on va équiper massivement les bâtiments. Pour les mêmes raisons, les systèmes gérant les flux de données du bâtiment doivent d'ores et déjà considérer cette dimension, car ce sont eux qui autorisent ou interdisent les flux de données à la source.

LES NIVEAUX D'AUTONOMIE DU BÂTIMENT

Quand on transforme un bâtiment en plateforme de services intelligente, on imagine qu'on va le rendre plus autonome et plus centré sur ses utilisateurs.

En premier lieu, il convient de doter le bâtiment d'une infrastructure qui rend la digitalisation possible. Les différents services et l'intelligence artificielle, qui doivent se développer dans le bâtiment, consomment le même carburant : des données. Mais des données brutes, hétérogènes ou non localisées ne permettent que des services très limités et ne sont sûrement pas un bon ingrédient de base pour une IA efficace. Le premier pas vers l'autonomie du bâtiment est donc sa capacité à générer, de manière fiable et durable, des données de qualité en grande quantité. La qualité des données, pour un bâtiment, réside dans plusieurs fonctionnalités qu'elles doivent intégrer, en plus de l'ouverture qui garantit leur accessibilité :

- La fiabilité : pas ou peu de données manquantes, pas de valeurs aberrantes.
- La temporalité : les données doivent être datées avec une base de temps commune.
- L'identification : l'émetteur de la donnée, équipement ou personne, doit être connu. Et aussi son récepteur pour permettre la bonne gestion des droits d'accès.
- La sécurisation : l'accès aux données doit, bien sûr, être sécurisé, même une simple température de pièce non sécurisée pouvant devenir une faille problématique.
- La localisation : un référentiel commun de localisation doit être partagé entre toutes les données.

Un bâtiment R2S qui intègre une infrastructure ouverte et un système d'information de gouvernance qui autorise les cinq fonctionnalités précédentes est donc un bâtiment qui a fait le premier pas vers l'autonomie.

La deuxième étape vers l'autonomie du bâtiment à laquelle on pense quand on réfléchit à une plateforme de services intelligente consiste à utiliser les données produites pour :

- Diminuer les coûts d'exploitation du bâtiment grâce à des services intelligents de performance ou d'autonomie énergétique, de maintenance prédictive efficace, de baisse des coûts de conception et de réalisation des travaux d'amélioration de l'existant.
- Augmenter la valeur perçue par les preneurs ou leurs clients à travers l'évolutivité des services qui va pouvoir être proposée et la diversité de ces services qui va notamment permettre de multiplier les usages et d'optimiser les taux d'occupation. Une multitude de services va également émerger pour faciliter la vie des occupants du bâtiment rendant, par comparaison, les autres bâtiments moins attractifs.

Une troisième étape vers l'autonomie peut être pensée dès maintenant. C'est même la première marche vers l'autonomie en création de valeur. Plus le bâtiment devient autonome et intelligent, plus il va pouvoir anticiper les besoins de ses utilisateurs. Au-delà de son enveloppe physique, la connectivité du bâtiment va lui permettre de se comparer à tout un écosystème de bâtiments équivalents et de proposer lui-même des améliorations. Proposer des nouveaux services dont ses utilisateurs sont

BÂTIMENT « OMOTENASHI » : HUMAN CENTRIC

BÂTIMENT AUTO-ADAPTATIF

ANTICIPER
LES BESOINS

USAGES
RÉELS

PROPOSER
DE LA VALEUR

OPTIMISATIONS

BÂTIMENT R2S

INFRASTRUCTURE
OUVERTE

GOVERNANCE

demandeurs ailleurs mais aussi des services qui ont rendu le bâtiment d'à côté plus performant ou plus fréquenté.

Enfin, c'est le bâtiment qui va proposer ses services vers l'extérieur et endosser, complètement, son rôle de plateforme. Les données qu'il génère, au même titre que l'énergie qu'il produit, sont ou peuvent devenir des sources de valeur à l'extérieur :

- Un éditeur de simulateur de structures peut avoir besoin de savoir comment le bâtiment se comporte dans le temps en fonction de son utilisation
- Un bâtiment voisin peut avoir besoin d'un surplus d'énergie quand le premier en produit plus qu'il n'en consomme
- Des professionnels autour peuvent avoir besoin de connaître le taux d'occupation du quartier (et donc des bâtiments qui le composent) pour anticiper leur propres activités.

Tous ces services, attachés à l'écosystème du bâtiment, ne peuvent s'envisager sans échange de données massives, sans traitements complexes, sans connectivité consolidée et donc sans IA.

Omotenashi, en japonais, signifie hospitalité généreuse et désintéressée.

LES APPORTS DE L'IA POUR LE BÂTIMENT ET SES PARTIES PRENANTES

IA dans tous ses états : destination d'usage, phases de projet, parties prenantes

L'IA POUR TOUS, DANS TOUS LES BÂTIMENTS

L'intelligence artificielle est en plein essor dans les bâtiments d'activité et dans le résidentiel. Elle s'intègre petit à petit dans les habitudes des occupants et des autres parties prenantes du bâtiment. En effet, pour l'usage des propriétaires et des occupants, en passant par les exploitants, l'intelligence artificielle permet de traiter un grand nombre de données et de dégager des informations à forte valeur ajoutée jusqu'alors restées dans l'ombre. En se basant sur ces informations à forte valeur ajoutée, de nombreuses activités (GTB¹, GMAO²) s'enrichissent et permettent une amélioration de l'efficacité énergétique, de la productivité des occupants, de l'efficacité de la maintenance ou du confort. Il est ici évident que la mise en place de l'intelligence artificielle au sein d'un bâtiment n'est pas réservée aux grands bâtiments tertiaires ou à des bâtiments de bureaux uniquement. L'IA concerne tous les bâtiments, ouvrages et infrastructures qui accompagnent l'activité économique ainsi que les bâtiments résidentiels sur l'ensemble de leur cycle de vie.

L'IA, DE LA CONCEPTION AU CHANTIER ET À L'EXPLOITATION

L'intelligence artificielle est un élément clé dans le cycle de vie d'un bâtiment, de sa conception au chantier, jusqu'à son exploitation. Elle intervient dès la phase de conception du bâtiment, elle accompagne les propriétaires, les gestionnaires, les occupants, les exploitants tout au long du cycle de vie du bâtiment.

Les principales applications de l'IA pour le bâtiment sont développées dans la suite de ce document au travers de 32 cas d'usage répertoriés à ce jour.

L'IA AU SERVICE DES ACTEURS DU BÂTIMENT

Les acteurs contractuels

Le propriétaire bailleur recherche la meilleure rentabilité par m². Le tarif de location est en concurrence budgétaire avec les dépenses de fonctionnement et d'entretien chez le preneur. Le propriétaire bailleur a donc intérêt à garantir les conditions d'un fonctionnement performant du bâtiment : faibles dépenses en énergie et fluides, efficacité des services d'entretien et, dans le cadre d'un immeuble tertiaire, contribution à l'efficacité des personnes travaillant dans le bâtiment. Le propriétaire bailleur est donc indirectement intéressé à la performance globale de son bâtiment. Il doit dans cette perspective contribuer à l'installation d'infrastructures et services permettant d'obtenir l'efficacité de fonctionnement recherchée.

1. Gestion technique du bâtiment.

2. Gestion de maintenance assistée par ordinateur.

Le preneur à bail a pour premier enjeu de diminuer le coût par occupant.

Il doit donc en tout premier lieu maîtriser sa facture énergétique, celle des fluides du bâtiment et des services d'entretien ou, dit autrement, maximiser le service rendu aux occupants à coût donné.

Une fois le bâtiment construit et isolé, les leviers d'action principaux sont dans son pilotage intelligent. Ainsi, les capteurs de température et de luminosité sont déjà généralisés pour contrôler de manière optimale climatisation et éclairage. Néanmoins, un niveau supplémentaire d'économies peut être atteint avec des analyses prédictives basées sur l'IA, comme la gestion de la demande en électricité et des *off-loads* électriques pour les bâtiments producteurs, ou l'ouverture des espaces de bureaux et salles de réunion nécessaires en fonction des prédictions d'affluence. Quoi de mieux pour économiser énergie et prestations de nettoyage que de fermer un tiers de ces espaces, si un site tertiaire n'est occupé, un jour donné, qu'aux deux tiers de sa fréquentation nominale? Cette question devient de plus en plus pertinente avec le développement du télétravail, la mutualisation des bureaux et des sites, un collaborateur pouvant travailler sur le site de son choix. Au-delà des économies de frais de fonctionnement immédiates, le fait de piloter uniquement la surface de bureaux ouverte sur ce site au quotidien va permettre de louer à des tiers les espaces inoccupés. Ainsi les parties prenantes vont pouvoir imaginer des offres permettant de piloter au quotidien la surface louée. L'IA permet en effet de prédire la capacité que le preneur demande et de rendre le système gérable. Enfin, à terme, on peut envisager un bénéfice macro-économique et environnemental appréciable par l'optimisation du parc immobilier existant apportée par de tels systèmes de gestion de l'occupation basés sur l'IA.

L'IA, par sa capacité de prédiction, apporte un outil précieux pour les décisions demandant une anticipation dans l'exécution.

Le preneur doit également optimiser les services de *Facility Management*. Une maintenance préventive précoce coûte cher, tout autant que les dégâts ou les pertes d'exploitation d'une maintenance trop tardive. L'IA, en combinant une multiplicité de données et un historique d'événements, peut apporter une prédiction optimale.

Le preneur représente également les intérêts des **occupants** en cherchant à favoriser leur confort et, pour des sites professionnels, leur productivité au travail.

Acteurs accompagnants principaux

Plusieurs acteurs interviennent sous la direction du propriétaire bailleur ou du preneur et peuvent agir dans les cas d'usage décrits plus loin dans ce document afin d'obtenir les gains attendus.

Mandatés par le propriétaire bailleur, le Gestionnaire d'actif (**Asset Manager**) pilote la valeur de l'actif immobilier et le **Property Manager** gère, optimise l'immeuble et applique le bail.

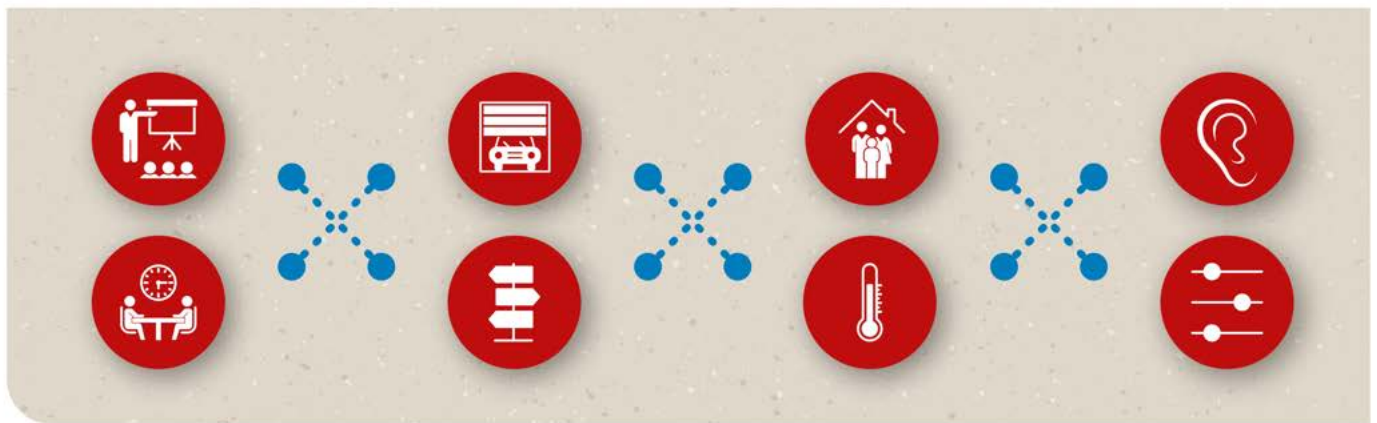
Mandatés par le preneur, le **responsable de l'immobilier** gère le bail côté preneur. Le **Facility Manager** exploite et pilote les services et la technique. **L'Office Manager** garantit la qualité de l'environnement de travail.

Tous ces acteurs utilisent les données du bâtiment dans l'exercice de leurs fonctions, l'IA en décuplant les possibilités d'analyse des données et d'optimisation des actions qui en découlent, leur offre un puissant outil d'aide à la décision et d'enrichissement de la valeur ajoutée produite.

L'IA AU SERVICE DES USAGERS DU BÂTIMENT

Le preneur d'un immeuble tertiaire recherche à maximiser la fréquentation de son site. Pour cela, il doit s'assurer que les collaborateurs aient envie de venir travailler sur le site. Il doit donc assurer le bien-être, le confort et la convivialité au travail. Il doit ensuite favoriser l'efficacité au travail, et en particulier faciliter l'expérience utilisateur.

*L'IA, par sa capacité
de prédiction,
apporte un outil
précieux pour
les décisions
demandant
une anticipation
dans l'exécution*



Pour cela, le preneur peut agir sur les leviers suivants :

- Offrir des espaces les mieux adaptés à chacune des tâches de la journée (partage entre équipes, créativité, comité de pilotage, analyse de document...), tout en optimisant l'espace global occupé par le preneur grâce à une connaissance fine de l'occupation réelle (nombre de personnes, temps quotidien passé dans l'espace).
- Fournir des services valorisant l'attractivité et facilitant le travail des collaborateurs, telles que la recherche et la réservation de ressources (salles, parking, imprimantes...) et la bonne gestion du confort de chacun (visuel, thermique, qualité d'air, niveau sonore), le tout accessible par une interface simple, centralisée sur son smartphone.
- Garantir la sécurité matérielle et immatérielle des occupants, des ressources et des données associées.
- Procurer des services équivalents à chacun, visiteurs, collaborateurs, en fonction de leur habilitation.

L'IA vise à développer des services plus performants, mieux adaptés aux utilisateurs et plus économes :

- **Plus performants** : l'IA va permettre, par exemple, de proposer un agent conversationnel capable de prédire à quelle heure on doit quitter son domicile pour parvenir à l'heure en réunion sur le site dans une salle donnée, de guider vers une salle, de préparer les appareils dans la salle ou d'arbitrer les préférences des différents utilisateurs en matière d'éclairage ou de température. L'IA pourra effectuer des recommandations de placement des utilisateurs dans un contexte de flex office en fonction des rendez-vous planifiés dans la journée. L'objectif ? Faciliter la colocalisation des personnes ayant prévu de travailler ensemble et de limiter le temps passé en déplacement dans la journée.
- **Mieux adaptés** : l'IA va permettre de contextualiser le service à chaque personne en fonction de ses habitudes. L'IA pourrait servir à déterminer par exemple les zones d'affinité de température dans un bâtiment et suggérer le placement de chaque occupant dans le bâtiment en fonction de ses préférences de température combinées à d'autres contraintes, comme le planning des rendez-vous de l'utilisateur dans la journée.
- **Plus économes** : les services fournis à l'utilisateur peuvent l'être à moindres coûts, grâce à l'optimisation qu'apporte l'IA. Limiter la surface d'espaces ouverts dans une journée peut s'avérer désastreux sur le confort et la productivité des utilisateurs si l'estimation est sous-dimensionnée. Inversement, les économies ne seront pas possibles si l'estimation est surdimensionnée. Seule l'IA permet d'ajuster finement le dimensionnement pour des problèmes complexes, nécessitant de multiples sources de données et pour lesquels la modélisation entre données d'entrée et résultat est difficile à obtenir.

