

# LA LETTRE DE XMP-CONSULT

## RÉSEAU D'EXCELLENCE DU CONSEIL

### ÉDITORIAL

### L'intelligence artificielle (IA) : enjeux, opportunités et limites

L'intelligence artificielle (IA) est un sujet d'actualité. Apparu en 1955, le concept d'intelligence artificielle est redevenu à la mode et suscite un fort intérêt auprès d'acteurs nombreux et divers. L'accroissement fabuleux de la puissance de calcul des machines et du volume des données ouvre en effet de nouvelles possibilités pour le développement de l'IA. Mais l'IA est un concept flou qui recouvre des techniques et des outils très différents (systèmes experts, systèmes bayésiens, machine learning, deep learning, chatbot...) aussi est-il facile et tentant d'y mettre et d'y trouver ce que l'on cherche en fonction de ses objectifs, de ses ambitions, de ses convictions... Certains ont ainsi tendance à penser que ce qui était de la science-fiction va pouvoir devenir réalité, surtout lorsqu'on y associe d'autres domaines comme la génomique et la robotique.

Les publications sur l'IA sont extrêmement nombreuses ; certaines très fiables et instructives, d'autres plus fantaisistes ou destinées essentiellement à promouvoir des intérêts économiques et financiers. L'un des principaux intérêts de ce numéro de la Lettre de XMP Consult consacré à l'IA est de réunir des articles écrits à partir de l'expérience et du vécu des neuf auteurs dans l'utilisation et le déploiement de l'IA dans les organisations. Les analyses, réflexions et recommandations développées par les auteurs devraient donc pouvoir utilement alimenter les propres réflexions et les prises de décisions des responsables pour une exploitation efficace du potentiel de l'IA dans leurs entreprises. Un des enseignements généraux qui ressort de cette Lettre de XMP Consult est qu'il serait autant dommageable pour les organisations de s'illusionner, de fantasmer sur les apports de l'IA que d'ignorer les opportunités offertes et les transformations en cours et à venir.

Plusieurs articles font ressortir la nécessité de bien saisir les apports et les limites de l'IA. Celle-ci est par exemple loin de pouvoir rivaliser avec l'intelligence humaine dans de nombreux domaines. Pour certains chercheurs, parler d'IA est d'ailleurs un contre-sens, car l'IA n'existe pas !

Ce recadrage effectué, tous les auteurs mettent en avant les opportunités offertes par les techniques et les outils de l'IA, la création de valeur possible et les transformations profondes qui en découlent pour les entreprises. L'IA a et aura un fort impact dans de nombreux secteurs, fonctions et processus. L'ampleur de l'impact de l'IA sur la stratégie, l'organisation et le mode de fonctionnement des entreprises est illustré par la diversité des sujets abordés par les auteurs : opportunités stratégiques, efficacité collective, production industrielle, pilotage de projets, gestion RH, formation, secteur financier.

Au-delà des aspects techniques et des outils, l'utilisation réussie de l'IA dépendra largement de la capacité des entreprises à réaliser les transformations nécessaires à un déploiement efficace de l'IA et à son appropriation par les collaborateurs de l'entreprise. Il s'agit d'un véritable projet de transformation et d'un changement profond. L'ensemble des acteurs doit apprendre à travailler, à agir, à se comporter différemment. Les individus doivent travailler avec l'IA et non pas à côté ou contre elle. Les bénéfices de l'IA sont en effet optimisés lorsque les outils viennent soutenir, renforcer l'humain. Pour reprendre l'expression d'un des auteurs, IA signifie alors Intelligence Assistée ou Intelligence Augmentée.

Les techniques et outils de l'IA seront de plus en plus performants et présents dans les

### SOMMAIRE

P. 02-04

**IA passage de l'enjeu technologique à l'opportunité stratégique**

par Olivier GUERINAULT

P. 05-06

**Quand l'Intelligence Artificielle approche l'Intelligence humaine**

par Nicolas ROUSSET

P. 07-08

**L'Intelligence Artificielle au service des défis d'efficacité collective**

Philippe RUCEL

P. 09-11

**L'IA appliquée à nos lignes de production «traditionnelles»**

Frédéric ANTÉRION

P. 12-15

**L'IA en finance, un défi humaniste**

par Omar Mehdi ROUSTOUMI

P. 16-17

**L'Intelligence artificielle et la gestion des ressources humaines**

par Abdou NDIONGUE

P. 18-20

**La formation en IA, présentation du rapport OPIEC**

par Bruno SEZNEC

P. 21-22

**L'IA va-t-elle piloter nos projets ?**

par Thierry RAULT

P. 23-24

**Comment rédiger une feuille de route pour déployer en entreprise l'intelligence artificielle ?**

par Philippe GINIER-GILLET

entreprises. Il est donc essentiel d'être capable de les exploiter le plus efficacement et rapidement possible. Nous espérons que la lecture de ce numéro de la Lettre de XMP Consult y contribuera.

Nous vous souhaitons une bonne lecture.

*Benoit Grouard* 

## IA PASSAGE DE L'ENJEU TECHNOLOGIQUE À L'OPPORTUNITÉ STRATÉGIQUE



Nous commençons à prendre conscience de plus en plus largement que le principal problème de l'Intelligence Artificielle n'est pas tant dans sa technicité car elle a su prouver depuis maintenant de nombreuses années son efficacité, mais surtout dans sa capacité à créer de la valeur grâce à cette technologie. Cette problématique fut croissante sur ces dernières années avec une économie florissante, mais cela risque de devenir un challenge encore plus important dans un contexte contraint par une épidémie mondiale et une probable période de récession.

### « Que faire » si nos concurrents, et particulièrement les nouveaux entrants, adoptent l'IA avant nous ?

Certaines formes d'IA ont fait leurs apparitions il y a plus de cinquante ans : Arthur L. Samuel a rendu populaire en 1959 le terme « Machine Learning » lorsqu'il développa un programme capable d'apprendre par lui-même le meilleur moyen de jouer au jeu de dames. Nous pouvons facilement imaginer les progrès gigantesques accomplis tout au long de ces nombreuses années pour atteindre un niveau de perfectionnement tel qu'il puisse à présent permettre aux organisations de créer de la valeur de manière considérable. Cependant, le défi réside sur la capacité de déploiement sur de larges périmètres en réponse aux objectifs stratégiques.

Selon une enquête du MIT Sloan et du BCG, 70% des sociétés interrogées ne constate aucun impact ou alors minime depuis l'utilisation de l'IA alors que 90% d'entre elles ont investi dans l'IA. Seulement 2 sociétés sur 5 déclarent avoir constaté des gains sur les 3 dernières années. Ce chiffre passe à 3 sur 5 pour les sociétés ayant investi massivement en IA. En complément, une enquête de New Vantage Partners confirme le pourcentage d'investissement dans l'IA à hauteur de 91% des entreprises sondées et seulement 14% confirme avoir réussi un déploiement des systèmes sur un large spectre de leurs opérations. Ces enquêtes montrent également une baisse du niveau d'investissement (avant crise COVID) passant de 92% en 2018 à 52% en 2019.

Il est donc pertinent de chercher quelles sont les raisons possibles d'un tel recul sur les investissements et les difficultés rencontrées pour déployer largement des technologies dont l'efficacité ne semble plus être à prouver. Dans son rapport « State of Enterprise

AI », le cabinet Deloitte a identifié plusieurs challenges exprimés par les dirigeants : l'implémentation des solutions, l'intégration dans les rôles et fonctions existantes, puis la difficulté dans la gestion des données arrivent en tête des raisons exprimées.

Deloitte cite notamment l'exemple d'une solution, basée sur le « Machine Learning » dont le but est de soutenir la force de ventes dans sa prédiction de conversion des prospects en clients finaux. Malgré des résultats satisfaisants, les équipes de ventes - n'ayant pas été préparées suffisamment à l'utilisation de telles recommandations et n'ayant pas été impliquées dans le développement - n'ont jamais approuvé ni fait confiance aux résultats. Ces équipes de vente ont rejeté l'assistance faute d'avoir appris à connaître et à construire l'outil.

Autre constat, le fonctionnement des solutions d'IA impose aux sociétés de revoir leur politique de gestion de données et d'adopter une culture dite « Data-driven » afin de prendre en compte l'intégration de données en provenance d'une plus grande variété de sources.

La mise en place d'un assistant virtuel pour un service client demande la configuration d'une IA pour utiliser des données en provenance d'un CRM pour la base client, des données financières de l'ERP puis des données métiers de la base de formation. Si la stratégie de l'entreprise n'a pas intégré ces changements - auquel peut se rajouter la diversité des systèmes liée aux rachats ou acquisitions, l'implémentation sera assurément à risque, demandera des efforts considérables et comportera de potentiels retards dans la mise en œuvre.

### IA, quelles sont les barrières ?

Les éléments présentés ci-dessus ont tous pour effet de limiter ou de remettre en question le Retour sur Investissement (ROI) des solutions IA mais également de mettre en évidence des points de vigilance à considérer avant de lancer un projet d'IA. Tom Davenport, Professor au Babson College & Research fellow MIT Digital Economy, classe ces facteurs selon quatre catégories : Réingénierie, Organisation et Culture, Algorithmes et Données, et Investissement.

## Réingénierie :

« L'objectif est de garantir que l'IA augmente l'homme, plutôt qu'elle ne le supplante. » **Isabelle Falque-Pierrotin** – Présidente, CNIL.

L'IA a besoin d'être considérée comme une opportunité pour revoir et redéfinir l'ensemble des processus au sein d'une organisation. Sachant que chaque IA cible des technologies de plus en plus spécifiques, redéfinir les tâches associées devient plus aisé. Dans une démarche de transformation complète, il sera possible de combiner plusieurs technologies différentes et ainsi développer de nouvelles offres de services, de nouveaux produits et de nouveaux modes de management. Cette réingénierie doit être une opportunité de conduire un changement favorable et pérenne en accord avec les bénéficiaires, les êtres humains composant les sociétés. Oublier l'essentiel - l'humain - conduirait un projet d'IA à l'échec.

## Organisation et Culture :

« Il est essentiel que nous comprenions comment les modèles arrivent à leurs conclusions pour pouvoir utiliser l'IA dans notre secteur. »

**Stefan Hojmos** – responsable des transferts de données, Sky.

L'organisation et la culture d'entreprise jouent un rôle majeur dans les projets de grande envergure au sein des sociétés. L'IA étant un héritage des travaux de « Big data et analytics », elle s'expose aux mêmes problèmes que ses ascendants. Les chiffres montrent d'ailleurs un recul sur les organisations dites « Data-driven » : seulement 31% des entreprises interrogées par NewVantage Partners se déclarent avoir adopté une culture véritablement tournée vers la donnée. Elles étaient 37% en 2017, 32% en 2018 et 28% en 2019. 77% déclarent avoir des difficultés à faire adopter des initiatives de « Big Data » et d'IA. Les dirigeants avancent plusieurs facteurs tels que l'alignement organisationnel, l'agilité, et la résistance : les défis culturels représentent 95% des entraves pour seulement 5% liés à la technologie. Cette absence de culture de la donnée altère autant les projets d'IA que tout autre projet technologique. Dans ce cadre, les dirigeants n'ont pas la motivation ni la connaissance pour promouvoir les projets et développer les compétences nécessaires. La meilleure IA, ou la plus prometteuse, aura le plus grand mal à s'intégrer dans les processus de l'entreprise pour des raisons de structure organisationnelle, de stratégie et de façon plus importante d'une mauvaise gestion du changement. La dimension organisationnelle et culturelle est essentielle pour toute société souhaitant obtenir d'une IA un ROI positif.

## Algorithmes et Données :

« Pour être acceptée, l'IA doit interagir avec les personnes de manière naturelle, peu invasive et prévisible : ce n'est pas uniquement du ressort de l'informatique mais aussi de la psychologie, de la sociologie, des neurosciences... » **Martin Hébert** – Directeur de l'Institut de robotique de l'université Carnegie-Mellon (Pittsburgh, Etats-Unis).

L'algorithme est, sans aucun doute, l'élément technique fondamental d'une IA. Il est inconcevable de traiter séparément la don-

née de l'algorithme car ce dernier se nourrit de la donnée pour s'améliorer notamment dans le cas du « Machine Learning ». Le principal obstacle pour obtenir un algorithme efficace sera une donnée sans caractéristique, de qualité médiocre et en quantité insuffisante.

