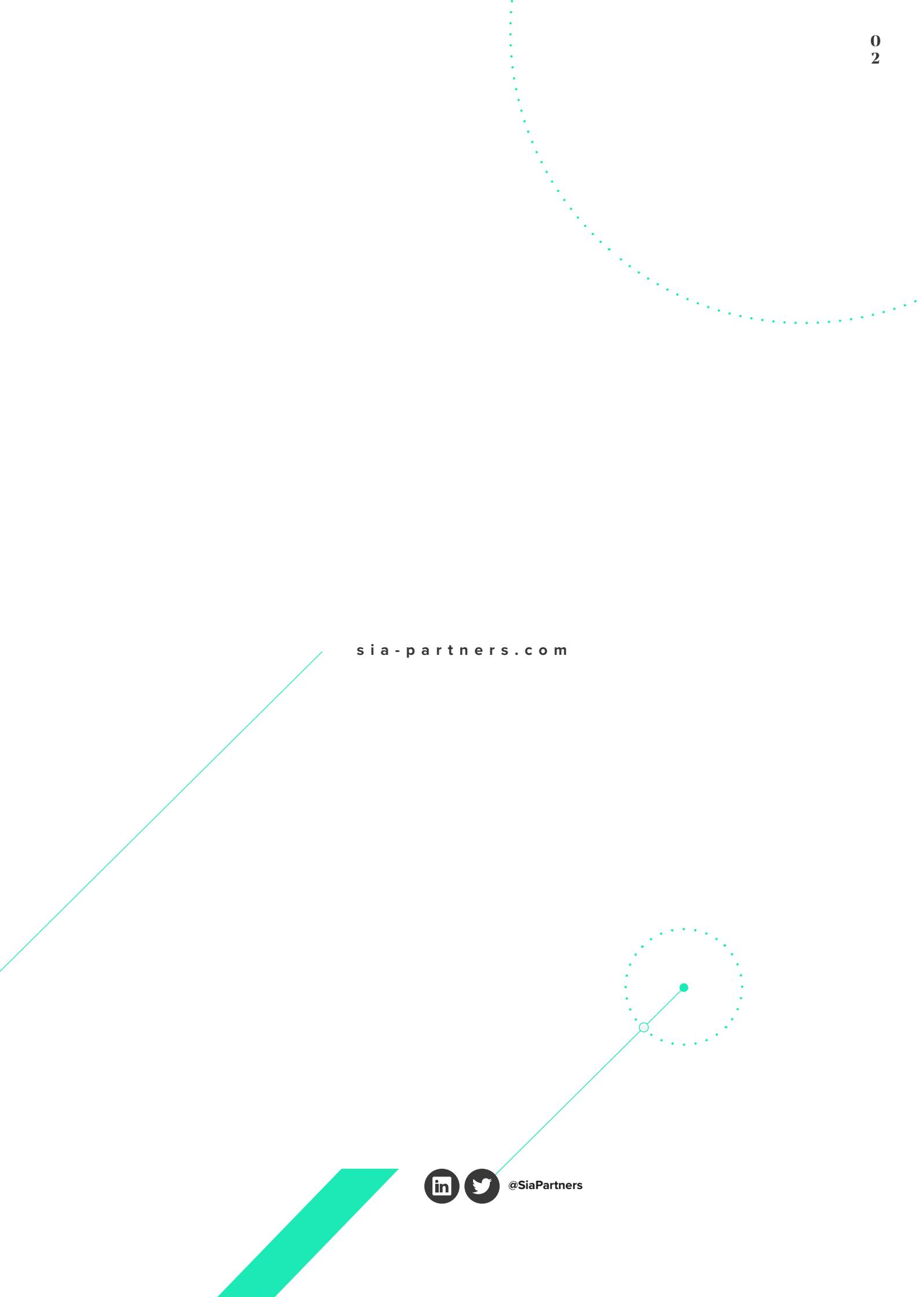


Les tendances de l'Intelligence Artificielle à l'horizon 2022/2023.

sia-partners.com



@SiaPartners





Sommaire

4	Le mot de Matthieu Courtecuisse
6	1. La démocratisation de l'IA en entreprise
6	Un essor accéléré en plusieurs phases
6	Le délicat passage à l'échelle des POCs
7	La donnée, au cœur des stratégies d'entreprise
7	L'entreprise <i>data-driven</i> : un enjeu d'acculturation
8	2. Les applications sectorielles se diversifient
8	Energie & Utilities : un enjeu de captation des données
8	Assurance : une longueur d'avance en matière d'IA
9	Santé : l'eldorado de l'innovation IA
10	3. L'IA et la R&D indissociables
10	Un corpus théorique qui continue de se développer
10	L'IA bouscule les recherches conventionnelles
11	4. L'essor académique de l'IA
11	L'effervescence des formations en ligne
11	Les communautés de data scientists catalyseurs de cette démocratisation
11	L'intégration massive de l'IA dans les parcours académiques
11	Les entreprises, acteurs majeurs des formations et des projets académiques
13	5. Un référentiel compétence-métier en constante mutation
13	La fin des "data scientists" ?
13	Des processus de recrutement qui s'adaptent
14	6. Des technologies en situation d'innovation continue
14	Les nouvelles générations d'algorithmes : continuité plutôt que disruption
15	Les nouveaux paradigmes de l'IA : <i>Edge computing</i> et modèles hybrides
16	Le <i>low-code</i> : une évolution ou une révolution
16	Les défis au-delà de l'algorithmie
17	7. Politiques publiques et compétitivité autour de l'IA
17	La course à l'IA : qui sont les champions aujourd'hui ?
17	La prolifération des programmes nationaux en faveur de l'IA
17	Zoom sur la stratégie française
19	8. Enjeux éthiques et sociétaux : entre inquiétudes, polémiques et opportunités
19	IA, levier au service des enjeux écologiques
19	Ethique et IA, enjeu de société majeur
20	L'IA dans l'imaginaire collectif : <i>the new normal</i> ?
21	9. Une réglementation IA encore à ses balbutiements mais qui mûrit
21	Vers une "européanisation" de la réglementation IA
22	Un pragmatisme législatif croissant avec des similitudes avec la cybersécurité
22	Une compétitivité internationale potentiellement discriminante
23	10. Le mot de la fin, par David Martineau
24	Glossaire

Le mot de Matthieu Courtecuisse.

La COVID a contribué à faire avancer l'IA dans tous les secteurs. Les modes de fonctionnement des entreprises ont été challengés par la crise sanitaire, et l'automatisation d'un certain nombre de tâches est au cœur de la transformation à venir de la plupart des entreprises. On constate d'ailleurs une accélération des investissements en la matière chez l'ensemble de nos clients.

De l'individu aux Etats en passant par les entreprises, l'intelligence artificielle constitue désormais à toutes les échelles le principal carburant des disruptions technologiques.

Loin des fantasmes qui ont accompagné ses premiers pas, l'IA contribue au progrès quel que soit le secteur. Il faut définir les conditions pour que cela continue et s'accélère ! Sans l'IA et le numérique, le confinement aurait été plus difficile. Pour que l'IA continue, il faut travailler sur l'éducation en sciences et en mathématiques, une réglementation calibrée favorisant la concurrence et l'innovation et enfin viser la neutralité carbone du numérique d'ici 20 ans. Cet engagement politique, social et économique va être déterminant pour la compétitivité des entreprises et des États. C'est la condition sine qua non pour catalyser le développement de l'IA et la multiplication de ses cas d'usage.

Aujourd'hui, pour l'ensemble des métiers il s'agit d'intégrer des boîtes à outils composées d'intelligence artificielle pour développer des cas d'usages : prédire, optimiser pour gagner en productivité, mettre en qualité des données, aider à la prise de décision, améliorer la connaissance client... L'avènement de l'intelligence artificielle donne naissance à un nouveau paradigme : l'intelligence augmentée, qui rapproche l'intelligence artificielle et l'intelligence humaine, afin de capitaliser sur les deux dimensions. C'est un défi très positif, car en réalité il y a une émergence de nouveaux services.

La difficulté principale de nos clients aujourd'hui, pour se saisir des opportunités offertes par l'IA, est de parvenir à identifier les bons cas d'usage, et surtout à les industrialiser. Les projets d'IA souffrent souvent de la confrontation avec le réel (larges volumes de données, IT legacy, processus métiers existants, etc.). Si on écarte les géants de la tech, nativement impliqués dans ces sujets et qui sont by design structurés pour intégrer l'IA sur l'ensemble de leurs activités, le grand défi 2022 va rester la capacité des entreprises à industrialiser la production des cas d'usage IA à grande échelle, en mettant à disposition un écosystème humain et technologique favorable.

Cette publication de Sia Partners vise à donner un aperçu des grandes dynamiques en jeu autour de l'IA et de ce que l'année 2022/2023 nous réserve en la matière. Cet exercice s'est appuyé sur notre connaissance et notre expertise en matière Data & IA, sur l'expertise Métier de nos directeurs sectoriels qui accompagnent nos clients au quotidien sur leur transformation Data & IA, ainsi que sur de nombreuses consultations auprès d'experts Métier & Tech.



1. La démocratisation de l'IA en entreprise.

En 2021, le secteur des technologies a concentré le plus grand nombre d'introductions en bourse avec 611 IPOs -soit 26% des introductions- pour un montant de 147,5 milliards de dollars. Les GAFAM qui poursuivent leur conquête du monde de demain en accentuant leur mainmise sur la donnée ont vu leur valorisation boursière multipliée par 2 entre janvier 2019 et juillet 2020. Dans les entreprises, équipes data, data factory et CDO se multiplient.

Un essor accéléré en plusieurs phases

La multiplicité des canaux de collecte de données et les percées techniques sur la capacité de manipuler des volumes conséquents de données ont été le principal moteur de l'essor du big data, amenant le volume de données numériques créées à l'échelle mondiale à se multiplier par 20 au cours des dix dernières années. Cette volumétrie conséquente s'est accompagnée d'une baisse des coûts de stockage et de traitement faisant du big data un marché attrayant et accessible.