En résumé, l'IA a trois champs d'impact principaux dans les opérations d'un bâtiment:

- **le pilotage combiné du confort utilisateur et de l'optimisation énergétique du bâtiment;**
- **une gestion optimisée et prédictive des espaces;**
- **des processus de maintenance améliorés, en particulier par une maintenance préventive et prédictive.**

Cas d'usage

Qu'importe la technologie utilisée ! Il convient avant tout de connaître la capacité supplémentaire apportée par l'IA pour l'activité humaine et les différents cas d'usage. Cependant, il est utile pour la réussite de mise en œuvre et d'exploitation de cette technologie IA de bien l'identifier et d'en mesurer les avantages et les limites.

La donnée produite par le bâtiment va nourrir les algorithmes pour améliorer la performance des métiers et des usages de la filière immobilière. Afin de bien identifier si ces algorithmes relèvent ou non de l'IA, différents cas de figures peuvent se présenter. Premier cas de figure (dit critère suffisant pour l'IA): les algorithmes déterministes classiques (automatismes par exemple) ne permettent pas de résoudre un cas d'usage/une fonction. L'emploi de l'IA est dans ce cas la seule solution pour résoudre la situation identifiée. Second cas de figure (dit critère nécessaire pour l'IA): des algorithmes classiques permettraient de répondre au cas d'usage/à la fonction. Simplement, l'IA apporte une qualité supplémentaire dans la réponse à cet usage/cette fonction. Prenons des exemples: l'apprentissage (algorithmes évolutifs par itérations ou par expérience) est un critère suffisant, tandis que l'individualisation (situationnel, contextuel) ou l'approche d'un modèle complexe s'appuyant sur une quantité et une qualité de données ciblées sont des critères nécessaires.

Dès lors, les cas d'usage qui n'utilisent que les critères de modélisation et description complète (spécification et conformité à la spécification) ou des algorithmes et automatismes déterministes (dont l'optimisation) ne relèvent pas de l'IA.

Les algorithmes hybrides sont possibles (et même très fréquents) combinant déterminisme et apprentissage, par exemple l'ajustement de paramètres via de l'IA pour prédire le comportement thermique du bâtiment, le modèle thermique (déterministe) ou l'apprentissage par l'observation du réel (IA) avec l'amélioration continue la performance énergétique VS modèle thermique initial seul.

L'objectif n'est pas de remplacer l'humain mais de l'aider dans la réalisation de tâches technologiques d'analyse avancées afin d'obtenir des meilleurs résultats, constituer des statistiques pour l'aide à la décision.

Exemples de l'utilisation de l'IA:

- Amélioration de la donnée: corrections de valeurs aberrantes, nulles et génération de valeurs absentes.
- Classification.
- Prédiction.
- Prédiction d'événements rares.
- Simulation, tel que le *Generative design*: gère des configurations de bâtiments en fonction de contraintes (ex: Refinery d'Autodesk, Spacemaker).

- Amélioration/augmentation des automatismes existants (ex: comportement thermique du bâtiment/apprentissage auto-basé sur usages réels pour modifier les consignes).
- Apprentissage, apprendre les modèles de comportement du bâtiment et les modalités d'usages des occupants.

Les cas d'usage ci-après sont contextualisés en rapport avec les référentiels et Commissions de la SBA. Dans ce document, seuls quelques cas d'usage sont présentés, d'autres cas d'usage sont en cours de développement et seront visibles dans l'espace de la Commission IA sur le site de la SBA.

Pour caractériser chacun des cas d'usage, nous avons fait une analogie au type de fonction que l'IA sert. Cela correspond parfois à des métiers disparus, non pas que ceux-ci étaient devenus inutiles, mais plutôt pour des raisons de coûts ou de niveau de valeur ajoutée. L'IA permet de réintroduire cette intelligence dans l'exécution des tâches alors qu'elles n'ont pas assez de valeur ajoutée pour être exécutées par des êtres humains.



OPTIMISATION ÉNERGÉTIQUE¹

Bâtiment autonome en énergie

LE MAJORDOME ÉNERGÉTIQUE

PRINCIPAL CONTRIBUTEUR	UBIANT, Éric Jouseau
OBJECTIF	Rendre un bâtiment résidentiel individuel, collectif ou petit tertiaire autonome en énergie.
TYPE DE BÂTIMENT	Maison individuelle, résidentiel collectif, petit tertiaire.
MATURITÉ	Pilote en cours de réalisation.
PROBLÉMATIQUE CLIENT	Éviter la dépendance du bâtiment au réseau et à la fluctuation de ses tarifs. Ne consommer que des énergies renouvelables.
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	En tant que propriétaire de mon bâtiment, je souhaite maîtriser mes coûts d'énergie sur le long terme tout en encourageant le développement durable en utilisant exclusivement des énergies renouvelables. Pour cela, j'installe des panneaux photovoltaïques sur le toit et des batteries dans le bâtiment. Pour investir raisonnablement, je m'équipe d'un BOS qui utilise l'IA pour tirer le meilleur parti des équipements que j'installe. Éventuellement, j'intègre aussi mes charges principales pour baisser ma consommation sans perturber mon confort.
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	Le moteur d'IA utilisé par le BOS permet d'une part la prédiction de consommation et de production, d'autre part il rend possible la diminution jusqu'à la juste quantité de batteries et de panneaux nécessaires en optimisant leur utilisation dans le temps. Le système multi-agent du BOS intègre aussi nativement la maintenance prédictive des éléments sensibles comme les batteries. Si les consommateurs d'énergie principaux sont connectés également, des reports de consommations peuvent aussi être gérés par le BOS de façon à lisser les consommations. Cette fonctionnalité est encore plus efficace dans le résidentiel collectif.
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	<i>A minima</i> , les données nécessaires sont la puissance instantanée produite, le niveau de charge des batteries et la possibilité de basculer entre autoconsommation directe, réseau, et charge/décharge batterie. Pour aider l'apprentissage avec du contexte des capteurs de présence, de luminosité extérieure, de température peuvent améliorer les performances globales du système. Les données des consommateurs individuels principaux et/ou la possibilité de les actionner sont un facteur d'amélioration.
DONNÉES EXTERNES UTILISÉES	Météo, données tarifaires réseau.
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	Le bénéfice principal est la maîtrise dans le temps des coûts énergétiques du bâtiment. Le ROI va dépendre de la quantité de production et stockage installée (taille du bâtiment), du pourcentage d'autonomie souhaité et de la connexion ou non des charges principales. Le tout est modulaire et peut donc être fait graduellement.

1. Pour en savoir plus sur l'optimisation énergétique se référer aux travaux de la Commission RS2 4GRIDS.

LE PLANIFICATEUR ÉNERGÉTIQUE

PRINCIPALE CONTRIBUTRICE

GIMELEC, Delphine Eyraud Galant

OBJECTIF

- Préparer le bâtiment à devenir une « brique intelligente » du réseau grâce à sa flexibilité thermique/électrique:
 - rechercher un meilleur dimensionnement des installations énergétiques;
 - autoconsommer et/ou stocker l'énergie lorsqu'elle sera moins chère et plus verte;
 - activer le pilotage tarifaire dynamique dans les bâtiments en fonction d'un prix horaire ou d'ordres rémunérateurs;
 - inciter à l'amélioration des systèmes de gestion active de l'énergie;
- Piloter les énergies de son bâtiment en flexibilité pour:
 - maximiser son autoconsommation;
 - aider à la consommation d'énergies renouvelables produites localement (microgrid);
 - aider le réseau national à absorber les énergies renouvelables électriques dans les épisodes d'abondance, tout en soulageant ses pointes.

TYPE DE BÂTIMENT

Tout bâtiment tertiaire (bureaux, commerces, industriels, hôtels, activités...) et parc de bâtiments.

MATURITÉ

Description de l'outil achevée, projet de développement d'une plateforme numérique dédiée pour mettre en relation, les agrégateurs et les propriétaires et exploitants immobiliers.

PROBLÉMATIQUE CLIENT

Il n'existe pas encore de mode de repérage simple et lisible du potentiel de flexibilité énergétique d'un bâtiment ou d'un parc. D'où la difficulté pour les opérateurs d'évaluer toute opportunité d'exploiter ce secteur. Le GIMELEC s'est attaché à résoudre cette question essentielle pour faire émerger et exploiter un gisement en sommeil évalué à 2,5 GW en France.

DESCRIPTION DU SCÉNARIO

Savoir gérer les ordres de modulation (*demand/response*). Assurer des délestages sélectifs sur sollicitation externe. Revente de la flexibilité via les agrégateurs de marchés. Service rendu au système électrique grâce à l'effacement de la pointe locale (pour le GRD, Gestionnaire de réseau de distribution). Meilleures prévisions de consommations d'énergie et réduction de l'empreinte CO₂ pour le territoire (multi-énergies). Augmentation de la résilience territoriale.

DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE

Apprentissage des contraintes et besoins énergétiques réels du bâtiment, ses usages et des données extérieures afin de:

- accélérer la valorisation des gisements de flexibilité sur les marchés de capacités, en apportant un repère simple à toute la profession;
- optimiser l'approvisionnement électrique du bâtiment;
- attester les moyens de flexibilité dans la nouvelle RT (Réglementation thermique);
- coordonner efficacement maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, dans la spécification de la flexibilité;
- faciliter la mise en œuvre des contrats avec les opérateurs de flexibilité.

DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES

GoFlex est un outil que l'on peut scinder en plusieurs parties.

- Des informations servant à estimer la classe de flexibilité du bâtiment, sa capacité à gérer sa courbe de charge et effacer des volumes de puissances intelligemment en restant dans un tunnel de confort pour l'utilisateur. La note va de D (plus basse) à A (meilleure).
- L'évaluation du gisement de flexibilité du site en kW électrique. Cette partie du questionnaire nécessite de connaître les informations de puissance installée par usage dans le but de calculer une puissance effaçable idéale du site selon les saisons et les durées de préavis.
- Des informations complémentaires sur les solutions mobilisables par le bâtiment (autoconsommation, stockage, pilotage de scénarios...) afin de maximiser la flexibilité du site. Ces parties ne sont pas directement prises en compte dans le calcul mais peuvent apporter des indications intéressantes en vue d'engager des discussions contractuelles avec un agrégateur potentiel.

DONNÉES EXTERNES UTILISÉES

Connectivité avec tout dispositif digital qui recense des données énergétiques (comptage, mesure, tarif...).

BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT

La rémunération contractuelle des sollicitations des agrégateurs dépendra du développement du marché de la flexibilité en France et en Europe. Le calcul du ROI devra être géré au cas par cas, GoFlex étant considéré comme un outil d'accélération du marché.

GESTION DES ESPACES¹

Faciliter les interactions entre le bâtiment et les occupants sur la gestion des usages (CVC, éclairage, occultants), gestion des préférences utilisateurs

LE MAÎTRE DES LIEUX

PRINCIPAUX CONTRIBUTEURS	GIMELEC, Delphine Eyrault Galant HAGER GROUP, Christophe Delachat HAGER GROUP, Sylvain Girard
OBJECTIF	Offrir une expérience utilisateur enrichie en productivité et en confort pour les 4 principaux services recherchés par les utilisateurs d'un bâtiment intelligent.
TYPE DE BÂTIMENT	Bâtiment de bureaux, hôtellerie, ERP (Établissements recevant du public).
MATURITÉ	<ul style="list-style-type: none">• Maturité des services hors IA: 10 % des nouveaux bâtiments en construction.• Maturité des services avec IA: prospectif (estimation GIMELEC: pilote sur 1 % des bâtiments à l'étude).
PROBLÉMATIQUE CLIENT	<ul style="list-style-type: none">• Aide à l'usage des espaces (plans, orientation, réservations, occupation).• Gestion de l'environnement de travail: télécommande de confort (température, qualité de l'air, audiovisuel).• Gestion technique des espaces communs (configurations multi-sites, gestion des incidents, contrôle d'accès et sécurisation des données).• Communication entre utilisateurs et avec les exploitants (contact, notifications, feed-back).
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	J'organise demain une réunion impliquant 10 personnes de 9h à 10h30: 4 en présentiel et 6 connectées à distance. Je me connecte sur l'application gérant mon bâtiment (smartphone ou PC). Une fois identifié(e), un agent conversationnel me demande les noms des intervenants et me guide pas à pas dans la réservation de ma salle de réunion, des places de parking dans les plages horaires adaptées, vérifie mes préférences de confort en salle (température, lumière, occultants). Le matin de la réunion, un SMS me propose l'état des lignes de bus-tram-métro jusqu'à destination, et un autre me propose de télécharger le plan d'accès au bâtiment et à la salle de réunion (avec guidage vocal pour les personnes handicapées). Une fois sur place, l'agent conversationnel me guide pas à pas dans la connexion et le réglage de mon PC à l'audiovisuel de salle.
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	Système de recommandations contextualisées par apprentissage des préférences individuelles, système de reconnaissance-synthèse vocale pour smartphone.
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	Smart sensors (capteurs multifonctions), données de gestion / réservation issues des systèmes informatiques en place.
DONNÉES EXTERNES UTILISÉES	Préférences utilisateurs, données environnementales du bâtiment (météo, disponibilité parking, transports publics acheminant vers le bâtiment).
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	<ul style="list-style-type: none">• Pour l'utilisateur: réduction du stress (ponctualité sur le site de réunion, connexion à l'audiovisuel facilitée), augmentation de la productivité.• Pour l'exploitation: augmentation de la valeur patrimoniale de mes bâtiments.

1. Pour en savoir plus sur la gestion des espaces se référer aux travaux de la Commission RS2 4SPACES.

LE SUPERVISEUR DES ESPACES

PRINCIPAUX CONTRIBUTEURS

EDF, Maxence Bobin
POLE STAR, Jean-Baptiste Prost
OPENFIELD, Antoine Brémont
LYNRED, Cyrille Trouilleau
Z#BRE, Côme Pinchart

OBJECTIF

- Optimiser l'ouverture des espaces et l'affectation des personnels aux espaces, productivité des collaborateurs.
- Optimiser la mise à disposition des espaces en fonction de critères tels que: la fréquentation, le type d'équipe, la productivité, les projets en cours, la distance domicile/travail, etc.

TYPE DE BÂTIMENT

Bureaux.

MATURITÉ

Réalisé sur la partie détection de présence et application d'efficacité au travail/Prospectif sur l'IA.

PROBLÉMATIQUE CLIENT

- Perte de temps des collaborateurs en déplacements dans le campus de l'entreprise pour accéder aux salles de réunion ou pour rencontrer un collaborateur.
- Coût de fonctionnement des espaces ouverts vacants: besoin d'optimisation.
- Flexibilité des espaces: suivre les besoins de l'entreprise (mode projet) et absorber les pics de charge.

DESCRIPTION DU SCÉNARIO

En tant que directeur de site, je veux:

- Permettre à mes collaborateurs d'optimiser le temps qu'ils passent à rejoindre une salle de réunion ou à se déplacer pour rencontrer un collaborateur.
- Limiter la quantité d'espaces que j'ouvre sur mon site un jour donné pour limiter les coûts des espaces vacants.
- Pour cela, je transforme mes espaces en mode agile (dédié à un type d'activité) et j'y installe le système de mesure d'occupation adapté. Idéalement je bascule mon site en flex office pour libérer des salles de réunions si les personnes ne sont pas entrées alors que réservé depuis 30 minutes.
- Ces données captées et analysées en temps réel peuvent être restituées aux collaborateurs sur le site via des afficheurs ou/et via une application mobile d'efficacité au travail intégrant la géolocalisation indoor. Le collaborateur peut ainsi:
 - visualiser les espaces libres sur lesquels il peut s'installer. Une carte s'ouvre centrée sur sa position, indiquant les espaces occupés ou libres autour de lui;
 - rechercher les salles de réunion disponibles autour de lui, filtrées par proximité avec sa localisation dans le bâtiment;
 - faciliter l'utilisation à la volée d'une salle de réunion en affichant automatiquement, grâce à la localisation indoor fine du smartphone, le planning de réservation de la salle lorsque le collaborateur y rentre;
 - partager sa position avec un collègue lorsqu'il le souhaite;
 - contrôler automatiquement l'éclairage, la température, les volets depuis l'application mobile: en cliquant sur une demande de rehaussement de la température, l'application envoie la commande avec la position du téléphone à un serveur qui actionne le bon contrôleur pour appliquer la commande;
 - reporter des besoins d'intervention (nettoyage, réparation de fuite d'eau, etc.).
- Cette application mobile permet de capter des statistiques de localisation et de déplacement. Ces statistiques, croisées avec les données de capteurs d'occupation, des données de météo, de jour de la semaine, de trafic routier et des transports publics, permettent à un moteur d'IA de faire des prédictions et recommandations permettant de diminuer la surface de mon site que j'ouvre chaque jour et pour réduire le temps perdu par les collaborateurs du site à marcher pour rejoindre une salle de réunion ou un collègue.