D'autres défis sont également à considérer avant de lancer un projet :

- **Transparence** - Créer des IA plus transparentes est devenu un véritable enjeu : le gouvernement français l'a élevé au rang des grands défis de l'innovation. Certains algorithmes manquent définitivement de transparence, leur complexité ne permettant pas à tout observateur d'en saisir le contenu, comme dans le cas du « Deep learning » pouvant avoir des milliers de fonctionnalités et de variables différentes. Google tente de répondre à ce point par des expérimentations telles que « Explainable AI » qui permet de bâtir l'intelligibilité directement dans la conception du modèle. Maintenir une opacité peut engendrer une perte de confiance de la part des utilisateurs mais également de la part des sponsors, des régulateurs et des consommateurs, qui expriment naturellement de la méfiance face à cette récente évolution technologique, si souvent présentée comme opposée à l'humain.
- **Biais** - Les algorithmes peuvent être biaisés dans leur conception ou leurs jeux de données, et ainsi agir contre des groupes ou des individus particuliers. Le biais algorithmique est le plus souvent dérivé d'ensembles de données ou d'échantillons biaisés. Un exemple réside dans les banques de données visuelles sur le leadership où il est bien plus fréquent de retrouver des hommes en posture de leaders que des femmes. Les algorithmes vont en déduire que le leader est un élément plus masculin que féminin que par la fréquence de représentation à l'instant « t ».
- **Maintenance** - Les algorithmes doivent être correctement documentés pour des raisons de clarté vis-à-vis des concepteurs et des motifs de leur création. Au fil du temps, il peut surgir des dérives (perte de l'adéquation avec les données) par une maintenance trop complexe ou absente. Un algorithme est créé à un instant « t » et doit être alimenté en fonction des évolutions du domaine représenté.

## Investissement :

« L'IA promet de créer une économie plus productive et efficace. Si elle est bien exploitée, cela peut générer énormément de prospérité et d'opportunités. » **Barack Obama**.

Un des principaux facteurs du manque de rendement de l'IA est le défaut d'investissements. Les résultats des différentes enquêtes citées dans cet article montrent que les entreprises n'investissent pas encore suffisamment.

Le problème n'est pas seulement le niveau d'investissement, mais également la manière dont ces investissements sont suivis et analysés avant et après la mise en œuvre. Pour beaucoup, l'IA étant

considérée comme expérimentale, l'évaluation des revenus ou des bénéfices reste un exercice difficile. Les entreprises les plus agiles, notamment les plateformes, ont mis en place des contrôles intermédiaires sur l'analyse des changements de comportement des utilisateurs, la performance des tâches, les changements de processus afin d'anticiper une amélioration des résultats financiers et de démontrer des corrélations. Ces indicateurs restent encore rarement déployés dans les business modèles traditionnels.

## IA, confronter la théorie et la pratique.

A titre d'exemple, j'ai récemment accompagné une start-up dont le produit, basé sur une IA, permet de faciliter la gestion du S&OP (Sales & Operations Planning). Les fondateurs souhaitaient obtenir un avis sur leur produit et trouver des leviers d'acceptation et d'adoption par les entreprises du secteur ciblé.

Les principaux freins cités par les clients se situent autour des quatre axes listés ci-dessus, à savoir une réticence à changer les processus opérationnels de planification industrielle, une culture qui n'est pas orientée sur la donnée, un manque de transparence sur les algorithmes de la startup et un budget d'investissement qui ne prend pas en compte l'expérimentation des projets d'IA.

Mes conseils auprès de cette startup ont été les suivants :

- Définir des objectifs clairs avec le client sur les performances attendues pour permettre de comparer les résultats actuels et ceux améliorés par l'IA. Les résultats provenant du « Machine Learning » s'améliorant dans le temps, il est donc essentiel de mettre en place des indicateurs consistants pour traquer les résultats et le retour sur investissement.
- Adopter une approche « Crawl, Walk, Run » en plusieurs phases capable d'atteindre les objectifs fixés :
  1. Impliquer le client et son organisation pour élaborer un modèle auto-adaptatif, prendre en compte des paramètres basiques (saisonnalité, tendances...), et sélectionner des jeux de données de taille réduite pour établir le modèle de référence.
  2. Mesurer l'impact sur les activités marketing : promotions, événements, lancement de produit, etc. Améliorer le modèle de référence en utilisant l'IA sur les données issues de l'historique.
  3. Intégrer les données externes de type météorologique, localisation des points de ventes, réseaux sociaux, etc. Trouver des corrélations supplémentaires sur le modèle prévisionnel.
  4. Faire intervenir des compétences spécifiques, telles que les ventes, le marketing et les opérations (S&OP). Il est également possible d'introduire des connaissances externes du marché.

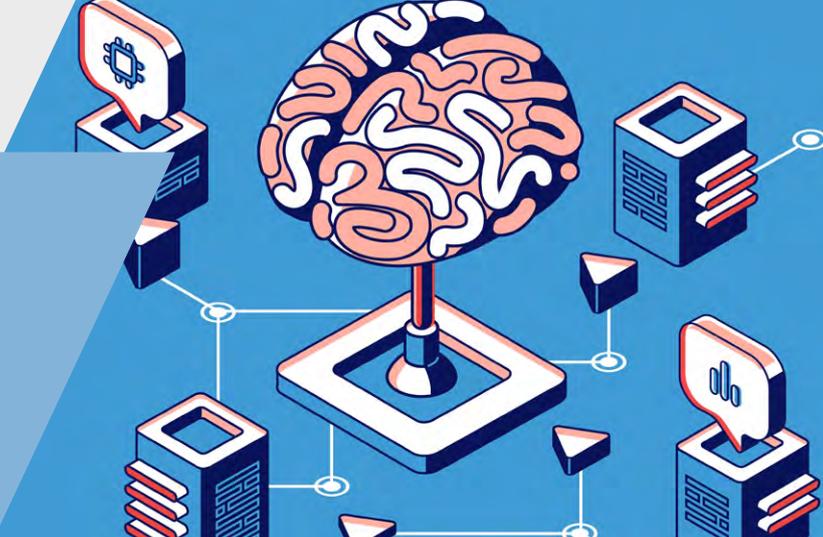
Ce processus itératif permet de déterminer quelles sont les données les plus pertinentes dans le modèle. Il offre également l'opportunité d'adapter le modèle au fur et à mesure de l'apprentissage et d'élaborer les corrélations à chaque étape.

- Comprendre les 3Vs du Big data :
  1. **Volume** - Le « Big data » joue un rôle critique dans une solution d'IA. Il est essentiel d'utiliser un volume de données adapté pour obtenir la meilleure pertinence statistique, sans sous-estimer la valeur des données historiques.
  2. **Variabilité** - Plus les données d'entrées sont variées, plus les résultats de planning seront fiables.
  3. **Vélocité** - La fréquence, la collecte et le partage de données permettent au modèle d'obtenir une granularité suffisante et de générer des corrélations, ce qui induit un renforcement itératif du modèle.
- Penser long terme. Rendre le modèle le plus opérationnel possible pour faciliter la création de valeur et un retour sur investissement. Opter pour des modèles auto-adaptatifs qui réclament le minimum d'intervention, à défaut de quoi des interventions et changements manuels rendent le modèle peu fiable.

Pour exploiter cette opportunité stratégique offerte par l'IA, il est donc nécessaire de passer d'une boîte noire statique à un modèle beaucoup plus ouvert, évolutif et compréhensible de tous. Une telle démarche doit permettre d'expliquer clairement quel maillon ne fonctionne pas correctement de manière transparente. L'explicabilité des approches d'IA est indispensable à tout projet pour en garantir son succès. Une plus grande transparence sur l'IA, accompagnée d'une meilleure pédagogie, doit permettre d'accélérer son appropriation et de renforcer la conviction des dirigeants sur la valeur perçue. L'IA doit se positionner comme une nouvelle compétence au service des métiers de l'entreprise.

*Olivier Guerinault*  


# QUAND L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE APPROCHE L'INTELLIGENCE HUMAINE



Pour un passionné de technique, peu de sujets sont aussi sources d'agacement et d'émerveillement que l'Intelligence Artificielle (IA).

## 1. L'IA n'est pas UNE technologie

D'agacement d'abord, car le terme remonte à 1955 et a connu beaucoup d'évolution, aussi il ne recouvre pas une technologie mais un ensemble particulièrement hétérogène et disparate. Il y a peu de rapports entre les systèmes expert et le deep learning, qui font tous deux parties de l'IA ainsi que d'autres domaines très variés, si bien que techniquement parler d'IA en générale est très hasardeux, au risque de mettre dans le même panier des chatbots et des réseaux de neurones, ce qui n'a beaucoup de sens ! Le résultat est également particulièrement frustrant pour qui s'intéresse à en savoir plus, puisqu'il ne permet pas directement de savoir de quoi on parle effectivement.

Je précise pour éviter cet accueil que je parlerai essentiellement de deep learning / réseaux de neurones dans la suite de l'article. Ces technologies sont très largement responsables de la montée en puissance de la renommée de l'IA, de par leur résultat impressionnant<sup>1</sup> et leur anthropomorphisme, alimentant au passage le fantasme d'une intelligence proche celle humaine.

## 2. Artificielle signifie également factice

L'IA est un terme qui emprunte également à la science-fiction, et qui nourrit l'idée d'ordinateur capable de rivaliser avec l'intelligence humaine. Or, si cela a été obtenu dans le go, on n'en est même pas proche dans le cas de l'intelligence artificielle générale ! Yann Le Cun rappelait dans sa leçon inaugurale au Collège de France<sup>2</sup> que les capacités du cerveau restent un million de fois supérieures aux systèmes utilisés pour l'IA. Cette différence apparaît notamment dans le manque d'intelligence générale de l'IA : les modèles se trompent régulièrement sur des cas ne présentant

pas de difficultés apparentes : le cas récent des voitures Tesla est symptomatique<sup>3</sup>, et d'autres articles ont montré que ce type de faille est générale et intrinsèque aux modèles<sup>4</sup>.

Cette limitation est aujourd'hui une des grandes limites des réseaux de neurones, en les limitant à l'aide à la décision et nécessitant toujours la supervision d'un opérateur, parfois récalcitrant, dans les domaines où une erreur peut être impactante.

Il est intéressant aussi de rappeler, toujours en prenant les chiffres de Yann Le Cun, qu'un ordinateur disposant de la puissance d'un cerveau humain consommerait aujourd'hui la puissance d'un quart de réacteur nucléaire ! Certes l'efficacité énergétique s'améliore, mais le numérique dans son ensemble est plutôt dans la mauvaise direction<sup>5</sup>, en bref le cerveau humain de par son efficacité a de beaux jours et de belles décennies devant lui.

## 3. Quand l'IA nous ouvre une fenêtre sur notre propre intelligence !

Mais les fabuleux développements des réseaux de neurones ces dernières années ont ceci de particulièrement enthousiasmant qu'il relance la citation d'Alan Turing « *Les tentatives de création de machines pensantes nous seront d'une grande aide pour découvrir comment nous pensons nous-mêmes.* »<sup>6</sup>. Trois exemples particulièrement me viennent à l'esprit :

**3.1/ La traduction automatique** est un domaine où les progrès des réseaux de neurones sont particulièrement impressionnants. Les réseaux de neurones étant des algorithmes ne manipulant que des nombres réels, il est nécessaire de convertir les mots en une série de nombre, ce qui introduit tout un ensemble de questions passionnantes sur la sémantique (dans quelle mesure le sens d'un mot est-il lié à son contexte) et également sur la représentation numérique de ces mots : aimer sera-t-il plus proche

<sup>1</sup> Notamment en reconnaissance d'image et en traduction automatique, mais on pense bien sûr à la victoire au jeu de go

<sup>2</sup> <https://www.college-de-france.fr/site/yann-lecun/inaugural-lecture-2016-02-04-18h00.htm>

<sup>3</sup> <https://www.20minutes.fr/high-tech/2723847-20200221-tesla-autopilot-trompe-bouts-scotch-colles-panneau-limitation-vitesse>

<sup>4</sup> <https://arxiv.org/pdf/1312.6199.pdf>, en résumé on peut prendre n'importe quelle image et faire dire au modèle qu'il s'agit d'une autruche, avec des différences indiscernables à l'oeil nu

<sup>5</sup> <https://theshiftproject.org/article/pour-une-sobriete-numerique-rapport-shift/>

<sup>6</sup> <https://citation-celebre.leparisien.fr/auteur/alan-turing>

de haïr ou d'adorer ? Peut-on donner un sens aux différentes composantes de ces représentations numériques ?

On arrive notamment à des résultats avec ces représentations numériques tels que :

King – Man + Woman  $\approx$  Queen

ou

Paris – France + Gemarny  $\approx$  Berlin<sup>7</sup>

Je ne connais actuellement pas de travaux où des linguistes auraient exploités les résultats des réseaux de neurones, il n'en reste pas moins très enthousiasmant d'envisager que l'IA vienne enrichir notre connaissance de notre langage.

**3.2/ Un autre domaine en plein essor est la reconnaissance d'image**, une date clé de l'essor des réseaux de neurones étant le succès sur la compétition image Net en 2013<sup>8</sup>. La particularité de ces réseaux, dit convolutionnels, est d'extraire des patterns intermédiaires. De là vient une première interrogation : quelle est la nature de ces patterns ? Arriverons-nous à avoir des réseaux capables d'apprendre le concept de tête, d'œil, de roue en apprenant à distinguer des chiens, des chats et des camions ?

