



Journée Scientifique et Technique du CFMS du 29 Janvier 2020
« *Machine Learning et Big Data en Géotechnique* »

L'intelligence artificielle au cœur du concept de la "Construction 4.0" : rôle, défis, applications, et perspectives

Pr. Dr. Zoubeir LAFHAJ
Titulaire de la chaire « Construction 4.0 »

Yassine BOUABDALLAOUI doctorant dans la chaire « Construction 4.0 »

Dr. Zakaria DAKHLI Responsable-Recherche dans la chaire « Construction 4.0 »



- Professeur des Universités à Centrale Lille.
- Titulaire de la chaire de Recherche industrielle Européenne « **Construction 4.0** »
- Membre du **Comité de Direction** et Directeur des Relations Internationales (2008-15)

Domaines d'expertise:

- Spécialisé dans la **négociation** des partenariats, la **création de formations** conjointes et le montage des projets européens.
- La fabrication additive (**Impression 3D**) et le « **Lean Construction** » dans des applications de génie civil.

Partenaires industriels et académiques:

- Projet « **Industrie 4.0** » avec le Groupe Rabot Dutilleul dont l'objectif est d'implémenter un processus 4.0 pour la production des bâtiments.
- Projet « Prototype **d'impression 3D pour la Construction** », avec Bouygues Construction, projet pionnier en France.

Site Web

zoubeir.lafhaj.ec-lille.fr

EMAIL

zoubeir.lafhaj@centralelille.fr
Construction4.0chair@gmail.com

SOMMAIRE

01 Contexte de l'Intelligence Artificielle

- Concept des formes d'intelligence
- Définitions de base
- Les machines intelligentes

02 L' IA dans la construction, défis et perspectives

03 L' IA dans la Construction 4.0

- Problématique
- Exemples de réalisations
- Avenir

04 La Chaire de recherche industrielle « Construction 4.0 »

Questionnaire

Exercice 1 : Est-ce une IA ou non ?

Lesquels des éléments suivants sont de l' IA et lesquels ne le sont pas. Choisissez oui, non

1. Le Tableur qui calcule des sommes et d'autres fonctions prédéfinies sur des données prédéfinies ? **NON**
2. Prévoir le marché boursier en ajustant une courbe aux données passées sur les prix des actions **NON**
Peut être OUI parfois
3. Un système de navigation GPS pour trouver l'itinéraire le plus rapide **OUI**
4. Un système de recommandation musicale tel que Spotify qui suggère de la musique en fonction du comportement d'écoute de l'utilisateur **OUI**
5. Des solutions de stockage de données volumineuses qui peuvent stocker d'énormes quantités de données (telles que des images ou des vidéos) et les transmettre en continu à de nombreux utilisateurs en même temps **NON**
6. Les fonctions de retouche photo telles que la luminosité et le contraste dans des applications telles que Photoshop **NON**
7. Les filtres de transfert de style dans des applications telles que Prisma qui prennent une photo et la transforment en différents styles d'art (impressionniste, cubiste, ...) **OUI**

01 - CONCEPT

Q: INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, C'est Quoi ?

Rép.: C'est un **SYSTEME / MACHINE / OUTIL INTELLIGENT !**

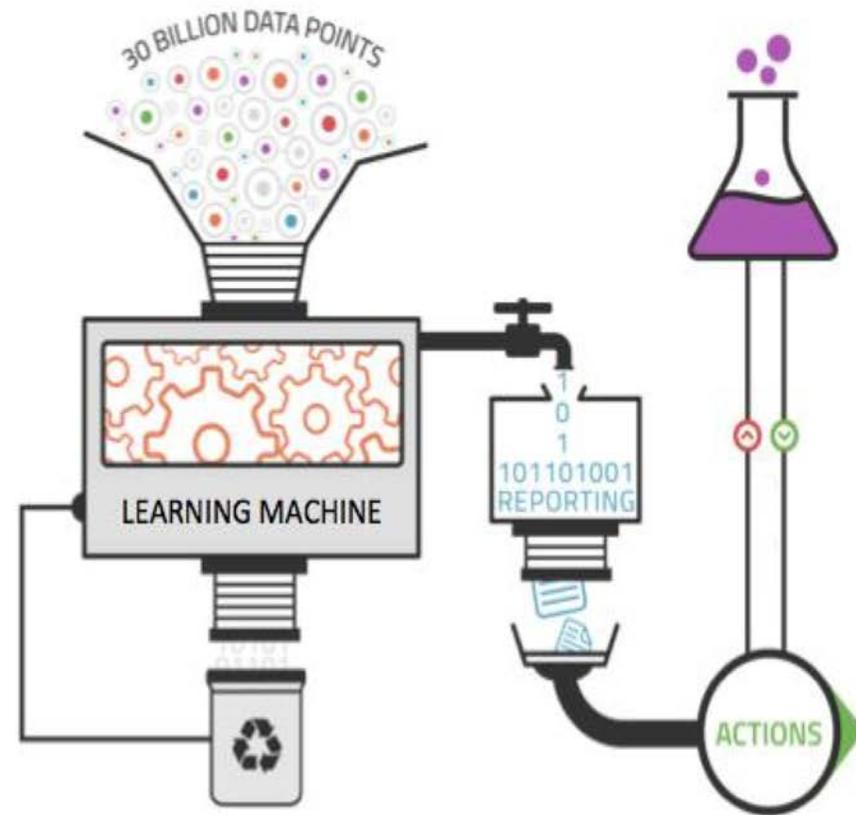
Q: QUELLE CONSCIENCE ?

Rép.: il faut introduire le **DROIT & ETHIQUE**

Q.: C'est quoi alors l'INTELLIGENCE ? Par rapport à qui ? Que veut-on reproduire de l'humain ?

Rép.: Voyons ensemble les définitions

Intelligence Artificielle

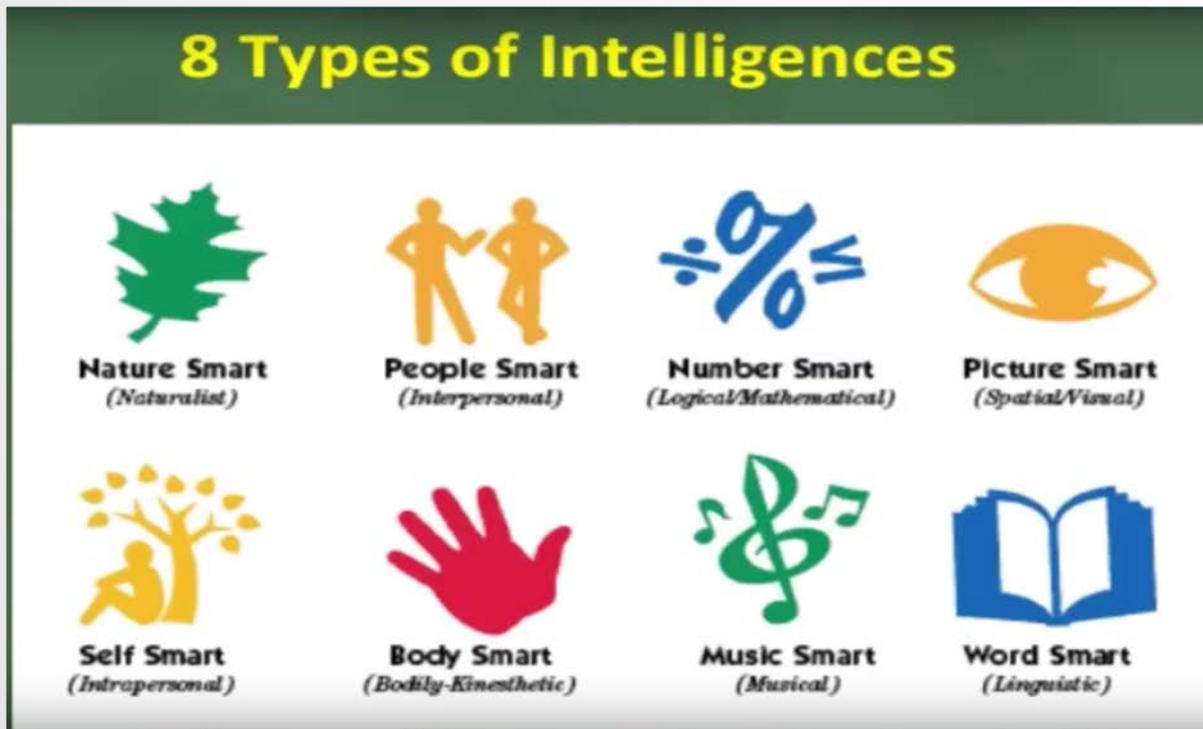


01 - CONCEPT

Intelligence Artificielle

Selon Howard Gardner, 1997, on peut distinguer 8 types d'Intelligence :

INTELLIGENCE HUMAIN, C'est Quoi ?



1. L'intelligence linguistique
2. L'intelligence logico-mathématique
3. L'intelligence intra-personnelle
4. L'intelligence interpersonnelle
5. L'intelligence Visio-spatiale
6. L'intelligence corporelle dite kinesthésique
7. L'intelligence musicale
8. L'intelligence naturaliste

01 - DEFINITIONS

Intelligence Artificielle

Définition selon Cédric Villani

« L'intelligence artificielle désigne un programme, fondé autour d'un objectif ambitieux :

- comprendre comment fonctionne la cognition humaine et la reproduire ;
- créer des processus cognitifs comparables à ceux de l'être humain. »



On distingue deux forme d'IA:

- **IA étroite (ou dite faible, ou appelée spécialisée)** : tâches spécifiques avec simulation des comportements et capacités humaines sans conscience particulière,
- **IA généraliste (ou dite forte)** : capacité à résoudre des problèmes complexes, prise de conscience d'elle-même avec raisonnements et potentialité de sentiments

Définition selon les Finlandais (Université d'Helsinki)

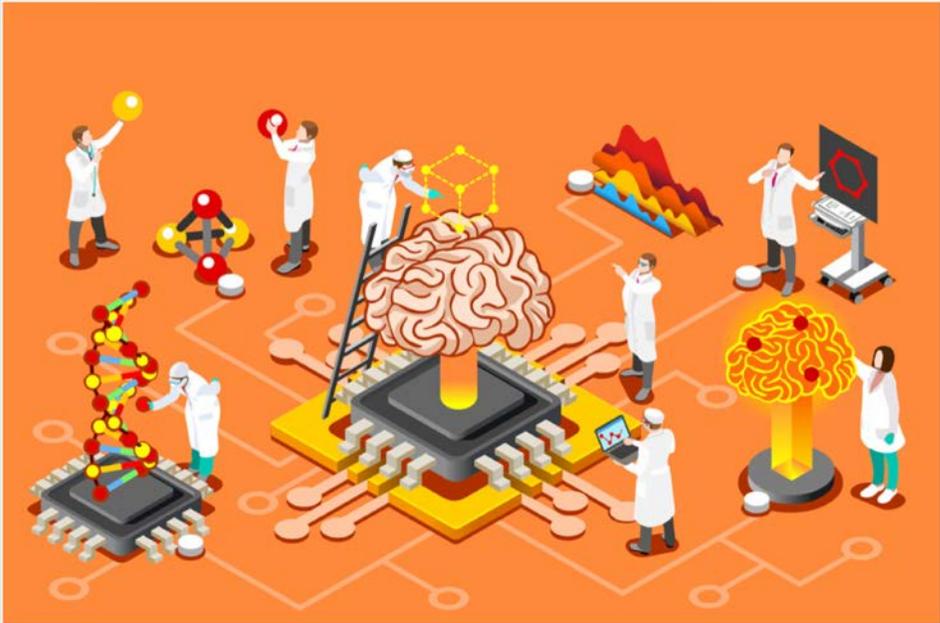
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Méthode conduisant à :

- l'**Autonomie** : capacité d'effectuer des tâches dans des environnements complexes sans être constamment guidé par un utilisateur
- et un **système adaptif** : capacité d'améliorer le rendement en tirant des leçons de l'expérience.