**DESCRIPTION
DU SERVICE
FOURNI PAR
LE SYSTÈME D'IA
MIS EN PLACE**

Les services fournis par l'IA sont:

- Permettre l'auto-apprentissage et la contextualisation des capteurs de présence et « reconnaître » les personnes qui sont entrées, associer les dernières préférences comme température, luminosité, utilisation d'un média...).
- Définir chaque jour la prévision de fréquentation de mon site pour établir la quantité d'espaces que j'ouvre. Cela me permet d'économiser en frais de chauffage, d'éclairage et de nettoyage.
- Définir l'emplacement, la répartition, la dimension de ces zones de manière à permettre d'optimiser les déplacements des collaborateurs.
- Définir le nombre d'espaces alloués comme bureaux ou comme salles de réunion de manière à ajuster au bon niveau le nombre de salles de réunion disponibles (une salle pouvant être convertie en bureau, fermé pendant une journée).
- Optimiser les équipements des salles et des bureaux, adapter l'agencement et le mobilier en fonction des usages constatés.
- Définir l'emplacement optimal des salles ouvertes comme salles de réunion pour minimiser les trajets des collaborateurs.
- Réserver automatiquement des salles de réunion libres qui sont détectées comme occupées, ou à l'inverse, libérer des salles de réunion constatées non occupées à partir d'un certain temps.
- Recommander à un utilisateur l'endroit où il devrait s'installer pour minimiser ses déplacements, par exemple à partir de ses rendez-vous planifiés dans la journée (position des salles de réunion réservées, position des personnes qu'il doit rencontrer).
- Optimiser l'emplacement géographique des différents services afin de limiter les temps de déplacement entre services. Cela peut être fait de manière semi-dynamique pour avoir une synthèse entre le tout-flex-office et l'assignation de bureaux.
- Recommander à un utilisateur la localisation de la salle de réunion à réserver en fonction de la liste d'invités (pour une réunion planifiée à la volée dans la journée, ou pour des bureaux n'étant pas en flex office).

**DONNÉES SOURCES
DU BÂTIMENT UTILISÉES**

- Capteurs de présence.
- Carte numérique du site: localisation des salles de réunions et de tout point d'intérêt ou de localisation d'équipement sur le site, en lien avec la maquette numérique (BIM).
- Planning de réservation des salles de réunion/service de réservation de salles.
- Localisation indoor temps réel des smartphones des utilisateurs. Afin de préserver la confidentialité, la confiance et la réglementation en matière de protection des données:
 - utilisation locale de sa propre position sur le téléphone de l'utilisateur;
 - partage volontaire de sa position avec un autre collaborateur, sans qu'un tiers puisse y avoir accès;
 - le serveur applicatif n'a accès qu'à des statistiques de localisation anonymes.
- Système Wi-Fi existant (permettant d'apprécier les déplacements de zone en zone ou d'étage à étage d'un bâtiment existant).

**DONNÉES EXTERNES
UTILISÉES**

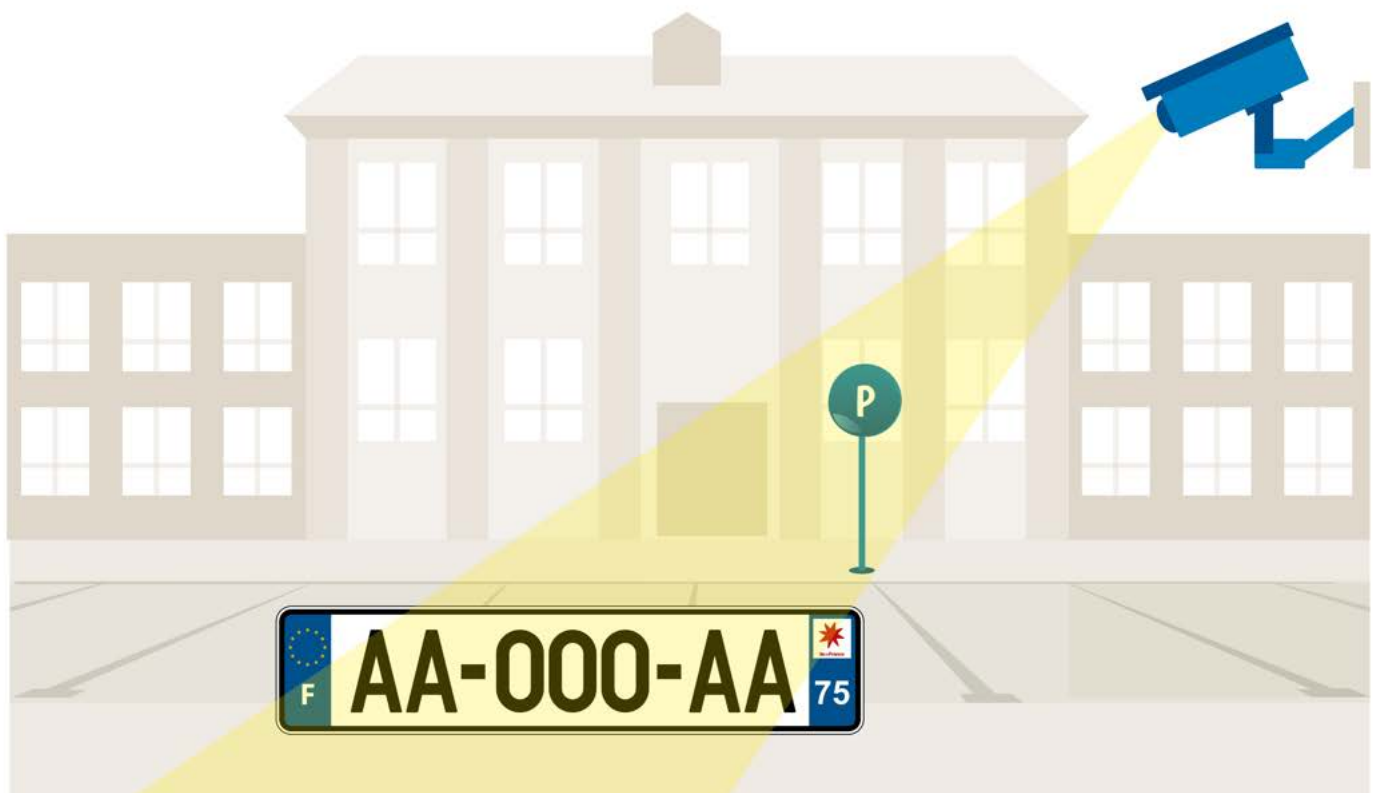
- Date (dont jour de la semaine), vacances/jours fériés, météo, trafic routier, trafic des transports en commun, la typologie des espaces, les caractéristiques de ceux qui les utilisent (type de projet, etc.).
- Ces données sont utilisées pour être corrélées aux données d'occupation afin de prédire la fréquentation du site un jour donné.

**BÉNÉFICES ET RETOUR
SUR INVESTISSEMENT**

- Réduction des frais de fonctionnement (15 k€ d'économies réalisées par position vacante supprimée, selon étude ARSEG sur le coût de poste de travail en 2019).
- Réduction du temps passé par les collaborateurs en déplacement sur le site dans la journée: objectif de 10% - dépend de la géographie du site, de son étendue.

LE GARDIEN DES PLACES

PRINCIPAL CONTRIBUTEUR	DOVOP, Jean-Yves Orsel
OBJECTIF	Permettre à l'hôpital, dans le tertiaire ou sur un site industriel le partage des places de stationnement.
TYPE DE BÂTIMENT	Parkings.
MATURITÉ	Réalisé sur les parkings d'hôpitaux (centres hospitaliers Henri Mondor, Philippe Pinel à Amiens, Mont-de-Marsan, Perpignan, Sud-Seine-et-Marne, Angers, Pays d'Aix et hôpitaux universitaires Paris Sud).
PROBLÉMATIQUE CLIENT	Lutter contre les véhicules ventouses, gagner des espaces.
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	En tant que professionnel de santé, consultant à l'hôpital tous les matins des jours ouvrés de 9h à 12h, je souhaite pouvoir garer mon véhicule simplement. Pour cela, j'ai communiqué ma plaque minéralogique à la direction de l'hôpital. À l'entrée du site, un panneau m'a proposé de me stationner sur une place définie. Si je n'étais pas sorti du site 30 minutes après mes consultations, mon véhicule aurait été signalé et je n'aurais plus pu stationner sur le parking de l'hôpital pendant une semaine.
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	Outre la reconnaissance de plaques minéralogiques, la génération de la base de données par rapport aux usages de chacun fait partie intégrante du système.
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	Synchronisation avec les agendas des praticiens.
DONNÉES EXTERNES UTILISÉES	Plaques minéralogiques.
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	Réduction des espaces de stationnement au profit de la construction de nouveaux bâtiments.



LE POMPISTE BAS CARBONE

PRINCIPAL CONTRIBUTEUR	EGIS CONSEIL, Michel Cassini
OBJECTIF	Prédire la consommation des bus électriques tout au long de la journée pour permettre d'adapter la production d'énergie renouvelable et d'atteindre un taux d'autoproduction élevé.
MATURITÉ	En cours de développement.
PROBLÉMATIQUE CLIENT	<ul style="list-style-type: none"> • Couvrir en temps réel les besoins électriques de recharge des bus avec une production d'énergie d'origine renouvelable et locale. • La consommation des bus n'est pas directement modélisable par un système expert, puisqu'il dépend de facteurs hétérogènes comme la congestion du réseau routier, les habitudes de conduite des différents conducteurs, la consommation des auxiliaires des bus (climatisation et chauffage des bus) et enfin du taux d'utilisation des bus.
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	En tant que collectivité, je souhaite couvrir les consommations énergétiques de ma ligne de BHNS ¹ avec une production locale d'énergie d'origine photovoltaïque pour atteindre un taux d'autoproduction de 50 %.
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	<p>Les services fournis par l'IA sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir chaque jour la prévision de fréquentation des bus. • Définir les besoins énergétiques des auxiliaires (besoin de climatisation, besoin de chauffage). • Définir les besoins réels de recharge des bus. • Optimiser, en fonction de la prévision météo, le pilotage du couple « centrale de production associée à son stockage », pour adapter la production d'énergie renouvelable aux besoins de recharge. Cela peut être fait de manière dynamique (pas de temps semi horaire) pour que le pilotage soit cohérent avec les règles de fonctionnement du marché de l'électricité.
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	<p>Système de communication du réseau de transport en commun :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Données de billetterie (accès aux bus). • Compteurs de consommation sur chaque bus. • Compteurs stations de recharge. • Système de prévision météo. • Planning d'utilisation des bus.
DONNÉES EXTERNES UTILISÉES	Date (dont jour de la semaine), météo, trafic routier, météo.
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	<ul style="list-style-type: none"> • Atteinte du taux d'autoproduction. • Diminution des consommations des bus.

1. Pour en savoir plus sur la mobilité se référer aux travaux de la Commission RS2 4MOBILITY.

2. Bus à haut niveau de service.

LE PILOTE DES BORNES (HABITAT RÉSIDENTIEL)

PRINCIPAL CONTRIBUTEUR	GIMELEC, Claude Ricaud
OBJECTIF	Apprendre les modèles d'usage de la recharge dans un bâtiment, pour optimiser l'allocation de puissance sur chaque borne.
TYPE DE BÂTIMENT	Bâtiment résidentiel individuel ou collectif.
MATURITÉ	Ces solutions IA sont déjà utilisées pour optimiser la recharge (et le vieillissement) des batteries de smartphone, en fonction du modèle d'usage connu.
PROBLÉMATIQUE CLIENT	Le pilotage de la recharge doit tenir compte du besoin d'autonomie de l'utilisateur et des caractéristiques du véhicule, demander aux utilisateurs d'exprimer ce besoin sera vite fastidieux et source d'erreur par oubli. Ceci risque de créer une très mauvaise perception du pilotage, vécu comme une contrainte plus que comme une valeur ajoutée.
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	Les utilisateurs expriment leurs contraintes: <ul style="list-style-type: none">• J'ai besoin d'avoir une pleine charge ce soir à 22h, comme tous les lundis et jeudis car je suis d'astreinte le lendemain.• J'ai besoin de pouvoir faire 50 km demain.• Je suis en repos demain, donc je n'ai aucun besoin.• Avec cette information, plus la connaissance de l'état de charge des batteries et de la consommation des véhicules, le système de pilotage pourra allouer de façon optimale la puissance aux différents véhicules connectés.
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	La technologie permet aujourd'hui d'apprendre les modèles d'usage pour avoir une prédiction des besoins à venir. Par exemple, dans le scénario, l'IA saura reconnaître (par apprentissage) le fait que tous les lundis et les jeudis, l'utilisateur « X » demande une charge complète.
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	<ul style="list-style-type: none">• Données de gestion énergétique du bâtiment (présente et prévisionnelle).• Données de programmation de la recharge sur la borne.
DONNÉES EXTERNES UTILISÉES	<ul style="list-style-type: none">• Habitudes, programmation à partir du véhicule ou du smartphone, identification du véhicule.• Données sources du véhicule : état de charge, kilométrage, historique de consommation, permettant de calculer la consommation et le besoin de recharge.• La norme ISO 15118 permet cet échange de données.
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	Optimisation de l'allocation de puissance sur chaque borne et donc de la gestion énergétique du bâtiment. Économies d'énergie et de facture.

LE PLANIFICATEUR DE RECHARGE DE VÉHICULES (Bâtiments tertiaires)

PRINCIPAL CONTRIBUTEUR	GIMELEC, Claude Ricaud
OBJECTIF	Mettre en place une interface intelligente en V2G (Vehicule to Grid) pour optimiser l'usage de la recharge et du stockage dans le bâtiment.
TYPE DE BÂTIMENT	Tertiaires tel que bâtiments de bureaux, hôpitaux, etc.
MATURITÉ	Premières réalisations. Certaines flottes ont déjà mis en place des systèmes de gestion des recharges, ce qui couvre une partie de la solution.
PROBLÉMATIQUE CLIENT	<p>Le client peut avoir différents projets:</p> <ul style="list-style-type: none">- optimiser la puissance souscrite, en arbitrant entre les différents usages dans le bâtiment;- remplir les obligations d'un contrat de <i>demand/response</i> souscrit en profitant de l'ensemble du parc de véhicules connectés pour remplir l'obligation contractuelle, sans dégrader les services aux utilisateurs;- maximiser l'utilisation d'EnR (pour améliorer le bilan carbone), en tenant compte d'une prévision de production à 24 voire 48h et capacité de stockage d'électricité;- reconnaître les jours de faible ou non activité (week-end) pour optimiser la recharge de la flotte... <p>La programmation de ces optimisations dans des algorithmes classiques (automatismes) est très complexe et peu robuste, car les usages évoluent au cours du temps, obligeant à revoir les paramètres voire les algorithmes eux-mêmes.</p>
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	Quand un véhicule arrive et se branche à la borne, le profil de charge ou de restitution d'énergie de chaque véhicule électrique s'adapte, en fonction des besoins d'usage à venir, de la production locale d'EnR des besoins du bâtiment, du niveau de charge des véhicules ou encore du contrat de service au réseau. Les systèmes d'apprentissage par l'IA va permettre cette programmation en l'adaptant en permanence au fil du temps.
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	<p>Le pilotage de la recharge/stockage/restitution des véhicules va être optimisé à l'instant « T » et dans le temps, au niveau de la flotte et en tenant compte de toutes les données du bâtiment et de ses occupants.</p> <p>L'IA, avec les techniques d'apprentissage, se prête très bien à cette automatisation. La technologie permet aujourd'hui d'apprendre les modèles d'usage pour avoir une prédiction de l'usage à venir, d'avoir des modèles prédictifs.</p>
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	Les données d'usage énergétique dans le bâtiment: le gestionnaire d'énergie du bâtiment fournit ses données de consommation qui sont intégrées dans les modèles d'apprentissage évoqués.
DONNÉES EXTERNES UTILISÉES	<ul style="list-style-type: none">• Données météo et informations prévisionnelles fournies par le réseau.• Le réseau fournit des informations prédictives à 24 ou 48h (tarifs, production EnR...).• Données des véhicules qui communiquent certaines informations quand ils se branchent: état de charge, kilométrage, permettant de calculer la consommation et le besoin de recharge.
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	Consommer moins d'énergie et consommer mieux l'énergie.