Ces dernières années ont aussi été marquées par l'apparition de nouvelles familles d'algorithmes plus performants. À titre d'exemple, le traitement d'image par des réseaux de neurones a atteint une telle maturité qu'ils défient aujourd'hui les diagnostics humains les plus pointus du cancer du poumon. Les techniques de NLP donnent quant à elles accès à un nouvel univers d'exploitation et de traitement sur tout type de données textuelles.

À l'aube du big bang de la data, les besoins et les cas d'usage ont donc laissé libre court à l'imagination des statisticiens pour concevoir des algorithmes de prévision ou de modélisation qui, sur des périmètres restreints,

ont démontré leur valeur au sein des entreprises. Deux enjeux cruciaux demeurent : faire passer ces POCs à l'étape d'industrialisation, et faire en sorte qu'au-delà des statisticiens, les Métiers puissent également s'approprier et concevoir des cas d'usage autour des enjeux de la donnée.

Le délicat passage l'échelle des POCs

Les difficultés du passage de la phase de prototypage à celle d'industrialisation reste la raison de nombreux abandons de prototypes.

Le premier prérequis de l'industrialisation est la disponibilité d'une infrastructure permettant la mise en place de modèles de données centralisés et la création de DataLakes. Ces derniers facilitent l'encapsulation et l'harmonisation des POCs en une seule et même plateforme robuste. Le second prérequis est la compatibilité des plateformes d'IA avec les systèmes SI existants pour permettre le déploiement des outils alimentés par l'IA en environnement réel. Le dernier de ces prérequis est la traduction des modèles algorithmiques en interfaces Métier adaptées aux process des utilisateurs. L'industrialisation des modèles d'IA appelle à une révision de l'algorithmie (volumétrie de données, capacité de

traitement, etc.) pour la rendre robuste à l'extension de son périmètre

Par ailleurs, au vu de la complexité croissante des modèles, nous assistons à l'émergence de solutions qualifiées de low-code à destination de non spécialistes leur permettant de manipuler des bases de données en quelques clics.

La donnée, au cœur des stratégies d'entreprise

L'an passé, 69 % des entreprises françaises data-driven maintenaient voire développaient leurs investissements dans la donnée. Cette prise de position a été confortée par la période de la pandémie, où plus de 80 %⁽¹⁾ des dirigeants d'entreprise ont affirmé avoir eu un avantage décisif grâce à la donnée. L'écosystème des start-ups est de plus en plus concentré sur la data. En 2021, BPI France répertoriait 502 startups françaises dédiées à l'IA tous secteurs confondus (industrie, transports, ressources humaines, etc.).

(1) https://www.decideo.fr/80-des-entreprises-europeennes-data-driven-affirment-beneficier-d-un-avantage-decisif-alors-meme-qu-elles-continuent-a_a12372.html

Au-delà des start-ups, la plupart des entreprises, grands groupes, PME et ETI, prennent le tournant de la data en créant des équipes data dédiées à la récupération et la gestion de la donnée. Cette centralisation des talents va souvent de pair avec la nomination d'un CDO. Lui qui n'avait sa place que dans 12 % des entreprises en 2012, est désormais présent dans 65 % d'entre elles. Malgré le gonflement des rangs, les responsabilités, l'orientation et la structure hiérarchique des chief data officers restent variables selon les entreprises. Signe que la combinaison gagnante n'a pas encore été trouvée ? Par ailleurs, selon cette même enquête, seule la moitié des directeurs des données (49,5 %) ont la responsabilité principale des données au sein de leur entreprise et un tiers seulement qualifie le rôle de CDO de «réussi et établi».

L'entreprise data-driven : un enjeu d'acculturation

Si pour beaucoup, il reste encore difficile de quantifier la valeur commerciale d'un chief data officer, son rôle de coordinateur et catalyseur est essentiel, notamment pour accompagner l'appropriation des nouvelles technologies et faciliter la conduite du changement vers l'entreprise data driven. A propos des difficultés de la mise en place effective des technologies intelligentes au quotidien, Gartner évoque un plateau de productivité de l'IA (Gartner AI hypecycle). L'industrialisation et l'acculturation de la donnée seront sur les années à venir deux composantes majeures de cette maturation de l'IA.



2. Les applications sectorielles se diversifient.

L'appropriation des capacités de l'IA obéit à des dynamiques différentes selon les secteurs d'activités. Ces dynamiques peuvent être catalysées par des circonstances conjoncturelles telles que la crise sanitaire pour le secteur de la santé, mais plus fondamentalement par la qualité de l'écosystème technologique qui anime chaque secteur. Si l'avènement de l'IA a permis d'augmenter le modèle d'activité de certains secteurs comme celui de l'énergie ou de l'assurance, il transforme de manière plus disruptive d'autres secteurs comme celui de la santé. Ces transformations font d'ores et déjà émerger des cas d'usage incontournables sur ces secteurs. Le choix de ces secteurs a pour vocation d'illustrer de manière non exhaustive les tendances sectorielles de l'IA à horizon 2023.

Energie & Utilities : un enjeu de captation des données

Depuis 2010, le déploiement massif de compteurs intelligents, sur les réseaux d'électricité, de gaz et d'eau, a permis d'adresser de nouveaux cas d'usages où l'IA permet des réalisations à grande échelle : détection de fuites d'eau, chasse aux fraudes de consommation électrique, maintenance prédictive ou encore une meilleure compréhension des comportements consommateurs, et ceci quels que soient les réseaux considérés.

« Les données issues des compteurs intelligents constituent une source majeure d'information des algorithmes d'IA dans le secteur de l'Énergie & Utilities »

En s'appuyant sur l'apprentissage automatique, les gestionnaires de réseau de distribution peuvent désormais prévoir plus finement les flux transitant sur toutes les mailles de leur réseau et ainsi anticiper les actions correctives à mettre en œuvre : pilotage intelligent

du réseau par gestion des contraintes, activation des flexibilités nécessaires, meilleure intégration des énergies renouvelables, détection des anomalies et enfin maintenance adaptée des équipements les plus sensibles...

Du côté des fournisseurs, l'utilisation de ces données permet une meilleure connaissance des consommateurs : optimisation de la vision d'un portefeuille, profilage dynamique des segments, définition de politiques de tarification adéquate ou encore amélioration des campagnes de marketing.

« Plus de 203 millions de compteurs intelligents seront installés dans le monde en 2024 soit autant de points de collecte de données³ ».

Au-delà du retour sur investissement avéré de ces cas d'usage à court-terme (notamment avec le recouvrement des fraudes par exemple), ces algorithmes permettent également de se projeter à moyen-terme et sont des outils employés dans le cadre de la transition énergétique et écologique pour la planification des réseaux de demain !

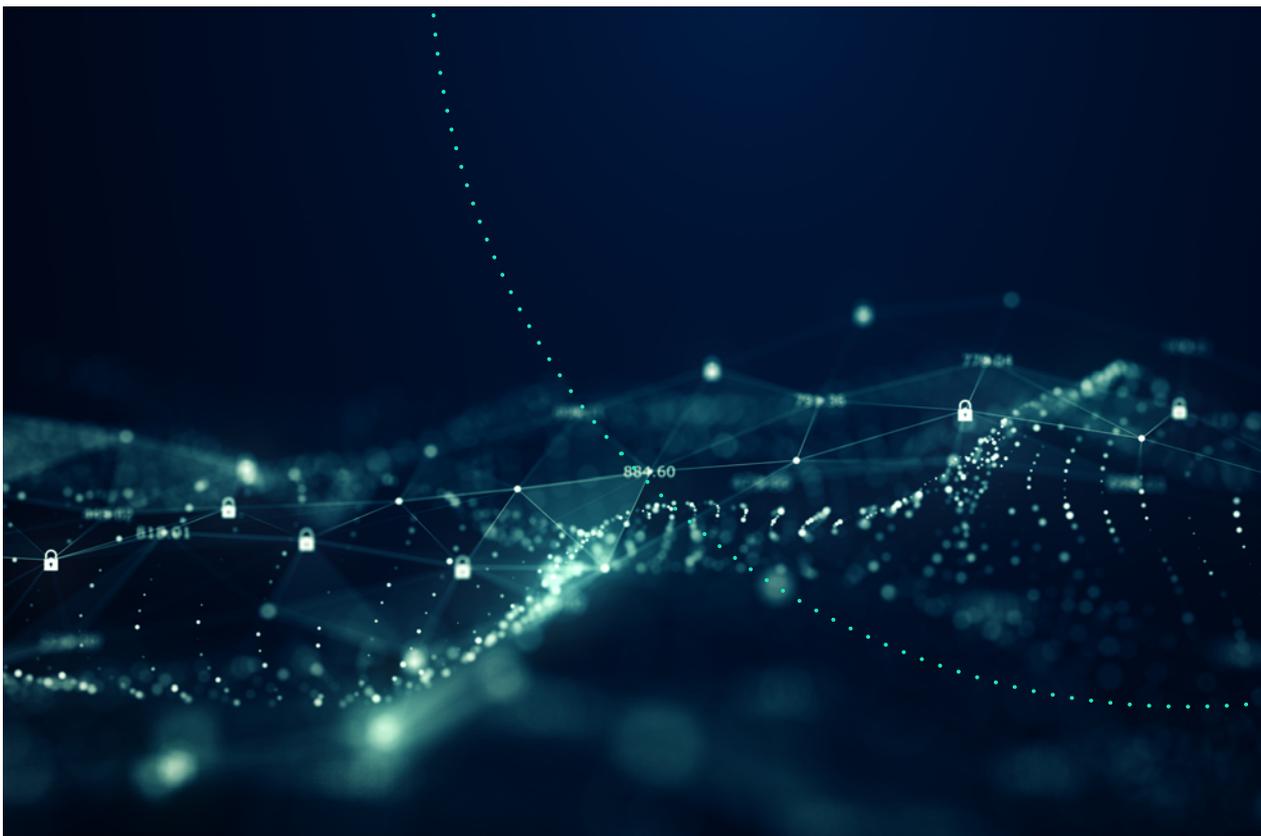
L'assurance, un secteur avec une longueur d'avance en matière d'IA

Le secteur des assurances, intrinsèquement de nature quantitative, bénéficie d'une dynamique déjà amorcée vis-à-vis de l'intégration de cas d'usage IA dans son modèle d'activité. L'excellence opérationnelle est, bien entendu, une candidate évidente. Aussi observe-t-on une accélération des temps de traitement sur de nombreux composants de sa chaîne de valeur. L'IA a dopé l'avènement du self-care (notamment sur la souscription et les sinistres simples) via une automatisation des actes de gestion pour recentrer les efforts des assureurs sur les actes à forte valeur ajoutée. La prise en charge des sinistres complexes ou corporels se révèle plus efficace, favorisant l'expérience client. De même, l'automatisation du traitement des documents entrants provenant des assurés ou de parties tierces constitue un avantage concurrentiel significatif.