**3.3/ Un autre domaine particulièrement intéressant est l'usage du "transfert learning"** : alors qu'une des grandes faiblesses des méthodes de deep learning est la dépendance aux données d'entraînement, avec le risque de biais, de passéisme<sup>9</sup> et le coût de constitution d'un référentiel de qualité de ces données, une pratique courante et puissante consiste à effectuer du transfert learning, c'est à dire utiliser une part de réseau entraînée sur une autre base. Cela montre bien que, sous conditions, ces modèles possèdent un potentiel de généralisation.

#### 4/ Le besoin d'une forme sagesse pour l'IA

En conclusion, il est bon de rappeler qu'aussi prometteuses soient-elles, les technologies de l'IA sont en haut de la courbe du « hype » du Gartner<sup>10</sup>, le pic des attentes exagérées (pic of inflated expectations en vo), avec en plus un imaginaire particulièrement fort et totalement décalé de la réalité. Il va y avoir de grands impacts de l'IA, notamment en traduction et plus que probablement dans la santé. Mais la révolution sera loin d'être aussi générale que beaucoup le prédisent, et il est très important de démystifier l'IA pour mieux appréhender ces apports, et éviter de gâcher son potentiel en projets chimériques.

Pour un secteur que je connais bien, l'enseignement, il n'y aura pas de révolution de l'IA.

*Nicolas Rousset*



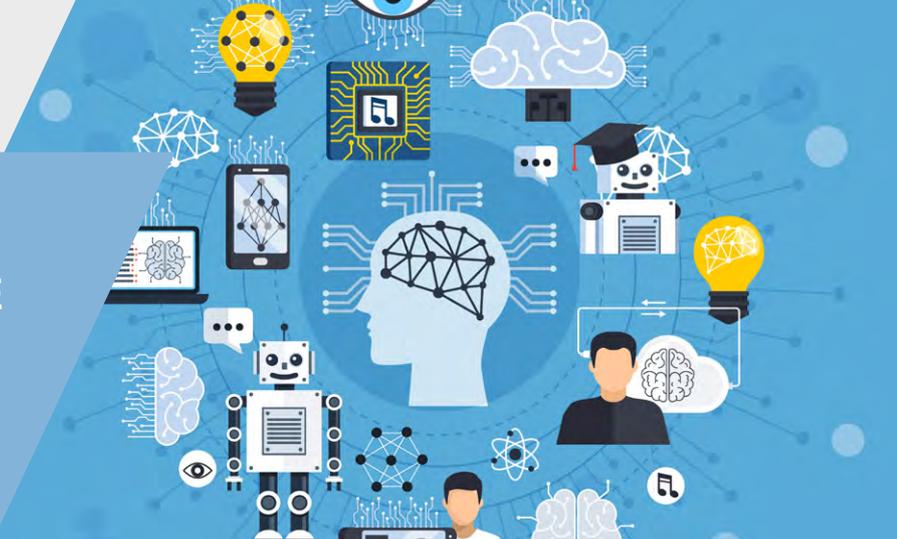
<sup>7</sup> T. Mikolov et al. Linguistic Regularities in Continuous Space Word Representations. NAACL HLT 2013 et Mikolov et al. - 2013 - Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space

<sup>8</sup> <http://image-net.org/challenges/LSVRC/2012/results.html>

<sup>9</sup> <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G>

<sup>10</sup> <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2019/>

## L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU SERVICE DES DÉFIS D'EFFICACITÉ COLLECTIVE



L'intelligence artificielle, dont les exemples d'applications foisonnent, continue à fasciner et parfois à faire douter. Mais peut-on raisonnablement imaginer de remplacer les interventions humaines dans nos activités, jusque dans des prises de décisions pouvant avoir des conséquences critiques ? Et pour quels bénéfices réels ?

Afin d'éclairer ce débat nous pensons qu'il est essentiel de situer le potentiel de l'intelligence artificielle au regard des défis d'amélioration opérationnelle auxquels nos activités font face. Cette identification des avantages concrets pour l'efficacité collective doit structurer clairement cette démarche. C'est au travers de cet éclairage que l'intelligence artificielle pourra prendre tout son sens et apporter les avantages promis. C'est aussi au travers de cet éclairage que nous pourrions mettre en évidence les défis auxquels les développements d'intelligence artificielle font face.

Aujourd'hui, alors que la plupart de nos activités montent en échelle, en complexité et en exigences de qualité, avec des contraintes toujours plus exigeantes de coût et de délais, le principal enjeu d'efficacité collective c'est de rendre possible une intégration harmonieuse des opérations.

Que ce soit dans des activités de développements innovants, dans des activités de production, dans le déploiement d'infrastructures complexes, ou dans les opérations de services de transports, de santé ou de sécurité, l'intégration des opérations apporte des avantages significatifs en termes de performance des activités, notamment lorsque ces activités prennent une dimension multi disciplinaire, multi site ou internationale :

- Elle permet de réduire les temps d'attente et l'impact des modifications tardives dans les activités d'ingénierie.
- Elle ouvre la voie à un ajustement des flux d'activité à la demande, que ce soit en production ou dans l'opération de services, et elle permet un déploiement des ressources en cohérence avec des priorités partagées.
- Elle permet un ajustement en temps réel des activités ou des opérations en cas d'imprévu ou d'anomalies.
- Elle est nécessaire au développement de réponses systémiques à des problématiques complexes.

Plus encore que telle ou telle méthode ou outil porté par une mode, cette tendance à l'intégration des opérations est inévitable, car elle s'impose comme la seule réponse robuste à l'évolution des contraintes d'efficacité collective.

Dans ce contexte, l'utilisation de l'intelligence artificielle ne prendra en réalité tout son sens et tout son potentiel de valeur que si elle permet de faciliter clairement cette intégration des opérations.

La bonne nouvelle, c'est qu'elle peut le faire, pour autant que la démarche soit structurée autour de ce paradigme, puisque l'intégration des opérations nécessite avant tout :

- Un accès immédiat à toutes les informations opérationnelles (sur les besoins, les ressources, l'avancement, les obstacles, les anomalies) et la capacité à structurer ces informations de la manière la plus efficace possible.
- La capacité à identifier avec discernement les priorités des opérations intégrées et à les communiquer, et en particulier la possibilité de donner aux responsables opérationnels les moyens de jouer leur rôle d'arbitrage.

Dans cette logique, la collecte de l'information, la capacité à traiter cette masse d'information, mais aussi à l'interpréter, sont des éléments déterminants de succès. Ainsi, il est non seulement nécessaire de pouvoir localiser et connecter des objets (IoT internet des objets), et de pouvoir traiter de grandes quantités d'informations (Big Data), mais en réalité il est essentiel de pouvoir transformer efficacement ces informations en synthèses utilisables.

Précisément, l'intelligence artificielle a le potentiel pour réaliser un tri sophistiqué des informations et pour apporter aux décideurs des éléments pertinents, et ceci dans une variété de situations. Prenons quelques exemples :

- Apprendre à un robot à faire du tri sélectif de déchets sur une chaîne de traitement.
- Faire effectuer par un robot un contrôle visuel de qualité de production sur une chaîne d'assemblage.
- Identifier des sujets clés et des solutions à partir de questionnaires de satisfaction.

- Détecter des signes avant-coureurs d'anomalies dans le contexte d'une maintenance prédictive.
- Évaluer des risques majeurs sur un grand projet en interprétant des registres de risques ascendants.
- Construire un programme d'amélioration à partir de l'interprétation d'anomalies ou de dysfonctionnements.
- Évaluer des priorités de prise en charge de patients dans un système de soins.
- Évaluer des scénarios par des simulations à paramètres multiples (économie, santé, urbanisme, guerre, crise...).

Ces exemples, choisis dans une variété de domaines d'application, sont en fait conceptuellement voisins : devant un grand nombre d'informations, il s'agit de préparer et de mettre en œuvre des décisions qui nécessitent un discernement éclairé. Et ce type d'exemple pourrait se multiplier.

Gageons donc que la qualité du discernement sera un critère de réussite important auquel les systèmes experts devront satisfaire, et autour duquel ils se structurent d'ores et déjà. C'est bien en effet la qualité du discernement qui pourra ouvrir la voie à une autonomie de décision, comme c'est déjà le cas dans bien des domaines pour l'intelligence humaine.

Cette capacité à prendre des décisions autonomes devra bien entendu être mesurée en termes de risque de décision erronée, ainsi que de probabilité et de gravité associée, un peu comme le risque de fausse alarme d'un système de détection. La capacité à gérer des exceptions, des arbitrages et des recours sera dans certains cas un paramètre important.

Bien entendu ces exemples d'applications et de facteurs clés de succès de l'intelligence artificielle ne sont pas limitatifs, j'ai simplement souhaité illustrer ici leur contribution potentielle à l'amélioration opérationnelle, et en particulier à l'efficacité collective, et identifier des critères de performance critiques pour l'intelligence artificielle.

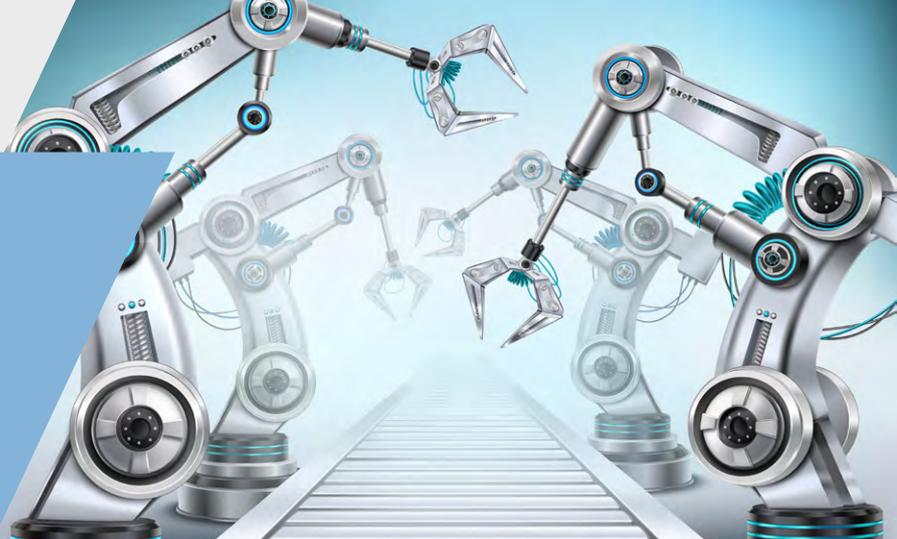
J'espère avoir ainsi stimulé votre réflexion.

Bien entendu, ce nouveau paradigme a des implications majeures sur nos modes d'organisation, c'est un autre sujet.

*Philippe Rucel*



## L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE APPLIQUÉE À NOS LIGNES DE PRODUCTION « TRADITIONNELLES »



### Peut-on gagner de l'argent avec l'IA lorsqu'on est une industrie « traditionnelle » ? L'IA, miroir aux alouettes ou arme de profits massifs... ?

Soyons pragmatiques et réalistes ! Et essayons de démêler le vrai du faux. L'Intelligence Artificielle n'existe pas mais...

Tout d'abord, rappelons en quelques mots ce qu'est l'IA (l'Intelligence Artificielle) aujourd'hui et ce qu'elle n'est pas. Nous pouvons nous appuyer sur Luc Julia<sup>1</sup>, un expert international, français de surcroît, cocréateur de Siri l'intelligence artificielle d'Apple qui « comprend » vos paroles sur les iPhone et essaye de répondre à vos questions. Cette autorité mondiale a publié début 2019 un livre au titre provocateur « L'intelligence artificielle n'existe pas ». Il faut prendre ce titre au pied de la lettre, il n'y a pas d'intelligence (pas une once !) dans les outils d'IA disponibles sur le marché.

Ceci étant clairement posé, les outils d'IA sont pourtant des technologies qui offrent un formidable potentiel d'amélioration et d'optimisation des process industriels existants. Que l'on travaille dans la chimie, la mécanique, l'agroalimentaire, les matériaux, etc. dans tous les secteurs, toutes les lignes de production industrielle sont susceptibles d'en tirer parti. En fait, c'est l'intelligence humaine du producteur industriel qui peut être assistée ou augmentée par ces nouveaux outils, IA signifiant alors Intelligence Assistée ou Intelligence Augmentée, intelligence ayant alors tout son sens puisque c'est de vous qu'il s'agit.

Comment ? Revenons aux fondamentaux.

#### IA peut-être mais « Business as usual » first.

Depuis toujours, un dirigeant d'entreprise industrielle a deux préoccupations principales : vendre et produire. Même si de nombreuses applications de l'IA existent pour doper les ventes, nous n'en parlerons pas ici et nous concentrerons sur la production proprement dite. Et dans cette production, nous regarderons uni-

quement le process de transformation des matières premières en produits finis, indépendamment des questions d'approvisionnement en laissant ainsi de côté les questions très importantes de supply chain et d'optimisation des prix d'achat pour laquelle l'IA peut également être d'un précieux secours.