L'IA est une **discipline scientifique**, comme la biologie, les mathématiques, la chimie...

Il n'y a donc pas de l'IA au pluriel. Il n'existe pas « des IA » mais simplement l'IA.



01 - Les Machines intelligentes

Pas n'importe quelle machine

Une machine c'est : un ensemble de mécanismes utilisant une énergie donnée afin de fournir un travail.

EXEMPLES : *Une machine à laver. | Des machines distributrices.*

Un automate c'est : une machine conçue pour exécuter automatiquement une tâche bien définie.

EXEMPLE : *une machine remplaçant et capsulant des bouteilles de bière.*

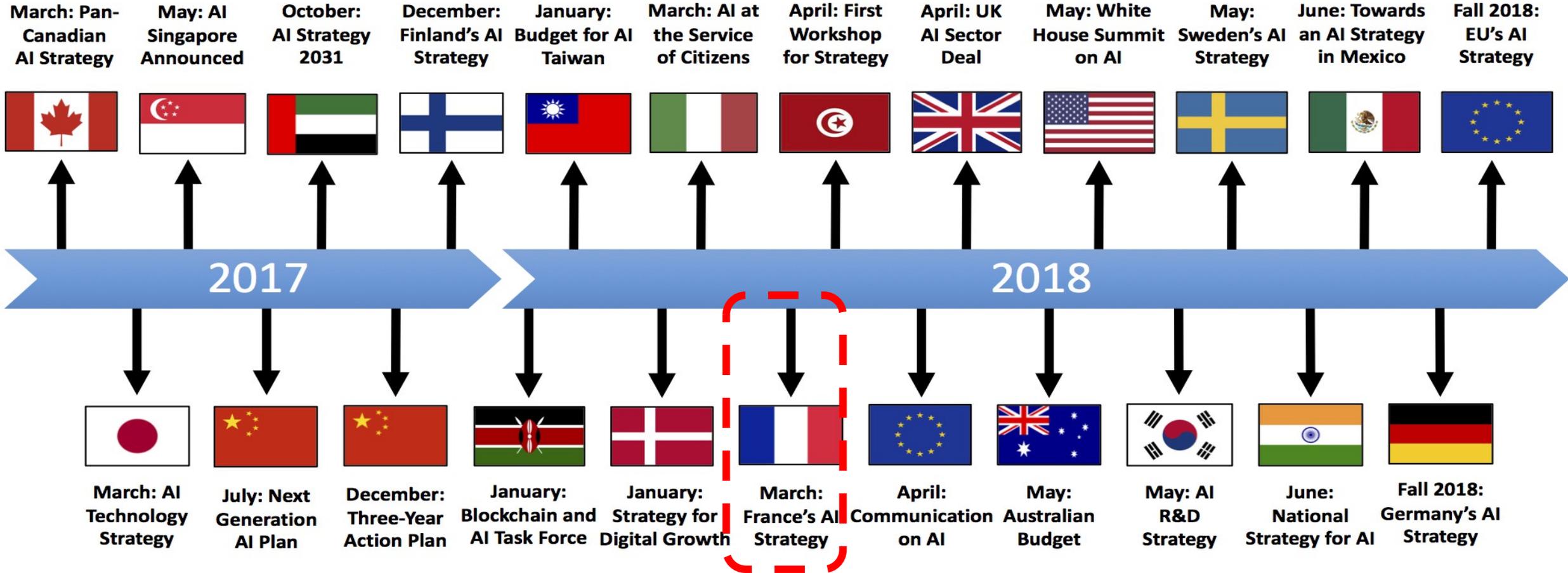
Un robot c'est : une machine dotée d'intelligence qui s'adapte en fonction de son programme complexe pour réaliser des tâches différentes. Il est programmé et agit, au moins, en semi-autonomie avec auto-apprentissage dynamique.

L'Intelligence artificielle sera donc le « cerveau » de la machine

01- AUJOURD'HUI

Politique dans le monde

Artificial Intelligence Strategies

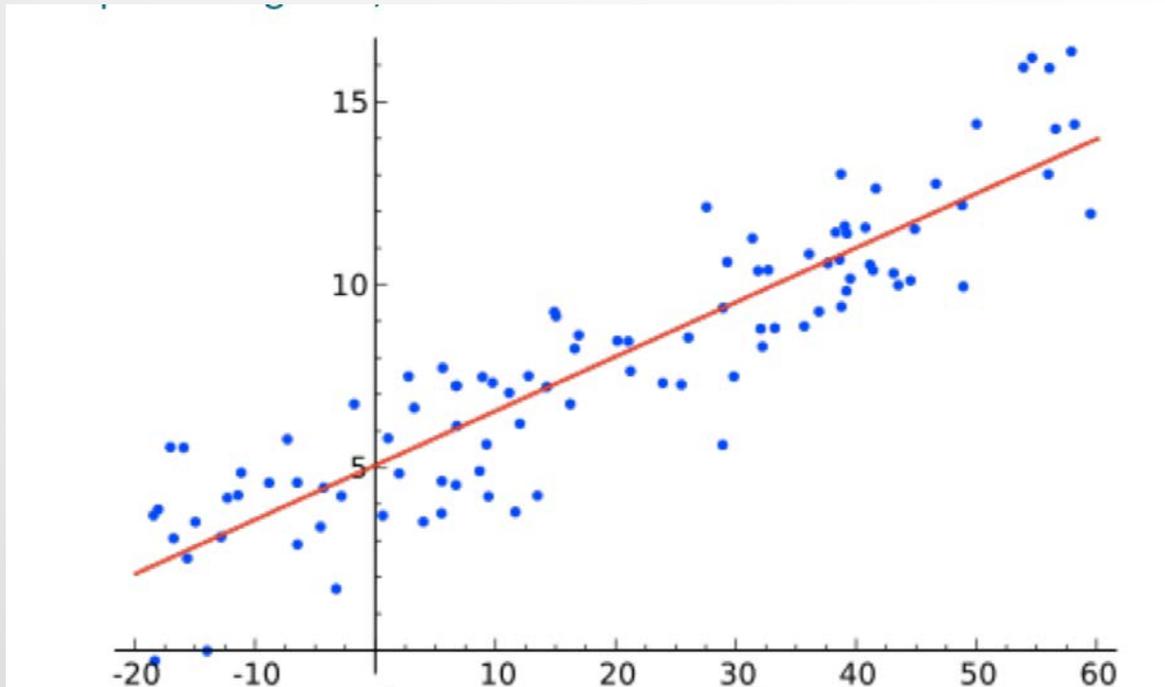


01- AUJOURD'HUI

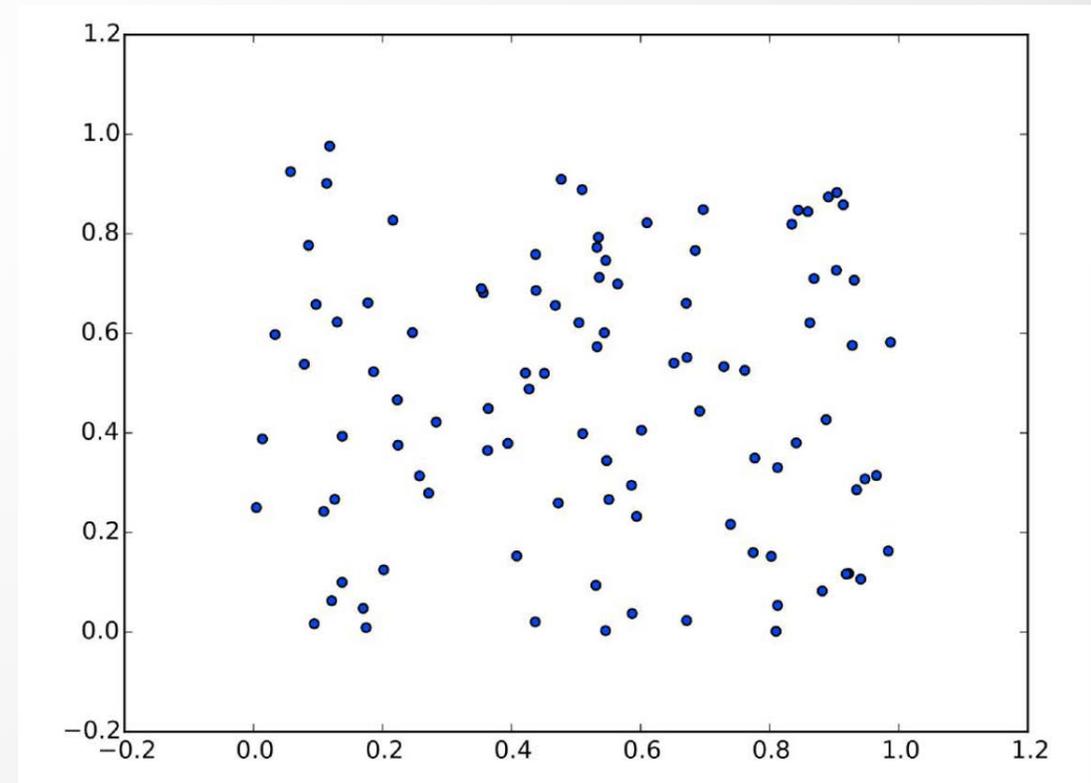
Pourquoi l'IA maintenant ?

La régression, méthode de prédiction traditionnellement utilisée par les statisticiens, est incomplète

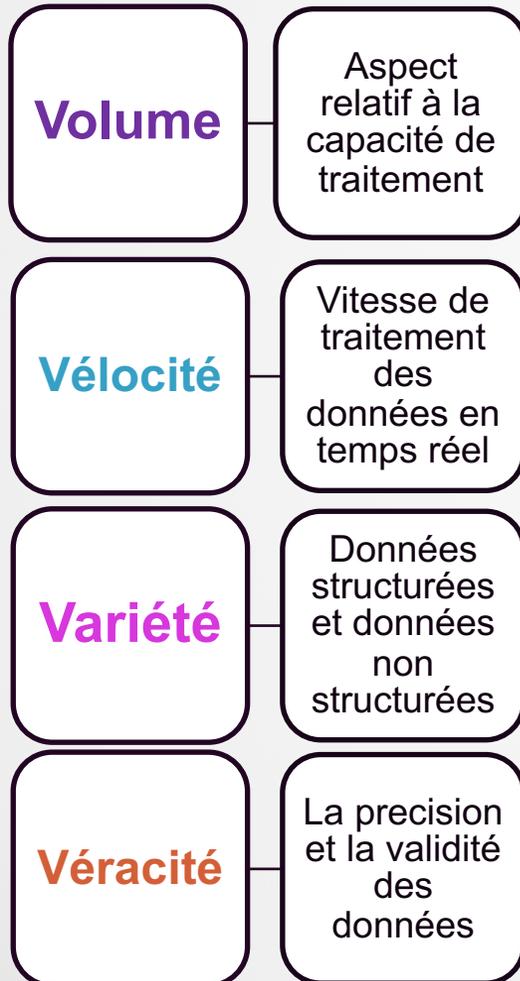
La régression est efficace pour ce cas là...