OPTIMISATION DE L'EXPLOITATION/DE LA MAINTENANCE

Maintenance prédictive d'équipements techniques

L'ASSISTANT DU MAINTENEUR EXPERT

PRINCIPAUX CONTRIBUTEURS	IBM, Joffrey Martinez ABB, Sébastien Meunier
OBJECTIF	Prédire et anticiper le traitement des pannes afin d'optimiser le temps et le coût de maintenance en combinant les capacités de l'IoT et de l'IA.
TYPE DE BÂTIMENT	Tout type d'équipement connecté.
MATURITÉ	Technologies matures/en cours de production dans de multiples secteurs industriels (ex : SNCF, Schindler, KONE, ABB...). Dépend des équipements monitorés et du degré d'information voulu.
PROBLÉMATIQUE CLIENT	Des pannes et interruptions de service non anticipées : <ul style="list-style-type: none">- l'inefficacité opérationnelle entraînant une insatisfaction des utilisateurs;- la maintenance imprévue entraînant des efforts et des coûts de maintenance importants;- difficulté à piloter les équipes de maintenance;- diminution des coûts fixes en mettant en place une maintenance préventive basée sur l'utilisation réelle de l'équipement à la place d'une maintenance réglementaire ou générique;- réparation longue car déplacements multiples des réparateurs.
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	En temps réel : <ul style="list-style-type: none">- collecte des données structurées (capteurs de pression, de température, humidité, vibration) et non structurées (rapports de maintenance, appels au SAV, notes des fournisseurs/constructeurs...);- analyse des données;- détection de patterns indiquant un risque de panne/interruption de service: identification d'écarts vis-à-vis d'un référentiel et de la situation réelle;- gestion pro-active de la maintenance: intervention avant la panne.
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	L'anticipation et la prédiction des pannes par apprentissage sont rendues possibles par : <ul style="list-style-type: none">- l'implantation de capteurs IoT qui permettent de remonter plusieurs milliers de données chaque jour. En se basant sur l'historique de fonctionnement des machines, au-delà des symptômes, il est possible d'identifier les causes racines de la panne;- cette analyse des données structurées peut être complétée par des documents non structurés (type rapport de maintenance);- le développement et l'optimisation d'algorithmes prédictifs qui déterminent les seuils d'alerte.
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	<ul style="list-style-type: none">• Capteurs (vibrations, sons, données techniques issues du fonctionnement de l'équipement).• Historique des interventions de maintenance.• CR de maintenance.• Positionnement des équipements dans les bâtiments (les équipements au voisinage peuvent entraîner des pannes tierces).
DONNÉES EXTERNES UTILISÉES	<ul style="list-style-type: none">• Météo (températures extérieures, humidité).• « Smart data » issues des fournisseurs/constructeurs vont enrichir les données collectées prenant en compte une ingénierie liée à la conception/fonctionnement nominaux.
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	Selon un rapport McKinsey la maintenance prédictive fera économiser aux entreprises 630 milliards de dollars par an à partir de 2025. <ul style="list-style-type: none">• Amélioration du « First Time Fix Rate ».• Amélioration du taux de rendement global (TRG) d'un équipement.• Réduction des coûts de réparation et d'intervention.• Amélioration et prédictibilité de la qualité du produit.• Jusqu'à 70 % de réduction des temps d'indisponibilité.• Jusqu'à 30 % d'allongement de durée de vie des équipements.• Jusqu'à 10 % de réduction de la consommation d'énergie.

L'ASSISTANT TECHNIQUE DU MANAGER PRÉVOYANT (ÉLEC)

PRINCIPAUX CONTRIBUTEURS	ABB, Sébastien Meunier GIMELEC, Delphine Eyraud
OBJECTIF	Surveiller, optimiser et contrôler les installations électriques et les énergies tout en protégeant les biens et les personnes.
TYPE DE BÂTIMENT	Grand et moyen tertiaire (> 5000 m ²), hôpitaux, data center et bâtiments industriels.
MATURITÉ	Opérationnel (matériels et logiciels).
PROBLÉMATIQUE CLIENT	4 enjeux: <ul style="list-style-type: none">• Protection des biens et des personnes.• Performance des OPEX (Operational Expenditure = charges d'exploitation) liées à l'énergie (gaspillages, contrat de fourniture, amélioration continue).• Gestion des infras et continuité de service (gestion des assets, qualité de l'énergie, maintenance).• Outils d'aide à la décision (plan de mesurage, priorisation des investissements, performance et évolution).
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	<ul style="list-style-type: none">• En tant que responsable HSE/Énergie je veux pouvoir garantir la performance énergétique en exploitation.• En tant que Responsable exploitation et maintenance, je veux pouvoir assurer la continuité d'exploitation.• En tant que dirigeant/DAF, je veux sécuriser mon bâtiment et je veux pouvoir contrôler les dépenses et les investissements.
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	Production de tableaux de bord par apprentissage des données énergétiques avec widgets personnalisables, comprenant des alertes d'exploitation avec prise en compte de données prévisionnelles (maintenance prédictive des équipements du tableau électrique, prévisions de consommations, prévision de l'obsolescence des infrastructures électriques). Historisation des données d'exploitation anonymisées, au niveau du site et au niveau mondial pour disposer d'une base d'informations dédiée aux installations électriques avec benchmark des données techniques et environnementales pour optimiser le prédictif.
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	Planning des équipes de maintenance, données du tableau électrique (mesure, échauffement éventuel), etc.
DONNÉES EXTERNES UTILISÉES	<ul style="list-style-type: none">• Température extérieure de fonctionnement.• Data lake mondial (fonctionnement local niveau site possible).
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	<ul style="list-style-type: none">• ROI < 1 an sur la gestion des énergies sur sites moyen à grand tertiaire bureaux (qualité de l'énergie, gestion des pics de charges et pénalités, gestion des alarmes et défauts).• Éviter les arrêts de production et pertes d'exploitation (incidents).• Accompagner la montée en puissance des besoins et usages en toute sécurité (optimisation CAPEX, Capital Expenditure = investissements).

L'ASSISTANT TECHNIQUE DU MANAGER PRÉVOYANT (CVC)

PRINCIPAUX CONTRIBUTEURS	ADEUNIS, Jean-Luc Baudouin ADEUNIS, Frank Fischer
OBJECTIF	<ul style="list-style-type: none">• Développer une solution IoT globale, universelle, intelligente à bas coût (adaptée économiquement à l'échelle d'un bâtiment) pour anticiper et cibler les opérations de maintenance des systèmes de ventilation.• Le système, intégrant intelligence artificielle et Edge Computing, est basé sur un traitement de l'information répartie entre les traitements Cloud et les traitements embarqués dans le capteur physique.
TYPE DE BÂTIMENT	Tout bâtiment tertiaire: collectivité, administration, bâtiments tertiaires, industries, infrastructures...
MATURITÉ	Pilotes fonctionnels, prévision de commercialisation Q4 - 2020.
PROBLÉMATIQUE CLIENT	<ul style="list-style-type: none">• Anticiper les besoins de maintenance.• Améliorer sa réactivité aux pannes.• Limiter la présence physique des équipes sur site.• Diminuer les coûts de maintenance et d'intervention.• Pouvoir agir sur la performance énergétique et la durabilité des équipements.
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	En tant que mainteneur je veux: <ul style="list-style-type: none">• Détecter des anomalies de fonctionnement d'un extracteur d'air qui peuvent être de diverses natures et causer à terme une panne du système: cycles de fonctionnement (On-Off) trop fréquents, puissance anormalement forte demandée au moteur, données des capteurs de pression anormales (problèmes de capteurs). Cette détection se faisant automatiquement sans configuration de seuils qu'un mainteneur ne saurait pas fixer.• Détecter spécifiquement l'encrassement d'un filtre d'un extracteur d'air.
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	Les services fournis par l'IA sont: <ul style="list-style-type: none">• L'apprentissage des modes normaux/anormaux.• L'apprentissage du mode «filtre en bonne état»/«filtre encrassé».• La mise à jour de seuils «intelligents» combinant les modalités physiques (pression, couple moteur).• La détection des passages d'un mode normal vers un mode anormal.
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	<ul style="list-style-type: none">• Capteurs DELTA P d'Adeunis.• Ces capteurs effectuent une mesure de pression différentielle: par rapport à la pression atmosphérique ou entre deux zones d'un système de ventilation (suivi de fonctionnement des caissons et suivi d'encrassement).• Capteur d'intensité du moteur de système d'extraction d'air. Ce capteur permet de représenter la puissance moteur mobilisée.
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	<ul style="list-style-type: none">• Des bénéfices techniques et économiques pour la maintenance.• Directement intégrés à la GMAO CARL Source (société CARL Software), les objets connectés Adeunis sont susceptibles de créer, sans intermédiaire, des ordres de maintenance à partir des analyses embarquées. À la différence des systèmes classiques IoT ou de supervision, il n'est plus nécessaire de fixer des seuils d'alertes et des interfaces d'échanges; la coopération «objet connecté Adeunis - CARL Source» étant à présent transparente et automatique.• Grâce aux informations transmises, plus pertinentes et plus précises, le mainteneur peut ainsi anticiper ses besoins ou améliorer sa réactivité, mieux cibler ses actions de maintenance, diminuer les coûts de maintenance et d'intervention mais aussi agir sur la performance énergétique et la durabilité des équipements.• Le ROI reste propre à chacun des utilisateurs de cette solution, néanmoins il est assez rapide de façon générale, grâce à la forte diminution des coûts d'exploitation (moins d'interventions périodiques et/ou sur alertes).

SÉCURITÉ DES PERSONNES ET DES BIENS (SAFE BUILDING & SAFE CITY)

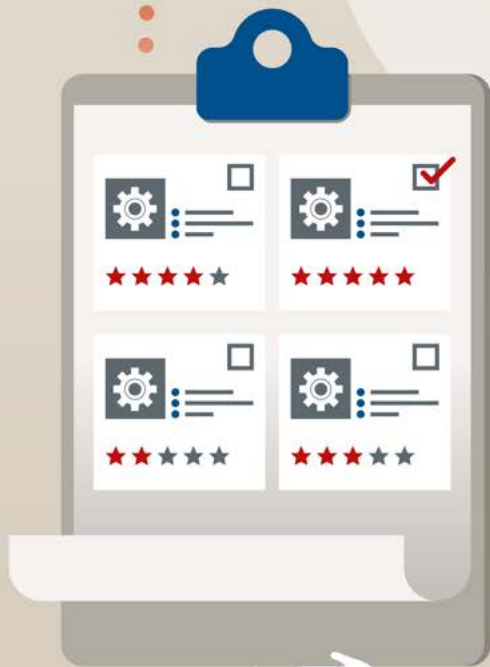
Prévision temps réel des flux pour la sécurité des personnes et des biens

L'ASSISTANT DE L'ORGANISATION DE L'ACCUEIL SUR SITE

PRINCIPAL CONTRIBUTEUR	TWO-I, Julien Trombini
OBJECTIF	Obtenir une prévision précise et stable de son environnement futur grâce à des données issues uniquement de son site pour s'assurer d'être adapté à son cas particulier. Par exemple: prévoir les taux de fréquentation de certaines entrées spécifiques pour les deux prochaines heures.
TYPE DE BÂTIMENT	L'ensemble des bâtiments qui sont exposés à du passage sont concernés par cette application; tous les lieux publics comme les bâtiments municipaux, les déchetteries, les hôpitaux, les gares, les musées... ont un intérêt majeur à avoir une vue estimative précise des flux entrant et sortant à venir, ou les bâtiments privées qui pourront de manière proactive s'adapter.
MATURITÉ	Ce projet et ses applications sont entièrement développés et seront déployés sur un territoire à grande échelle avant la fin de l'année.
PROBLÉMATIQUE CLIENT	Le besoin d'organiser les services publics, de les rendre à la fois plus efficaces pour accueillir un nombre important de personnes mais pour également optimiser la présence de son personnel, sont des enjeux majeurs d'aujourd'hui et de demain. Réduire les temps d'attente permet de maximiser la qualité du service fourni. Des départements engorgés par un flux de personnes qu'ils n'arrivent pas traiter dans le temps imparti peuvent être à la source de problèmes plus sévères comme le surmenage des employés, mais aussi la baisse de la fréquentation due à l'impossibilité de fournir le service.
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	Un client type souhaite pouvoir utiliser son système de vidéo protection pour l'ensemble des tâches habituelles mais également pour prédire. Il veut savoir combien de personnes seront présentes dans la prochaine heure et quel est le nombre de risques potentiels auxquels il pourrait être confronté.
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	<ul style="list-style-type: none">• Non seulement le système d'IA prédit la fréquentation future, mais il est également en mesure de prédire les risques potentiels. Aussi, la solution donne un intervalle de confiance pour les heures ou les minutes à venir. Cela permet de générer des alertes automatiquement lorsqu'un des sites analysés sort du cadre de confiance défini.• Les prédictions sont spécifiques au site du client, ce qui implique un apprentissage sur site qui est fait automatiquement et sans intervention du client.• Notre système se déploie de la même façon que notre solution de vidéo protection Vigilance.
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	Les données sources utilisées sur les bâtiments sont l'ensemble des informations provenant du système de vidéoprotection.
DONNÉES EXTERNES UTILISÉES	Des données externes sont utilisées pour optimiser les prévisions. À titre d'exemple: calendrier, climat...
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	Ce système permet une gestion optimisée et cela de façon entièrement automatisée mais également indépendante. Chaque utilisateur a des besoins spécifiques qui sont propres à son mode de fonctionnement. L'adaptation de notre solution à ces cas de figures très divers permet d'optimiser le rendement et de fluidifier les échanges entre les personnes venant utiliser un service et les personnes délivrant celui-ci.