L'IA contribue également à une meilleure connaissance des clients et donc à un approfondissement de leur segmentation grâce à des méthodes de clustering. Ceci se décline sur plusieurs champs d'application dont la détermination des politiques de tarification sur mesure selon le profil de l'assuré, l'adoption de mesures préventives anti-churn grâce à la détection des clients susceptibles de sortir du portefeuille ou enfin la détection

(2) <https://www.openaccessgovernment.org/how-automated-meter-readers-are-transforming-the-water-utilities-industry/117799/>

(3) <https://iot-analytics.com/smart-meter-market-2019-global-penetration-reached-14-percent/>



de la fraude à l'assurance, qui reste un défi prépondérant pour le secteur, grâce à des mécanismes de détection d'anomalies.

Si la gestion des sinistres reste un élément majeur de la rentabilité économique d'un assureur, c'est bien toute la chaîne de valeur qui voit une mise en application progressive des cas d'usages d'IA. C'est en particulier le cas des piliers de l'expérience client que sont le servicing et la relation client, et qui constituent des terrains de jeu privilégiés pour redresser le NPS⁴, du voice analytics qui permet au gestionnaire « augmenté » de mieux s'adapter à l'intention et à la disposition psychologique de l'appelant.

Santé : l'eldorado de l'innovation IA

La santé reste le secteur de prédilection des applications d'IA, et la crise sanitaire a contribué à renforcer encore cette dynamique. Aujourd'hui, une start-up de l'IA sur cinq choisit d'investir

dans la e-santé⁵.

Que ce soit dans le domaine de la radiologie, de la dermatologie ou encore de la cancérologie, les techniques de computer vision, dotent les spécialistes d'outils au service de la fiabilité de leur diagnostic. Certains algorithmes d'IA permettent une anticipation précoce de métastases des cancers du rein, augmentant ainsi les chances de survie des patients de 20 % à 80 %. Les cas d'usage se multiplient dans la biologie médicale, l'ophtalmologie ou encore la neurologie, tandis que dans le domaine de l'épidémiologie, l'IA permet de prédire l'apparition, l'amplitude et les modèles de propagation des pandémies. Néanmoins, la démocratisation de l'IA se heurte à des obstacles majeurs.

Le premier étant l'absence de bases de données collaboratives qui mutualiseraient des données médicales à large échelle. Il s'agit d'un prérequis pour l'entraînement des algorithmes mais aussi pour la bonne prise en compte des antécédents médicaux des patients. Second obstacle, ou garde-fou

selon le point de vue, la gestion des données médicales se heurte selon les pays, à la complexité administrative, à la confidentialité des dossiers médicaux, ou encore à la réticence des patients à partager leurs données médicales.

Dans un futur proche, l'émergence de plateformes collaboratives de la santé, universaliseront le profil médical des patients consentants et le rendront disponible auprès de leurs médecins. Ils pourront alors tirer parti d'applications IA entraînées sur de très nombreux cas médicaux et disponibles sur plateforme d'échange collaborative comme le modèle d'activité de certaines marketplaces.

(4) Net Promoter Score: Indicateur mesurant l'intention de recommandation des clients
(5) <https://www.alliancy.fr/france-digitale-cartographie-startups-ia-france>



3. L'IA et la R&D indissociables.

La donnée et les techniques statistiques sont les deux clés de voûte de la recherche scientifique. Si les capacités de l'IA bousculent aujourd'hui les codes de la recherche, ce sont bien les activités de recherche qui sont à l'origine des fondements théoriques de l'IA depuis les travaux d'Alan Turing sur l'idée d'intelligence des machines en 1940. C'est seulement 70 ans plus tard que l'intelligence artificielle révolutionne la recherche dans de nombreux domaines en dotant les chercheurs de capacités analytiques de premier plan, réduisant les coûts, le temps et la complexité des travaux de recherche.

Un corpus théorique qui continue de se développer.

Aujourd'hui, la disponibilité immédiate de très grands volumes de données associée à de nouvelles techniques algorithmiques et à la puissance des ordinateurs conduit à des percées technologiques majeures : les réseaux neuronaux convolutifs, l'apprentissage par renforcement, l'apprentissage par transfert, les réseaux antagonistes génératifs (GAN). Ces percées agissent en catalyseurs de découvertes scientifiques. D'autre part, les travaux sur l'explicabilité et l'interprétabilité des algorithmes facilitent et accélèrent la popularisation de son usage auprès de la communauté des chercheurs pour qui, la traçabilité des résultats est une composante fondamentale des travaux de recherche. Cet engouement auprès de la communauté scientifique se traduit par la croissance exponentielle du nombre de publications liées à l'intelligence artificielle sur l'arXiv⁽⁶⁾ : multiplié par 6 entre 2015 et 2020. De même, les archives ouvertes, conférences, et publications traitant de l'IA se multiplient, avec une accélération des publications de près de 14 % entre 2019 et 2020. Cet engouement est dopé par la compétitivité internationale. En 2020, la Chine dépassait pour la première fois

les États-Unis en nombre de citations sur l'IA. La France est un terreau favorable, avec des mécanismes incitatifs à la recherche applicables à l'IA, tels que le Crédit Impôt Recherche. Le pays compte aujourd'hui près de 81 laboratoires et centres de recherche R&D⁽⁷⁾ et plus de 13 000 chercheurs travaillant sur des sujets autour de l'IA⁽⁸⁾.

L'IA bouscule les recherches conventionnelles

L'IA permet d'envisager des perspectives moins conventionnelles : la programmation probabiliste permet de générer des données hypothétiques, pouvant être comparées aux données expérimentales et élargir ainsi le spectre des données analysées. Dans le domaine de la modélisation moléculaire, l'IA peut disrupter les méthodes conventionnelles de modélisation des protéines et des molécules. C'est ce qui a permis à AlphaFold de gérer et traiter des volumes de données significatifs allant jusqu'à plus de 100 millions de protéines, afin de comprendre les mécanismes de repliement des protéines à grande échelle, alors que les chercheurs n'y étaient pas parvenus auparavant. L'autonomie des algorithmes dans leur apprentissage

est remarquable basculant ainsi de la modélisation déterministe régie par des équations de dynamique moléculaire au ML capable d'appréhender le comportement des protéines à partir de l'historique des comportements.

Ainsi toutes les chaînes d'expérimentation et d'analyse sont impactées par l'IA. Le passage à l'échelle réalisé par AlphaFold aurait nécessité des décennies de recherches pour l'obtention des mêmes résultats. Le gain de temps et de précision (au-delà des retombées économiques), a surtout une vertu sur le plan médical, et notamment dans le domaine de la conception médicamenteuse pour lequel la compréhension et la modélisation des structures 3D des protéines est dimensionnante.

(6) arXiv : archive ouverte de prépublications électroniques d'articles scientifiques

(7) <https://www.intelligence-artificielle.gouv.fr/fr/strategie-nationale/la-strategie-nationale-pour-l-ia>

(8) <https://www.journaldunet.com/solutions/reseau-social-d-entreprise/1192757-carte-de-france-des-laboratoires-d-intelligence-artificielle/>

4. L'essor académique de l'IA.

Avec une implantation croissante au sein des entreprises et une perception de plus en plus positive du public, l'IA est devenue une source d'activité économique importante. Nombreux sont ceux qui ont développé un intérêt pour les applications de l'IA, et sont désireux d'acquérir des compétences techniques permettant de s'y confronter.

L'effervescence des formations en ligne

« Avec plus de trois millions d'étudiants inscrits depuis le lancement du cours en octobre 2011, le MOOC le plus suivi de l'histoire de l'enseignement en ligne est celui de Machine Learning », de l'Université de Stanford sur Coursera. Le succès de ce cours en ligne, enseigné par Andrew Ng n'est pas anodin. Il démontre la forte attractivité de l'IA et les nouvelles formes d'apprentissage qui la favorisent et la démocratisent.

Les communautés de data scientists catalyseurs de cette démocratisation

L'une des spécificités des révolutions numériques et particulièrement celle de l'IA, est l'influence considérable des communautés en ligne qui contribuent à son essor. En tant que data scientist, il est essentiel de maintenir une veille technologique constante, afin de suivre les évolutions et les bonnes pratiques de développement. Il existe de nombreuses communautés en ligne, telles que Stack Overflow, l'une des plus fortes communautés de développeurs avec 14 millions d'utilisateurs, où les passionnés d'IA peuvent partager leurs codes, connaissances, idées, et défis. Github en est la parfaite illustration. Plateforme incontournable d'héberge-

ment de code et de versioning (avec 40 millions d'utilisateurs et 190 millions de projets), elle est devenue un centre d'échanges de facto pour tous les projets open source, y compris les bibliothèques utilisées dans la communauté data science. « Plus de 73 % des data scientists utilisent des bibliothèques open source ». Les bibliothèques logicielles populaires spécifiques à l'IA, telles que *TensorFlow* avec 85 500 clones du répertoire ou *PyTorch*, accompagnent les développeurs dans la création de solutions d'IA.