Sur ces lignes de production, les préoccupations n'ont guère varié depuis la révolution industrielle née il y a plus de deux siècles :

- Optimiser les coûts : moins de matières premières, moins de matières coûteuses, moins d'énergie, moins de main d'œuvre (plus d'automatismes), moins d'arrêts pour maintenance, moins de rebuts pour non-respect des tolérances de fabrication, etc.
- Améliorer la qualité perçue par le client : fiabiliser le produit (selon les cas, en matière de conformité, de durée de vie espérée, de garantie sanitaire, etc.), améliorer sa facilité d'usage ou diminuer son coût d'usage, optimiser son élimination au terme de son cycle de vie, etc. tous sujets qui peuvent conduire à faire évoluer les lignes de production et nous ramènent au premier point, d'optimisation des coûts.

Pour réaliser ces objectifs, le producteur met classiquement en œuvre deux démarches :

- Optimiser tout ce qui peut être optimisé dans sa chaîne de production existante : régler au mieux les machines, ajuster les dosages, simplifier les parcours, les durées d'attente, etc.
- Introduire de nouveaux éléments innovants dans la chaîne de production, souvent sous forme d'investissements industriels mûrement réfléchis et financièrement soupesés...

Face à la question de savoir s'il est opportun de faire appel à l'IA pour aider les producteurs dans ces démarches, il n'y a pas lieu de s'écarter de la ligne de conduite habituelle qui guide les décisions du dirigeant mais bien au contraire, d'appliquer la démarche industrielle classique (depuis 200 ans et plus...) face à l'introduction possible d'une amélioration ou innovation sur une ligne de production.

<sup>1</sup> Luc Julia : «L'Intelligence artificielle n'existe pas » chez First Edition (janvier 2019).

Il est aujourd'hui vice-président innovation de Samsung monde et directeur de son laboratoire d'IA récemment créé sur Paris.

## IA : Innovation certes mais pas tant que ça.

Avant de revenir sur cette démarche, un mot sur l'innovation que représente l'IA dans le champ des techniques qui nous ont conduits de l'âge du chasseur-cueilleur (avec l'invention de l'agriculture et de l'élevage) au monde de l'exploration spatiale et à l'allongement spectaculaire de la durée de vie humaine. D'aucuns prétendent que l'IA est une nouvelle révolution industrielle, potentiellement plus radicale que la machine à vapeur ou l'électricité. Peut-être, nous n'en débattons pas ici (\*\*\*) et nous nous limiterons à l'usage pragmatique de l'IA sur une ligne de production. En fait, les techniques que l'on peut mettre en œuvre sont, comme beaucoup d'innovations, un recyclage amélioré de techniques anciennes, amélioration offerte par l'émergence d'autres innovations connexes, rendant possible ce qui n'était que potentiel (les inventions de Léonard de Vinci furent victimes de cette non-concomitance). L'IA d'aujourd'hui s'appuie sur des techniques dont beaucoup furent développées au 18ème, 19ème et début du 20ème siècle mais sont aujourd'hui dopées par la puissance des ordinateurs qui les ont traduites sous forme d'algorithmes.

En d'autres termes, ce que peut apporter l'IA à une ligne de production est finalement assez banal car ancien dans ses fondements mais peut être très puissant et donc de haute rentabilité à condition d'être utilisée « bien à propos ».

### IA rime avec Data (et pas nécessairement avec Big Data).

Le bémol qu'il faut avoir en tête à propos de l'IA est que celle-ci ne peut fonctionner efficacement sans données de qualité. Il n'est pas obligatoire d'avoir beaucoup de données (IA ne rime pas systématiquement avec Big Data) mais les données sur lesquelles l'IA travaillera devront être de qualité : continuité du référentiel de données sur la chaîne, peu de non-valeurs, peu de valeurs aberrantes, pas trop de « trous dans la raquette » le long de la chaîne de production où certaines zones sont tellement automatisées (ou anciennes !) qu'on ne sait plus ce qui s'y passe.

IA, innovation et démarche business.

Revenons-en alors à notre ligne de production et à la démarche consistant à introduire une innovation sur notre ligne, en l'occurrence une innovation IA.

**ÉTAPE 1 :** Sélectionner la valeur business visée et les indicateurs associés qui seront le juge de paix de la rentabilité de notre investissement. Par exemple, un rendement matière mais cela peut être n'importe quoi d'autre de pertinent (peut-être un point de douleur...) et doit être choisi en fonction du business et du type de production. Par souci de simplicité, nous continuerons avec cet

exemple d'un rendement.

**ÉTAPE 2 :** Étudier la variabilité de l'indicateur en fonction de la production. Si cet indicateur est parfaitement stable et constant, il n'est pas pertinent. Si en revanche il varie, c'est bon signe, on peut soit chercher à augmenter sa valeur moyenne (si proportionnel au rendement), soit réduire sa variabilité (sa variance en termes mathématiques).

**ÉTAPE 3 :** Faire une étude de rentabilité de ce que rapporterait une amélioration de l'indicateur, ici du rendement, de 1 ou plusieurs points en tenant compte du court terme versus le moyen ou long terme, de l'évolution du marché, de la concurrence, etc. Combien de points de rendement prendre en compte dans cette étude ? D'abord se fier à l'expérience des producteurs qui sont sur le terrain, tous les jours sur la ligne. Mais on peut aussi regarder l'écart-type de l'indicateur et viser une amélioration d'un écart-type ou d'un demi-écart-type.

**ÉTAPE 4 :** Aller regarder quelles sont les données brutes dont on dispose sur la ligne depuis son alimentation tout en amont (y compris le nom des fournisseurs) jusqu'au tout aval avec le produit fini. Évaluer la quantité, la qualité de ces données et leur « part humaine » (exemple, un contrôle visuel). S'interroger sur la stabilité de la ligne pendant les périodes considérées (dysfonctionnements exceptionnels, changement d'équipes ou d'équipements...) car les algorithmes ont besoin d'« hypothèses stables » ou alors il faudra « redresser » les données.

**ÉTAPE 5 :** Interroger des sociétés spécialisées dans l'IA pour évaluer le coût d'étude et de mise en œuvre d'une solution à base d'IA. A ce stade, si l'on n'a pas l'expertise en interne, il vaut mieux se faire accompagner par un conseil ayant une double compétence IA et Business car les pièges peuvent être nombreux et l'intérêt des sociétés spécialisées en IA est bien de vendre leur solution ou leur approche et d'éventuellement minimiser un certain nombre de coûts cachés. Dans une démarche d'innovation traditionnelle (une nouvelle machine, par exemple), les producteurs connaissent ces coûts cachés. C'est rarement le cas pour une démarche IA. Il faut être prudent, sans être paranoïaque, juste rigoureux comme d'habitude lorsque l'entreprise décide d'un investissement, en prenant en compte tous les coûts sans exception.

**ÉTAPE 6 :** Des étapes 3 (étude de rentabilité) et 5 (coût de l'approche IA), on en déduit un ROI qui comme beaucoup de ROI n'est qu'une approximation. Reste l'évaluation des risques, un SWOT<sup>2</sup> bien classique (forces/faiblesses/opportunités/menaces) doit pouvoir aider le dirigeant dans ses choix.

2 SWOT = Strengths / Weaknesses / Opportunities / Threats

**ÉTAPE 7 :** Si le dirigeant donne son Go, il faudra suivre le projet IA comme on suit n'importe quel projet avec chef de projet, comité de projet et/ou de pilotage, reporting, etc. jusqu'à la phase de mise en production avec les nouveaux paramètres ou nouveaux outils de contrôle, fruits de l'introduction de l'IA dans le processus de production : Nouveaux réglages machines, nouvelles compositions des matières premières, nouvelles normes de tolérance ou de contrôle, nouveaux automatismes, etc.

**Fondamental : Associer l'humain dès le tout début du projet.**

Il est un point extrêmement important qu'il nous faut signaler à ce stade et auquel il faudra prêter la plus grande attention tout au long d'une telle démarche. Il faut associer étroitement les acteurs de terrain au projet dès la phase de réflexion préalable. Compte-tenu de toutes les incompréhensions auxquelles elle est sujette et même de tous les fantasmes dystopiques dont elle peut faire l'objet<sup>3</sup>, tout projet IA peut être inquiétant et mal perçu. L'association des personnes impactées de près ou de loin par le projet peut aider à faire comprendre les enjeux, à démystifier tous les fantasmes, dégonfler les craintes et préparer la conduite du changement. Les gens de terrain peuvent être alors extrêmement coopératifs et comme ce sont eux qui savent et sont intelligents (et non l'IA qui ne comprend rien), le résultat final sera d'autant meilleur : Souvent, l'IA renforcera et optimisera des intuitions qui préexistaient sur le terrain.

**L'IA n'implique pas nécessairement des investissements complémentaires.**

Enfin, il est à noter qu'entamer une démarche IA n'implique pas nécessairement de modifier une ligne existante ou d'y ajouter de nouveaux équipements que ce soit pour capter de nouvelles données ou remplacer un processus manuel (l'IA peut aussi aider à optimiser un processus manuel). Vous ressentirez peut-être la nécessité de tels ajustements dans une seconde phase, pour aller encore plus loin mais alors, vous vous sentirez beaucoup plus sereins car votre premier projet IA sera déjà derrière vous avec, espérons-le, les résultats positifs initialement escomptés.

*Frédéric Antérion*



<sup>3</sup> Pour dépasser le caractère terre-à-terre de cet article qui se veut pragmatique et s'évader vers des potentialités d'une IA surpuissante dépassant les humains, lisez par exemple « La vie 3.0 – Être humain à l'ère de l'intelligence artificielle » de Max Tegmark (professeur de physique au MIT et président du Future of Life Institute) chez Dunod (Mai 2018). Sans garantie sur la probabilité de réalisation de ses prédictions mais l'exercice permet de réfléchir en profondeur

# L'IA EN FINANCE, UN DÉFI HUMANISTE



## 1. Introduction et problématique.

Depuis la fin des années 80, les mathématiques financières ont connu une importance croissante en banque, à travers différentes applications des Statistiques et du Calcul Stochastique<sup>1</sup> en trading et en gestion des risques de crédit<sup>2</sup> et de marché<sup>3</sup> et de contrepartie, grâce à des pionniers comme Nicole El Karoui, Laure Elie, ou Damien Lambert. Ces derniers ainsi que d'autres professeurs ont permis à la France de fournir le secteur bancaire en ingénieurs financiers et en traders de qualité, grâce à l'enseignement des mathématiques financières prodigué dans les écoles d'ingénieur et les universités françaises.

Les rédacteurs de cet article ont tous suivi ces enseignements, qui sont principalement composés de cours de mathématiques financières et de notions informatiques nécessaires à leur mise en œuvre opérationnelle en banque. Les plus jeunes ont en outre eu l'opportunité de suivre des cours de Machine Learning<sup>4</sup> (ML), au sein de Masters dédiés aux mathématiques financières. Les plus âgés, quant à eux, se sont retrouvés dans une situation inédite où ils étaient moins expérimentés que les plus jeunes dans ce domaine et ont dû combler leur retard en suivant des formations complémentaires en Intelligence Artificielle (IA). L'enseignement du Machine Learning dans les Master 2 de mathématiques financières traduit un certain intérêt du secteur financier pour l'IA.

Nous vous proposons dans cet article de vous présenter d'une part quelques-unes de nos applications de l'Intelligence Artificielle dans la finance, en banque et dans le domaine des crypto-actifs ; et d'autre part, notre vision sur la réussite de la transformation technologique en cours dans le système bancaire.

## 2. L'IA peut compléter les mathématiques classiques pour répondre à de nombreux besoins en ingénierie financière.

En banque comme dans d'autres industries, le champ d'utilisation de l'IA est large. Elle permet par exemple de mieux segmenter les clients, leur proposer des offres et produits sur-mesure, de détecter les fraudes, etc. Il s'agit là d'utilisations déjà mises en œuvre ou en cours de mise en œuvre.

Le ML, de façon schématique, peut être utilisés partout où il y a de la prédiction basée sur des modèles mathématiques (statistiques ou stochastiques), avec toutefois certaines conditions liées aux données utilisées en entrée (input) de ces modèles. En effet, pour que le ML puisse avoir des résultats probants, il est nécessaire que les données utilisées en input respectent un certain nombre de critères, en largeur et en profondeurs des données.

Nous avons identifié trois niveaux d'application que nous proposons à nos clients :

### 2.1/ Utilisation de l'IA sur les mêmes données en input des modèles actuels.

Nous avons développé des PoC (« Proof of Concept ») qui montrent, avec les données que nous avons utilisées, que :

- Le Machine Learning (ML) permet de mieux estimer les Probabilités de Défaut en Banque de Détail, en comparaison avec les statistiques classiques usuellement utilisées. Le ML ne permet cependant pas de mieux estimer ces probabilités au sein des portefeuilles des Banques de Financement et d'Investissement, car très peu de leurs clients font défaut.

<sup>1</sup> Le Calcul Stochastique, c'est une extension des Probabilités, qui permet de modéliser des phénomènes aléatoires qui évoluent dans le temps, comme par exemple le cours d'une action en bourse, certains phénomènes météorologiques, etc.

<sup>2</sup> Le risque de crédit est le risque porté par une banque lorsqu'elle prête de l'argent à un client, si ce dernier fait défaut et ne rembourse pas une partie de son crédit.