L'ASSISTANT PRÉVENTION RISQUES DE SANTÉ

PRINCIPAL CONTRIBUTEUR	GOOGLE, André Courbin
OBJECTIF	Détecter les signaux faibles et les comportements à risque dans les espaces collectifs des bâtiments pour remédier à des problèmes de détresse médicale (malaise, etc).
TYPE DE BÂTIMENT	Bureaux (applicable aux centres commerciaux, aéroports, musées, etc.).
MATURITÉ	Expérimentation auprès des entreprises à l'international.
PROBLÉMATIQUE CLIENT	Le premier objectif est de détecter les situations à risques, notamment la présence de personnes en détresse médicale (évanouissement, agitation, etc).
DESCRIPTION DU SCÉNARIO	<p>En tant que directeur de site et/ou sécurité, je veux pouvoir :</p> <ul style="list-style-type: none">• Identifier des flux/chemins non habituels empruntés par des individus.• Identifier des comportements à risque pouvant conduire à une vérification ou une intervention du personnel ayant la charge du site : <ul style="list-style-type: none">- une personne allongée sur le sol peut signifier une détresse physique et un besoin d'assistance médicale immédiate;- Une personne agitée pouvant avoir besoin d'aide lors d'une situation de crise. <p>Chaque détection d'une situation décrite ci-dessus donne lieu à l'envoi d'une alarme et potentiellement l'intervention du personnel en charge du site.</p> <p>Le système de détection est réalisé principalement grâce à des caméras infrarouges préservant l'anonymat, à des détecteurs de présence, Lidars, etc.</p> <p>Les données sont traitées localement par un système de l'IA déporté sur site (ML@Edge).</p>
DESCRIPTION DU SERVICE FOURNI PAR LE SYSTÈME D'IA MIS EN PLACE	<p>Le système IA permet de fournir les informations suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none">• Détecter un comportement à risque médical, générer une alerte et selon la criticité envoyer une personne habilitée sur place.• Définir et comprendre les flux des occupants en vue de l'amélioration de l'agencement des locaux existants et de la conception de futurs bâtiments.• Détecter des cas d'urgence (médicale) pour les occupants.• Gestion des espaces et vérification de présence en cas d'évacuation du bâtiment.• Préserver l'anonymat des occupants.
DONNÉES SOURCES DU BÂTIMENT UTILISÉES	<ul style="list-style-type: none">• Détecteur de présence.• Lidars.• Caméra infrarouge.• Carte/plan numérique du site.• Planning des exercices d'évacuation de site.
DONNÉES EXTERNES UTILISÉES	Date et heure.
BÉNÉFICES ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	Les bénéfices portent avant tout sur le bien être et la santé des personnes présentes sur un site.



UNE MISE EN ŒUVRE PERFORMANTE DE SON PROJET

Structuration et modélisation du bâtiment

CONSTITUANTS (LIEUX ET ÉQUIPEMENTS)

Comme présenté dans les chapitres précédents, le développement de l'IA est lié à la quantité et la qualité des données qu'elle peut traiter. Une structuration de ces données est nécessaire pour qu'elles soient exploitables et traitables en grande quantité. C'est à cette condition que l'IA prend son essor. Structurer les données, dans le bâtiment comme ailleurs, revient peu ou prou à définir les objets qui vont être utilisés et les relations qui vont les lier.

Constituants

Le premier objet ou modèle qui doit structurer les données d'un bâtiment est le modèle physique du bâtiment lui-même. C'est le lien qui va s'établir entre le système BIM (s'il existe) et l'IA qui va définir la nature de ce modèle. C'est généralement un modèle géométrique statique qui s'affine dans le temps.

La granularité de l'information disponible dans les BIM classiques et celle nécessaire pour l'intelligence artificielle du bâtiment n'est pas la même. Celle du BIM est plus fine et permanente, celle des services associés au bâtiment diffère d'un service à l'autre et dans le temps. Elle peut être beaucoup moins fine pour certains services. En revanche, pour les données à fournir aux services et aux IA qu'ils incluent, des relations sont à définir autour de ce modèle physique. On pense notamment à des notions comme « au-dessus de », « à côté de », « inclus dans » ou simplement des typologies de lieu comme les communs, les couloirs, les pièces, leur destination (cuisine, bureau).

Il sera nécessaire également, pour structurer les données que le bâtiment génère, de modéliser les objets connectés qui sont producteurs et consommateurs de données (capteurs et actionneurs). On doit, par exemple, avoir modélisé un capteur de température, même de manière très générique, pour pouvoir l'installer ou le déplacer dans un bâtiment virtuel.

Dès qu'on dispose d'objets numériques dans des bâtiments virtuels, des données peuvent fluer dans les modèles et des services peuvent émerger, c'est-à-dire ouvrir de nouvelles possibilités inaccessibles auparavant. *A minima*, ces modèles doivent intégrer la différence entre les capteurs et les actionneurs et permettre aux différents services intelligents de lire les données des capteurs et d'utiliser les actionneurs.

Néanmoins, pour faire émerger des services orientés vers les occupants du bâtiment, pour apprendre les habitudes de ces utilisateurs ou leurs besoins, il convient également de modéliser le profil et les droits d'accès de ces mêmes utilisateurs.

Dans une approche industrialisée, répétable sur tous les bâtiments, cette structuration est réalisée une fois pour toutes. Ce qui rend les bâtiments, leurs équipements et leurs utilisateurs différents les uns des autres et que les instances de ces

objets sont uniques. Ce caractère unique vient d'ailleurs plus de l'historique de chaque objet et de leurs interactions que des caractéristiques d'origine des objets. Pour faire du jumeau numérique d'un bâtiment un « objet virtuel » unique, il convient que chacun de ses composants soit identifié de manière unique également. Différentes méthodes existent, elles seront détaillées ci-après.

FONCTIONS

Il est impossible d'énumérer l'ensemble des fonctions que réalise un smart building. On peut néanmoins faire la distinction entre celles qui sont opérées localement et celles qui sont distantes. Pour prolonger l'analogie avec le comportement humain (puisque nous parlons d'IA et donc d'imitation des fonctions intelligentes humaines), on peut parler de fonctions réflexes et de fonction cognitives. Les fonctions réflexes sont locales par essence et les fonctions cognitives sont centralisées. Elles peuvent être hébergées localement ou dans le Cloud, c'est juste une question de résilience et de faisabilité d'architecture technique.

Les deux fonctions (arc-réflexe et cognitif) ne sont néanmoins pas indépendantes. D'une part, un réflexe peut être initialement appris, comme l'a démontré Pavlov il y a longtemps, et d'autre part, une fonction cognitive doit pouvoir prendre le pas sur un réflexe quand la situation le nécessite. Chez l'homme comme dans le bâtiment, les fonctions cognitives sont centrales et par conséquent les seules à avoir une vue globale du contexte.

L'équivalent de la main qui s'écarte rapidement d'une surface chaude par réflexe protecteur peut être la lampe qui s'allume quand on appuie sur un interrupteur. En revanche, un équipement terminal (comme la même lampe) doit pouvoir être accessible aux fonctions centrales quand le contexte le demande.

ARCHITECTURE TECHNIQUE

Une architecture technique générique découle de tout ce que nous avons montré avant, tant au niveau matériel que logiciel. Il est toujours possible de trouver un moyen de faire autrement et d'assurer quelques fonctions avancées, mais l'architecture décrite ici est l'architecture naturelle pour garantir l'accessibilité au plus grand nombre de fonctions intelligentes pour toutes les phases du bâtiment, à moindre coût et avec le plus d'évolutivité possible.

Tout d'abord, au niveau matériel, il n'y a pas d'équipement intelligent, ou plutôt, il n'y a pas d'équipement, qui en soit, fait émerger de l'intelligence. **L'évolution du bâtiment dans ce domaine assez darwiniste, c'est la fonction qui crée l'organe et pas le contraire.** Pour des raisons économiques évidentes, la mutualisation des équipements par les fonctions centrales est primordiale. Nous avons vu qu'elle n'est pas incompatible avec les besoins classiques (type réflexe du bâtiment).

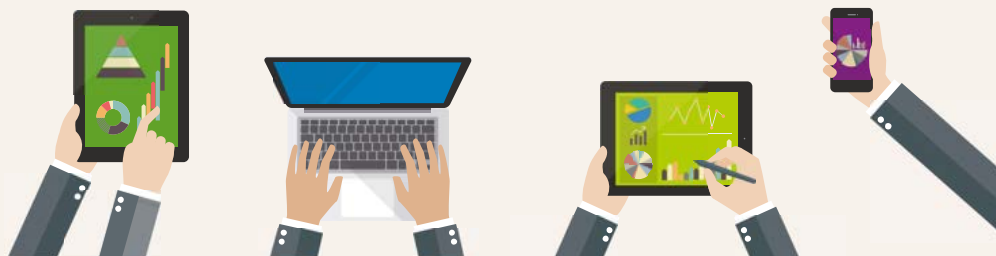
Pour bénéficier de fonctions centrales, mutualiser les équipements et permettre un « raccordement » à un grand nombre de services, c'est donc l'architecture en couches (voir schéma page suivante), telle que proposée par la SBA et son label R2S, qui s'impose.

Le système logiciel qui héberge les fonctions centrales dans le schéma est un BOS (*Building Operating System*). Ce n'est pas un composant obligatoire pour déployer de l'IA dans le bâtiment, mais il en est un grand facilitateur. Composant important de la cyberstructure, c'est lui qui permet de mettre à disposition des services (avec IA ou non) un bâtiment virtuel, aux données structurées, utilisable de manière générique.

L'équivalent de la main qui s'écarte rapidement d'une surface chaude par réflexe protecteur peut être la lampe qui s'allume quand on appuie sur un interrupteur, c'est un réflexe normal du bâtiment

ARCHITECTURE EN COUCHES DE TYPE R2S

COUCHE 3
SERVICES



COUCHE 2
CYBERSTRUCTURE



B.O.S. (ORCHESTRATION DES DONNÉES)



RÉSEAU IP (CIRCULATION DES DONNÉES)



COUCHE 1
ÉQUIPEMENTS



Au niveau logiciel, pour pouvoir mettre en œuvre les fonctions (services intelligents du bâtiment) que nous avons exposées dans ce document, il convient que plusieurs conditions soient respectées :

- Autoprotection locale des équipements, cette autoprotection ne doit pas empêcher les fonctions centrales de pouvoir prendre la main sur les équipements (c'est surtout vrai pour les actionneurs).
- Ouverture des API (Application Programming Interface) pour les communications couche 1 – couche 2 (équipements avec infrastructure) et API centrales pour les communications couche 2 – couche 3 (infrastructure avec services).
- Mise en place d'un BOS, localisé au cœur de la cyberstructure, qui fournit les éléments essentiels à la mise en œuvre d'IA par les services (cf. paragraphe sur les niveaux d'autonomie du bâtiment, page 18):
 - temporalisation;
 - identification;
 - localisation;
 - sécurisation;
 - fiabilisation.
- Un BOS qui fournit une ontologie (ou référentiel de structuration des données et de règles sémantiques), permettant à des services d'être développés de manière industrielle.
- La couche de services pouvant être distante, les communications entre la couche 2 et 3 seront nécessairement en IP. De même, celles entre les couches 1 et 2 aussi pour des raisons de débit, de fiabilité et de sécurité.

Conditions techniques de mise en œuvre de l'IA dans le bâtiment

LES DONNÉES

Afin de pouvoir servir efficacement à des systèmes d'IA, les données du bâtiment devront respecter les principes de structuration, d'ontologie unique et d'architecture technique.

L'IA est un outil algorithmique qui utilise des données et des objets virtuels. Le jumeau numérique du bâtiment est cet objet qu'une IA va utiliser si elle doit agir sur le bâtiment. Que cet objet virtuel soit fourni par la cyberstructure de manière automatisée et générique ou pas, il est nécessaire à l'IA (et aux autres services). Autrement, il devra être développé de manière spécifique pour le bâtiment concerné (potentiellement par chaque service d'ailleurs).

Concrètement, c'est le choix des services que le bâtiment veut souscrire qui va orienter en premier lieu la conception. De ce choix découle la définition des données nécessaires pour rendre les services en question. Ensuite seulement, une fois les données connues, le choix entre équipement connecté ou non pourra se faire.

Quelques principes de base peuvent néanmoins guider la réflexion :

- Plus le nombre d'équipements connectés est important, plus les types de données différentes produites dans le bâtiment seront variées, et permettront de créer dans le bâtiment un grand nombre de services dans le futur.
- Seuls les équipements connectés dont les données seront disponibles pourront nourrir une IA et donc un cas d'usage. Pour les bâtiments existants, les équipements qui ne pourraient pas fournir leurs données au système de collecte et de traitement des données choisis devront être adaptés ou remplacés en tenant compte de cette problématique.
- La compatibilité d'un équipement est essentiellement un problème de protocole commun mais l'objectif ici est l'interopérabilité des équipements par des services multiples. L'interopérabilité intègre la notion de continuité de la communication, mais ajoute la notion de représentation dans un modèle global commun.
- Sans système central et BOS, il n'y aura que des développements spécifiques possibles, qui seront donc plus chers, à l'achat comme pour leur maintenance, et moins évolutifs.
- Le choix d'un équipement avec un protocole propriétaire fermé rend quasi impossible ou très difficile sa connexion avec tout autre système que celui de son fabricant.
- Le débit de données choisis ou imposés par le protocole peut fixer un débit maximum et donc compromettre le choix de services futurs s'il est trop bas.

Par exemple, si le débit de lecture des consommations électriques est choisi pour une application de répartition de charges (une facture par mois), on ne pourra jamais utiliser ces données pour faire de la reconnaissance de charges ou indiquer aux utilisateurs en temps réel que les actions qu'ils exécutent sont trop énergivores.

- Le système d'identification unique des équipements, qui va permettre au BOS de désigner les éléments de son modèle de manière non ambiguë, doit être indépendant des marques et des protocoles notamment.

Soit il est interne, et donc invisible extérieurement, et attribué après découverte des matériels, soit il est natif aux équipements et peut être apparent sous forme de tag NFC ou de QR Code par exemple.

L'interopérabilité intègre la notion de continuité de la communication, mais ajoute la notion de représentation dans un modèle global commun

LE SYSTÈME D'INFORMATION DU BÂTIMENT

Le Système d'information du bâtiment (BIS, Buidling Information System) doit contenir quelques caractéristiques simples mais fondamentales qui ne sont pourtant pas le lot commun des bâtiments existants. Entre autres, ce système d'information doit contenir en son sein un élément central (typiquement un BOS Buidling Operating System) qui permet aux services, notamment ceux qui utilisent de l'intelligence artificielle, de bénéficier des données structurées dont ils ont besoin. Un BIS se doit également de documenter les flux d'informations et les traitements, les services applicables dans le bâtiment ainsi que le rôle des acteurs concernant l'exploitation, la maintenance et l'utilisation de ces services.

Le modèle virtuel du bâtiment proposé par un BOS, combiné avec les éléments descriptifs du BIM constitue le vrai jumeau numérique qui allie les données statiques (structure, équipements...) et les données dynamiques (flux de données produites et/ou consommées par les capteurs/actionneurs du bâtiment). Il constitue un véritable double virtuel « live » du bâtiment, qui permet d'imaginer toutes les possibilités en termes de services, de simulation et d'interconnexion avec les autres bâtiments ou avec d'autres avatars virtuels (ville, réseau, etc.).

Il est naturel de penser que les services, qui vont s'attacher au bâtiment en phase d'exploitation, devront donc se connecter à cet élément central. Ce n'est pas une obligation si le service est indépendant, mais cela devient essentiel si le service intègre de l'intelligence et que celle-ci dépend des données intrinsèques du bâtiment (comme son occupation par exemple).

Le jumeau numérique.



Cela comprend entre autres :

- Les composants logiciels de la GTB.
- Les différents systèmes d'hypervision du bâtiment (maintenance, sûreté, sécurité).
- Les services de commodité (gestion de salles, géolocalisation, accès, parking...).
- Les services de lien avec l'extérieur (bornes de recharge EV, transports en commun, flexibilité énergétique).

D'autres services sont moins naturellement ou moins souvent reliés à ces architectures, c'est le cas des :

- Outils de gestion des documents juridiques de propriété ou de location. La connaissance des occupants est en effet primordiale dans les différents modèles d'une part et dans la gestion des droits d'accès aux données et services d'autre part.
- Outils communautaires du bâtiment.
- ...