L'intégration massive de l'IA dans les parcours académiques

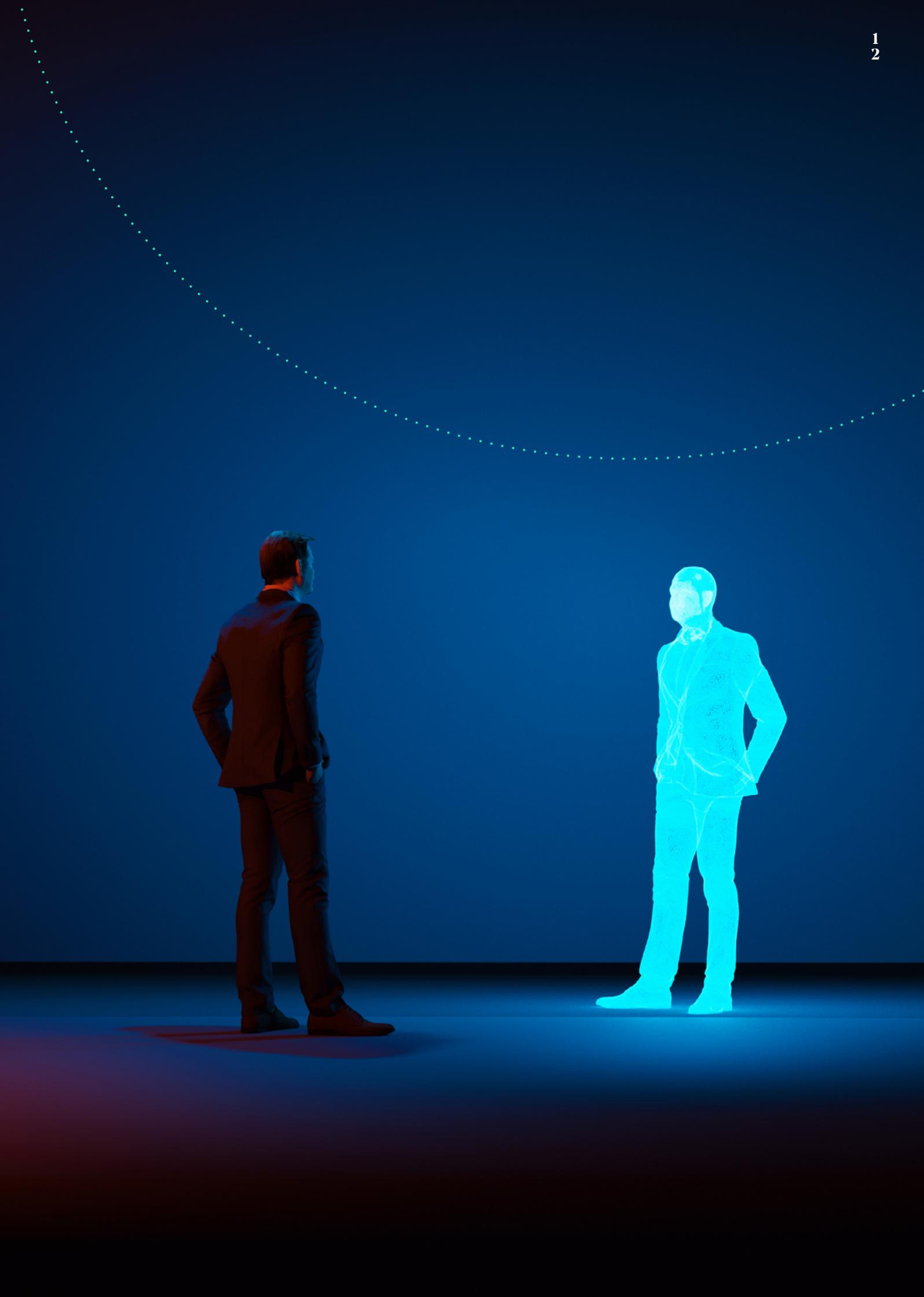
L'expansion des cas d'usage de la donnée et l'émergence des modèles statistiques ont été appuyées par le développement de nombreux parcours académiques de plus en plus convaincants. Ils permettent la spécialisation dans des domaines spécifiques tels que le traitement de texte ou encore l'apprentissage par renforcement. « Le nombre de cours d'IA a augmenté de 103 % au niveau licence et de 47 % au niveau master pendant ces 5 dernières années »⁹. La France quant à elle, compte aujourd'hui près de 18 masters spécialisés en IA et plus de 1 000 thèses soutenues autour de ces sujets. Des chiffres qui devraient

continuer à enfler : Emmanuel Macron s'est engagé à « multiplier par trois le nombre de personnes formées en IA d'ici à 3 ans ».

Les entreprises, acteurs majeurs des formations et des projets académiques

Les écoles collaborent de manière croissante avec les entreprises pour la création du contenu de leur programme. Certains cursus d'intelligence artificielle sont d'ailleurs entièrement conçus et enseignés par des intervenants d'entreprises. Ces partenariats entre écoles et entreprises permettent d'accélérer la professionnalisation des étudiants et également de faciliter le recrutement de futurs talents formés aux enjeux de l'IA.

(9) https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report-_Chapter-4.pdf



5. Un référentiel compétence-métier en constante mutation.

A mesure que les rôles se multiplient sur la chaîne de valeur de la data, le métier du data scientist se recentre sur la modélisation, son cœur d'activité. Ces évolutions entraînent des changements dans les processus de recrutement des entreprises.

La fin des « data scientists » ?

Le data scientist, au sens où il était défini en 2017 lorsqu'il a été élu métier « le plus sexy du monde » par Harvard Business Review, est désormais mis en concurrence ! Ce « couteau-suisse » de la science des données se recentre aujourd'hui sur son cœur de métier, la modélisation. Les rôles de spécialistes de la donnée se multiplient sur la chaîne de valeur en amont et en aval de l'activité de modélisation. Au-delà du développement des POCs, la mise en production complète d'un projet d'intelligence artificielle mobilise des compétences techniques spécifiques telles que la manipulation en masse de données, la visualisation dynamique sur une interface web ou encore le recours aux technologies cloud. Une équipe dite « produit » d'une solution d'IA est maintenant composée d'une grande diversité de profils : data scientist, analyste ou engineer, machine learning engineer, cloud specialist, cloud architect, NLP scientists, ou encore frontend developer.

Cette évolution répond à des exigences scientifiques et techniques précises,

mais aussi managériales. La pertinence algorithmique est indispensable, mais pour réussir un projet d'intelligence artificielle, les fonctions métiers doivent être parties prenantes tout au long de la conception, dans le cadre d'une gestion agile du projet. Cela implique une forte capacité de collaboration entre les experts métiers et data, ainsi qu'un travail de communication et de pédagogie. Pour être performantes, les équipes de data science doivent être encadrées et accompagnées par des rôles tels que chief data officer, data quality officer, product owner, ou encore data protection officer. Autant de métiers pour lesquels les rôles et responsabilités précises font encore débat, mais dont la nécessité fait consensus.

Des processus de recrutement qui s'adaptent

Dans le cadre d'une concurrence rude entre les entreprises dans l'appropriation de capacités IA, les entreprises font évoluer leur processus de recrutement vers des dispositifs de moins en moins conventionnels, pour accroître leur attractivité vis-à-vis de profils très courtisés.

Au-delà des canaux classiques de recrutement, la veille technologique sur les forums spécialisés de 'codeurs', ainsi que les compétitions de data science, deviennent un avantage concurrentiel pour le recrutement des meilleurs profils. Désormais un bon classement dans ce type de concours, ou une activité intense sur des forums, constituent des indicateurs clés de performance en faveur de candidats qui ne manquent pas de le mettre en avant. Le poids accordé à ces éléments peut se révéler décisif lors d'un recrutement.



6. Des technologies en innovation continue.

Le domaine de l'IA est celui qui a observé le rythme d'évolution parmi les plus effrénés du marché. Les innovations se bousculent tant du côté des algorithmes et de la modélisation que du côté des technologies utilisées. Néanmoins, si ces dernières années ont vu la démocratisation du deep learning et du cloud computing grâce à de belles améliorations, les prochaines années pourraient amener leur lot de disruptions tant algorithmiques que technologiques, avec l'émergence de nouveaux paradigmes (edge AI, low-code, etc.)

Les nouvelles générations d'algorithmes : continuité plus que disruption

Les nouvelles générations d'algorithmes de modélisation ne constituent pas des innovations de rupture mais s'inscrivent plutôt dans une continuité des modèles existants, dont les plus performants relèvent du deep learning.

Les derniers nés de cette famille, les transformers, offrent des performances toujours plus importantes et ont le vent en poupe : ils voient leurs cas d'usage se démultiplier dans tous les domaines de l'IA, de la *computer vision* (*traitement d'image*), au NLP (Natural Language Processing) en passant par les séries temporelles.

Néanmoins, les algorithmes de deep learning ont généralement un nombre de paramètres de mille à un million de fois plus important que les algorithmes de machine learning traditionnels ce qui les rend plus gourmands, tant du point de vue des données, que des ressources machines nécessaires à leur entraînement. Ce besoin croissant en puissance computationnelle et en capacité de stockage place les *cloud providers* en pôle position pour proposer des solutions à prix avantageux aux entreprises, grâce à des économies d'échelle sur les infrastructures massives.

Les entreprises ont donc beaucoup d'avantages à externaliser le traite-

ment computationnel et le stockage de données, et ce, même dans le cas des données sensibles, pour lesquelles les cloud providers proposent des offres spécifiques. À titre d'exemple, un GPU (Graphic Processing Units) doit être utilisé au minimum à 70% pour être rentable. D'autant plus que son utilisation nécessite tout un écosystème technologique complet et coûteux pour en tirer parti. La bonne transition vers le cloud semble donc relever d'un enjeu stratégique pour un grand nombre d'entreprises.

Les *cloud providers* profitent donc d'une dynamique favorable, dans un marché en croissance rapide. Néan-

moins, la compétition reste importante, d'abord du côté des services dédiés à l'intelligence artificielle mais aussi du côté des data lakes et data warehouses. Ces derniers commencent par ailleurs, à fusionner pour ne former qu'un seul et même système, accompagné de capacités de calculs et d'outils de business intelligence. Ce domaine a récemment vu de nombreux nouveaux arrivants s'accaparer des parts de marché significatives. L'entrée en bourse fracassante de Snowflakes en 2021 de 12,4 milliards USD, un de ces nouveaux acteurs, illustre l'ampleur du phénomène. Il s'agit de la plus grosse introduction en bourse de l'année à la bourse US, mais aussi de la plus

grosse IPO de l'histoire pour un éditeur logiciel.