Mais pas pour ce cas là?



Un traitement d'ensemble des données si volumineux qu'ils deviennent difficiles à gérer avec des outils classiques de gestion de base de données.



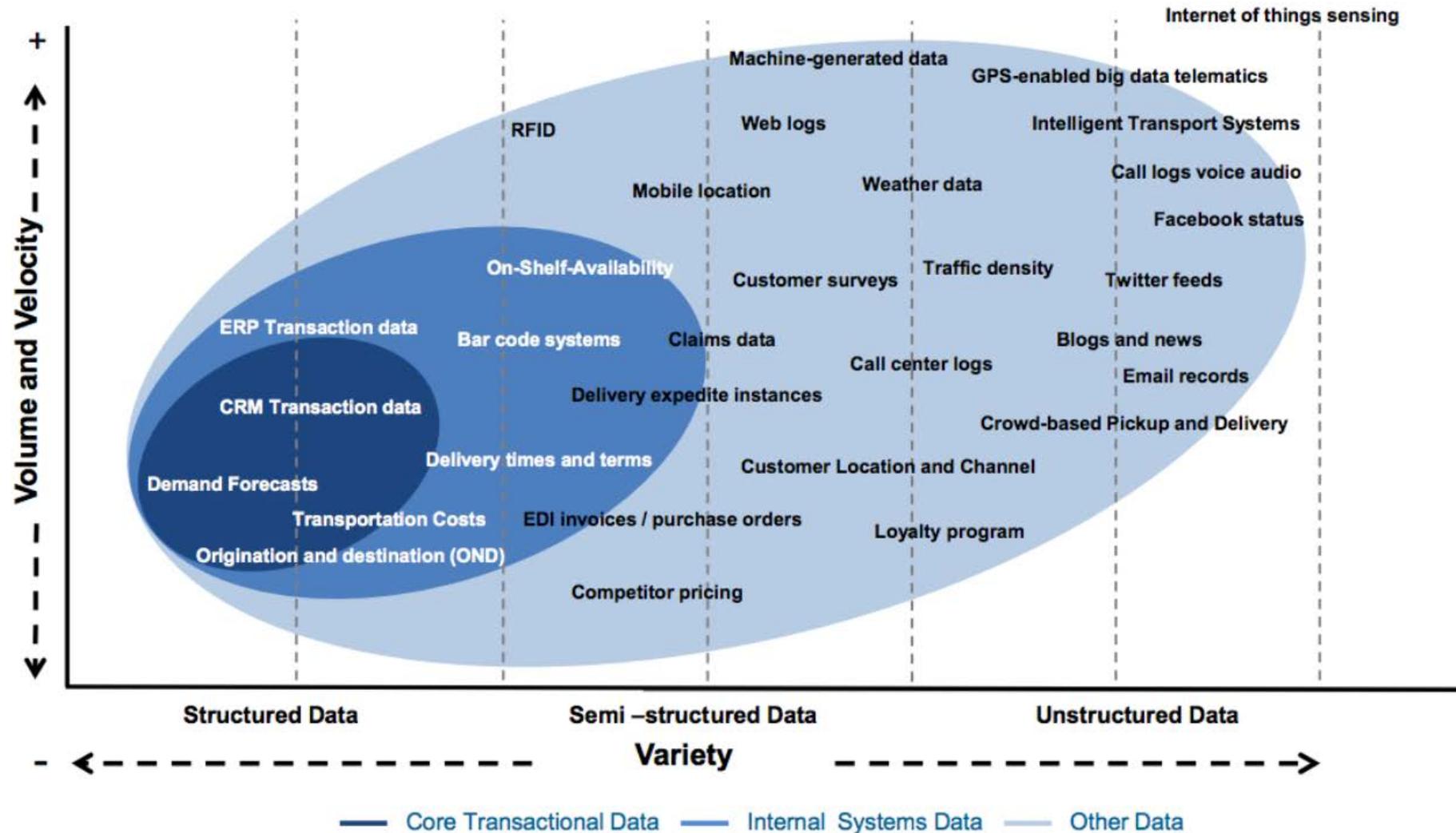
Le monde produit en 2 jours plus de données qu'il n'en a produit entre le début de l'humanité et 2003

Le superordinateur Watson d'IBM a participé et gagné au jeu télévisé Jeopardy!

Les données non structurées (Photos, vidéos, articles de journaux, comptent pour plus de 75% de toutes les données.

Le piratage du compte Twitter de l'Associated Press a fait plonger Wall street en 2013

La complexité déterminée par les 4V : Volume, Vitesse, Variété et Véracité des données

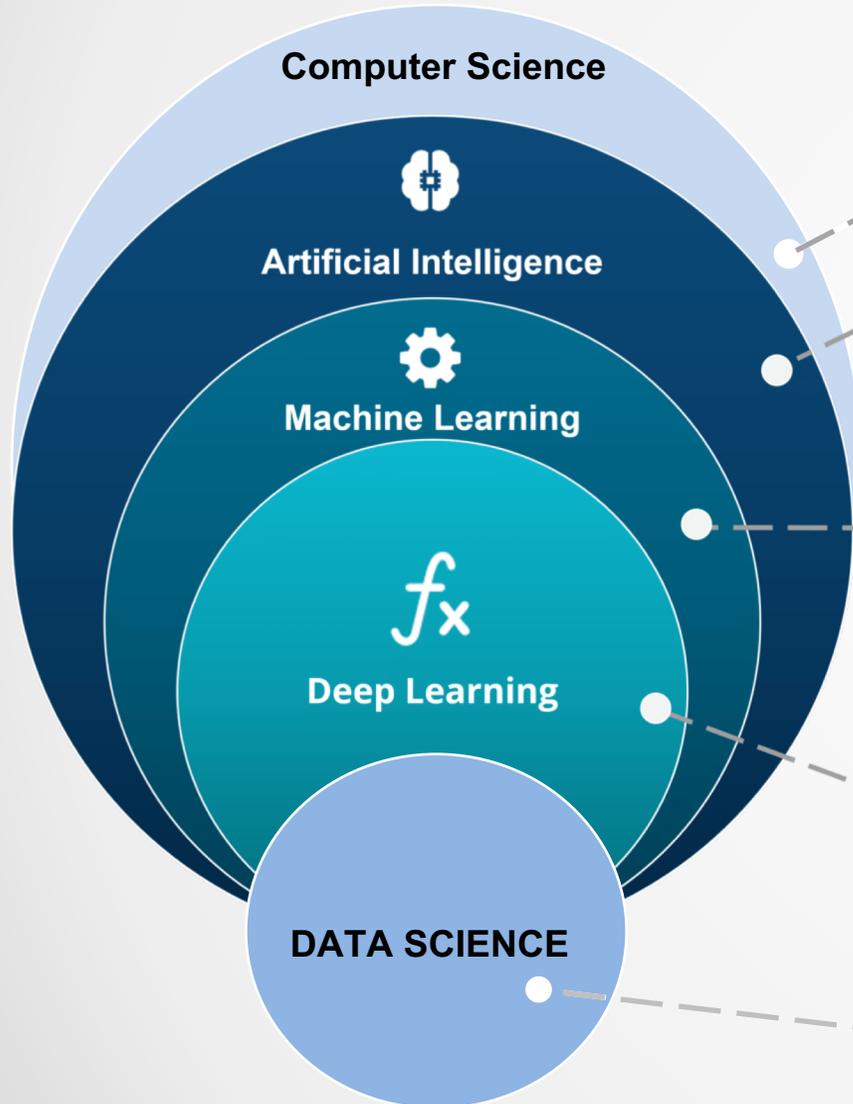


Représentation des types de données

En fonction,
- de leur Volume et de leur Vitesse
- De leur Variété

Plus les données sont non structurées, plus le volume et la rapidité pour les obtenir est important, plus le système est complexe et exige de l'IA.

1 - TAXONOMIE



COMPUTER SCIENCE (Informatique) : Discipline scientifique vaste qui comprend l'IA mais aussi d'autres sous-domaines tels que l'informatique distribuée, l'interaction homme-machine et la conception de logiciels.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : Discipline scientifique
Méthode conduisant à l'**Autonomie** et à un **système adaptif** : capacité d'effectuer des tâches dans des environnements complexes sans être constamment guidé par un utilisateur et capacité d'améliorer le rendement en tirant des leçons de l'expérience.

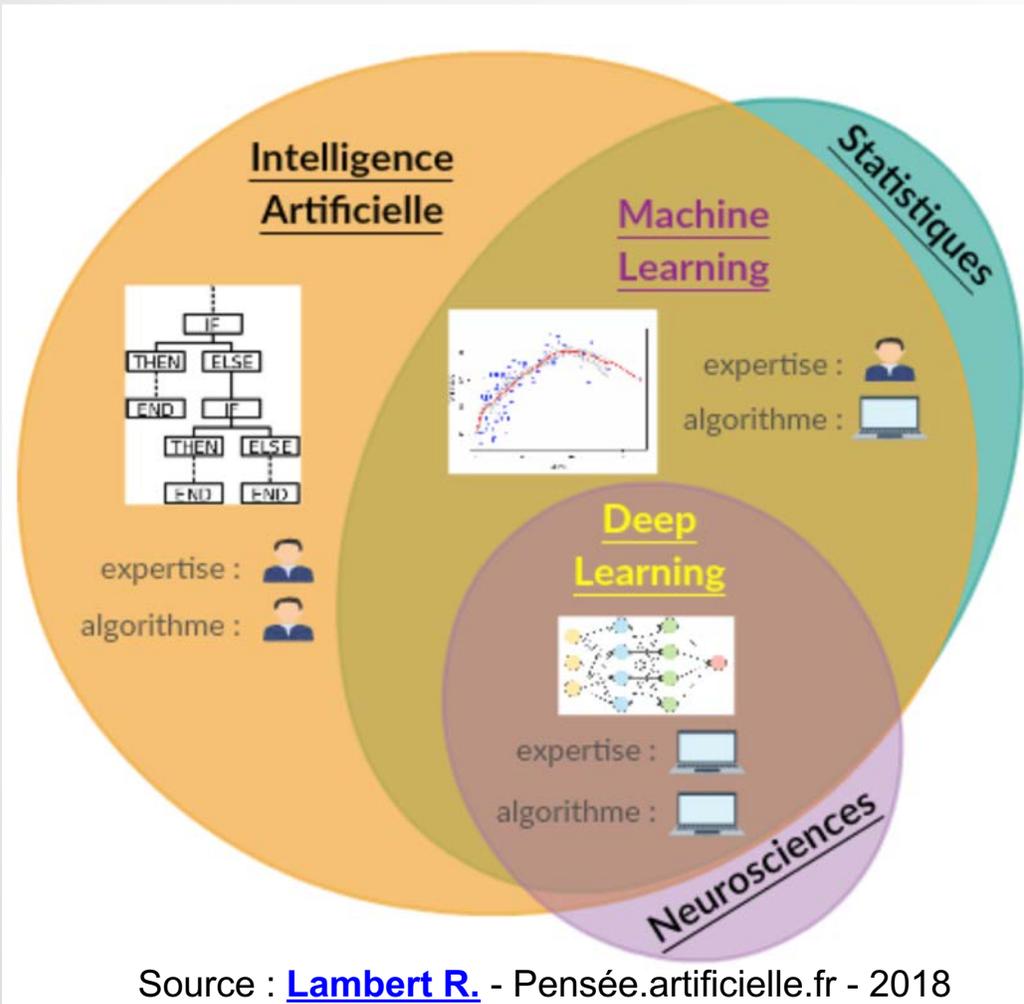
APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE (Machine Learning) : Programme fondé sur des **approches statistiques** pour donner aux ordinateurs la capacité d'« apprendre » à partir de données sans être **explicitement** programmés pour chacune.