<sup>3</sup> Le risque de marché est le risque porté par une banque, lorsque les conditions de marché évoluent. Il s'agit d'évaluer les impacts sur les portefeuilles de la banque, en cas de chute du cours du pétrole, du Nasdaq ou du CAC40 etc.

<sup>4</sup> Le risque de contrepartie est le risque de crédit sur une opération de marché, lié au défaut d'une contrepartie de la banque, (par exemple sur un contrat futur, une option d'achat ou de vente...)

<sup>5</sup> Machine Learning : apprentissage statistique, méthodes mathématiques et statistiques permettant à un ordinateur d'apprendre à prédire des résultats à partir de données historiques lui expliquant ce qu'il doit apprendre.

- Concernant la Notation Interne des contreparties (le pendant interne aux banques des notes des agences de notation comme Moody's, Fitch...), qui dépend d'un mélange de dires d'experts et d'optimisations sous contraintes, nous avons montré que l'IA permet de mieux estimer les notes.
- En calibration de modèles à volatilité stochastique, le ML peut identifier les paramètres optimaux tout en évitant l'utilisation de certaines méthodes numériques, en particulier sans avoir à passer par un calcul direct de la volatilité implicite Black-Scholes<sup>6</sup>.
- L'évaluation de produits dérivés exotiques demande plusieurs simulations (en général des simulations Monte Carlo) qui sont très coûteuses en temps de calcul. Les réseaux de neurones peuvent apprendre ce type de mapping et permettent de paralléliser les calculs pour implémenter un pricing beaucoup plus dynamique.

Ces premiers résultats sont certes encourageants, mais leur ROI (Return On Investment) reste faible, car le scope d'information exploité par le ML est le même que celui utilisé par les technologies actuellement mises en œuvre.

L'IA ici ne fait que légèrement améliorer la performance de processus déjà existants.

Tous ces PoCs qui visent à comparer la pertinence du ML face aux statistiques et au calcul stochastique sur des données similaires à celles utilisées par nos clients nous laissent sur notre faim, car en procédant de la sorte on n'explore pas toutes les possibilités offertes par l'IA.

## 2.2/ Extension du domaine d'application de l'IA à d'autres données, non prises en compte par les modèles actuels.

Pour estimer une note ou une Probabilité de Défaut d'un client par exemple, il est possible de prendre en compte davantage de données structurées ou non, ainsi qu'une multitude de corrélations qui ne figurent pas dans une simple base de défaut historique.

Le ML peut permettre d'estimer ces probabilités de défaut en intégrant des données conjoncturelles, ainsi que d'autres informations en temps réel permettant de mieux piloter le risque de crédit.

Récemment, en mai 2020, la Banque Centrale Européenne a publié de nouvelles préconisations<sup>7</sup> qui incitent les banques à prendre

en compte les risques climatiques et environnementaux dans leur processus et modèles de gestion des risques réglementaires. L'IA nous offre un formidable corpus technologique qui permet par exemple d'analyser en temps réel des données dites « alternatives », images satellites, fichiers PDFs, ou des données issues de différents capteurs analysant le niveau de montée des eaux ou d'autres phénomènes météorologiques, qui pourront être traités rapidement (quasiment en temps réel, notamment grâce à la puissance des moteurs de calculs actuels) et incorporés dans les modèles de gestion du risque de crédit et de marché des banques.

Ceci vaut pour tous les autres domaines où les mathématiques financières sont utilisées.

En résumé on peut dire que le ML sur des données plus larges, combiné à des processus optimisés, permettra un meilleur pilotage des risques de crédit, de marché et effectuer des stress tests réglementaires, économiques ou ad hoc en des temps records et offrira un avantage compétitif au front office en matière d'évaluation de certains produits structurés<sup>8</sup> complexes.

L'aspect « boîte noire » de l'IA provoque certaines réticences auprès de certains responsables en banque ainsi qu'au niveau du régulateur qui lui préfèrent des modèles classiques plus formels et plus facilement « auditables ». Cependant, Charles-Albert Lehalle<sup>9</sup> dans une interview parue dans l'édition des Cahiers Louis Bachelier d'avril 2020 affirme que : « *partant de cette définition, le secteur financier doit investir dans l'IA, afin de dégager et de provoquer des innovations secondaires susceptibles d'y être déployées. D'ailleurs, tous les acteurs du secteur, y compris les banques centrales, ont constitué des petites équipes au sein de « Labs » dédiés à l'IA. Ces derniers permettent aux experts métiers de travailler, durant plusieurs mois, avec des experts en IA pour développer des projets spécifiques à incorporer ensuite dans leur département d'origine. Et ce genre d'essaimage interne est voué à se poursuivre en France* ». Ce qui est de bon augure.

Nous, consultants spécialisés dans les projets de transformation en banque, à forte teneur mathématique et/ou technologique, pouvons jouer un rôle pour faciliter l'explicabilité des algorithmes de ML afin de rassurer le management des banques et le régulateur, car la transition est inévitable, et elle arrivera de manière naturelle lorsque les datascientists accéderont dans quelques années aux postes à responsabilité.

<sup>6</sup> Le modèle de Black-Scholes est le premier modèle de référence du calcul stochastique appliqué à la finance.

<sup>7</sup> [https://www.bankingsupervision.europa.eu/legalframework/publiccons/pdf/climate-related\\_risks/ssm.202005\\_draft\\_guide\\_on\\_climate-related\\_and\\_environmental\\_risks.en.pdf](https://www.bankingsupervision.europa.eu/legalframework/publiccons/pdf/climate-related_risks/ssm.202005_draft_guide_on_climate-related_and_environmental_risks.en.pdf)

<sup>8</sup> Un produit structuré financier est un produit composé de différents autres produits, dérivés ou non, avec parfois certaines contraintes sur les sous-jacents, et qui répond à des besoins spécifiques, en matière de couverture ou de rendement.

<sup>9</sup> Head of Data Analytics au sein de Capital Fund Management à Paris et est directeur scientifique du programme de recherche interdisciplinaire FaIR (Finance and Insurance Reloaded) à l'Institut Louis Bachelier.

Il reste un point fondamental que nous n'évoquerons que de façon superficielle et qui concerne les biais inhérents à tout algorithme d'IA. D'après David Bounie, spécialiste de cette question et professeur à l'Ecole Télécom ParisTech, il existe trois types de biais : cognitifs, statistiques et économiques. Nous préconisons une identification empirique de ces biais, à travers des backtestings<sup>10</sup>.

### 2.3/ Pour aller plus loin : utilisation de l'IA au sein d'un nouveau paradigme, celui de la Blockchain.

Lorsqu'on parle de Blockchain le premier réflexe est de penser au Bitcoin, qui est un crypto-actif qui se voit comme une alternative au système monétaire actuel.

La Blockchain propose en effet un nouveau paradigme, décentralisé, sans intermédiaire et dématérialisé, par opposition au système monétaire FIAT (monnaies décrétées par les États), qui est régi par les banques centrales.

Les crypto-actifs semblent donc s'attaquer de façon frontale aux pouvoirs régaliens monétaires et bancaires.

En ce qui nous concerne, nous sommes convaincus que les crypto-actifs pourront jouer un rôle complémentaire à celui de la finance traditionnelle.

Nous proposons notamment aux PME et aux TPE qui sont « trop risquées » pour les banques qui refusent donc de leur octroyer un crédit, de se financer directement via un processus de digitalisation d'actifs appelé tokénisation<sup>11</sup>. En effet, en tokénisant une émission de dette (sous un modèle qui s'inspire des émissions obligataires), et en l'écolant sur une plateforme de trading de crypto-actifs, il sera plus simple pour une PME de se financer, par exemple, en tokénisant une dette de 1000€ en mille token de 1€. Il suffit que mille personnes dans le monde achètent ce token pour que la PME se retrouve financée. Pour cela, il est nécessaire de pouvoir émettre de nouveaux types d'actifs financiers, de gérer leurs risques avec des mathématiques financières et de les rendre liquides, à travers des techniques de market-making basés sur du ML.

De façon plus générale, les plateformes d'échange de crypto-actifs offrent un terreau fertile d'application des mathématiques financières et de l'IA. En effet, ces plateformes sont ouvertes 24h/24 (contrairement aux marchés classiques qui ouvrent à 9h et ferment à 17h), et offrent la possibilité de récupérer via des APIs<sup>12</sup> et en temps réel les carnets d'ordres de crypto-actifs liquides et

non-liquides.

Ainsi, nous utilisons la Blockchain comme un laboratoire où nous allions Mathématiques Financières, IA et Big Data (à ce titre, nous consacrons le temps qu'il faut pour fiabiliser nos données et nos algorithmes de récupération et de stockage de celles-ci ; la qualité des données étant cruciale) et proposons nos services à toutes entreprises intéressées par nos modèles, notamment celles qui sont spécialisées dans la Blockchain et qui souhaitent bénéficier d'expertise en ingénierie financière.

L'aspect global (dans le sens mondial) des plateformes de trading de crypto-actifs et le fait qu'elles tournent 24h/24, permettent aussi d'envisager la mise en place de nouvelles mesures de risque, qui s'inspirent des mesures de risque de marché et de contrepartie utilisées en banque, sauf que celles-ci présentent un aspect global et continu dans le temps inédit. En vue de la grande diversité des acteurs, des marchés financiers et des plateformes d'échange de crypto-actifs, il est devenu nécessaire que les suppositions de base (sur lesquels se basent les modèles actuels) évoluent et s'adaptent à ce nouvel environnement tout en maîtrisant les risques.

Nous sommes à ce titre en train de travailler sur des mesures de ce que nous avons appelé, le « crypto-systemic-risk », qui, grâce aux données dont nous disposons, à savoir tous les prix et toutes les quantités de tous les carnets d'ordres que nous stockons à chaque événement de trading, sera plus « simple » à définir et à modéliser<sup>13</sup> que dans le monde classique, qui est beaucoup plus complexe, en matières de facteurs de risques, d'acteurs systémiques opérant sur des marchés boursiers localisés dans différentes régions du monde.

Cependant, en l'absence de législation claire de la part de l'Autorité des Marchés Financiers (AMF) ou d'autres régulateurs, les applications concrètes des mathématiques financières restent encore limitées. Et quand bien même un régulateur légiférerait contre les intérêts des crypto-acteurs, ceux-là pourront facilement trouver un autre pays ou un autre contexte pour gérer leur activité...

C'est pour cela que nous avons adhéré à la toute jeune Fédération Française des Professionnels de la Blockchain, afin de participer à la structuration, à la consolidation de l'écosystème français et à la formalisation d'un cadre juridique permettant d'appliquer sereinement les mathématiques financières dans le domaine des crypto-actifs.

<sup>10</sup> Backtesting : action de vérification si la prédiction d'un modèle est, a posteriori, conforme ou non à la réalité.

<sup>11</sup> La tokénisation d'un actif consiste, de façon schématique, à digitaliser cet actif (qui peut être une action d'une entreprise cotée sur les marchés, un bien immobilier, ou toute autre bien), dans une Blockchain. Si on dispose par exemple d'un bien qui coûte 100 €, on peut le tokéniser, en 100 jetons (token) de 1 €, que l'on peut vendre sur les marchés de crypto-actifs. Ceci ouvre de nouveaux leviers pour la finance de demain.

<sup>12</sup> API : Application Programming Interface.

<sup>13</sup> Tout en gardant en tête que tout modèle est structurellement imparfait. L'un de nos objectifs est de bien comprendre les limites de chaque modèle que nous développons. Notre approche est de percevoir nos mesures de risques comme des outils de pilotage des risques, et non pas de prédiction des risques. Il est clair qu'aucun modèle mathématique ne peut prédire une crise comme celle du Coronavirus. D'autant plus que ces modèles sont calibrés sur le passé. En revanche, nous sommes convaincus qu'une meilleure analyse des données historiques, en intégrant davantage de données, pourrait permettre d'éviter certains événements rares, des « Black Swan ». Et il est certain qu'aucun modèle mathématique ou d'IA ne permettra pas une maîtrise absolue des risques.

### 3. Comment préparer le changement.

#### 3.1/ Donner envie aux jeunes de participer à la transformation des banques.

La grande majorité des experts IA a moins de 30 ans. Ils sont davantage intéressés par rejoindre les géants du Web ou des startups technologiques que de participer à des projets de transformation IA en banque ou dans d'autres industries.

Or, sans leur implication, la transformation IA bancaire aura du mal à se réaliser. Il faut donc leur donner envie de devenir eux aussi des acteurs de cette transformation. Cela passe par les comprendre, les rassurer, mettre à jour le Système d'Information des banques pour qu'il soit IA-compatible, leur donner la possibilité de travailler en mode startup au sein de la banque, adapter l'organisation pour favoriser le télétravail et une certaine liberté, qui toutefois devra être contrôlée.

#### 3.2/ Rassurer les dirigeants et managers par rapport à l'intérêt de l'IA.

La révolution technologique en cours est parfois vue par le management comme une fatalité qu'il faudra accepter, voire subir. Certaines équipes internes en banques semblent ne pas percevoir encore tout l'intérêt qu'elles ont à profiter des perspectives offertes par l'IA et encore la Blockchain.