Aujourd'hui, 70% du marché inhérent à l'hébergement des données est détenu par Amazon, Microsoft et Google en France. Face à cette situation, le gouvernement français cherche à privilégier les opérateurs français et européens et met en place une stratégie de cloud souverain avec le label "cloud de confiance". Cette nouvelle donne en France a présidé à l'émergence de nouvelles alliances, à l'instar de celle entre Thales et Google.

Dans une tendance d'optimisation des services, les prochaines années pourraient voir un rapprochement entre les cloud providers et les plateformes cloud SaaS (Snowflake, Databricks, etc.), conduisant à l'émergence de nouvelles offres chez les cloud providers pour pallier ce manque dans leurs services.

Les nouveaux paradigmes de l'IA : Edge computing et modèles hybrides

Si le deep learning est aujourd'hui un des courants d'intelligence artificielle les plus répandus, d'autres approches tendent à revenir sur le devant de la scène. C'est le cas par exemple des approches probabilistes et des systèmes experts, qui étaient très répandus jusqu'à la moitié des années 2000. Ces différents courants ont de plus en plus d'adhérences et fonctionnent de moins en moins en silo et c'est probablement d'une approche hybride, prenant le meilleur de différents mondes, qu'émergera la prochaine innovation de rupture. De tels algorithmes seront sans doute beaucoup moins gourmands en ressources et en données, et ce, pour des performances équivalentes voire meilleures. Remplacer le big data par le smart data, la mémoire par la capacité d'abstraction des concepts, permettra de réduire les besoins en stockage et en capacité de calcul.



D'autres innovations technologiques émergentes telles que l'edge AI ou le federated learning permettent aussi de réduire les besoins en stockage et en communication tout en proposant une meilleure sécurisation des données. Ces deux pratiques ont en commun un profond changement de paradigme dans la façon dont nous utilisons les données et entraînons les modèles d'IA. Dans le paradigme classique, les données provenant de nombreuses sources telles que les capteurs ou les caméras sont centralisées dans un data center, avant d'être traitées et utilisées pour l'entraînement d'un modèle unique. Dans le cas de l'edge AI ou du federated learning les données ne sortent pas de la source, ce sont les algorithmes et modèles qui transitent et sont placés au plus près de la source de données. Ce changement de paradigme offre de nombreux avantages, notamment en termes de latence du réseau et de protection des données, puisque celles-ci ne transitent jamais au sein d'un quelconque réseau.

Le low-code : une évolution ou une révolution

L'un des principaux obstacles à l'adoption de l'IA dans de nombreuses entreprises est la pénurie de data scientists capables de créer les outils et les algorithmes nécessaires. Les solutions no-code et low-code visent à surmonter ce problème en proposant des interfaces simples qui peuvent être utilisées, en théorie, pour construire des systèmes d'IA de plus en plus complexes. À l'instar des outils de conception Web et d'interface utilisateur sans code qui permettent aux utilisateurs de créer des pages Web et d'autres systèmes interactifs par simple glisser-déposer d'éléments graphiques, les systèmes d'IA low-code permettront de créer des programmes intelligents en branchant

différents modules préfabriqués et en les alimentant avec des données spécifiques. Tout cela jouera un rôle clé dans la «démocratisation» en cours de l'IA et des technologies de données.

Ce changement de paradigme dans les outils de développement se traduit par des parts de marché croissantes pour le no-code et le low-code au sein d'un marché des SaaS (Software as a Service) pourtant très concurrentiel et s'imposent aujourd'hui comme des solutions très prometteuses. Leur marché spécifique représentait 15 milliards de dollars en 2020, et devrait atteindre 112 milliards de dollars en 2026⁽¹⁰⁾. Ce nouveau type de plateforme renverse le processus de développement d'une application ou d'un service, en permettant à des experts métiers d'être eux-mêmes les artisans de leurs propres solutions IA. Les avantages de ce type de dispositif sont multiples, parmi lesquels une valeur ajoutée au métier plus pertinente avec un temps de conception, un prototypage et un déploiement plus rapides. Mais son principal avantage, réside dans la facilitation de la conduite du changement autour des projets IA, enjeu majeur des entreprises pour les prochaines années.

En pratique, cela reste un peu plus compliqué et l'accompagnement par des experts de la data reste pour le moment nécessaire. Il est en effet indispensable que ces nouvelles applications puissent s'intégrer en bonne intelligence à l'écosystème existant, avoir accès aux données et être maintenu en cas de mal fonctionnement. Le développement de ce type d'applications a le mérite de soulever et d'explicitier des problématiques de gouvernance de la donnée, auparavant implicites et sous-jacentes aux solutions d'IA. Si le no-code offre des fonctionnalités limitées et peu de flexibilité, quant à la conception des algorithmes, le low-code quant à lui, facilite la création d'applications va-

riées, puissantes et plus réactives tout en laissant une certaine flexibilité aux développeurs.

Les défis au-delà de l'algorithmie

Si la performance des algorithmes et technologies utilisés sont des facteurs clés de succès, les éléments se situant en aval et en amont de la modélisation algorithmique à savoir la collecte et le traitement des données d'un côté, et l'industrialisation des cas d'usage de l'autre, sont tout aussi importants. Ainsi, la plupart des POCS ne sont jamais déployés à grande échelle, à cause d'un manque de capacité de mise en production de la part des entreprises, qui nécessite le travail en synergie de nombreux services (gestion de projet, infrastructure technologique adaptée, intégration au système informatique existant, etc.).

Un second défi, réside dans la qualité des données. Dans de nombreuses entreprises aujourd'hui, les données sont encore trop dispersées et pas suffisamment standardisées pour permettre l'industrialisation de modèles d'IA. À court et moyen terme, la plus grande valeur de l'intelligence artificielle se trouve probablement dans la mise en qualité, la standardisation et l'enrichissement automatique des données.

Finalement, la résistance au changement reste encore aujourd'hui un obstacle à la valorisation de nombreux projets d'intelligence artificielle. Ainsi, la modification automatique de données par un algorithme dont l'explicabilité des résultats est complexe à établir, reste une idée dérangement même à un taux d'erreur plus bas que les processus existants. L'évangélisation de la culture de la donnée au sein des entreprises joue un rôle déterminant à la charge des CDOs (chief data officer).

(10) D'après les analyses de Forrester Research

7. Politiques publiques et compétitivité autour de l'IA.

L'IA devenant un levier de transformation de nos sociétés et de l'économie, de nombreux gouvernements ont adopté une politique proactive pour soutenir l'écosystème de l'intelligence artificielle. Plus de 30 pays ont déjà créé des stratégies nationales d'IA pour améliorer leurs perspectives. Les nations qui prennent la tête du développement et de l'utilisation de l'IA façonneront l'avenir de cette technologie et amélioreront considérablement leur compétitivité économique.

La course à l'IA : qui sont les champions aujourd'hui ?

Jusqu'à présent, d'après le classement établi par le Center for Data Innovation à partir de 30 métriques et 6 catégories (talents, recherche, développement, matériel, adoption et données), les États-Unis se sont imposés comme les pionniers de l'IA, mais la Chine continue de réduire l'écart dans certains domaines majeurs (qualité des données, puissance de ses ordinateurs, recherche, etc.). En l'absence de changements politiques significatifs dans l'UE - encore pénalisée par le départ du Royaume-Uni - et aux États-Unis - notamment la modification par l'UE de son système réglementaire pour qu'il soit plus favorable à l'innovation, et le développement et le financement par les États-Unis d'une stratégie nationale d'IA plus proactive - il est probable que l'UE restera derrière les États-Unis et la Chine, et que la Chine finira par combler l'écart avec les États-Unis.

La prolifération des programmes nationaux en faveur de l'IA

La conception de programmes pluriannuels visant à promouvoir l'intelligence artificielle et leur adoption par les tissus économique et civil d'un pays, constitue un élément clé pour l'élaboration d'une stratégie long terme. Le Canada a été le premier pays au monde à inaugurer une stratégie nationale en matière d'intelligence artificielle en 2017 avant d'être rejoint par plus d'une trentaine de pays à travers le monde. L'horizon temporel envisagé par les différentes stratégies nationales en matière d'IA est fortement hétérogène. Ainsi la France fixe un horizon de 4 ans avec le Programme National de Recherche IA qui décline de manière précise les actions à entreprendre sur cette même période. D'autres pays se projettent sur plus d'une décennie comme les Emirats Arabes Unies avec la stratégie IA 2031, qui est présentée selon certains classements comme étant l'une des nations les plus ambitieuses au monde en la matière.

Les dispositifs de portage des stratégies IA sont déterminants pour leurs réussites et témoignent de l'ambition des nations. La tendance émergente consisterait à créer des administrations ou institutions gouvernementales spécialement conçues pour le portage de ces programmes souvent ambitieux comme en témoigne le ministère de l'intelligence artificielle aux Emirats Arabes Unies⁽¹⁾. Dans d'autres cas, le mandat est attribué à des instances ou comités interministériels déjà existants ou encore à des partenariats publics privés.

Zoom sur la stratégie française

Après les 1,5 milliard d'euros de la première phase lancée en 2017, le gouvernement français a annoncé fin 2021 une nouvelle enveloppe de 2 milliards d'euros, dont une large part, près de 50% dédiés aux compétences via de futurs établissements d'excellence et à la formation à l'IA. L'accent sur la formation doit permettre de renforcer l'attractivité de la France. Dans le cadre de la politique nationale AIForHumanity, des instituts interdisciplinaires de l'intelligence artificielle (3IA) ont vu le jour comme ceux de Toulouse, Nice ou Grenoble. Si les centres de R&D de Facebook et Google reconnaissent volontiers le niveau des talents de l'hexagone, les acteurs français eux s'inquiètent des difficultés à recruter. Autres priorités de cette nouvelle phase : l'Etat souhaite que son industrie de l'IA se positionne sur les marchés émergents, comme l'IA embarquée, le edge, les technologies de confiance ou encore l'IA frugale.