APPRENTISSAGE PROFOND (Deep Learning) : Programme utilisant une architecture de « réseau neuronal » qui combine plusieurs traitements non linéaires de couches. Le terme profond (deep) fait référence au nombre de couches dans le réseau - plus il y a de couches, plus le réseau est profond.

DATA SCIENCE (Science des données) : elle a besoin de l'informatique et de l'IA. Cependant, elle implique aussi beaucoup de stat, de commerce, de droit et d'autres domaines, de sorte qu'elle n'est généralement pas considérée comme faisant partie de l'informatique.

01-1-RESUME

CONCEPTS



OUTILS

*Puissance de calcul
Cartes graphiques*



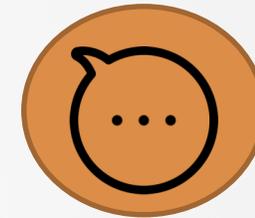
Larges bases de données



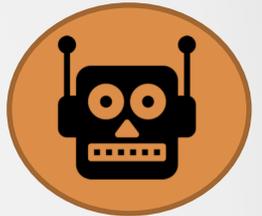
Logiciels en Open source



APPLICATIONS



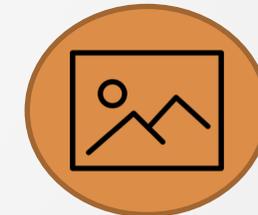
Reconnaissance vocale



Robots et voitures autonomes



Prédictions



Reconnaissance des images



Jeux

1-A MEDITER

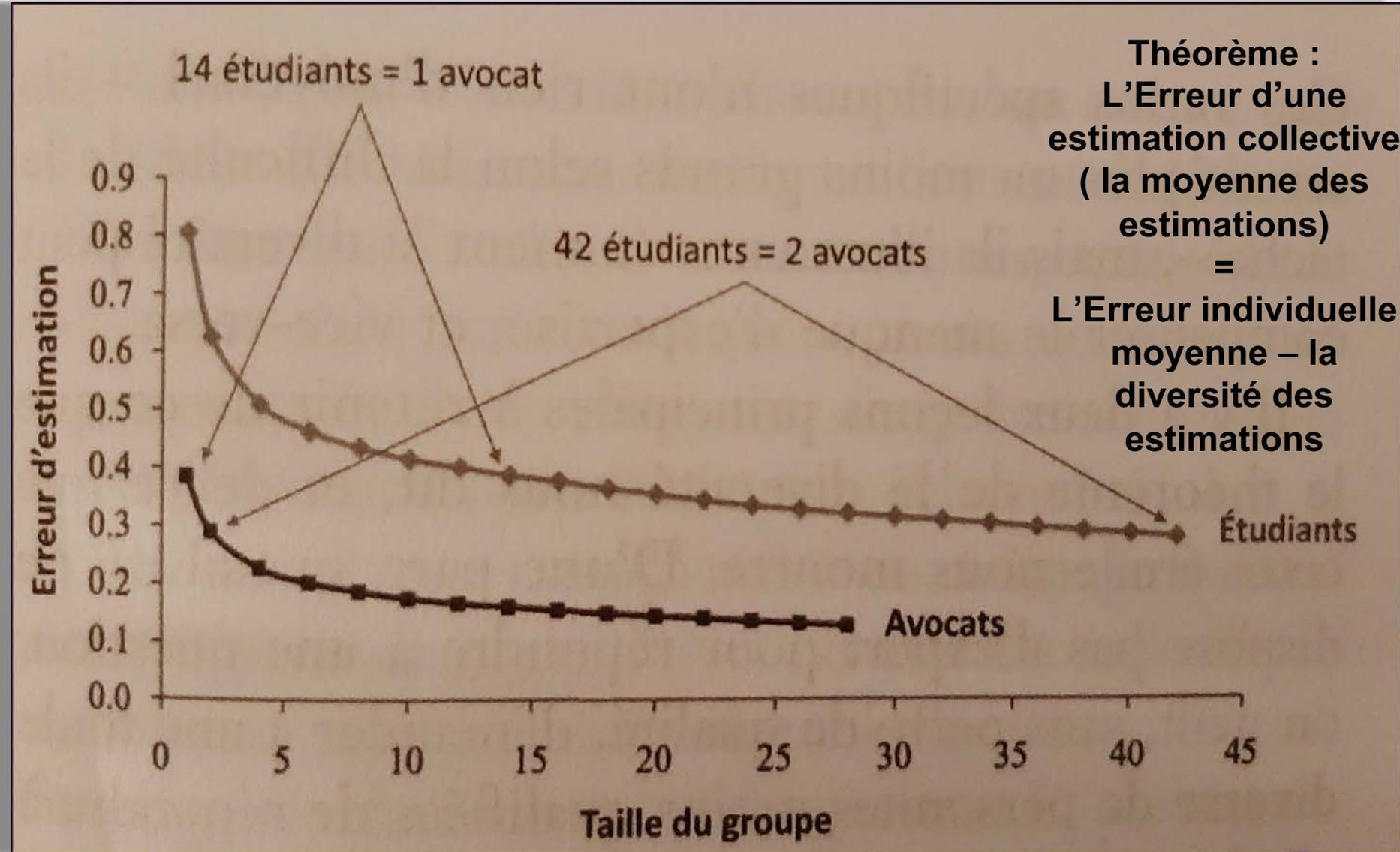
Apprentissage profond (Deep Learning) Théorème de la diversité

Pour réduire les erreurs collectives, on a deux solutions mathématiques:

- Diminuer les erreurs individuelles
- Augmenter la variance des estimations

Dit autrement :

- Augmenter l'expertise collective en recrutant de meilleurs experts
- Multiplier les points de vues



Questionnaire

Exercice 1 : Est-ce une IA ou non ?

Lesquels des éléments suivants sont de l' IA et lesquels ne le sont pas. Choisissez oui, non

1. Le Tableur qui calcule des sommes et d'autres fonctions prédéfinies sur des données prédéfinies ?

Réponse : **NON**. Le résultat est déterminé par la formule spécifiée par l'utilisateur, aucune IA n'est nécessaire ;

2. Prévoir le marché boursier en ajustant une courbe aux données passées sur les prix des actions

Réponse : **NON**, mais peut être **OUI** car ajuster une simple courbe n'est pas vraiment de l'IA. S'il y a beaucoup de courbes différentes à choisir avec beaucoup de données pour les contraindre, alors on a besoin de l'apprentissage machine/AI pour obtenir des résultats utiles.

3. Un système de navigation GPS pour trouver l'itinéraire le plus rapide

Réponse : **OUI**. Le traitement du signal et la géométrie utilisés pour déterminer les coordonnées n'est pas de l'IA, mais fournir de bonnes suggestions pour la navigation (routes les plus courtes/rapides) est de l'IA, surtout si des variables telles que les conditions de trafic sont prises en compte.

Questionnaire

Exercice 1 : Est-ce une IA ou non ?

4. Un système de recommandation musicale tel que Spotify qui suggère de la musique en fonction du comportement d'écoute de l'utilisateur

Réponse : OUI. Le système apprend du comportement d'écoute des utilisateurs (et pas seulement de vous)

5. Des solutions de stockage de données volumineuses qui peuvent stocker d'énormes quantités de données (telles que des images ou des vidéos) et les transmettre en continu à de nombreux utilisateurs en même temps

La Réponse : NON. Le stockage et l'extraction d'éléments spécifiques d'une collection de données ne sont ni adaptatifs ni autonomes

Questionnaire

Exercice 1 : Est-ce une IA ou non ?

6. Les fonctions de retouche photo telles que la luminosité et le contraste dans des applications telles que Photoshop

Réponses: NON . Les réglages tels que la balance des couleurs, le contraste, etc., ne sont ni adaptatifs ni autonomes,

Oui si des développeurs de l'application utilise une certaine IA pour régler automatiquement les filtres.

7. Les filtres de transfert de style dans des applications telles que Prisma qui prennent une photo et la transforment en différents styles d'art (impressionniste, cubiste, ...)

Réponse: OUI. De telles méthodes apprennent typiquement les statistiques de l'image (lire : à quoi ressemblent de près les petits morceaux de l'image dans un certain style) et transforment la photo d'entrée de sorte que ses statistiques correspondent au style, de sorte que le système est adaptatif.

SOMMAIRE

01 Contexte de l'Intelligence Artificielle

- Concept des formes d'intelligence
- Définitions de base
- Les machines intelligentes

02 L' IA dans la construction, défis et perspectives

03 L' IA dans la construction 4.0

02 – IA et Construction

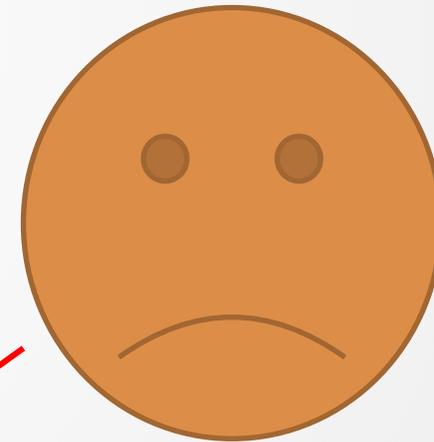
Le secteur de la construction est le parent pauvre de l'IA et de la digitalisation

AI Index Relatively low Relatively high

	Overall AI index	MGI Digitization Index ¹	Assets			Usage					Labor	
			Depth of AI technologies	AI spend	Supporting digital assets	Product development	Operations	Supply chain and distribution	Customer experience	Financial and general management	Workforce management	Exposure to AI in workforce
High tech and telecommunications	High	High	High	High	High	High	High	High	High	High	High	High
Automotive and assembly	High	Medium	High	Medium	High	High	High	High	High	High	High	High
Financial services	High	High	High	Medium	High	High	High	High	High	High	High	High
Resources and utilities	High	Medium	High	Medium	High	High	High	High	High	High	High	High
Media and entertainment	High	Medium	High	Medium	High	High	High	High	High	High	High	High
Consumer packaged goods	High	Medium	High	Medium	High	High	High	High	High	High	High	High
Transportation and logistics	High	Medium	High	Medium	High	High	High	High	High	High	High	High
Retail	High	Medium	High	Medium	High	High	High	High	High	High	High	High
Education	High	Medium	High	High	High	High	High	High	High	High	High	High
Professional services	High	Medium	High	Medium	High	High	High	High	High	High	High	High
Health care	High	Medium	High	Medium	High	High	High	High	High	High	High	High
Building materials and construction	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Travel and tourism	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low