Avant d'évaluer la maturité digitale de tel ou tel département bancaire ou de lancer un quelconque projet de transformation dans ce domaine, il est nécessaire que toutes les parties prenantes soient convaincues de son bien-fondé.

Il est souhaitable que la transformation technologique en cours passe du statut « subie » au statut « désirée ». Auquel cas, le pilotage de cette transformation sera facilité.

Le COVID-19, au-delà de ses conséquences dramatiques sur la population et l'économie, permettra peut-être aux différentes industries et notamment à l'Industrie Bancaire de revoir et d'optimiser un certain nombre de leurs processus, et d'intégrer les nouvelles technologies afin d'améliorer leur résilience pour faire face à d'éventuelles prochaines vagues ou d'autres crises sanitaires ou climatiques.

#### 3.3/ Œuvrer ensemble pour libérer le potentiel humain grâce à l'IA.

Les consultants qui comprennent l'ancien et le nouveau monde peuvent jouer un rôle d'intermédiaires, de pédagogues, de facilitateurs afin de rassurer les uns et les autres, identifier les risques et être force de proposition pour une transition douce.

Ils devront aider leurs clients à remettre en question un certain nombre de leurs processus bien établis pour préparer et réussir les transformations technologiques à venir.

Lorsque la transformation IA deviendra « désirée » par le management, alors il conviendra d'entamer une exploration détaillée du champ du possible, en partant du niveau le plus granulaire, celui de la donnée. Les utilisations possibles de l'IA et de la Blockchain en fonction des données de la banque, indiqueront naturellement les organisations et le management à mettre en place pour chaque projet de transformation technologique à venir.

En France nous disposons des ressources et des volontés pour faire partie des leaders mondiaux de cette transformation digitale : R&D, ingénieurs, industries, environnement favorable. Par ailleurs, la France, depuis la Déclaration des Droits de l'Homme en 1789 jusqu'à aujourd'hui, a, plus que toute autre nation, œuvré pour apporter aux hommes et aux femmes du monde entier, plus d'humanité.

D'aucuns pensent que l'IA présente de nombreux risques voire certaines menaces pour l'humanité.

Nous comprenons ces craintes. Et pour rassurer tout le monde, il faut s'inspirer de certains aspects Saint Simoniens : fédérer mathématiciens, économistes, informaticiens, juristes, écrivains, philosophes, industriels, politiciens, et bien d'autres, afin de conduire ensemble la révolution IA en cours.

Nous sommes convaincus que, si elle est bien appliquée, maitrisée, l'IA permettra à l'homme de se délester de la partie « artificielle » de son intelligence qui pourra être gérée par des algorithmes, pour mieux tirer profit de son intelligence « humaine », et de libérer le potentiel de l'homo sapiens à un niveau jamais encore atteint.

*Omar Mehdi Roustoumi* 

Avec les contributions de :

*Miguel Angel Ventura Flores* 

*Samy Bensalem* 

*Mohamed Traoré* 

# L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET LA GESTION DES RESSOURCES HUMAINES



L'Intelligence Artificielle est utilisée dans de nombreux secteurs de l'économie et de la consommation. La gestion des ressources humaines dans les entreprises et les organisations est un domaine où elle aura un impact important. Les domaines concernent le recrutement et la gestion de l'évolution des employés dans l'organisation. La mise en œuvre ne se résume pas à un tri par mots-clés mais pourra aller jusqu'à l'étude des comportements. Les conséquences seront une plus grande efficacité et plus d'objectivité dans les décisions. Elle pourra aussi avoir des conséquences sur les données personnelles et peut-être une tendance à la délégation de responsabilité au système.

## 1. L'Intelligence Artificielle dans le recrutement.

Les applications depuis la rédaction des offres jusqu'aux entretiens en passant par la sélection des candidats.

### 1.1. Les offres.

Dans le recrutement, une des difficultés est la définition des postes et l'attraction des meilleurs candidats et leur sélection. Avec une analyse plus fine par le traitement d'une plus grande quantité de données, l'Intelligence Artificielle permet de rédiger les offres d'emploi avec une plus grande précision en fonction de l'entreprise, des perspectives d'évolutions, des valeurs de la société et de la projection dans un environnement en mouvement. Cette méthode permet d'améliorer l'efficacité du message vers les futurs candidats et de fournir une vision du poste plus en adéquation avec l'offre.

### 1.2. Les tests de sélection.

Les applications dans ce domaine sont en rapide évolution et vont dans plusieurs directions. Le but est d'étudier la personnalité des candidats avec des exercices d'apparence ludique qui permettent de caractériser le comportement et quantifier par les réactions face aux risques, la concentration, la mémoire, l'empathie, la confiance en soi et vis-à-vis des autres et d'autres qualités. Le rôle de l'Intelligence Artificielle dans ce genre d'application est de construire les tests en fonction des profils souhaités en accord avec le mode de fonctionnement de l'entreprise concerné.

### 1.3. Les chatbots et les vidéos.

La première phase du recrutement peut aussi se faire par l'intermédiaire de chatbots. Les questions sont élaborées par un système intelligent et les réponses sont analysées en retour. L'avantage évident de ce système est le gain de temps et de moyens en phase de présélection. Ces chatbots peuvent être associés à des caméras dont les images seront analysées par les systèmes intelligents pour compléter le profil psychologique des candidats.

La capacité de traitement des données pourra révéler des structures des personnalités et des trajectoires potentiels d'évolutions qui peuvent être difficiles à déceler sans cela. Ces processus pourraient être utilisés pour des postes opérationnels de base, le traitement de masse permettant de réduire les coûts ce qui en fait des méthodes compétitives par rapport aux systèmes traditionnels.

### 1.4. L'analyse de l'historique.

Des systèmes d'Intelligence Artificielle peuvent parcourir les réseaux et le web à la recherche de traces laissées par les candidats. La récolte de ces informations et leur traitement permettraient d'en savoir beaucoup plus sur le candidat, compléter les profils définis par d'autres méthodes.

## 2. La gestion du personnel.

Le suivi des employés par des systèmes intelligents permettra de prévenir divers types de comportements. Ils pourront également évaluer le niveau de satisfaction des employés concernant leur poste, leur rémunération, leur projet de développement dans l'entreprise ou leur désir de quitter la société.

### 2.1. Algorithmes.

Les systèmes intelligents sont des outils plus ou moins bien façonnés et les résultats dépendront de la manière dont on les utilise. Les systèmes les plus évolués sont basés sur le « Machine Learning ». La mise au point se fait par apprentissage à partir d'une base de données. Les données d'apprentissage et les données d'utilisation devront avoir le même niveau d'objectivité.

## 2.2. Formation interne et évolution dans l'entreprise.

Ces nouveaux systèmes pourront aider et conseiller directement les employés. Dans un environnement où les techniques et les pratiques évoluent rapidement, la formation et la communication deviennent essentielles. Certaines entreprises créent des postes de « Chief Learning Officer », sa mission est de piloter l'ensemble du système de formation continue dans la société. C'est dans cette configuration que l'Intelligence Artificielle permet d'élaborer les programmes de formation à partir des bases de données internes et externes (« Data-Driven Strategies »). On pourra ainsi développer les recommandations et les conseils pour guider et adapter l'apprentissage et la formation des employés.

Dans le cadre de la gestion des compétences, de la formation interne et de l'évolution des carrières, les systèmes intelligents seront d'une grande aide puisqu'ils permettront de suivre individuellement chaque cas, d'assurer un programme de formation individualisé et distribué dans le temps en fonction des capacités, des disponibilités et de la motivation individuelle. Ce système apportera un gain d'efficacité pour l'entreprise, moins de séminaires, moins de déplacements et moins d'immobilisation et de moins de temps non-directement productif.

## 2.3. Efficacité des processus, objectifs et feedback.

La mise en œuvre de l'Intelligence Artificielle permet de gérer les flux d'information bidirectionnelle (information descendante et feedback). Ce qui permettra d'évaluer les résultats et l'efficacité des actions et des processus sur le plan humain. La structure du système devra permettre d'apporter des améliorations rapidement au profit de toutes les parties prenantes.

## 3. Les conditions de mise en œuvre.

La mise en œuvre de l'Intelligence Artificielle nécessite une grande conscience de la légalité des actions et de l'éthique en ce qui concerne l'utilisation des données personnelles, ce qui peut être gardé et exploité ou pas.

### 3.1. Les avantages et les inconvénients.

Les avantages de ces systèmes résident sur :

- l'efficacité fonctionnelle,
- le gain de temps,
- la réduction des équipes ressources nécessaires,
- l'élimination des distorsions de traitements inconscientes ou intentionnelles.

Les points faibles sont :

- la structure des algorithmes qui peuvent comporter des défauts de structure,
- les bases de données qui peuvent être trop caractérisées et peu représentatives,
- l'opacité du fonctionnement pour le grand nombre,
- le risque de délégation de la responsabilité à la machine.

Les inconvénients peuvent être très importants en dupliquant des faits de sélection préexistants (genre, âge, origine, formation, etc.) La correction de ces points nécessitera une vigilance sur l'architecture des algorithmes, le poids attribués aux différents paramètres.

### 3.2. L'éthique et les lois.

L'innovation avance plus vite que la législation. Certes, instaurer des normes dans un domaine n'est pas chose facile et pourrait freiner des développements. Des analyses très fines devront aussi être faites pour réduire les biais résultants des simplifications et modélisations par souci d'automatisation des processus. L'anonymisation des données est possible avec le criblage des grandes quantités d'information, mais à l'issue du travail, l'individualisation devient nécessaire. L'individualisation pour terminer la sélection pourra de fait empiéter sur la vie privée. Les personnes qui ne se soumettent au système seraient exclues et d'autres pourraient voir leur parcours prédéterminé.

Le travail du législateur sera d'assurer la protection de l'individu tout au long du processus et ne pas freiner l'innovation. Une réglementation ou des normes devront être élaborées pour encadrer les nouvelles pratiques.

### 3.3. Systèmes en évolution.

Ainsi, pour ce qui concerne le développement de l'Intelligence Artificielle dans la gestion des ressources humaines, les gains d'efficacité, de temps, de coût seront très importants. Un grand nombre de candidatures pourra être examinés avec une meilleure adéquation au poste en accord avec les besoins de l'entreprise et les motivations des candidats. Le traitement des feedbacks sera plus rapide et des plans de formation appropriés et continus seront plus performants. Tous les éléments mis en ensemble pourront assurer plus d'égalité et de fluidité dans les entreprises et sur le marché du travail. Vu que dans tout choix technologique il y a une part d'idéologie, l'Intelligence Artificielle dans la gestion des ressources humaines sera-t-elle une nouvelle idéologie qui nous enlèvera une part d'humanité ?

*Abdou Ndiongue*  


## LA FORMATION EN IA, PRÉSENTATION DU RAPPORT OPIIEC<sup>1</sup>



Cet article donne quelques éléments et opinions sur le domaine de la formation en IA à partir du rapport OPIIEC (Branche professionnelle des métiers de l'Informatique, de l'Ingénierie, des Études et du Conseil) et mes expériences de formateur.

### Genèse de la formation en IA en France.

Elle a longtemps été dominée par le domaine de l'IA « symbolique » : le langage Prolog dans les années 80/90, le langage Lisp, les systèmes experts, l'ordinateur de la 5<sup>ème</sup> génération (Japon), etc...

Le haut de la vague sur la région parisienne, était le DEA d'Intelligence Artificielle de Paris 6 dans les années 90 suivi par de nombreux ingénieurs après ou en parallèle de leur cursus, responsables Pitrat<sup>2</sup>, Ganascia<sup>3</sup>.

L'Apprentissage Machine (Machine Learning) ou Apprentissage Artificiel existait mais en minorité (Toulouse, LIP6, Master Cachan-MVA) et plusieurs ingénieurs comprenant le peu de débouchés (ou pour des raisons personnelles) sont partis aux US : Yann Le Cun<sup>4</sup>, Léon Bottou<sup>5</sup>, Isabelle Guyon, pour ne citer que ceux passés par les Bells Lab, cela faisant peut-être parti de la légende.

### La période « moderne ».

Depuis 2012 environ et l'explosion du deep learning (cf. deeplearningbook<sup>6</sup>), l'attention sur l'apprentissage machine est revenu.

En parallèle du mouvement Big Data, permettant d'amener et préparer les données sur un lac de données, les formations Big Data et Apprentissage Machine se sont multipliés.

Très anecdotique jusqu'en 2017, l'offre explose depuis deux, trois ans à tous les niveaux L3, M1 ou M2, et doctorat.

Ce domaine de formation est largement hétérogène, mélangeant des cursus théoriques (avec un bagage mathématique de niveau L2/L3) jusqu'à des aspects managériaux, de gouvernance et gestion de la donnée (Données personnelles et IA, RGPD).

### Le rapport OPIIEC.

Pour s'y retrouver l'OPIIEC<sup>7</sup> a lancé une étude « Formations et compétences sur l'Intelligence Artificielle en France » réalisée par Ernst & Young en 2019.