Il s'agit également de transformer les travaux de recherche de la phase une en « opportunités économiques » via l'émergence de champions de l'IA, mais aussi la diffusion des usages concrets de ces technologies dans les entreprises afin d'accroître leur compétitivité. Ainsi, l'Île-de-France a mis en place le dispositif Pack IA en 2021, dans un souhait de faire adopter la data dans des écosystèmes où la complexité de mise en œuvre et

(1) <https://www.tortoisemedia.com/intelligence/global-ai>

d'appropriation sont prononcées. Le « retour sur investissement direct » des politiques publiques en matière d'IA est assez difficile à évaluer. Le Gouvernement mentionnait toutefois, en bilan 2021 de la première phase du plan stratégique IA,¹² 81 laboratoires d'IA en 2021 – le plus grand nombre parmi les pays européens –, 502 startups spécialisées en IA – soit une hausse de 11 % par rapport à 2020 –, 13 459 personnes qui travaillent dans les start-ups de l'IA – pour 70 000 emplois indirects générés. Notons aussi, avec une pointe de chauvinisme, l'essor de 6 licornes françaises associées à l'IA, comme ContentSquare, Shift Technology ou Mirakl, même si les capitaux levés le sont essentiellement auprès d'investisseurs privés étrangers comme Soft Bank ou Advent International.

Enfin, afin de renforcer davantage la culture data à la maille régionale, plusieurs Hackatons sont organisés à fréquence régulière, garantissant aux participants de s'inscrire dans une démarche de knowledge management et de travail collaboratif. La France se positionne au 6e rang en termes de hackatons organisés avec un palmarès qui s'élève à 195 par an en 2019¹³.



(12) <https://www.economie.gouv.fr/la-strategie-nationale-pour-lintelligence-artificielle>

(13) <https://www.maddynews.com/2019/01/15/le-succes-des-hackathons-ne-flechit-pas/>

8. Enjeux éthiques et sociétaux : entre inquiétudes, polémiques et opportunités.

L'IA pose question. De fait, elle repose sur des structures très gourmandes en énergie et participe largement à la pollution numérique. La course aux algorithmes pose la question du sens et du contrôle humain face à l'effet « boîte noire ». Dans une perspective plus positive, l'IA a le potentiel d'accélérer les efforts mondiaux de protection de l'environnement et de conservation des ressources en détectant les réductions d'émissions d'énergie et en favorisant le développement de cas d'usage spécifiques. Elle pourrait être un atout clé pour relever les défis environnementaux mais aussi sociétaux les plus pressants.

AI levier aux services des enjeux écologiques

La pression exercée sur les entreprises pour qu'elles réagissent face au changement climatique et réduisent leur émission carbone se renforce d'année en année. L'IA se révèle un véritable levier car elle offre la capacité aux entreprises de mieux exploiter leurs données afin d'obtenir des indicateurs clés sur différents aspects de leur empreinte carbone. D'autres cas d'usage d'IA à forte valeur ajoutée pour la protection civile et l'environnement sont amenés à proliférer dans les années à venir. Ainsi, les techniques de Computer Vision peuvent améliorer le suivi de la déforestation mais offrent également la capacité aux services de protection civile de détecter des départs de feux de forêt, fortement nuisibles à l'environnement. Les incendies de 2021 ont

été parmi les plus importants jamais observés, causés par l'accroissement des événements météorologiques extrêmes de sécheresses à répétition, or ces applications de l'IA démontrent un fort potentiel opérationnel dans la lutte contre le réchauffement climatique. Pour illustrer ce propos, des drones équipés d'algorithmes IA de computer vision pourraient localiser le « point chaud » des incendies et permettraient ainsi aux pompiers de cibler leurs efforts de manière efficace.

Au-delà de ces nombreux cas d'application de l'IA dans le secteur de l'environnement, il est vrai que la puissance de calcul requise pour les principaux algorithmes de l'IA ces dernières années a augmenté significativement. Comme le programme de jeu de go AlphaZero de DeepMind, qui a doublé tous les 3,4 mois d'après une étude d'OpenAI. Rappelons que la loi de

Moore avait une période de doublement de la puissance de calcul de 2 ans. Les systèmes d'apprentissage automatique deviennent donc de plus en plus gourmands en ressources et génèrent un volume important d'émissions carbonées. Une étude menée en 2019 a constaté que le processus d'entraînement d'un modèle NLP (transformer avec architecture neuronale) peut émettre plus de 285 000 kg de CO₂, soit près de cinq fois les émissions d'une voiture moyenne sur toute sa durée de vie, ou l'équivalent d'environ 300 vols aller-retour entre New York et San Francisco¹⁴.

La planification et l'évaluation de l'impact environnemental avant la mise en œuvre de l'IA peuvent contribuer à réduire cet impact. Tout d'abord, en choisissant des algorithmes bien dimensionnés et en optimisant le temps de calcul, dès la conception de la solution. Le choix de l'infrastructure et du hardware sur lequel est entraîné l'algorithme, ainsi que le choix d'utiliser des datacenters « verts » alimentés en énergies renouvelables sont d'autres leviers d'actions permettant de mettre en place une IA à faible empreinte carbone. À long terme, l'utilisation de l'IA contribuera certainement à lutter

(14) <https://arxiv.org/pdf/1906.02243.pdf>

contre le changement climatique, à condition que l'impact environnemental soit bien pris en compte par les entreprises dans le développement des algorithmes, en évitant le surdimensionnement des infrastructures et des puissances computationnelles requises pour les algorithmes.

Éthique et IA, enjeu de société majeur

Le débat autour des enjeux éthiques suscite de plus en plus d'attention du public, ainsi les publications de recherches portant sur l'éthique dans ce domaine ont plus que doublé entre 2015 et 2020. La volonté de créer des modèles de plus en plus performants ont incité de nombreuses entreprises à prioriser les gains opérationnels ces dernières années, au détriment de l'interprétabilité et l'explicabilité. Les cas d'usages d'application de l'IA étant multiples et diversifiés, la démocratisation des solutions d'IA soulève de nombreuses questions sur leurs potentielles conséquences telles que l'intrusion dans la vie privée, la discrimination, ou encore sur l'opacité des processus décisionnels de l'IA. Il est souvent reproché aux outils décisionnels automatisés de reproduire les biais humains sur le genre ou la classe sociale d'un individu.

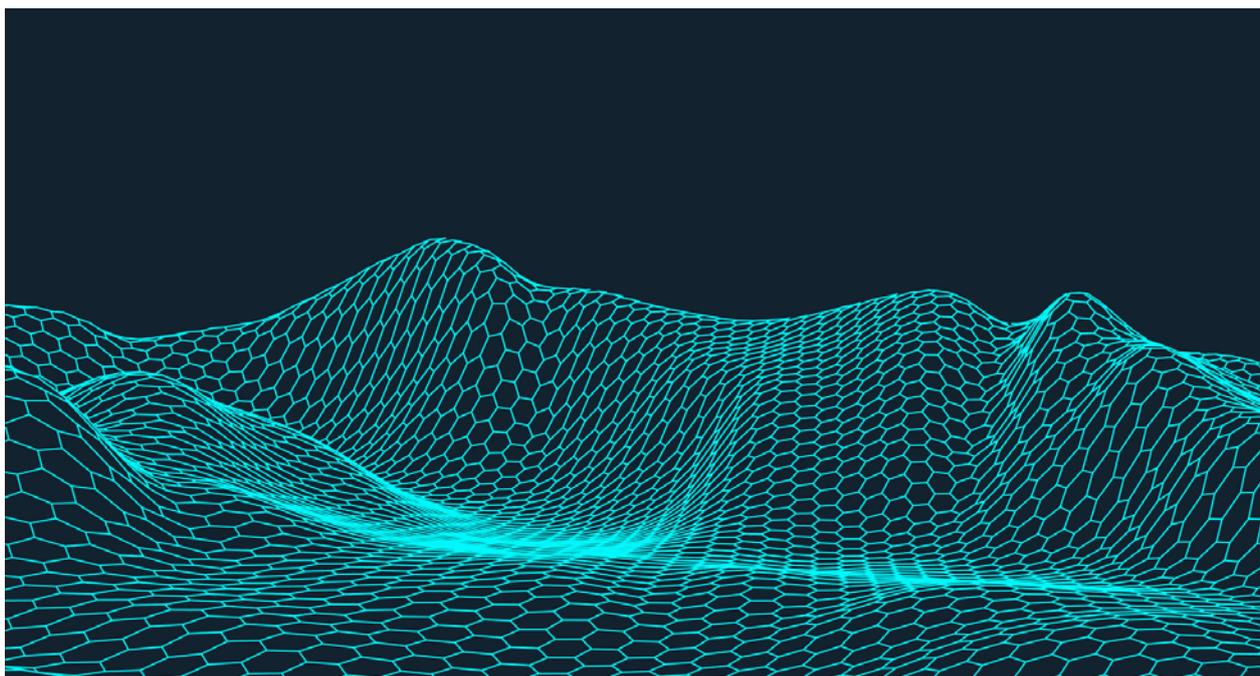
Au fur et à mesure que nos sociétés deviennent de plus en plus dépendantes des décisions réalisées par des algorithmes, les entreprises se doivent de gagner en transparence sur ce processus de décision et trouver des solutions pour contrer l'effet boîte noire des modèles. C'est le cas, par exemple, des réseaux de neurones qui s'avèrent très performants pour la reconnaissance vocale ou d'images mais dont le fonctionnement et les résultats restent difficiles à expliquer. Dans son rapport, Cédric Villani préconise des études approfondies pour rendre ces algorithmes explicables au-delà de l'aspect éthique et de la performance, l'enjeu étant aussi réglementaire.

Enfin, l'IA peut réduire les biais discriminatoires des processus de décision au sein des entreprises. Ces processus de décision peuvent aussi bien toucher le secteur bancaire vis à vis de l'octroi de prêts et de financements, ou encore dans le domaine du recrutement avec les biais de genre présent dans les activités de recrutement. Des techniques d'intelligence artificielle permettent une élimination presque complète de ces biais, en construisant des modèles adverses pour la mise en valeur des disparités. Il n'a jamais été aussi important de relever les défis éthiques existants et d'élaborer des innovations d'IA

responsables et équitables avant leur déploiement.

L'IA dans l'imaginaire collectif, the new normal ?