Tableau

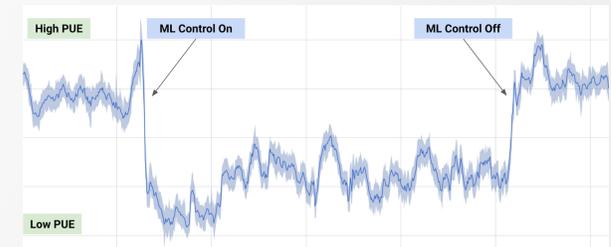
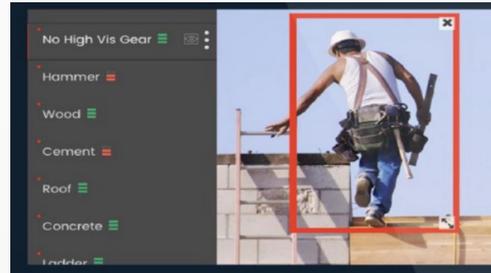
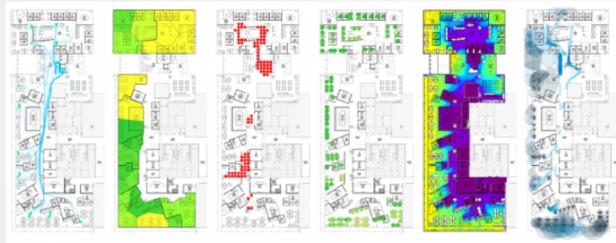
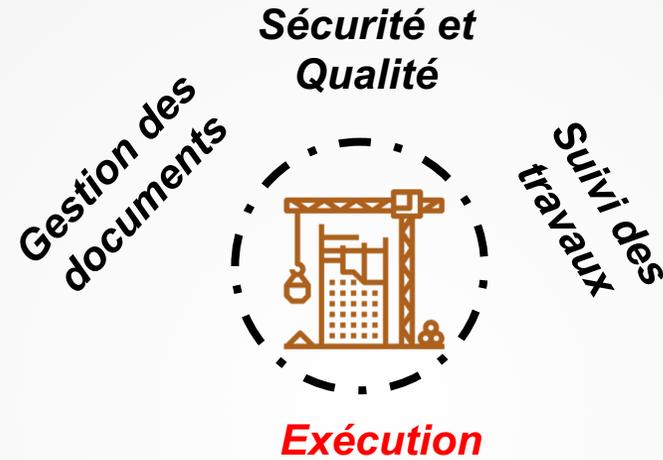
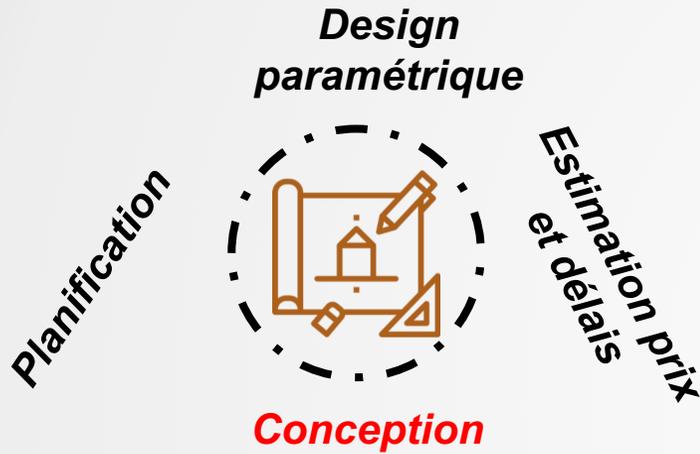
Comparaison des index d'utilisation de l'IA entre les différents secteurs d'après Mckinsey global institute (2017)



Très faible utilisation de l'IA dans le secteur des matériaux des bâtiments et de la construction

02 – IA et Construction

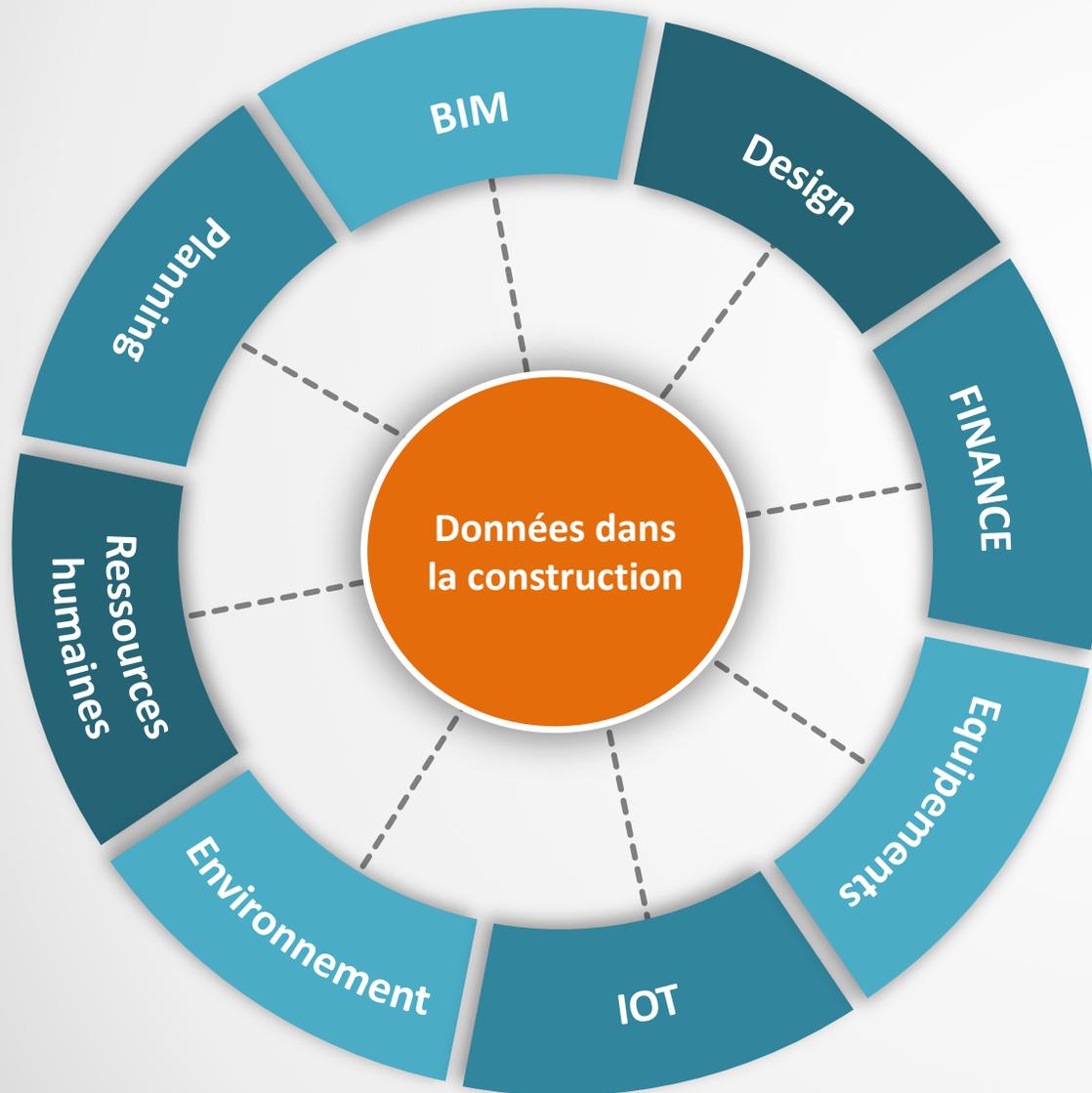
Pourtant l'IA pourrait être dans tout le cycle de la construction



Quelques Startup et entreprises



02 -Défis et perspectives



Freins dans le secteur de la construction



Qualité des données

Manque de données structurées et de qualité



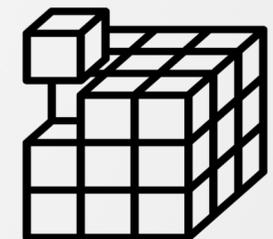
Obstacles culturels

Résistance culturelle à l'adaptation des nouveaux outils et pratiques



Standardisation

Nécessité des travaux de standardisation entre les différents parties prenantes



Open data

Manque de partage des données

02 - Défis et perspectives

Opportunités dans le secteur de la construction



2020-2025 : Plan de mise en œuvre de la **5G** en Europe



Réalité virtuelle au service de la construction



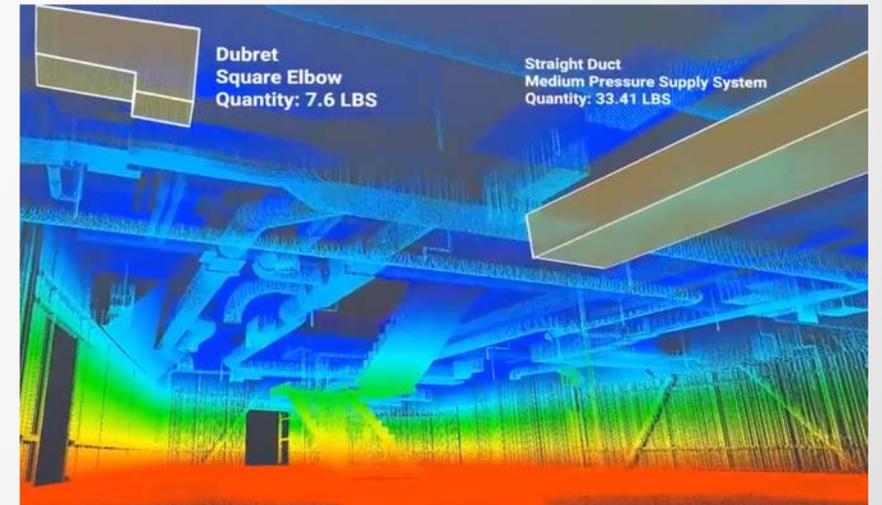
Suivi des chantiers avec les drones



Généralisation de l'**Internet des Objets** applicable aux bâtiments intelligents



LE BIM
Vers le chantier connecté



Contrôle des données par des robots (exemple de la société DOXEL)

SOMMAIRE

01 Contexte de l'Intelligence Artificielle

02 L' IA dans la construction, défis et perspectives

03 L' IA dans la **construction 4.0**

- La **problématique**
- Des **exemples de réalisations**
- L' **Avenir**

03 - IA et Construction 4.0

Problématique:

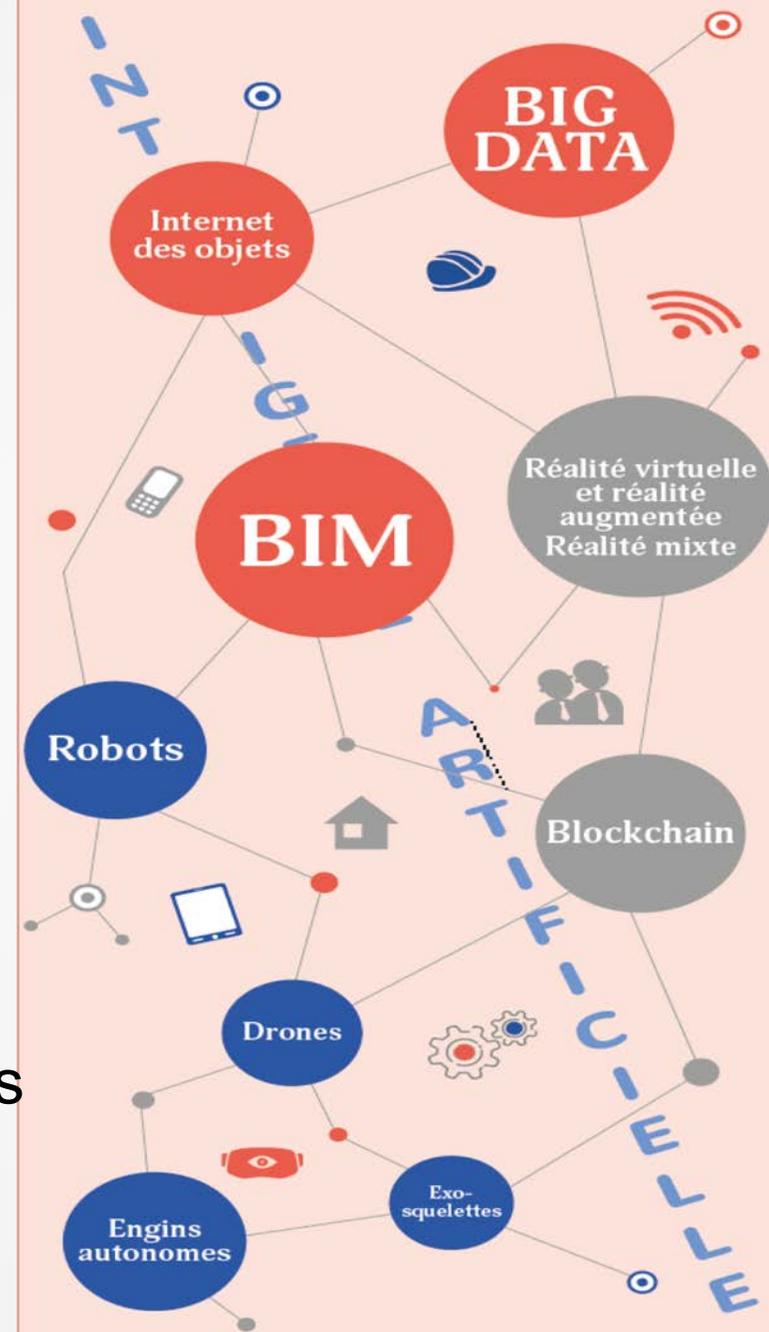
Mettre l'IA dans tout le cycle de la construction

Comment utiliser les avancées technologiques mises à la disposition du secteur de la construction ?

5 Grands Axes de développement

- Dans la **conception** des bâtiments
- Dans **l'organisation logistique**
- Sur les **chantiers**
- Dans le **management et l'exploitation** des bâtiments
- Dans la **relation clientèle**

Source : Fédération française du bâtiment



03 - IA et Construction 4.0



CHAIRECONSTRUCTION4.0

EXEMPLES REELS DE REALISATIONS UTILISATION L'IA DANS LA CONSTRUCTION



Insight RISK QUALITY SAFETY REPORTS

BAM Ireland
C4060 - BQSA
Project Dates: Mon Oct 09 2017 - Wed Jul 31 2019

Metric	Value
Quality Risk	High Risk Today: Med
Safety Risk	Low Risk Today
High Risk Subcontractors	2
High Risk Issues	23
Water Risk Issues	6
Checklist Activity	180
Overdue Issues	163

Subcontractor Risk Today

Subcontractor	Risk Level
MJM Ireland	High
i3PT	High
Ethos Engineering	Med
BAM Ireland	Med
nearing	Low
Martin Buckley Associates	Low

High Risk Quality Issues

Bar chart showing high risk quality issues over time (December to May).

Exemple : Prédications de marge nette pour le chantier

Problématique

80 % des grands projets dépassant 20% du budget et livrés en retard (*Salman Azhar, 2011*)

Objectif

Améliorer les estimations financières dans la phase de pré projet, en tenant compte des variables chantier et variable contractuelle

Méthodologie

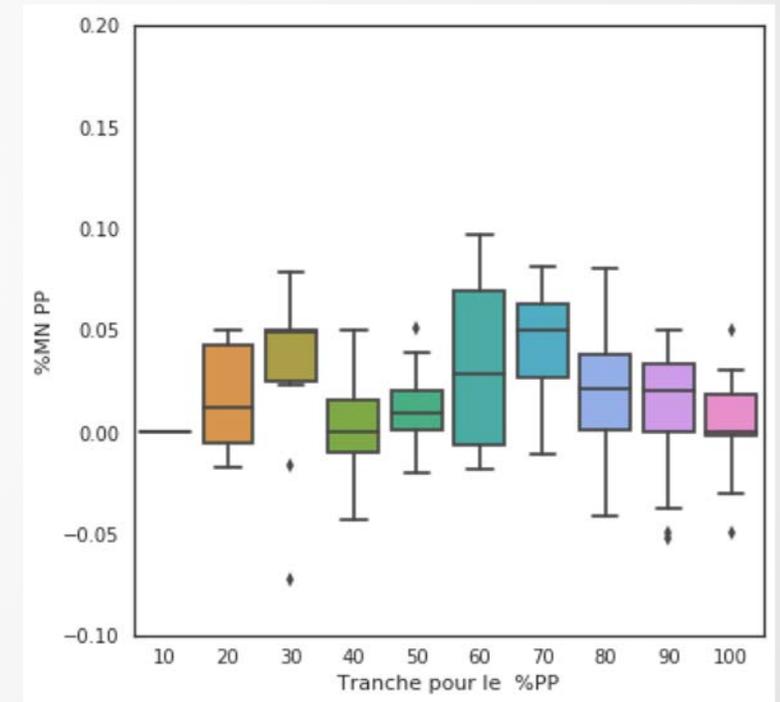
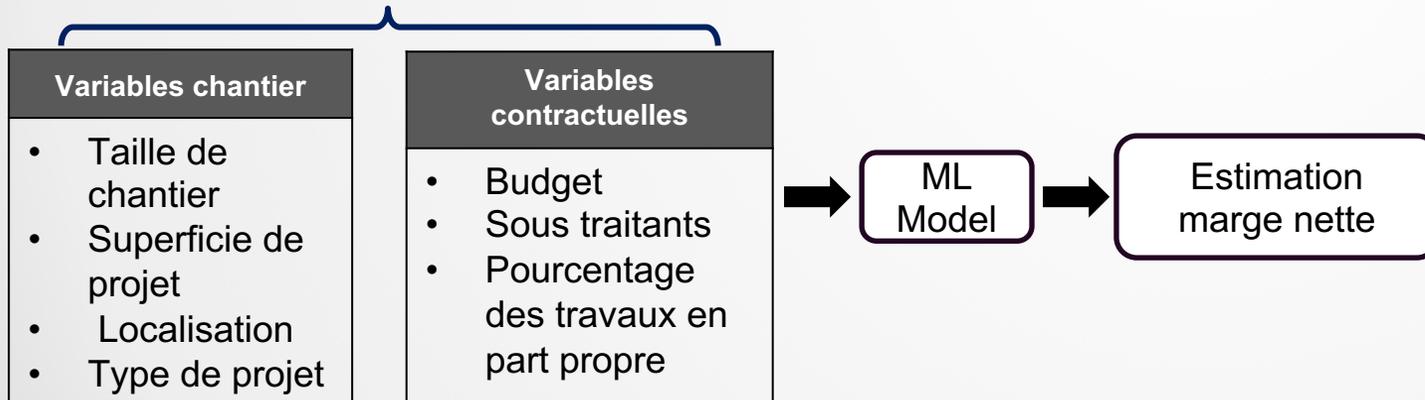


Fig.9 Corrélation Marge nette et % Part propre

Exemple : Analyse données de grue (T.Danel & M.TRAD)

Utilisation de L'IA pour détection et classification des coups de grue

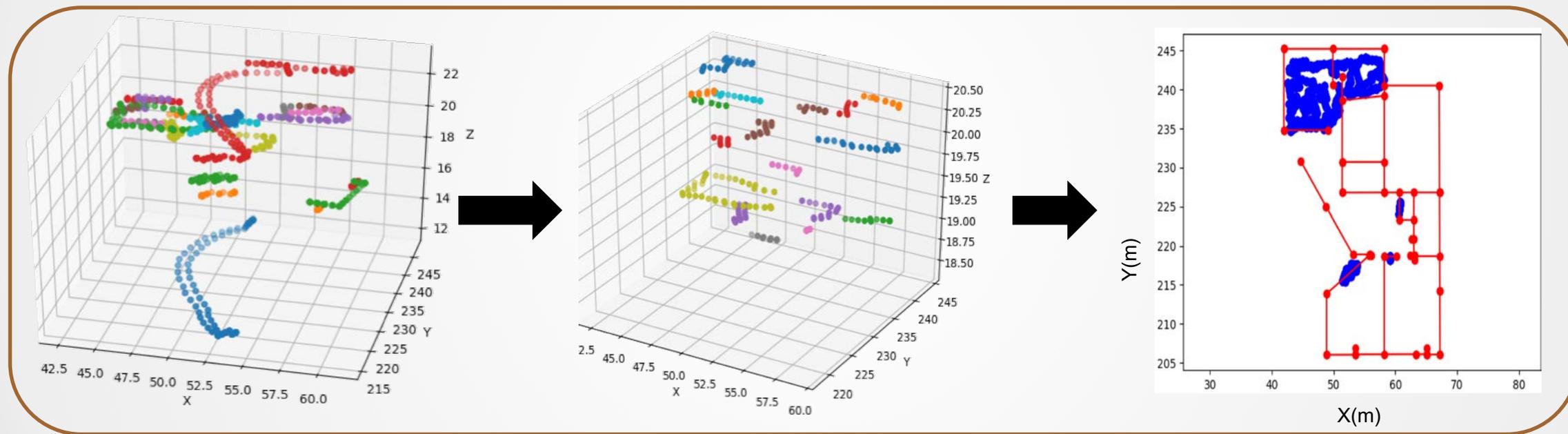
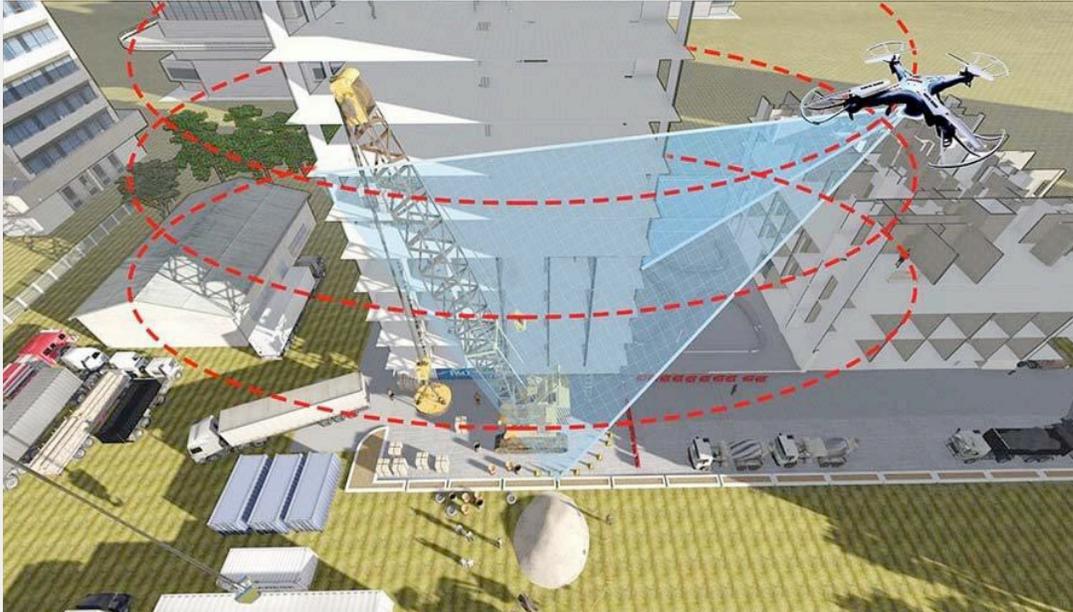


Fig.10-a Les coulages extraites à partir de la classe des différents coups de grue.