L'offre de formation devient conséquente : « En effet, plus de 400 formations initiales et professionnelles réalisées en France ont été recensées au travers de cette étude. Cette collecte, inédite par son ampleur, a permis une analyse fine de l'adéquation du tissu de formation français spécialisé en IA/Data Science par rapport aux besoins des entreprises de la Branche. »

### Les constats chiffrés :

- En formation initiale le flux potentiel est de 4000 étudiants par an au niveau Master et 2000 au niveau Licence, bien réparti sur le plan national
- 91% des professionnels français de l'IA & Data Science ont suivi un cursus Bac + 5 et plus. Ce chiffre est une singularité au niveau international, là où 64% de ces professionnels ont suivi ce type de parcours dans d'autres « grands pays IA » (ex : 32% de niveau Licence aux États-Unis, sans qu'une corrélation significative puisse être établie entre niveau de formation initiale et niveau salarial entre les 2 pays)
- 25% des diplômés IA/Data Science de niveau Bac+5 continueraient leur parcours par un doctorat. Car actuellement la branche est portée par des projets R&D, mais cette tendance va s'infléchir parce que de plus en plus de mises en production de l'IA démarrent.

<sup>1</sup> Observatoire Paritaire des métiers de l'Informatique, de l'Ingénierie, des Études et du Conseil

<sup>2</sup> <https://www.lip6.fr/colloquium/?guest=Pitrat>

<sup>3</sup> <https://www.lip6.fr/actualite/personnes-fiche.php?ident=P34>

<sup>4</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Yann\\_Le\\_Cun](https://fr.wikipedia.org/wiki/Yann_Le_Cun)

<sup>5</sup> <https://www.lip6.fr/colloquium/?guest=Bottou>

<sup>6</sup> <https://www.deeplearningbook.org/>

<sup>7</sup> Observatoire Paritaire des métiers de l'Informatique, de l'Ingénierie, des Études et du Conseil

- Les formations professionnelles restent plus concentrées en région parisienne et répondent à 75 % à des demandes de profils débutants ou intermédiaire en IA
- Utilisation très fréquente des cours en lignes (MOOC), anglophones et plus récemment francophones.

Parmi les MOOC classiques, j'ai pu en pratiquer plusieurs dans leurs versions initiales, principalement gratuites (Andrew Ng sur Coursera ou fastai de Jeremy Howard et son équipe). D'un point de vue contenu pédagogique théorique, 80 % de tous les contenus sont souvent des redites de quelques livres (eux même disponibles en ligne) comme Elements of Statistical Learning<sup>8</sup> ou Deeplearning Book cité plus haut. La valeur ajoutée réside dans les travaux pratiques, les cas d'usages, ainsi ces MOOC sont bien complémentaires d'un enseignement académique.

Sur les contenus « soft skills », l'origine vient des courants de méthodologies, Agilité, modélisation (objet ou pas), Architecture de l'information ou IT.

Le débat n'est pas ouvert dans le rapport sur la bascule des cours en présentiel vers le e-learning, mais le constat de l'adoption massive des formations en ligne est fait en p.56/57. De mon expérience, en entreprise, les formations en ligne (Open Class Rooms, Coursera, Stanford, MIT, Udemy...) sont prises en charge dans beaucoup de cas, avec si possible la suggestion de ne pas « trop » prendre sur ces heures de travail pour les suivre. Les formations en présentiel dans un centre de formation inter-entreprise restent limitées à 2/3 jours sur un logiciel ou une technique précise. En terme de budget, c'est souvent un facteur 10 minimum en faveur des MOOC, si l'on intègre la journée de cours et l'indisponibilité du collaborateur.

L'étude a aussi une approche vers l'avenir :

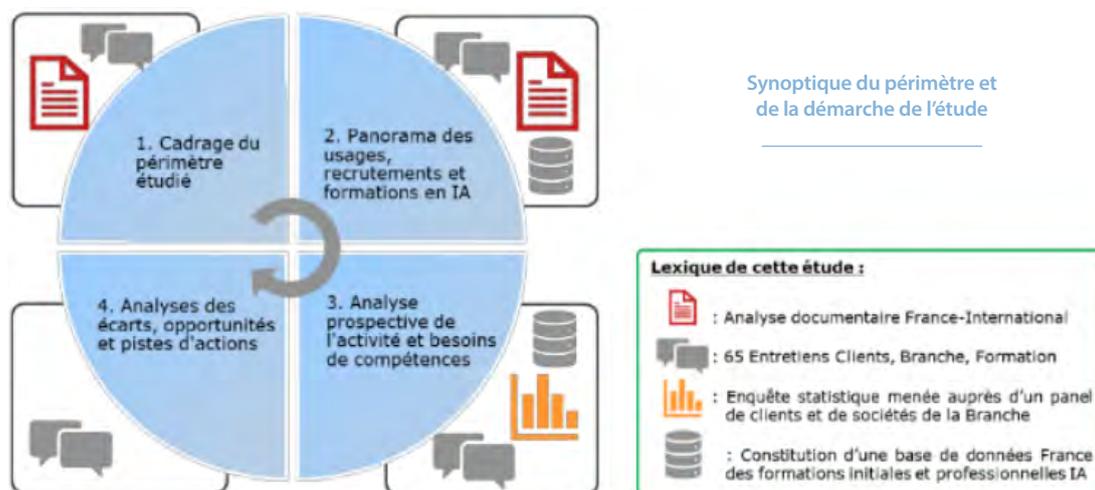
« L'OPIIEC a donc cherché à caractériser, pour la période 2019-2023, les propres besoins de la branche sur les plans qualitatifs et quantitatifs. L'enjeu était également de faire un état des lieux le plus exhaustif possible de l'offre de formation initiale et professionnelle en matière d'IA, pour permettre au tissu de formation, aux étudiants et futurs professionnels d'intégrer les changements générés par l'IA. » (voir le synoptique du périmètre et de la démarche de l'étude ci-dessous)

A notre connaissance c'est la première étude de grande ampleur, 60 entretiens pour couvrir les secteurs du Retail, des Services Financiers, de l'Industrie et des métiers du conseil (appelés « la Branche » dans le rapport !).

Les métiers identifiés sont : Data engineer, Data scientist, Développeur IA, Architecte IA, Chef de projet data, UX/UI designer, Ingénieur computer vision.

Pour l'analyse de l'offre de formation, 25 entretiens ont été réalisés. L'étude s'appuie pour une vision internationale sur un sondage fait sur le site kaggle.com en 2017 (challenges pour Data Scientist et ressources Datas).

Le mode de montée en compétences est dominé par le couple (auto-apprentissage, cours en ligne). L'offre de formation professionnelle est concentrée en Île-de-France. Le rapport aborde aussi le sujet des formations certifiantes. Une recherche sur Google peut donner le tournis car il n'y a pas de calibrage entre les différents certificats.



<sup>8</sup> Elements of Statistical Learning par Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman, Seconde édition 2009 chez Springer <https://web.stanford.edu/~hastie/ElemStatLearn/> <https://web.stanford.edu/~hastie/Papers/ESLII.pdf>

## Expériences de formateur.

J'ai profité du creux de formateurs pour enseigner la data science sur plusieurs Ecoles d'Ingénieurs de la région parisienne. Assez décevant, car il est difficile d'entretenir des relations sur la durée, l'idée des établissements est d'avoir un énorme volet d'intervenants extérieurs, parfois de récupérer les contenus, déroulés des cours pour pouvoir assurer le cours avec son propre personnel.

Le personnel permanent est quand même très réduit (cf. nombre de postes d'enseignants-chercheurs).

Les écoles d'été en IA / Machine Learning est un autre format de la formation professionnelle peu couvert par l'étude OPIIEC. J'ai pu assister à l'Ecole d'été donnée à Varsovie, cela permet de couvrir beaucoup de thèmes et de rencontrer des chercheurs ou pratiquants de différentes sociétés.

Ce type d'Ecoles ouvertes en priorité à des doctorants, existent aussi en France : par ex à Polytechnique, Grenoble, Lille. A mon sens, c'est un bon compromis entre les MOOCs et les cours en présentiels. Voir le programme ici<sup>9</sup>

Dernière possibilité, la participation à des challenges data ou des Hackathons. Historiquement le site Kaggle<sup>10</sup> a été le premier à proposer ce type de challenges. En France, il reste la plate-forme Challenge data<sup>11</sup> qui est maintenue par l'ENS et animée par une équipe autour de Stéphane Mallat qui tient la chaire Science des données au Collège de France.

## Synthèse.

En 2020, l'offre de formation est très complète. Même, s'il est possible de se ré-orienter professionnellement, les meilleurs débouchés, pour des profils R&D, resteront pour les ingénieurs ou universitaires ayant un doctorat en IA ou l'équivalent.

Des postes comme Chief Data Officer (CDO), Chief Scientist Officer (CSO), Privacy Officer (PO) resteront ouverts à des profils plus orientés management.

*Bruno Seznec*



<sup>9</sup> <https://deeplearn2019.irdta.eu/> site plus maintenu, <https://www.irdta.eu/pastevents/>

<sup>10</sup> <http://www.kaggle.com>

<sup>11</sup> <https://challengedata.ens.fr/>

## L'IA VA-T-ELLE PILOTER NOS PROJETS ?



Les capacités de stockage, de traitement, de collecte des données sont presque infinies aujourd'hui... La tendance est à la généralisation des objets connectés : du téléphone à la montre, des lunettes aux chaussures, du réfrigérateur au robot cuiseur, de l'automobile à la trottinette, il est possible de capter et mesurer l'activité en ligne de tout le monde et de toute chose en quasi-temps réel. Ce miracle de la technique est réalisable grâce à la miniaturisation des capteurs, au développement des réseaux fixes et mobiles et infrastructures Cloud pour le de stockage et les traitements de données mis en œuvre dans le monde entier. Votre simple smartphone contient à lui seul au moins dix capteurs permettant de capter et analyser les images, la couleur, l'orientation, la vitesse, l'accélération, la position, le son, le magnétisme de différentes ondes environnantes, les empreintes digitales, et bien d'autres paramètres, qui vont constituer une base d'informations riche pour qui sait les collecter interpréter. L'agrégation de ces données et leurs traitements par des algorithmes de plus en plus sophistiqués à des fins scientifiques, marketing, juridiques, politiques, ludiques, et bien d'autres, constituent ce qu'on peut appeler aujourd'hui L'Intelligence Artificielle.

### L'IA va elle remplacer l'homme, comme on peut le lire fréquemment dans la presse grand public ?

J'ai lu récemment une prévision que l'IA va remplacer les chefs de projets en 2030. J'émettrais quelques réserves sur ce point.

Un des enjeux majeurs des projets d'intelligence artificielle est la collecte massive d'informations afin de définir des modèles prédictifs, en analysant le plus grand nombre de cas pour en dégager des tendances. La réponse sera plus ou moins précise et ciblée en fonction de la qualité des algorithmes utilisés et de la diversité et du nombre et de la précision des informations sur les collectés.

Peut-on appliquer ces pratiques au pilotage d'un projet ?

Il existe déjà aujourd'hui de nombreux outils utilisables en gestion de projets permettant d'agréger des données, de consulter les retours d'expérience, d'optimiser la gestion des ressources, de faire des prévisions budgétaires, d'identifier les compétences clés et les

sociétés spécialisés, de consolider des tableaux de bord. Toutefois, un nombre important de projets continue d'échouer ou de dériver : est ce que l'IA pourrait permettre d'éviter ça ?

Je pilote différents types de projet informatique ou des études d'architecture de différentes natures depuis pas mal d'années, pour différents types de grandes entreprises, et je suis pourtant toujours confronté aux mêmes problèmes de base pour faire avancer les projets selon les bonnes pratiques :

- La qualification d'un besoin qui reste lié à une vision stratégique de l'entreprise, avec un niveau de risque proportionnel aux bénéfices escomptés, et donc un taux d'échec projet qui n'est pas forcément révélateur d'un échec business.
- Une déclinaison du besoin, des objectifs et des budgets potentiellement inégale entre les parties prenantes, entraînant des engagements inégaux des décideurs et de ses équipes, et donc un niveau de documentation en regard.
- Une évolution fulgurante des technologies rendant rapidement obsolètes les solutions et les informations sur l'existant ou sur les projets passés.
- La difficile constitution d'équipes dédiées, qualifiées sur les techniques du moment et motivées par un objectif commun.
- Des équipes de plus en plus externalisées et forfaitisées, multi-culturelles, engagés pour des prix toujours tirés à la baisse avec un management orienté sur les engagements contractuels, qui ont donc peu d'intérêt à une information très détaillée.
- Des outils de pilotage de projets, souvent lourds et complexes à utiliser, avec un budget de fonctionnement restreint, sont utilisés à minima, et ce même si les bonnes pratiques de pilotage des projets prônent le reporting, la documentation et l'organisation des données.
- Un intérêt très limité de toutes les parties prenantes à communiquer largement et en détail sur les échecs et sur leurs causes profondes. Un relatif consensus se dégage souvent pour communiquer sur les points de satisfaction, les points d'insatisfaction s'ajustant souvent par une négociation financière permettant à chacun de sauver la face.