L'engouement suscité par les sujets en relation avec l'intelligence artificielle induit un clivage auprès du grand public, comme toute innovation de rupture. Entre menace et opportunité, la technicité et la complexité du domaine de l'intelligence artificielle implique une compréhension souvent erronée des enjeux rendant de facto son adoption difficile. Le sentiment de perte de contrôle et de non-maîtrise des processus de calcul sous-jacents, ainsi que la médiatisation de certains cas d'usage pouvant porter atteinte à la vie privée, constituent autant d'éléments d'attention qui nécessitent un travail de pédagogie pour une meilleure appréhension des enjeux. L'encadrement réglementaire via le RGPD ou l'IA Act contribue à une meilleure réputation de l'IA. L'AI Index 2018 révèle que les articles des médias sur l'IA sont devenus 2,5 fois plus positifs entre 2016 et 2018. De manière générale, l'image renvoyée par l'IA dépendra toujours de la finalité des cas d'usage.



9. Une réglementation de l'IA encore à ses balbutiements mais qui mûrit.

La réglementation de l'intelligence artificielle se met progressivement en place avec l'arrivée prochaine de l'Artificial Intelligence Act qui s'inscrit dans la continuité de la première réglementation européenne autour de la donnée, le RGPD en mai 2018. L'AI Act, en cours de rédaction, comptera parmi les référentiels mondiaux en termes d'encadrement législatif de l'intelligence artificielle aussi bien sur le plan technique que sur les finalités visées. Cette réglementation étant bien censée encadrer et non pénaliser le développement de l'IA, est conçue en concertation avec les acteurs privés et publics de l'intelligence artificielle.

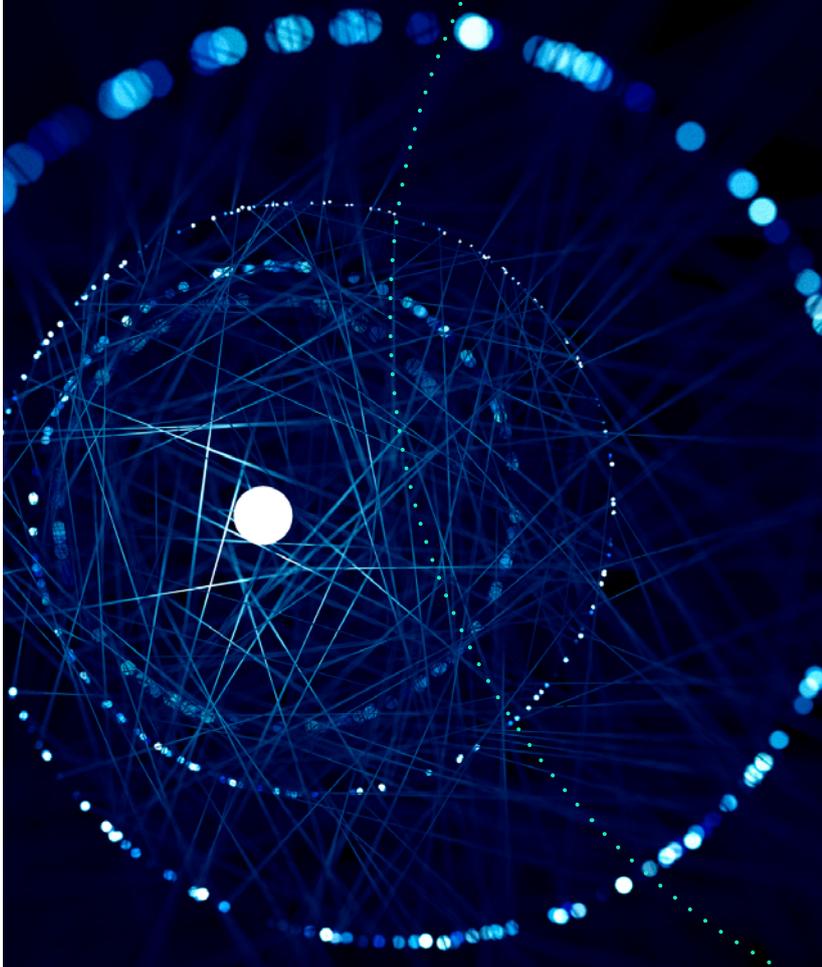


Vers une « européenisation » de la réglementation IA

Après s'être positionnée en pionnière de la réglementation sur les données personnelles avec le RGPD, l'Union Européenne souhaite s'attaquer à l'ensemble de la chaîne, en étendant la réglementation aux traitements réalisés sur tous types de données et utilisant l'IA. C'est le but du projet de réglementation appelé Artificial Intelligence Act dont la première version a été publiée en avril 2021. Actuellement en consultation auprès des entreprises, il sera soumis au vote du Parlement Européen avant une mise en application un an et demi plus tard.

Devant le déploiement massif déjà existant de l'intelligence artificielle dans l'écosystème européen, cet acte vise à poser un cadre réglementaire et éthique sur les utilisations de l'IA, en se prononçant aussi bien sur les techniques utilisées que sur les finalités. Ainsi, toute application de l'intelligence artificielle utilisée dans l'Union Européenne et entrant dans le champ d'application matériel sera soumise à ce cadre législatif, quel que soit son lieu d'hébergement.

La maille législative retenue pour cet acte fondateur, à savoir l'Union Européenne, s'inscrit dans la continuité de la volonté de développer une politique commune



de promotion de l'IA ce qui se traduit déjà par toute une série d'initiatives. C'est le cas de l'European Data Portal qui comporte plus d'un million de datasets partagés entre les pays membres de l'union européenne¹⁵. Cet acte permettra de mutualiser l'accès aux données et de capitaliser sur les synergies.

Un pragmatisme législatif croissant présentant des similitudes avec la cybersécurité

L'IA Act vise à encadrer et catégoriser les applications d'IA suivant leur niveau de risque. Cela permet premièrement de protéger les citoyens de pratiques frauduleuses réalisées sur des données sensibles, comme par exemple certaines utilisations de systèmes d'identification biométrique en temps réel ou la manipulation inconsciente de comportements, visant directement les scandales envers les outils d'influence.

L'approche par le risque est déjà adoptée dans certains domaines comme celui de la cybersécurité, avec le concept de CCS (Culture Cyber Sécurité) mis en place par l'ENISA (Agence européenne chargée de la sécurité des réseaux

et de l'information). Pour minimiser le risque cyber, les entreprises ont mis en place des campagnes de sensibilisation et d'autres moyens pour infuser cette culture au sein des entreprises et changer les comportements et croyances vis-à-vis de la cybersécurité. De manière similaire, en se basant sur le risque, l'IA Act vise à créer une culture de l'IA. Ainsi, chaque entreprise concernée devra mettre en place une gouvernance et des processus afin de prouver la maîtrise de ses technologies, dès la conception et le développement de ses systèmes. Ces exigences comme la rédaction systématique de documentations techniques servant de références, des registres d'activités ou encore d'exigences en termes d'interprétabilité des systèmes pour les utilisateurs, permettront de prouver la conformité des systèmes et des dispositifs internes, notamment en cas de contrôles.

De plus, l'IA Act décline ses exigences à la maille fournisseur, distributeur et utilisateur final, afin de responsabiliser toutes les parties prenantes. L'inclusion de tous les acteurs dans la conception du texte, la précision des rôles et responsabilités, permet de couvrir l'ensemble des risques potentiels et de favoriser la diffusion du texte.

Le niveau de précision du texte sur les classements des différents systèmes d'IA et sur les dispositions requises, facilite sa bonne application par les parties prenantes tout en limitant la marge d'interprétation sous-jacente. Cela permettra aussi aux entreprises conformes de bénéficier d'une meilleure image de marché et de plus de visibilité. Cette classification du risque s'inscrit d'ailleurs dans la trajectoire actuelle de l'approche par le risque, laquelle permet une adaptabilité des contraintes aux réalités opérationnelles. Si des violations sont constatées et persistent, elles pourront mener à des amendes record allant de 2 à 6% du chiffre d'affaires annuel global de l'entreprise.

Une compétitivité internationale potentiellement discriminante

Toutefois, devant la compétitivité internationale du marché de l'IA, le texte veut se montrer rassurant. Il souhaite permettre aux entreprises de ne pas être désavantagées à cause d'un champ de contraintes trop important par rapport à d'autres pays.

Ainsi, certains assouplissements sont prévus pour ne pas pénaliser l'innovation portée par l'intelligence artificielle. L'Union Européenne prévoit donc de mettre en place des « bacs à sable réglementaires » qui établiront un environnement contrôlé pour tester les technologies innovantes pendant une durée limitée. Les entreprises pourront y accéder après avoir montré un plan d'essai aux autorités compétentes. L'Union Européenne veut favoriser l'accès à ce dispositif tout en donnant la priorité aux PME et start-ups.

D'autre part, le règlement est accompagné d'une politique budgétaire forte pour soutenir l'IA : les dispositifs Digital Europe et Horizon Europe consacreront chaque année 1 milliard d'euros à des projets d'Intelligence Artificielle. À cela s'ajoute le plan de relance européen, dont 20% doit se consacrer à la transition digitale et aux projets d'IA.

(15) <https://data.europa.eu/en>

10. Le mot de la fin par David Martineau.

Pour Sia Partners, l'IA a fondamentalement changé la donne. Les besoins de nos clients, disposant désormais de téraoctets de données grâce à internet et l'IoT ont évolué. Nous avons choisi de nous mettre en capacité de les accompagner sur la maîtrise et l'exploitation de leurs données sur deux volets :

- Le volet conseil en stratégie et management bien sûr, avec des projets de roadmap IA, de gouvernance, et de démarche de qualité de la donnée sur l'ensemble des secteurs couverts par Sia Partners. Ce volet s'est développé assez naturellement à la croisée de nos équipes conseil Métiers et de nos équipes Data.
- Le volet technologique s'inscrit dans une rupture plus forte avec nos activités conseil classiques. C'est au travers d'Heka, notre écosystème Data et IA, que nous avons choisi de nous réinventer, pour attirer et faire grandir des talents autour de la Data, et développer des solutions logicielles d'IA. Heka nous permet d'avoir une proposition de valeur double : des experts Data pour accompagner les projets de nos clients au cœur des Data Labs, et des solutions d'IA industrielles, pour accélérer encore nos interventions et répondre aux problématiques communes à beaucoup de nos clients.