Fig.10-b Extraction des coulages standards de la classe des différents coulages en se basant sur la courbe de levage.

Fig.10-c Superposition des coulages sur le plan d'architecture

La collecte des données pour l'analyse ultérieure est fait en utilisant des drones .

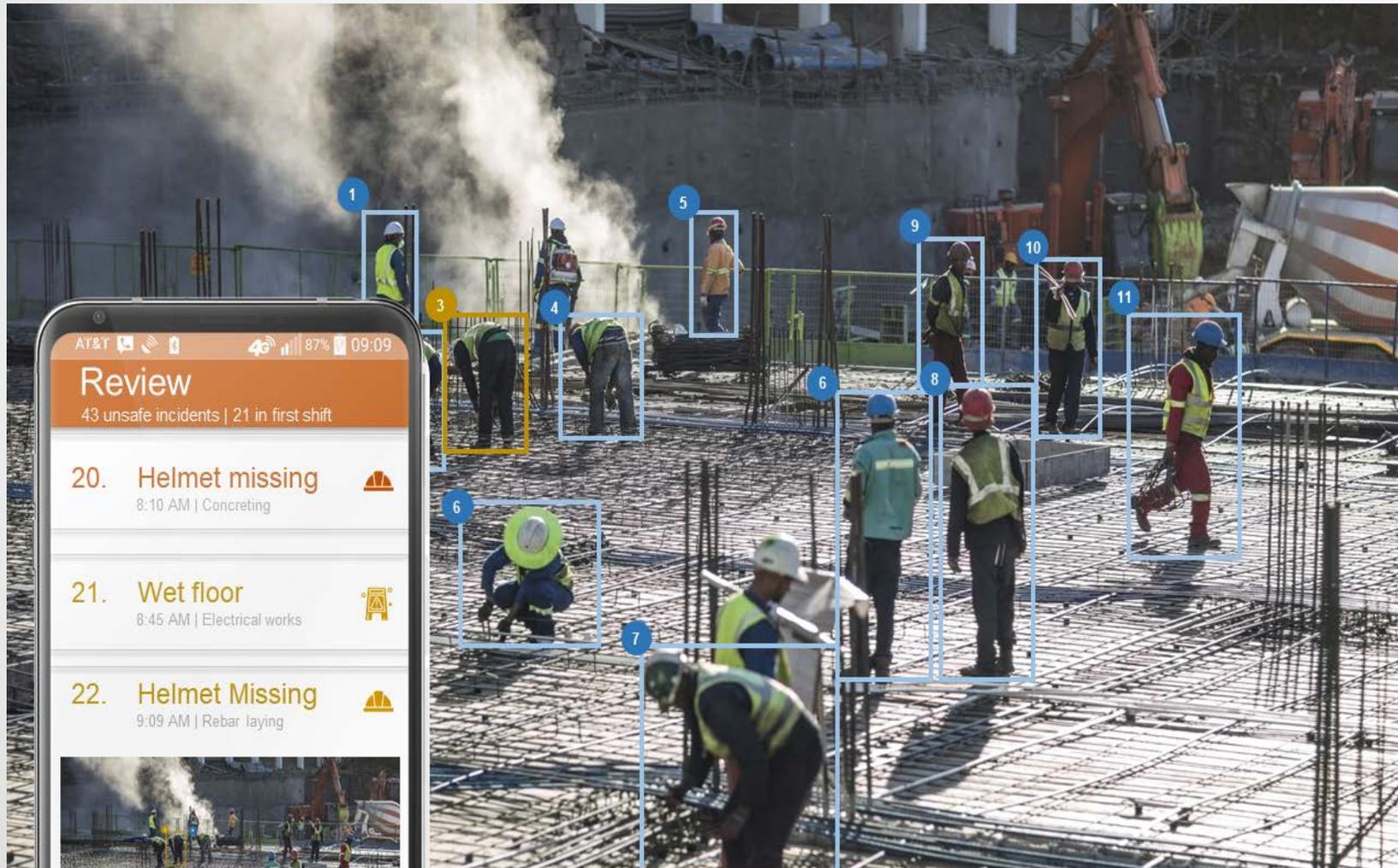


Drone sur un chantier

- La vitesse du traitement des données permet d'enregistrer le progrès du projet et de vérifier l'efficacité du travail.
- Elle permet d'augmenter le processus de modélisation et de logistique du site pour la planification du projet

03 - IA et Construction 4.0

Exemple : Sécurisation des chantiers



Incidents dangereux agrégés détectés à partir des images de surveillance.

Suffolk (USA) a établi un partenariat avec la start-up Smartvid.io sur une technologie qui utilise la reconnaissance d'image pour détecter les risques de sécurité comme les travailleurs qui manquent d'équipement de protection.

03 - IA et Construction 4.0

Exemple : Utilisation d'IA dans l'Entreprise Suffolk (USA)

1- **Conception d'algorithmes** qui peuvent analyser les photos des chantiers afin de déterminer les risques et de prévenir les blessures des travailleurs. Cela **peut limiter les accidents et les retards de livraison, ce qui augmente la productivité de 20%**.

2- 'Suffolk smart Lab': réalité virtuelle avec le **client** :



Images : La « Virtual Reality CAVE (Computer Aided Virtual Environment) » de Suffolk présente plonge les utilisateurs dans des modèles virtuels sophistiqués (Oct. 2017), source : « businesswire »



De l'image RVB
à la géométrie
3D en passant
par les plans
d'aménagement
et de production

AVENIR

"Que faisons-nous pour les êtres humains et les bâtiments ; comment pouvons-nous répondre à ces besoins ? » : 5 propositions



1- Problème : en 2050, les villes seront surpeuplées

Solution : Utiliser les espaces de manière multifonctionnelle grâce à la numérisation et l'optimisation des ressources

AVENIR

2- Problème : en 2030, nous aurons besoin de 40% d'eau potable en plus

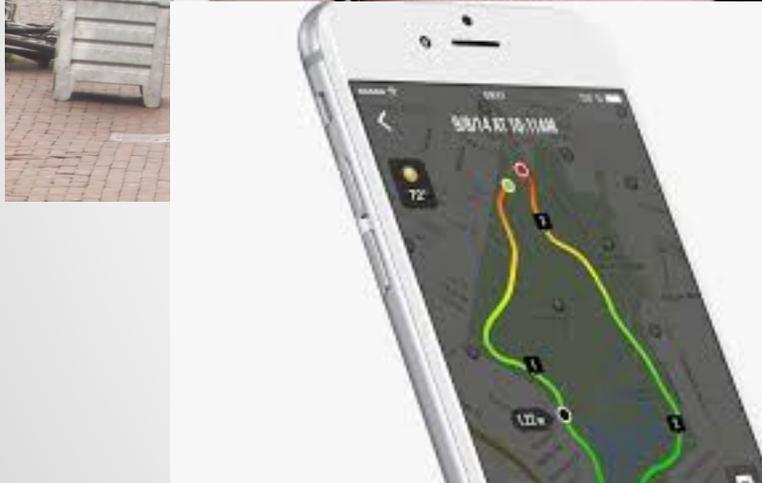


Solution : Eviter 30% de perte d'eau par fuite grâce à des tuyaux intelligents avec une meilleure gestion et un meilleur retour d'information aux personnes et un changement de comportement

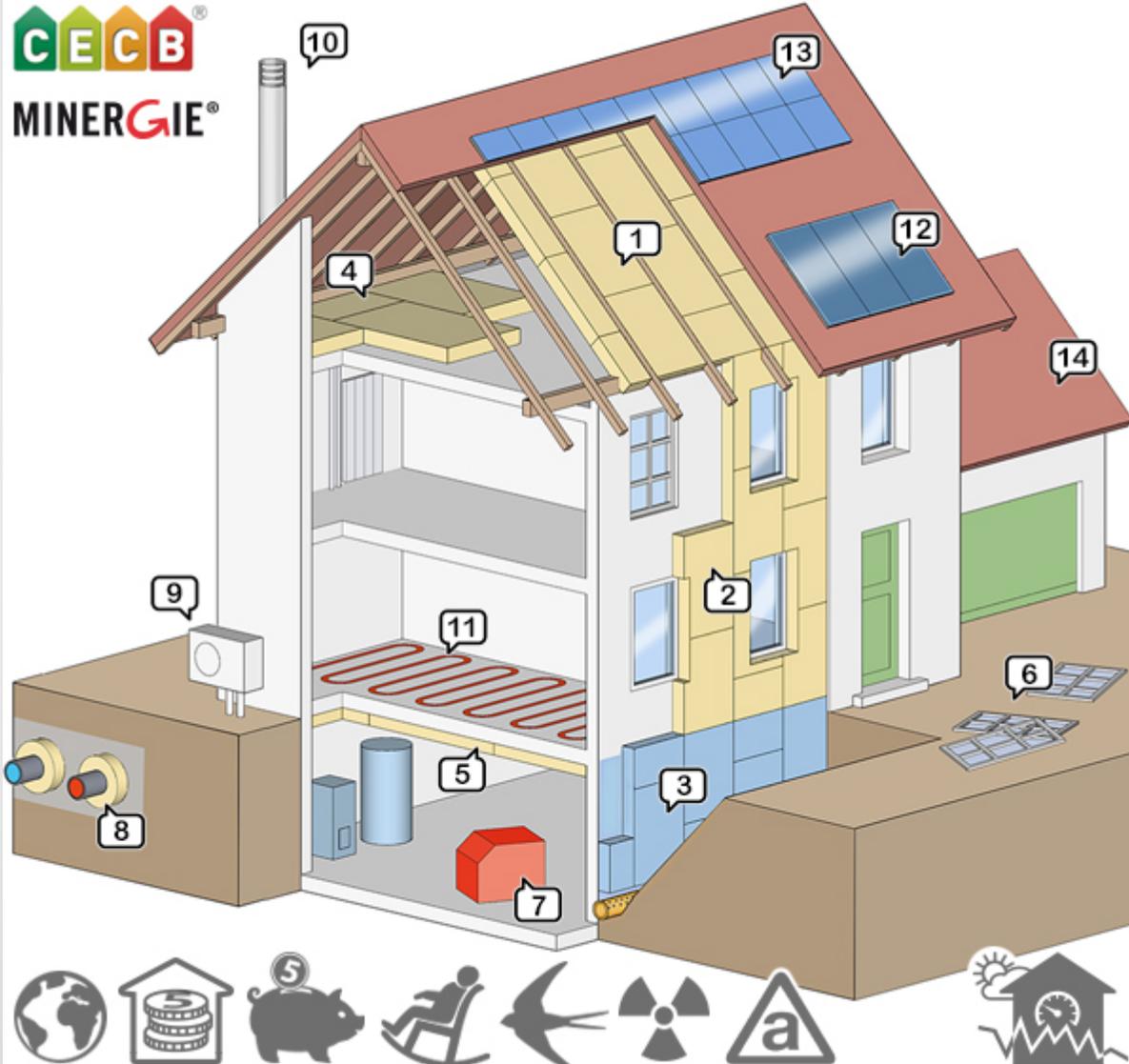


4- Problème : les villes sont conçues uniquement pour les voitures

Solution : des villes respectueuses des cyclistes en utilisant l'informatique pour obtenir des informations sur le parcours, la distance, l'effort etc. pour décider comment utiliser le vélo



03 - IA et Construction 4.0



AVENIR

5- Problème : les sources d'énergie actuelles génèrent 60% de CO₂

Solution : redistribuer l'énergie excédentaire en optimisant les bâtiments, les utilisations combinées (chaud/froid)...