Enfin, il y a une autre catégorie de services qu'il ne faut pas oublier dans les utilisateurs d'IA qui vont également bénéficier d'un bâtiment virtuel structuré, ce sont :

- Les outils de conception, ce sont même eux qui vont créer le modèle, ou aider à sa création (comme le BIM).
- Les outils d'aide à la vente (visualisation, simulation).
- Les outils de planification et de suivi de chantier.
- Les outils d'installation et d'intégration du bâtiment.
- Les outils de commissioning et de réception du bâtiment

Ces trois listes ne sont pas exhaustives mais énumèrent les principaux utilisateurs d'IA potentiels et bénéficiaires du jumeau numérique du bâtiment.

Conditions organisationnelles de mise en œuvre de l'IA dans le bâtiment

LES ACTEURS CONCERNÉS ET LEUR RÔLE

Les occupants du bâtiment sont tous des utilisateurs potentiels des données qu'ils produisent. Tous peuvent donc bénéficier à un moment ou à un autre d'un service à base d'IA. Leur utilisation en sera facilitée, elle sera moins fastidieuse car automatisée au moins partiellement, la représentation du bâtiment sera plus adaptée. Par ailleurs, un des grands bénéfices, si ce n'est le bénéfice majeur à l'utilisation d'un jumeau numérique, est le fait de ne jamais faire deux fois une saisie. Cela permet, d'une part, un gain de productivité et, d'autre part, c'est une façon d'assurer que le bâtiment est réalisé conformément à sa conception.

Le jumeau numérique n'est pas un service apporté par une IA en particulier, il est la représentation virtuelle «dynamique» du bâtiment, indispensable à chaque IA. Il n'est pas obligatoire pour une IA en particulier. Néanmoins, si deux services doivent être utilisés dans un même bâtiment, surtout avec des accès à des actionneurs, il est important qu'ils partagent le même descripteur, c'est le rôle du jumeau numérique. Pour cette raison, nous avons associé aux atouts de l'IA les bénéfices induits par l'utilisation d'un jumeau numérique.

Les utilisateurs pour lesquels l'arrivée du bâtiment intelligent est plus la nette et peut potentiellement changer les habitudes et les process sont ceux qui sont impliqués dans la production et l'utilisation des données. En premier lieu, ce sont tous les professionnels de la filière.

L'apport de l'IA étant de faciliter la tâche de chacun, son impact nécessite d'accompagner le changement plus qu'un programme classique de formation aux outils. Quand c'est plus simple que d'habitude, ce n'en est pas moins différent.

Dans les paragraphes suivants, nous détaillons les différentes catégories de la filière, leur rôle dans le cadre du bâtiment intelligent et les différents bénéfices qu'il peuvent attendre de l'IA.

Les maîtres d'ouvrage

Le choix de l'évolutivité est presque plus impactant que celui des services. En conséquence c'est au maître d'ouvrage que reviendra sans doute le choix du BOS.

Premiers dans la chaîne de décision, et surtout dans l'ordre chronologique du processus de décision, ils ont évidemment un rôle majeur à jouer.

La première tâche des maîtres d'ouvrage est de définir les services qu'ils attendent du bâtiment, ainsi que le degré d'évolutivité souhaité. Le maître d'ouvrage devra également orienter ses préférences concernant la cyberstructure du bâtiment.

Ce choix est crucial puisqu'il décide quelles données doivent être produites par le bâtiment et en conséquence quelle architecture technique sera mise en œuvre pour y arriver.

Dans un monde idéal, les équipements sont tous compatibles avec les BOS, et le coût et l'efficacité de l'ensemble ne sont pas impactés par ces choix. Dans la pratique, il en est évidemment autrement. Tous les équipements sont potentiellement compatibles avec tous les BOS s'ils sont nativement IP. Les autres dépendent notamment du degré d'ouverture du protocole qu'ils utilisent et de l'existence d'une passerelle compatible IP.

Le jumeau numérique est la représentation virtuelle «dynamique» du bâtiment dont chaque IA a besoin

Comprendre et maîtriser ces choix est un enjeu majeur pour les maîtres d'ouvrage, d'autant plus que la visibilité des impacts positifs ou négatifs n'est pas forcément immédiate. Sur le plan financier, une approche en coût global est nécessaire ou a *minima* une évaluation en coût marginal des évolutions possibles du bâtiment et des services associés. Il est important d'éviter la multiplication de silos à bas coûts, qui au final, seront moins efficaces.

Pour garder la maîtrise de l'impact des décisions prises par les maîtres d'ouvrage, une montée en compétence est souvent à envisager.

C'est à eux ou à leurs premiers délégués (bureaux d'étude spécialisés par exemple) que reviendra de créer le double virtuel du bâtiment et de définir une stratégie globale autour de la gestion des données du bâtiment (data management).

En premier point, ces simulations utilisent des données structurées et des algorithmes à base d'IA, afin de pouvoir proposer aux maîtres d'ouvrage différents scénarios optimisés. Par ailleurs, les maîtres d'ouvrage doivent s'assurer de la bonne compatibilité entre les outils des différents délégués pour que tout puisse se raccrocher au jumeau numérique choisi. Cela inclut notamment les outils des différents bureaux d'études, et de ceux choisis pour le BIM.

Le principal bénéfice, en plus de la plus-value apportée au bâtiment lui-même, est l'élimination des doublons de développement, comme mentionné plus haut. Ce gain de productivité dans la chaîne de sous-traitance finira logiquement par se partager sur toute la chaîne de la valeur.

In fine, ce sont aussi les maîtres d'ouvrage qui bénéficieront des outils de suivi des chantiers, les plus gros acteurs de la filière pouvant même raccrocher à ces derniers des outils de suivi de l'activité économique et de la rentabilité des bâtiments d'un parc complet en fonction des services installés, des intervenants choisis ou des localisations de ces bâtiments, par exemple.

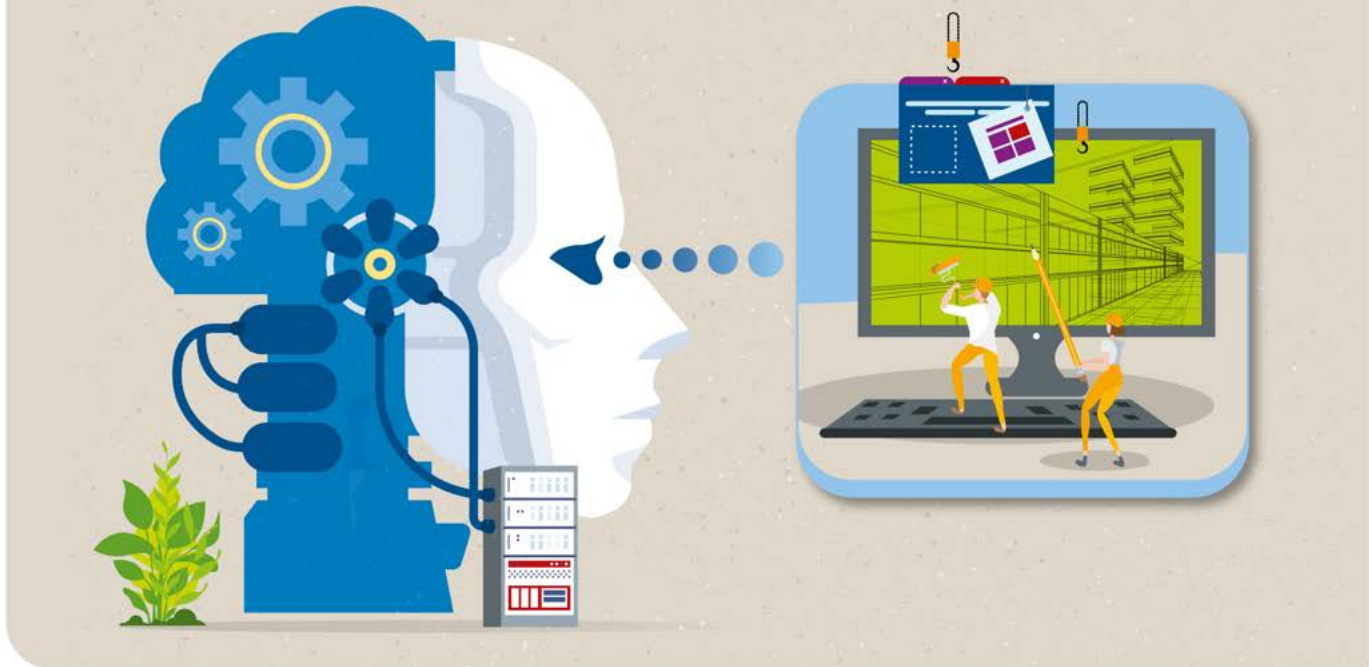
En termes de modèle d'affaire, toute la filière numérique implique une bascule vers plus d'OPEX et moins de CAPEX. Cela accompagne le mouvement déjà entrevu vers le « Building As A Service ». La négociation avec les fournisseurs de cette filière se fera donc plus en termes de SLA (Service Level Agreement, objet de la plupart des contrats de type infogérance par exemple) qu'en termes de rapport coûts/qualité.

Les maîtres d'œuvres/les entreprises

Les intervenants de la phase chantier des bâtiments sont aussi des créateurs de données pour le jumeau numérique du bâtiment.

Une tâche en particulier sera impactée : le commissioning. Elle va devenir plus simple et plus rapide que pour des bâtiments connectés non structurés. En effet, les éditeurs de BOS, vont créer (ou ont déjà créé) des méthodes et des outils industriels, c'est-à-dire génériques, répétables et prévus pour des déploiements massifs. Ces outils pourront aussi être créés par les fabricants. Le commissioning devra être davantage préparé en amont et s'attacher à vérifier le bon fonctionnement des équipements déployés, plutôt que leur simple présence : un commissioning préparé et assisté par les solutions d'IA fournies par les fabricants prendrait tout son sens.

C'est sans doute dans la phase chantier que l'arrivée massive du numérique heurte le plus les process et les habitudes des intervenants. Même si le commissioning est simplifié par l'arrivée de matériels « plug and play », une caractéristique générale du déploiement du numérique sur une filière est une accélération de la mise en place de procédures de configurations, mises en service et tests qui limite la marge de manœuvre des intervenants. C'est d'ailleurs une caractéristique plus largement associée à l'industrialisation des filières.



L'IA, et plus généralement le numérique, va arriver dans cette filière avec un grand nombre d'outils de traçabilité, de gestion de la qualité qui impacteront sans nul doute ces entreprises.

Ces outils sont obligatoires, ne serait-ce que pour permettre au MOE de déterminer les responsabilités en cas de défaillance. Sans ces outils, les limites de responsabilités seront très difficiles à juger.

Les propriétaires et leurs délégataires: Asset manager et Property manager

La valorisation des actifs est améliorée par l'IA de trois manières:

- Enrichissement des services pour la satisfaction des usagers et des usages grâce à la mesure des taux d'occupation (par exemple).
- Différenciation de l'offre par rapport aux bâtis qui ne la proposent pas: même si la «killer apps» (application dont personne ne peut se passer, qui est indispensable et déployée massivement et qui suffit à elle seule à générer les investissements nécessaires à son bon fonctionnement) n'existe pas, ou pas encore, dans le bâtiment, la somme des services proposés jouera sans doute un rôle majeur sur les infrastructures et équipements, obligeant d'ailleurs, l'écosystème industriel du bâtiment à encore plus d'interopérabilité que dans le monde des smartphones.
- Diminution des coûts sur la durée de vie totale du bâtiment:
 - En conception par la mutualisation des outils et des connaissances: l'IA permet à la fois des designs optimisés par l'accès à des données réelles d'usage et contraint la connexion des différents outils pour maximiser les bénéfices que l'on peut en tirer.
 - En réalisation: l'IA exige une industrialisation de la chaîne de la valeur pour l'obtention même de ses données.
 - En exploitation: l'IA diminue les coûts d'exploitation (maintenance, énergie consommée, optimisation des espaces).

Les exploitants

Le métier des exploitants sera sans doute un des métiers les plus impactés par l'arrivée de l'IA dans le bâtiment. Les outils de diagnostic automatique, la régulation complexe contextualisée, la maintenance prédictive, sont autant d'opportunités de gains de productivité, tout en imposant des changements majeurs de méthodes et d'organisation.

Une gestion technique du bâtiment fonctionnelle, que l'on peut mettre à jour à distance, dont les flux sont surveillés automatiquement et qui planifie à l'avance les déplacements des équipes seulement quand c'est nécessaire, est une avancée à la fois en termes de rentabilité et de satisfaction client.

Plus habitués au modèle OPEX, les exploitants vont devoir vendre des SLA aussi, calqués sur ceux des outils du bâtiment. Le niveau de continuité de services fourni par l'exploitant ne pourra évidemment pas être supérieur à ce que l'infrastructure du bâtiment elle-même peut proposer.

De ce fait, la connaissance (si ce n'est le maintien également) de l'infrastructure de communication du bâtiment entrera vraisemblablement dans leurs attributions. Une montée en compétence globale de cette filière d'exploitant se profile, même si elle a déjà été anticipée par certains.

Les preneurs et les occupants

Cette catégorie d'acteurs du bâtiment constitue les clients finaux, ceux qui en supportent les coûts. C'est intuitivement la catégorie vers laquelle sont tournés une majorité des services du bâtiment intelligent.

La fluidité des usages, l'ouverture vers le plus grand nombre, l'adaptabilité continue du bâtiment à l'occupant en sont les axes principaux. L'IA devrait permettre une gestion des usages transcendant la traditionnelle dichotomie tertiaire/résidentiel déjà mise à mal par la montée en puissance d'acteurs type Airbnb, du coworking, des nouveaux entrants de l'hôtellerie. Croiser des usages intermittents de l'espace et de l'énergie requiert une complexité que l'IA peut accompagner et qui peut changer la nature des bâtiments à venir.

Avant ces mutations à plus long terme, l'IA va permettre au bâtiment de baisser ses coûts d'usage (surtout énergétiques) tout en maximisant le confort de ses usagers en mettant en œuvre des solutions « juste à temps » et « juste comme il faut » (anticipation et personnalisation des réglages).

C'est l'identification par l'IA des micro-usages, des temps d'utilisations réelles du bâtiment, de ses coûts énergétiques associés précis qui va permettre le mouvement de la propriété vers la valeur d'usage, que ce soit par une formule d'abonnement ou bien par « pay as you go ».

À l'échelle du quartier, l'IA va également autoriser des services mixtes, une analyse et une compréhension des usages de l'espace qui vont faire évoluer les offres des bâtiments.

Les enjeux du preneur, de ses collaborateurs et des visiteurs

• Les enjeux économiques directs

- Efficacité énergétique: réduire la facture en énergie et fluides, maximiser la qualité du service rendu à coût donné. Cela implique benchmark, analyse par usage et occupation réelle, capacité à envoyer des consignes aux superviseurs des équipements.

- Efficacité opérationnelle. Quelles solutions et/ou data offre le bailleur pour maîtriser et optimiser l'efficacité opérationnelle du bâtiment ou de la partie utilisée par le preneur et éventuellement mutualiser des équipements et leur data.

- Efficacité du Facility Management: optimiser la facture des services de Facility Management pour offrir le meilleur service à moindre coût. Quelle garantie et donc solutions le bailleur a à sa disposition pour optimiser les coûts de maintenance des équipements et les coûts d'exploitation des parties communes, gage d'une bonne gestion des charges pour le preneur?

- Optimisation de l'occupation de l'espace: limiter la surface louée, maximiser le taux d'occupation des espaces. Par exemple libérer un étage ou gérer la croissance

des effectifs grâce à l'analyse de l'occupation réelle des espaces dans le temps et aux éventuels flux de déplacements...

Ces enjeux économiques ont des conséquences organisationnelles importantes qu'il convient de ne pas sous-estimer dans la gestion immobilière.

• Les enjeux de productivité et de bien-être de ses équipes

- Pour le responsable de l'immobilier, s'assurer que les collaborateurs aient envie de venir travailler sur site: pour maximiser la fréquentation du site.
- Pour les collaborateurs, bien-être au travail: confort, convivialité.
- Pour le management opérationnel et les collaborateurs, efficacité au travail: facilité à trouver un bureau, ses collaborateurs, les salles de réunion recherchées, une salle de réunion libre à proximité, un équipement. Limiter les déplacements inutiles d'un bout du campus à l'autre et le temps de recherche des salles, des collaborateurs, des équipements.