## L'IA pourrait-elle aider à lever ces faiblesses ?

Certes, les capacités de traitement et de stockage d'aujourd'hui, et certainement celles de demain encore plus, avec l'avènement de l'ordinateur quantique, subissent une considérable accélération. Il n'en reste pas moins que la collecte de données pertinentes reste un vrai défi, surtout si on souhaite les associer à des pratiques comportementales ou managériales nécessaires dans le cadre du pilotage des projets. On peut rêver (ou pas ?) d'une machine permettant de définir ou de qualifier le besoin, de définir les solutions, de piloter la réalisation et de manager des équipes dans le timing et le budget imposé, tout en assurant le reporting et la documentation adaptés aux besoins présents, futurs.

J'ai identifié au moins trois sujets spécifiques qui posent question, au-delà de la disponibilité de l'information, sur l'avenir de l'IA appliquée à la gestion des projets :

- Une stratégie au bénéfice de qui ? Aujourd'hui, seuls quelques acteurs possèdent les structures et les technologies permettant de proposer des solutions d'analyse massive des données. Dans le strict cas du pilotage des projets, les investissements colossaux que requiert l'IA, et le volume de projets nécessaires pour obtenir un résultat font que peu d'entreprises pourront disposer de leur propre plateforme. Dans ce cas quelle société aurait intérêt à confier ses données détaillées pour permettre à d'autre de bénéficier des fruits de ses efforts, et donc potentiellement de la concurrencer ?
- L'obligation de confidentialité empêche les entreprises, et qui plus est leurs partenaires dans la réalisation, de diffuser des informations détaillées sur les projets à des systèmes experts pour constituer une banque de données pertinente et partageable.
- Le pilotage de projets intègre une part importante de gestion humaine. Un récent article de Science et Vie (Mai 2019) concernant la difficulté des robots à analyser et restituer le comportement, les émotions et les particularités culturelles ou sociales des humains démontre qu'il reste une marge de progression importante avant de remplacer l'humain dans ces fonctions.

La révolution digitale est bien en marche, avec l'IA en fer de lance, et depuis un bon moment même. Nous avançons avec elle depuis plus de 30 ans. Elle touche juste aujourd'hui des secteurs économiques nouveaux, après avoir révolutionné l'industrie qui utilise depuis de nombreuses années les apports des calculateurs de plus

en plus performants pour modéliser, simuler et assembler. Comment nommer la transformation de secteurs financiers, médicaux et pharmaceutiques, automobiles, aéronautiques depuis les années 80 sinon comme une intelligence artificielle apportant de nouvelles capacités d'analyse ? Une étape a été franchie avec l'avènement des smartphones et des réseaux sociaux dans la collecte et l'analyse massive des données du grand public pour accompagner (ou développer) de nouveaux besoins. Le déploiement massif des objets connectés va encore accroître ces capacités. Mais cette démarche repose sur des investissements colossaux de quelques acteurs, engendrant de nouveaux risques qu'il conviendra de maîtriser (propriété intellectuelle, vie privée, démocratie, adaptation aux changements) et qui nécessite de conserver un libre arbitre humain pour conserver le contrôle.

Alors oui, l'intelligence artificielle aide et va aider de plus en plus les projets de recherche de toute nature, de logistique, de marketing et bien d'autres, par sa capacité à agréger et interpréter un nombre de données disponible en croissance exponentielle et avec des capacités de collecte et de calcul sur une même logique. Elle va également permettre une accélération de nombreux projets de conception de toutes natures, en apportant de nouvelles capacités d'analyse pour l'aide à la décision, la gestion des risques et de traitement. L'actualité brûlante du Covid 19 nous démontre tous les jours ses capacités prédictives et analytiques.

Des métiers et des fonctions ont disparus. De nouveaux sont apparus, et il reste encore de nombreux secteurs où l'humain sera difficile à remplacer et restera économiquement rentable.

Alors pas de panique. HAL n'existe pas encore ! et pas sûr qu'il cherche vraiment à piloter des projets... (Elle est peut-être là la vraie intelligence artificielle). Il y a donc des chances pour que nous continuions à piloter et à collaborer avec les machines pendant de nombreuses années... sûrement de manière différente, mais en bonne intelligence...

*Thierry Rault*



# COMMENT RÉDIGER UNE FEUILLE DE ROUTE POUR DÉPLOYER EN ENTREPRISE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ?



Intelligence Artificielle en français, Artificial Intelligence en anglais sont des mots actuellement très médiatisés – respectivement 20 et 700 millions d'occurrences sur Internet en Mai 2020 (source : Google Search).

Ils sont associés à des messages parfois radieux - par exemple dans la description de la future condition humaine par le mouvement transhumaniste, parfois anxiogènes - HAL, le superordinateur qui prend le pouvoir dans le film 2001 Odyssée de l'espace, est-il bientôt une réalité ? - et souvent volontaristes - «Voilà ce que les organisations doivent faire, de façon urgente». La réalité à aujourd'hui est que l'IA est utilisée dans des cas d'usage divers, dans de nombreuses industries, encore assez fréquemment au stade de pilotes. Quelles leçons tirer de ces premières utilisations, pour les entreprises qui veulent déployer concrètement l'IA, au-delà du foisonnement des annonces et promesses ?

Un point de départ pragmatique est de se centrer sur ce qu'est spécifiquement l'IA actuellement, à savoir au niveau technologique l'Apprentissage Automatique/ Profond - Machine Learning (ML) en Anglais, et au niveau opérationnel la capacité à générer de la prédiction fiable<sup>1</sup>.

L'IA permet ainsi de réduire les incertitudes du type «Quelles sont les causes probables de la situation ?», «Que va-t-il probablement se passer ?», «Que ferions-nous si nous étions experts ?». L'IA représente donc une opportunité dans toutes les activités où réduire l'incertitude avant décision/action améliore les résultats.

Quelles questions se poser avant de déployer des capacités de diagnostic de situation et de prévision grâce à l'IA ?

L'expérience montre qu'il y a deux grands types de questions clés, celles relatives à l'organisation des métiers et fonctions support et celles relatives aux capacités technologiques.

## « Où sont les opportunités d'utilisation de l'IA dans les processus de l'organisation ? »

Ce que le Dirigeant et son équipe doivent se demander dans un premier temps.

Il faut pour cela passer en revue les processus métiers et managériaux de l'organisation, pour repérer les étapes de diagnostic et de prévision, puis pour qualifier l'opportunité d'utilisation de l'IA.

Quatre points pour structurer la réflexion :

### 1. Quelles améliorations de la prévision peut apporter l'IA ? (plus précisément, sur quels points et à quel degré les prévisions seront-elles meilleures?)

A titre d'exemple, prenons le cas des services de télésurveillance de bâtiments. Le nombre de fausses alertes peut y atteindre jusqu'à 9 alertes sur 10<sup>2</sup>. Un outil IA pourrait éviter de se baser uniquement sur une source de données unique, par exemple des détecteurs de mouvement, comme peuvent le faire les systèmes de télésurveillance classiques, et chercher à identifier des corrélations avec d'autres types de données, issues par exemple de caméras de surveillance, de systèmes de fermeture de porte ou de volet, ou de données du voisinage du bâtiment.

### 2. Comment l'IA va-t-elle s'intégrer dans les activités du décideur / de l'opérateur humain ? (notamment comment des capacités de jugement de la part du décideur ou de l'opérateur humain pourront elles continuer à être exercées?)

Le jugement humain est en effet clé pour tout déploiement efficace et maîtrisé d'une technologie.

Il s'agit de pouvoir évaluer les risques d'erreur, le degré de confiance à avoir en l'outil et les limites de son utilisation<sup>3</sup> et enfin d'identifier et de hiérarchiser les critères de choix / de décision.

Dans le cas de la télésurveillance, l'utilisation de caméras pour améliorer la prévision est à évaluer par rapport à l'atteinte à la vie privée perçue par l'utilisateur du bâtiment.

<sup>1</sup> Pour plus de détails, voir l'article «Qu'attendre de l'Intelligence Artificielle, pendant et après la crise Covid-19», paru dans le numéro d'Avril 2020 de la revue XMP-Consult

<sup>2</sup> Source: US Department of Justice, Office of Community Orientation Policing Services, 2007, section False Burglar Alarms

<sup>3</sup> Le 26 Septembre 1983, le jour où des missiles nucléaires Américains ont été lancés sur l'URSS, est un exemple marquant, analysé notamment dans l'article cité en note 24

### 3. Avec la prévision donnée par l'IA, qu'est ce qui va changer dans la décision/action ? (quelles seront les décisions/actions qui n'auraient pas été possibles sans l'IA ?)

Dans le cas de la télésurveillance, la décision de faire intervenir un agent de sécurité suite à l'alarme sera moins souvent prise et sera remplacée par un contact téléphonique avec l'occupant légitime du bâtiment ou par l'activation de caméras.

### 4. Quelles métriques seront utilisées pour mesurer les bénéfices de l'utilisation de l'IA ? (en d'autres termes, est ce qu'il sera possible de vérifier si la prévision était effectivement exacte ?)

Dans le cas de la télésurveillance, si effectivement il s'agissait d'une fausse alarme.

«L'organisation a-t-elle les capacités technologiques pour mettre en place une démarche d'IA ?» est le deuxième temps de la réflexion du Dirigeant.

Rappelons que le ML est la capacité pour des ordinateurs à effectuer des tâches et résoudre des problèmes sans être explicitement programmés pour chacun d'entre eux, mais en 'apprenant' de façon autonome par des approches mathématiques et statistiques. ^

Un outil de ML peut être alors décrit par les quatre composantes suivantes :

- Les données que le ML utilise, et plus précisément les données sur lesquelles l'apprentissage initial de l'outil s'effectue, celles utilisées pour la prédiction et celles permettant d'améliorer l'outil par retour sur l'exactitude a posteriori de la prédiction.
- Les algorithmes d'apprentissage.
- Une plateforme d'expérimentation des algorithmes.
- Le système de mise en oeuvre de l'IA et d'interface avec les autres systèmes informatiques de l'organisation.

Plateforme et infrastructure conditionnent la montée en puissance de l'utilisation de l'IA. Mais c'est la qualité des données qui est primordiale pour pouvoir dans les faits démarrer un projet IA et qui inversement peut se révéler un facteur bloquant.

Trois questions aident à vérifier la qualité des données :

- Les données sont-elles suffisamment détaillées et structurées de la même façon au sein de l'organisation ? Ceci conditionnant la profondeur de l'apprentissage par les algorithmes.
- Les données sont-elles collectées et conservées de façon fiable et systématique ? L'enjeu est l'exactitude et la pertinence des prédictions.
- Les données relatives aux résultats réels peuvent-elles être rapprochées des prédictions ? Ceci conditionnant l'amélioration de l'apprentissage.

En plus de s'assurer de la qualité de ses données, l'organisation devra mettre en place une collecte de données large car, comme mentionné ci-dessus, le ML utilise différentes catégories de données.

- Les données dites d'entrée doivent permettre de qualifier l'évènement déclencheur de prédiction - dans le cas de la télésurveillance, ce qui est en train de se passer quand l'alarme est déclenchée, par exemple des informations de détection de mouvement en temps réel.
- Les données dites d'apprentissage doivent permettre de 'calibrer l'outil', par exemple en télésurveillance l'heure et le jour, le lieu et les autres informations de voisinage, et les caractéristiques de l'intrusion, à commencer par son caractère réel.
- Les données dites de retour (feedback) doivent aider à améliorer la qualité de la prédiction. Elles sont idéalement variées, pour permettre de trouver des corrélations entre elles, par exemple en télésurveillance des données issues de capteurs sur les fenêtres et les portes, la luminosité affectant la qualité de détection des mouvements et les chocs signifiant potentiellement des allers et venues.

### Quelles méthodes pour bien aborder le déploiement effectif d'outils d'IA ?

En conclusion, les retours d'expérience montrent que la mise en oeuvre effective d'outils d'IA peut parfois se révéler frustrante – les contraintes du réel après les effets d'annonce de la part de certains vendeurs ou prestataires, voire malaisée – les prérequis technologiques sont réels, notamment pour ce qui est des données de l'organisation.

Cela étant, la bonne nouvelle est que cette mise en oeuvre demande en final une réflexion managériale très classique sur les processus de décision en entreprise. Le Dirigeant doit s'attendre à un travail d'organisation systématique et rigoureux pour concrétiser les promesses de l'IA, travail nécessaire mais là aussi tout à fait classique et réalisable.

*Philippe Ginier-Gillet*





En savoir plus sur l'adhésion ?  
Proposer une mission de conseil aux membres d'XMP-Consult ?  
Participer à nos événements ?

[CONSULTEZ NOTRE SITE](#) 

[info@xmp-consult.org](mailto:info@xmp-consult.org)



**xmp**  
consult

Association loi 1901 ayant son siège au  
5 Rue Descartes 75005 PARIS