Exemple : Pompe Cold-Innov, production de froid à partir des pertes de chaleur

Chaire « Construction 4.0 »

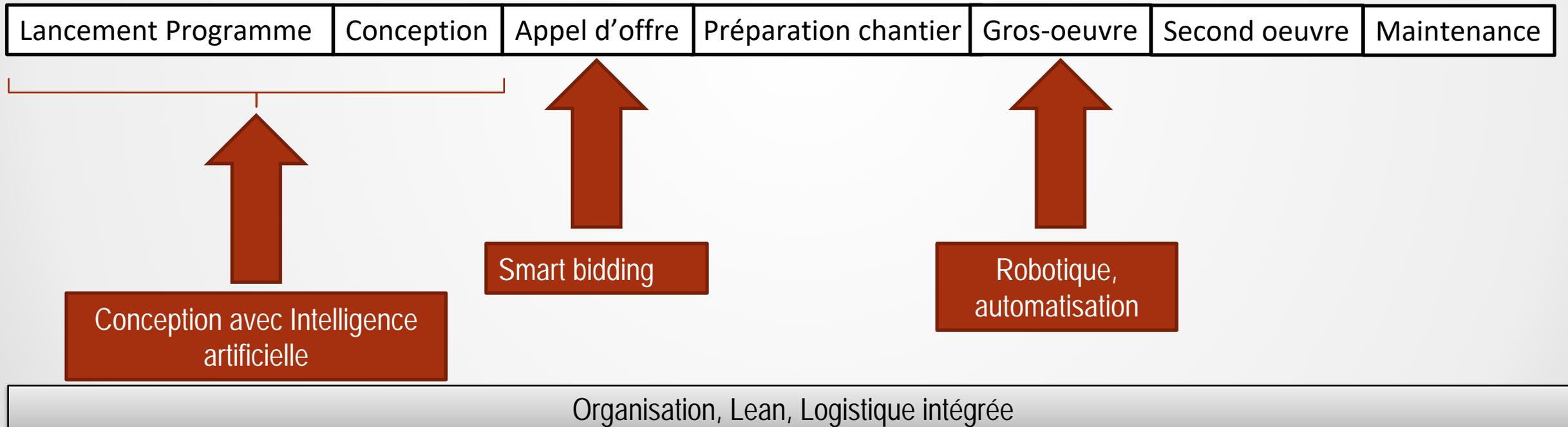


CHAIRE CONSTRUCTION 4.0



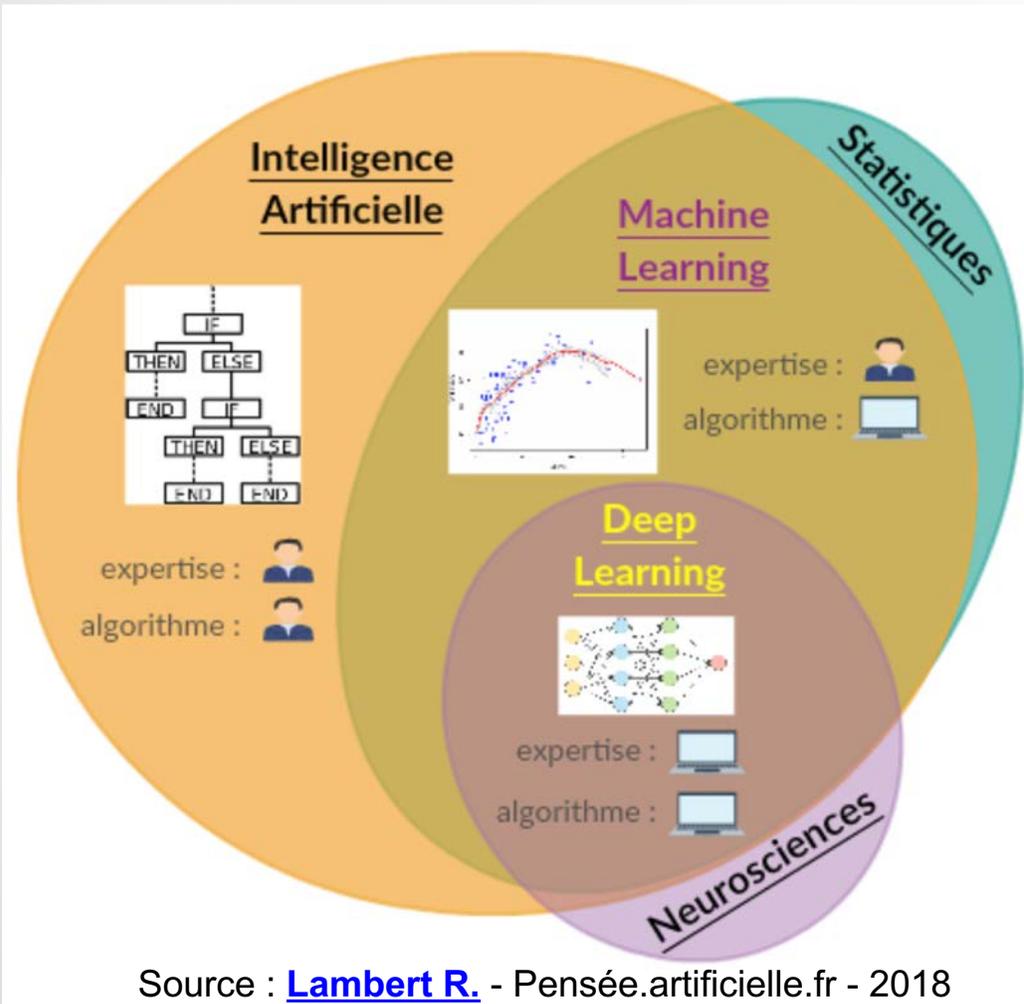
Construction 4.0

(On parle de l'acte de construire)



CONCLUSION

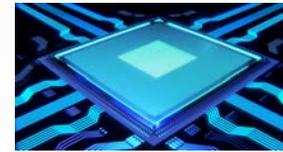
CONCEPTS



Source : [Lambert R.](#) - [Pensée.artificielle.fr](#) - 2018

OUTILS

Puissance de calcul
Cartes graphiques



Larges bases de données



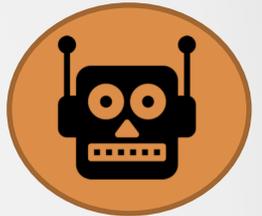
Logiciels en Open source



APPLICATIONS



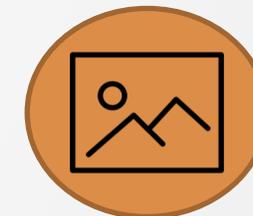
Reconnaissance vocale



Robots et voitures autonomes



Prédictions



Reconnaissance des images



Jeux

Conclusion

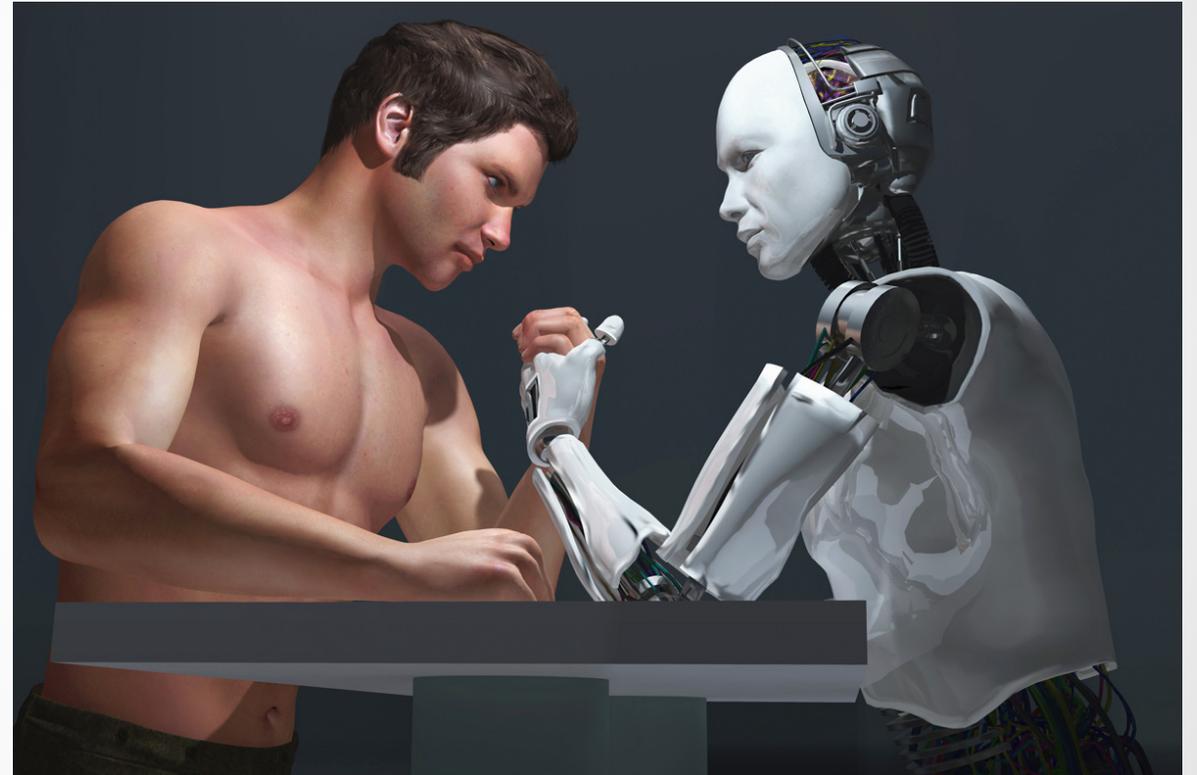
Pour tout cela, l'IA au service des bâtiments peut être utile....



Un monde est à inventer

Points de réflexion

1. Quelle performance de la machine faudra-il mesurer ?
2. Est-ce l'intelligence d'une machine se mesure par rapport à sa capacité à battre un humain au jeu ?
3. Est-ce qu'une machine peut devenir plus intelligente que l'humain ?
4. Existe-il une bataille entre les performances d'une machine et celles de l'homme ?



CONTACT



Zoubeir LAFHAJ

Professeur des Universités

Titulaire de la Chaire Construction 4.0

Ecole Centrale de Lille

Cité Scientifique, 59651 Villeneuve-d'Ascq

Site Web

LinkedIn

EMAIL

zoubeir.lafhaj@gmail.fr

construction4.0chair@gmail.com