Pour cela, le preneur essaie d'agir sur les leviers suivants:

- Offrir des espaces les plus adaptés à chacune des tâches de la journée (partage entre équipes, créativité, comité de pilotage, analyse de document...) tout en optimisant l'espace global occupé par le preneur grâce à une connaissance de l'occupation réelle (nombre de personnes, temps quotidien).
- Offrir des services facilitant l'attractivité et le travail des collaborateurs tels que la recherche et la réservation de ressources (salles, parking, imprimantes...), la bonne gestion du confort de chacun (visuel, thermique, qualité d'air, niveau sonore), la prise en compte efficace et le bon traitement des demandes dans une expérience utilisateur agréable, le tout accessible par une interface simple, depuis plusieurs modalités, le smartphone étant le plus mis en avant.
- S'assurer que les infrastructures du bâtiment offertes par le bailleur permettront facilement d'intégrer les outils de communication et de collaboration de l'entreprise.
- Offrir des services équivalents à chacun des visiteurs, en fonction de leur habilitation.
- Garantir la sécurité matérielle et immatérielle des occupants, des ressources et des données associés.

Les assureurs

L'utilisation du numérique et de l'intelligence artificielle dans le bâtiment confronte les assureurs à un double challenge.

Les assureurs doivent en effet envisager de nouveaux risques potentiels liés à l'IA, comme le dysfonctionnement d'un équipement ou d'une application, dû à une erreur d'exécution d'un algorithme, dont les conséquences financières peuvent coûter très cher.

Ils doivent aussi apprendre à maîtriser l'IA, pour prévenir les sinistres, plutôt que rembourser les dommages une fois qu'ils se seront produits. Un peu comme dans le contexte de la santé ou la mobilité, les assureurs pourront inventer de nouveaux types de contrats, qui privilégient la prédiction des sinistres au « curatif », justement en exploitant l'IA. Dans la perspective d'un bâtiment, ils auront la possibilité d'exploiter la maquette numérique, combinée à l'usage de l'IA, pour disposer de données macroéconomiques qui permettent d'adapter les contrats d'assurance à la situation.

Dans le secteur de l'assurance, nous assistons ainsi à l'émergence d'un nouveau besoin de compétences à savoir croiser et exploiter des données hétérogènes. Cette expertise historique des grands acteurs de l'IT (*Information Technology*) doit absolument être maîtrisée par les assureurs et intégrée dans leurs modèles. De cette manière, les assureurs pourront proposer une offre de services beaucoup plus large, mieux adaptée et plus performante.

*Offrir des espaces
les plus adaptés
à chacune des tâches
de la journée, tout en
optimisant l'espace
global occupé par
le preneur grâce
à une connaissance
de l'occupation
réelle*

Il est donc clair que les assureurs ne peuvent plus considérer que l'évolution du Smart Building et de la Smart City ne les concerne pas et qu'elle n'impacte pas leur activité. Ils doivent tenir compte de cette mutation et y prendre part, en devenant des acteurs engagés et militants. Leur implication passe notamment par une re-fonte de leurs modèles économiques, qui, forcément, intégreront la dimension dynamique apportée par l'IA.

Le cas particulier de la filière hors-site

Branche encore un peu à part dans le monde du bâtiment, la construction dite « hors-site » contient intrinsèquement des éléments qui semblent très favorables au développement rapide, transverse et massif de l'IA.

Beaucoup plus intégrée, elle permet une gestion facilitée des outils numériques transverses comme ceux qui utilisent l'IA.

Concentrée sur la rapidité d'exécution et dépendante de l'intégrité entre le design et la réalisation, elle est plus proche, en termes d'organisation de la filière du logiciel que de celle du bâtiment.

L'IA permet déjà une plus grande automatisation des opérations de réception des bâtiments. Si on pense au contrôle qualité d'une « usine à bâtiments », ces opérations sont clés pour la filière.

L'IA peut offrir une possibilité de gestion des connexions complexes de modules entre eux et d'optimisation des distributions de fluides.

Les techniques de levage complexes, la précision des assemblages, sont autant de domaines qui sont des gisements de productivité où l'IA peut s'avérer précieuse.

Enfin, il n'est sans doute pas anodin que les acteurs majeurs de l'IA globale investissent régulièrement dans ce secteur.

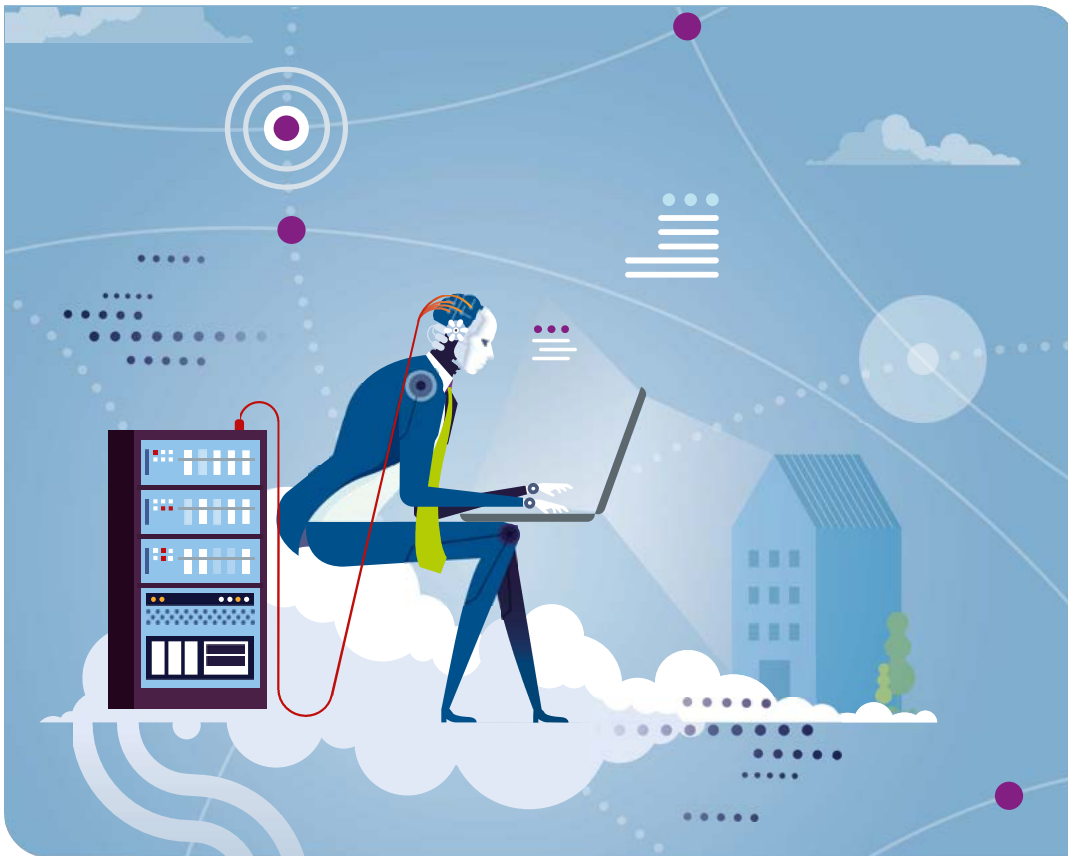
MONTÉE EN PUISSANCE DE LA FILIÈRE ET ACCOMPAGNEMENT DES ACTEURS

Face à ces enjeux qui impactent les acteurs de la chaîne de valeur actuelle, les réactions sont variables selon la perception de ces changements en termes de menace ou au contraire d'opportunité.

L'IA de par sa nature transverse ne peut pas être « localisée » dans un lot technique. En revanche, les données sources et les résultats de l'IA impactent les lots techniques. L'IA, en tant qu'outil, doit s'inscrire dans un schéma directeur autour des infrastructures, des données et des services.

Cette approche permet de cerner les objectifs, la chaîne de responsabilité, les coûts et les bénéfices associés à l'utilisation de l'IA.

Nous avons exposé dans les paragraphes précédents que l'IA est un groupe d'outils, parmi les plus avancés, de l'informatique. Un ensemble d'algorithmes, de façon à coder les programmes pour résoudre des tâches complexes. L'IA est donc un avatar du numérique qui entre dans le monde du bâtiment comme il est entré dans la plupart des activités humaines. Aussi, si l'IA demande une infrastructure digitale dans le bâtiment, celle-ci ne lui est pas propre, elle est demandée par les besoins de connectivité du bâtiment au sens large. Concevoir une infrastructure ouverte, la réaliser et la maintenir sont des lots avec des livrables physiques et logiciels. **Il y a donc des composants du smart ou des composants du bâtiment intégrant de l'IA qui sont des lots. Par contre, des responsabilités transverses sont indispensables, elles sont souvent négligées aujourd'hui. La montée en compétence et l'utilisation**



de nouveaux outils numériques (par exemple: jumeau numérique, simulations, interfaces hommes-machines) pour le MOE sont une grande partie de la solution à ce problème posé par le «lot Smart».

L'IA est déjà présente dans les outils de conception des structures, les logiciels de visualisation en avant-vente ou les outils de planification chantier, c'est un ensemble de techniques transverses et puissantes.

De ce fait, lotir l'IA ou le smart, c'est, d'une part, cantonner sa mise en œuvre, ce qui est dommage mais pas rédhibitoire et, d'autre part, c'est également s'empêcher de regarder la problématique de distribution des données dans son ensemble. Ce qui conduit généralement à des dysfonctionnements majeurs.

Dans l'industrie du bâtiment, les responsabilités sont fragmentées par le lotissement et le phasage. Dans le numérique, il n'y a pas de différence entre la conception et la production (on ne touche plus un code quand le développement est fini) et le code n'est pas sécable en fonction du type des données qui le traverse.

L'adaptation qui doit survenir dans le monde du bâtiment est donc de nature organisationnelle. Une continuité des responsabilités (au moins de la conception au commissioning) doit s'installer pour le fluide «données». Les outils le permettent et c'est la garantie d'une livraison 100% conforme à la conception. L'introduction d'une chaîne un peu semblable à la chaîne qualité de l'industrie manufacturière pourrait être une façon d'améliorer la situation actuelle. En ce sens, l'entrée du numérique au cœur du bâtiment, doit concourir à parachever son industrialisation.

Une des caractéristiques de l'IA est d'être une technique algorithmique qui sépare le plus possible le problème de la manière de le résoudre. Vu sous cet angle, il n'y a pas de développement d'IA spécifique du bâtiment. Le bâtiment bénéficiera donc à moindre coût des avancées de l'IA de manière générale.

La « montée en puissance » de la filière ne nécessite donc pas non plus une montée en compétence qui intégrerait le développement des moteurs d'IA pour ses besoins propres, par exemple. Encore une fois, il s'agit plus d'adaptation organisationnelle, de conduite du changement par la prise en main d'outils, qui sont, eux, spécifiques (outils de simulation, outils de virtualisation, de pose, de commissioning, etc.). **L'IA ne change pas ce que l'on fait, elle améliore la façon de le faire.**

Le développement de l'IA dans le bâtiment au bénéfice de tous les acteurs dépend donc d'un mouvement conjoint : l'adaptation organisationnelle de la filière du bâtiment ainsi que le développement d'outils pratiques, intuitifs adaptés à cette nouvelle organisation. Est-ce que ce sont les outils qui vont majoritairement et rapidement faire changer la filière ou est-ce que les outils vont s'adapter progressivement à un mouvement plus lent de la filière ? C'est toute la différence entre une approche globale avec des outils très génériques ou une approche plus « terrain » d'acteurs spécialisés. C'est la filière qui tranchera *in fine*.

Les recommandations pour la mise en œuvre et référentiel méthodologique

Le déploiement de l'IA, au-delà du projet pilote, va avoir des impacts sur l'ensemble des process, les employés et leur façon de travailler ainsi que sur les clients. Il doit donc s'inscrire dans un projet de transformation globale (y compris avec un volet de conduite du changement), pour réussir un déploiement en masse.

Les causes courantes d'échecs lors de déploiement d'un projet IA sont déjà identifiées dans les différents secteurs d'activités et sont donc à prendre en compte pour les bâtiments et infrastructures :

- Le manque de culture digitale.
- Un défaut de vision sur l'IA et les impacts métiers.
- Un manque de support du management ou une implication insuffisante.
- La maîtrise insuffisante des technologies à mettre en œuvre et à intégrer.
- La difficulté à trouver les bonnes compétences.

Ces causes communes se traduisent régulièrement par une sous-estimation par les acteurs des points à prendre en compte.

Dès lors, il est important de souligner **les facteurs clés de succès** pour le passage à l'échelle de l'IA et donc le déploiement des cas d'usage. Tout d'abord, il ne faut pas viser ou espérer un « big bang » mais plutôt organiser le succès par pas itératifs et contrôlés, s'inscrivant dans un objectif global, sans pour autant limiter l'ambition au seul projet pilote.

Trois pré-requis :

- Disposer d'un « sponsor » ou C-Level, membre du comité de direction.
- Développer une culture de la donnée en impliquant les directions métiers et les utilisateurs dans le déploiement des cas d'usage.
- Organiser un centre de compétence « expertise » de l'ensemble de la chaîne de valeur associé aux cas d'usage (technologies, process métiers, data scientists, intégration, support aux utilisateurs, outil d'analyse de données et tableaux de bords) pour avoir un langage commun (technique et métier).

Cinq domaines clés pour passer à l'échelle supérieure :

- Définir un schéma directeur comprenant la vision, la stratégie data, les cas d'usage visés, les objectifs, les priorités.
- Identifier et nommer les ressources et les compétences de mise en œuvre nécessaires.



- Définir le modèle opérationnel de gestion des données ainsi que l'architecture et l'écosystème technique (capable de supporter techniquement un passage à l'échelle).
- Définir les processus liés aux opérations, au monitoring (capacité à déployer puis à surveiller efficacement les cas d'utilisation de l'IA dont les KPI).
- Exécuter un plan d'accompagnement au changement (formations, support, communication des résultats obtenus, relation client et travail collaboratif).

L'une des façons d'aborder le sujet du passage à l'échelle est de commencer par un état des lieux initial précis sur ces cinq domaines pour définir une feuille de route précise.

Enfin, en complément du déploiement basé sur les cas d'usage, il est indispensable d'avoir une vision globale de l'IA et du numérique afin de ne pas recréer des silos et conserver une gouvernance efficiente. Cette vision globale est indispensable pour dimensionner correctement les infrastructures, les mutualiser et les optimiser. Ce point est souvent ignoré dans le cadre de projet pilote!

En conclusion, la mise en œuvre des cas d'usage à base d'IA doit inclure une réflexion sur les données pour prendre en compte la faculté d'apprentissage. Cette nouvelle « intelligence » dans l'exécution des tâches amène à considérer le passage à grande échelle de ces cas d'usage de façon plus spécifique qu'un projet classique de système d'information et déploiement d'outils logiciels.

Le point clé de la réussite du déploiement de l'IA est lié à la prise en compte de la nature transverse de l'IA et des données, quelle que soit la taille du projet ou des entreprises impliquées. Ceci est valable quel que soit l'ouvrage, de la maison individuelle aux immeubles grande hauteur ou aux quartiers.

QUELLE FEUILLE DE ROUTE POUR UN BÂTIMENT À «INTELLIGENCE AUGMENTÉE»?

Envie de passer à l'action ? Quelques recommandations

L'intelligence artificielle représente une véritable opportunité en termes d'économie et de valorisation du bâtiment et de la ville. Nous avons synthétisé dans ce chapitre de conclusion six informations clés, pour répondre au pourquoi et au comment de l'IA.

Elles vous permettront d'appréhender le projet de numérisation de votre bâtiment ou de votre quartier avec plus de pertinence et d'efficacité.

LA CAPACITÉ DE GÉRER LA COMPLEXITÉ

Sur le principe, l'IA est un ensemble d'opérations mathématiques (ou algorithmes), apportant à un ordinateur des capacités d'analyse et de décisions pour s'adapter «intelligemment» à la situation, en faisant des prédictions à partir des données.

En d'autres termes, l'IA est un outil capable de résoudre des problèmes à la place de l'homme.

Elle est même incontournable pour certains problèmes très complexes, quand il n'existe pas un modèle physique explicite performant pour les résoudre, ou quand il faut faire appel à plusieurs lois physiques à la fois.

L'IA est capable de gérer cette complexité, à condition de lui fournir des données propres, qualifiées et de qualité.

DES BÉNÉFICES À CHAQUE ÉTAPE DE LA VIE DU BÂTIMENT

Le secteur du bâtiment peut bénéficier des nombreux atouts de l'intelligence artificielle. L'IA s'applique tout au long de la vie du bâtiment.

En phase de conception, elle sert à la modélisation et à la simulation en s'appuyant sur le jumeau numérique du bâtiment.

Au stade de la construction, elle permet d'optimiser la sécurité, de mieux gérer les risques et les délais, ou encore de superviser l'environnement du chantier.

À l'étape d'exploitation, elle améliore la performance d'usage, la maintenance, l'efficacité énergétique et la sécurité.

Elle permet aussi au bâtiment de s'interconnecter à son quartier.

VERS DES BÂTIMENTS AUTONOMES ET ADAPTÉS AUX USAGES

Les apports de l'intelligence artificielle sont nombreux et visent à rendre le bâtiment de plus en plus autonome, réactif, connecté à son environnement et parfaitement adapté aux besoins et attentes des parties prenantes.

L'IA améliore les usages dans différents domaines :

- L'énergie.
- La gestion des espaces.
- La mobilité.
- La maintenance et la sécurité.

UNE CYBERSTRUCTURE POUR LE BÂTIMENT

La meilleure manière de bénéficier des atouts de l'intelligence artificielle dans le bâtiment est de lui ajouter une colonne vertébrale numérique – une cyberstructure – pour faire de l'intelligence artificielle de qualité. Comme le recommande la SBA, il convient de poser un cadre, grâce au référentiel R2S (Ready2Services), et de mettre en place un système d'information du bâtiment (Building Information System – BIS), composé d'une couche d'équipements, d'une plateforme logicielle centrale (ou Building Operating System – BOS) et d'une couche d'applications servicielles.

LA NÉCESSITÉ DE PASSER À L'ÉCHELLE SUPÉRIEURE

Aujourd'hui, il est temps de dépasser la phase d'expérimentation du Smart Building et de la Smart City, pour réaliser la transition numérique à l'échelle de tout le territoire et de tous les bâtiments.

Dans cette perspective, tous les acteurs du secteur, des maîtres d'ouvrages aux exploitants, doivent être formés au digital. Il convient donc d'organiser dans la filière une montée en compétences générales et d'accompagner les changements liés à la numérisation des process appliqués au bâtiment et à la ville. C'est à ce prix que nous pourrions créer de la valeur ajoutée sur nos territoires.

La filière doit rapidement et massivement monter en compétences générales et accompagner les changements liés à la numérisation des process appliqués au bâtiment et à la ville

LES CLÉS DE LA RÉUSSITE

En résumé, la Commission IA vous recommande de suivre ces dix conseils Smart & Green pour réussir la numérisation de vos bâtiments et de vos quartiers.

- Développer la culture digitale de l'ensemble des acteurs.
- Définir et partager un schéma directeur numérique à tous les échelons du territoire.
- S'appuyer sur des écosystèmes de partenaires alignés sur la vision du territoire.
- Doter les infrastructures d'un jumeau numérique.
- Garantir l'accessibilité et la gouvernance des données.
- Connecter les infrastructures, bâtiments et équipements.
- Mutualiser les infrastructures et les équipements dès que possible.
- Exiger des solutions disposant d'interfaces standardisées, interopérables et ouvertes.
- Mettre en place un opérateur de services de confiance et garant de la continuité de service.
- Favoriser des solutions numériques sobres en énergie et en ressources.



Dans la même collection: DES TERRITOIRES PLUS FERTILES GRÂCE AU NUMÉRIQUE, LE NUMÉRIQUE FACE AUX ENJEUX DU LOGEMENT SOCIAL, STATIONNEMENT & CIRCULATION DANS LA VILLE, CONSTRUIRE UN TERRITOIRE DE CONFIANCE ET DE SÉCURITÉ, LA RÉNOVATION DE L'ÉCLAIRAGE, DE L'HÔPITAL NUMÉRIQUE AU SMART HOSPITAL

Vous pouvez télécharger ces documents sur le site de la SBA :
www.smartbuildingsalliance.org/ressources/publications-sba

LA SBA ACCOMPAGNE LE SECTEUR DU BÂTIMENT POUR L'AIDER À ACCÉLÉRER SA MUTATION FACE AUX ÉVOLUTIONS LIÉES À L'ARRIVÉE EN MASSE DU NUMÉRIQUE DANS LE SMART BUILDING ET LA SMART CITY. ELLE PROPOSE UNE VISION GLOBALE S'APPUYANT SUR DES INFRASTRUCTURES MUTUALISÉES POUR LA PROMOTION DE NOUVEAUX SERVICES, AUTOUR DES USAGES, GÉNÉRATEURS D'EFFICIENCE ET D'UNE MEILLEURE COHÉSION SOCIALE.

Devenez membre de la SBA au côté des leaders et experts du Smart Building et de la Smart City pour :

- En comprendre les enjeux et les défis
- Participer à la définition et la mise en place des socles référentiels
- Vous informer et suivre les innovations du secteur
- Développer votre réseau et échanger avec vos pairs
- Rencontrer des experts des métiers connexes au vôtre

LA SMART BUILDINGS ALLIANCE EST FAITE POUR VOUS, CONTACTEZ-NOUS :

CONTACT@SMARTBUILDINGSALLIANCE.ORG

WWW.SMARTBUILDINGSALLIANCE.ORG

LES MEMBRES

ABB • ACCENTA • ACCORINVEST • ACIE • ACOME • ACR • ACS2I • ADEUNIS • ADISCOM • ADOK • AFPA-TOULOUSE • AGORA
OPINION • AIRELIOR FACILITY MAGEMENT • AIRZONE FRANCE • ALACAZA • ALCANTE • ALGECO • ALLIANZ REAL ESTATE
FRANCE • ALPHA RLH • ALTAREA COGEDIM • ALTECON • ALTERNET • ALTIMIUM • AN2V • ANITEC • APAVE SUDEUROPE •
APILOG AUTOMATION • ARC INFORMATIQUE • ARCHIMEN • ARCOM • ARISTOTE • ARUBA • ARP ASTRANCE • ARTELIA
• ARTETRIS • ARXIT • ASCAUDIT • ASSOCIATION APOGÉE • ASSOCIATION BACNET FRANCE • ASSOCIATION FIDJI •
ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'ÉCLAIRAGE • ASSOCIATION HQE • ASSOCIATION KNX FRANCE • ASSUR & SENS • ASSYSTEM
• AUDIAT MCT • AURA DIGITAL SOLAIRE • AURI ZONE • AUTOMATION BUILDING INTELLIGENCE • AUTOMATIQUE ET INDUSTRIE
• AVELIS GROUP • AVELTYS • AVIDSEN • AXÉO FM • AXIANS • AXXONE SYSTEM • AZUR SOFT • B.TIB • B2AI • BAPI •
BARBANEL • BECKER SEA • BET DELTA • BG INGÉNIEURS CONSEILS • BIMODEL • BIRDZ • BNP PARIBAS REAL ESTATE
• BORDEAUX MÉTROPOLÉ • BOUYGUES CONSTRUCTION • BOUYGUES ÉNERGIES & SERVICES • BOUYGUES IMMOBILIER •
BRAINYBIZ • BUILD2B • BUREAU VERITAS CERTIFICATION • CABA • CAILLOU VERT CONSEIL • CAISSE DES DÉPÔTS
• CAPENERGIES • CARMOOV ENERGY • CASANOVA • CCF • CCI NICE CÔTE D'AZUR • CCUBE EXPERTISE • CD2E • CDC
HABITAT • CDU IMMOBILIER • CELEC • CENTRALINE BY HONEYWELL • CERTIVÉA • CHARGEUR • CIDECO • CINOV • CIT
RED • CLUSTER HBI • CMT • CNOA • COMELIT-IMMOTEC • CONNECTING TECHNOLOGY • CONNEK+ CONSEIL • CONSEIL DE
DÉVELOPPEMENT MÉTROPOLÉ DE LYON • CORDA • COSTE ARCHITECTURES • COVIVIO • CR SYSTEM • CRESTRON EUROPE •
CSTB • CYRISEA • DALKIA • DALKIA SMART BUILDING • DANFOSS CHAUFFAGE • DATA SOLUCE • DECAYEUX • DECELECT
• DEERNS FRANCE • DEHN FRANCE • DELTA DORE • DEMATHIEU BARD • DERICHBOURG MULTI SERVICES • DESKAPAD • DIS
INGÉNIERIE • DISTECH CONTROLS • DOMOCORE • DOMOTIZY • DOMPILOTE • DOVOP DÉVELOPPEMENT • EDF DIRECTION
DÉVELOPPEMENT • EFFICACITY • EFFIPILOT • EG4U • EGF BTP • EGIS • EIFFAGE ÉNERGIE • EKEY BIOMETRIC SYSTEMS •
ELICHENS • ELITHIS • EMBIX • EN ACT ARCHITECTURE • ENERBEE • ÉNERGIE IP • ENERGISME • E'NERGYS • ENGIE SOLUTIONS
• ENLESS WIRELESS • ENLIGHTED • ENOCEAN • ENSI POITIERS • ENVISION DIGITAL • F2A SYSTÈMES • FAUCHÉ • FEDENE •
FEILO SYLVANIA • FFIE • FG • FLEXY MOOV • FLOW • FORMAPELEC • FSIF • GA SMART BUILDING • GA2B • G-ACTIV • GADS
• GARCIA INGÉNIERIE • GBMP • GCC • GETEO • GIESPER • GIMELEC • GIZMO IMMO • GLI • GOOGLE CLOUD • GPMSE-TN •
GREEN SOLUCE • GREENFLEX • GROUPE ALARME SERVICES • GROUPE HBF • GROUPE VIVALYS • HABITAT 76 • HABITATIQUE
• HAGER • HAVR • HEINRICH ÉCLAIRAGE • HELINK • HENT CONSULTING • HERVÉ THERMIQUE • HONEYWELL • HSBC • HUB
ONE • HXPRIENCE • HYDRAO • HYDRELIS • IBM • ICADE • ICONICS • IDEX • IDTIQUE • IGNES • IMA PROTECT • IMMOBILIÈRE
3F • INGÉROP CONSEIL ET INDUSTRIE • INGETEL BET • INNES • INNOVATION PLASTURGIE COMPOSITES • INSITEO • INSTALLUX
• INTENT TECHNOLOGIES • INTERALU • IOT FLOWERS • IOT'ERA • IPORTA • ISTA • J2INNOVATION • JEEDOM • JIP
CORPORATION • JOOXTER • JVD • KALIMA DB • KARDHAM DIGITAL • KÉO FLUIDES • KEYCLIC • KIPSUM • KLDOM • KONE •
KORUS • L'IMMOBILIÈRE IDF • LD EXPERTISE • LE CNAM • LE RÉSIDENTIEL NUMÉRIQUE • LEGRAND • LES COMPAGNONS DU
DEVOIR • LESS IS MORE • LEXCITY AVOCATS • LINKIO • LITED • LM INGÉNIERIE • LOGISTA HOMETECH • LONMARK FRANCE
• LUCIBEL • LUTRON ELECTRONICS • LUXENDI • LVMH MOËT HENNESSY • LYNRED • MASTERLIB • MEANWHILE •
MEDIACONSTRUCT • MICROSENS • MOBOTIX • MOFFI • MONBUILDING • MSH • MTCE CONSULTING • NEOBUILD • NEODOMUS
SOLUTIONS • NET AND YOU • NETSEENERGY • NETSYSTEM • NEXITY • NIKO • NOBATEK • NODON • NOV@LOG • NT CONSEIL
• OCCITALENE • OGGA • OKEENA DIGITAL • OLENERGIES • ONE SMART CONTROL • ONEPOINT • OPENFIELD • OPNA •
ORANGE • ORLÉANS MÉTROPOLÉ • OTI FRANCE • OTODO • OUBA • OVERKIZ • OZE-ENERGIES • PANORAMA • PARTAGER
LA VILLE • PHŒNIX CONTACT • PICHET • PIKA INGÉNIERIE • PLAN BÂTIMENT DURABLE • PÔLE FIBRES-ENERGIVIE • PÔLE TES
• POLESTAR • POSTE IMMO • PRESTANTENNES • PRESTATERRE • PRIVA • PROJET LORIAS • PROLOGIS • PROMOTELEC
SERVICES • PROTECT FRANCE • PULS • QARNOT COMPUTING • QOONTOO • QOS SOLUTION • QUALITEL • QUANIM • RABOT
DUTILLEUL • RÉALITÉS HUB 5 • RELAIS D'ENTREPRISES • RÉSEAU DEF • RÉSEAU DUCRETET • RÉSO • RESOLVING • REXEL •
ROBEAU • RT FLASH • S2E2 • S2T INGÉNIERIE • SAFE CLUSTER • SAIA BURGESS CONTROLS • SAINT-GOBAIN • SAMEA
INNOVATION • SATO ET ASSOCIÉS • SAUTER • SBS • SCHNEIDER ELECTRIC • SE3M • SECURAXIS • SEDEA • SÉLUO •
SEMTECH • SENSINOV • SERCE • SERELEC • SETEC BÂTIMENT • SETUR • SFR • SIA PARTNERS • SIBCO • SIEA • SIEL42
• SIEMENS • SIG • SIGNIFY • SIMONS VOSS TECHNOLOGIES • SLAT • SMART AND CONNECTIVE • SMART HAB • SMART USE •
SMARTHOME EUROPE • SMO VAL DE LOIRE NUMÉRIQUE • SNACG • SNEF • SNEF CONNECT • SOCOMEC • SOGEPROM
• SOGETREL • SOMFY • SONOS • SONY • SPACEWELL • SPIE • SPINALCOM • SPL LYON CONFLUENCE • STARBYTE •
SUPPLINOV • SYLFEN • SYNTEC INGÉNIERIE • SYPEMI • SYSSELIA • SYS&COM • SYSTECHMAR • TACTIS • TECHNAL
• TECHNILOG • TECXTEAM • TÉVOLYS • THYSSENKRUPP • TRACTEBEL • TREND • TRIDONIC • TT GÉOMÈTRES EXPERTS •
TWO-I • UBIANT • UNIGRID SOLUTIONS • UNIVERS FIBRE • UNIVERSITÉ DE RENNES 1 • URBAN PRACTICES • URMET FRANCE
• VERTICAL INBOUND • VILLE DE PUTEAUX • VILOGIA • VINCI ÉNERGIES • VINCI FACILITIES • WAGO • WATTPARK •
WATTSSENS • WAVESTONE • WISE BUIDLING • WISEBIM • WIT • WITTI • WIZZCAD • WORKTOO • WSP FRANCE • YNCRÉA
HAUTS-DE-FRANCE • Z#BRE • ZEPLUG

LES MEMBRES D'HONNEUR DE LA SBA



Prix public 39 €
ISBN 978-2-491340-01-8



9 782491 340018

www.smartbuildingsalliance.org

SBA
SMART BUILDINGS ALLIANCE
FOR SMART CITIES