Nous avons construit notre équipe IA autour d'un noyau dur de 75% de Data Scientists, là où des cabinets plus traditionnels ont investi davantage dans des profils de Data Analysts. Le positionnement d'Heka se rapproche donc davantage des pure players de l'IA. Nous avons complété cette expertise Data Science par des profils

de Data Engineers, Devops Engineers, Web Developers, UI/UX Designers. Ils nous permettent d'embarquer nos cœurs algorithmiques dans des solutions industrielles d'IA à destination des Métiers. Notre équipe compte aujourd'hui plus de 200 experts Data, dans 5 Centres d'excellence en Europe et Amérique du Nord, avec une croissance annuelle de près de 100%. Pour cultiver notre attractivité et garantir la rétention des talents, nous investissons considérablement sur la R&D. Cela se concrétise par des accélérateurs d'IA -briques algorithmiques élémentaires- que nous développons au travers de Labs thématiques, comme le NLP, les Time Series, la Computer Vision, etc. Ils permettent à nos experts d'être à la pointe de chacune de ces technologies d'IA qui évoluent rapidement, et de se former de manière continue.

Depuis 20 ans, l'ADN des interventions de Conseil Métier de Sia Partners est le « problem-solving » grâce à l'expertise sectorielle de nos consultants. Nous utilisons l'IA pour adresser ces challenges différemment. Cet ensemble d'expertises et de solutions nous permet d'intervenir sur des problématiques très diverses. Nous accompagnons un grand acteur de l'assurance sur l'ensemble de sa stratégie et roadmap IA, comme nous travaillons avec les opérationnels de domaines skiabiles à l'optimisation de la nivoculture au moyen d'algorithmes prévisionnels et de capteurs intelligents.

Pour assurer le bon déploiement de ces solutions aux standards des équipes IT de nos clients, nous nous sommes dotés d'une plateforme industrielle. Elle

assure des développements rapides et sains et garantit le passage à l'échelle de nos solutions. C'est l'outil principal de nos équipes du POC à l'industrialisation. Aujourd'hui elle héberge près de 100 plateformes clients, plus de 1000 projets et 125 000 pipelines.

Sur les 18 mois à venir, nous comptons doubler encore la taille de l'équipe. Cela va nous permettre d'adresser des clients dans de nouvelles géographies (Moyen-Orient, Asie, etc.) et de proposer une gamme encore plus large de produits et services (services quantitatifs et actuariels, etc.). Nous allons également investir dans le développement de technologies émergentes : Blockchain, Cryptos, Quantum Computing, etc.

Glossaire (1/3).

Big Data : La définition du Big Data est la suivante : des données plus variées, arrivant dans des volumes de plus en plus importants et avec une vitesse plus élevée. Cette définition est également connue sous le nom des trois « V ».
(<https://www.oracle.com/fr/big-data/what-is-big-data/>)

Cloud : « Le cloud » fait référence aux serveurs accessibles via Internet, ainsi qu'aux logiciels et bases de données qui s'exécutent sur ces serveurs. Les serveurs cloud sont situés dans des datacenters partout dans le monde.
(<https://www.cloudflare.com/fr-fr/learning/cloud/what-is-the-cloud/>)

Clustering : Le clustering est une méthode d'apprentissage automatique qui consiste à regrouper des points de données par similarité ou par distance. C'est une méthode d'apprentissage non supervisée et une technique populaire d'analyse statistique des données.
(<https://analyticsinsights.io/le-clustering-definition-et-implementations/>)

Data driven : Le Data Driven, également appelée Data-Driven Marketing, se base sur une approche qui consiste à prendre des décisions stratégiques sur la base d'une analyse et d'une interprétation des données.
(<https://www.atinternet.com/glossaire/data-driven/>)

Data Lake : Un Data Lake contient des données de manière non structurée. Il n'y a pas de hiérarchie ou d'organisation entre les différents éléments de données. Les données sont conservées sous leur forme la plus brute et ne sont ni traitées ni analysées. Un Data Lake accepte et conserve toutes les données provenant de différentes sources et supporte tous les types de données.
(<https://www.oracle.com/fr/database/data-lake-definition.html>)

Data Warehouse : Un Data Warehouse est une base de données relationnelle hébergée sur un serveur dans un Data Center ou dans le Cloud. Il recueille des données de sources variées et hétérogènes dans le but principal de soutenir l'analyse et faciliter le processus de prise de décision.
(<https://www.oracle.com/fr/database/data-warehouse-definition.html>)

Deep Learning : Le deep learning, appelé aussi apprentissage profond, est un sous-domaine du machine learning. Il se compose d'algorithmes capables d'imiter le cerveau humain grâce à un large réseau de neurones artificiels. Les systèmes sont donc capables d'apprendre, prévoir et décider en toute autonomie.
(<https://blog.hubspot.fr/marketing/deep-learning>)

Edge Computing : L'edge computing (informatique en périphérie¹ ou informatique en périphérie de réseau¹) est une méthode d'optimisation employée dans le cloud computing qui consiste à traiter les données à la périphérie du réseau, près de la source des données.
(https://fr.wikipedia.org/wiki/Edge_computing)

ETI : Entreprise de Taille Intermédiaire

Federated learning : L'apprentissage fédéré (ou federated learning) est une technique d'apprentissage automatique qui forme un algorithme sur plusieurs serveurs décentralisés contenant des échantillons de données locaux, sans échange de leurs échantillons de données.
(<https://24pm.com/117-definitions/359-apprentissage-federe>)

Hackatons : Un hackathon, marathon de programmation^{1,2} ou programmathon¹ est un évènement durant lequel des groupes de développeurs volontaires se réunissent pendant une période de temps donnée afin de travailler sur des projets de programmation informatique de manière collaborative.
(<https://fr.wikipedia.org/wiki/Hackathon>)

Hyper-segmentation : Stratégie marketing consiste à développer des offres de façon à répondre le mieux possible aux besoins du consommateur, voire réaliser des produits sur-mesure.
(<https://academy.visiplus.com/ressources/definition/hypersegmentation>)



Glossaire (2/3).

IA : L'intelligence artificielle (IA) est « l'ensemble des théories et des techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine » Larousse

Le terme « intelligence artificielle », créé par John McCarthy, est souvent abrégé par le sigle « IA » (ou « AI » en anglais, pour Artificial Intelligence). Il est défini par l'un de ses créateurs, Marvin Lee Minsky, comme « la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique »

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle#D%C3%A9finition)

IPO : Initial Public Offering ou Introduction en bourse

Low-code : Le développement Low-Code a évolué pour profiter des outils de design visuel (notamment la modélisation par glisser-déposer et la création d'interfaces pointer-cliquer) et permettre la création, le lancement, l'utilisation et la modification rapide d'applications professionnelles puissantes.

(<https://appian.com/fr/low-code-basics/low-code-defined.html>)

ML : Le machine learning ou apprentissage automatique est une forme d'IA qui désigne un système qui base ses performances sur l'apprentissage de données. C'est la combinaison d'un algorithme d'apprentissage et de ses données.

(<https://www.ibm.com/fr-fr/analytics/machine-learning>)

MOOC : Formation dispensée sur Internet et accessible à tous.

(<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/MOOC/10910887>)

NLP : Le NLP pour Natural Language Processing ou Traitement Numérique du Langage est une discipline de l'IA qui porte essentiellement sur la compréhension, la manipulation et la génération du langage naturel par les machines.

(<https://datascientest.com/introduction-au-nlp-natural-language-processing>)

PME : Petites et Moyennes Entreprises

POC : Une preuve de concept (en l'anglais proof of concept, POC) ou démonstration de faisabilité, est une réalisation ayant pour vocation de montrer la faisabilité d'un procédé ou d'une innovation.

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Preuve_de_concept)

Reinforcement Learning : L'apprentissage par renforcement (RL pour Reinforcement Learning) fait référence à une classe de problèmes d'apprentissage automatique, dont le but est d'apprendre, à partir d'expériences successives, ce qu'il convient de faire de façon à trouver la meilleure solution grâce à un système de récompenses ou de pénalités.

(<https://dataanalyticspost.com/Lexique/apprentissage-par-renforcement/>)

RGPD : Le règlement UE 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données est un règlement de l'Union européenne qui constitue le texte de référence en matière de protection des données à caractère personnel. Il renforce et unifie la protection des données pour les individus au sein de l'Union européenne.

(https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A8glement_g%C3%A9n%C3%A9ral_sur_la_protection_des_donn%C3%A9es)

SaaS : « Software as a Service » ou en français : « logiciel en tant que service » est une solution logicielle applicative hébergée dans le cloud et exploitée en dehors de l'organisation ou de l'entreprise par un tiers, aussi appelé fournisseur de service.

(<https://www.cegid.com/fr/faq/quest-ce-que-le-saas/>)

Scoring : Dans le domaine du marketing, le scoring est une technique qui permet d'affecter un score à un client ou prospect. Le score obtenu traduit généralement la probabilité qu'un individu réponde à une sollicitation marketing ou appartienne à la cible recherchée.

(<https://www.definitions-marketing.com/definition/scoring/>)

Glossaire (3/3).

Système SI : Le système d'information (SI) est un ensemble organisé de ressources qui permet de collecter, stocker, traiter et distribuer de l'information¹, en général grâce à un réseau d'ordinateurs.

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_d%27information)

Transformers : Une architecture de réseau neuronal développée qui s'appuie sur des mécanismes de self-attention pour transformer une séquence d'embeddings en entrée en une séquence d'embeddings de sortie sans s'appuyer sur des convolutions ou des réseaux neuronaux récurrents. Un transformateur peut être considéré comme une pile de couches de self-attention. Un transformateur peut comprendre l'un des éléments suivants : un encodeur - un décodeur - à la fois un encodeur et un décodeur.

(<https://developers.google.com/machine-learning/glossary?hl=fr#Transformer>)

Smart data : Smart Data se traduit par données intelligentes. Il s'agit d'une approche stratégique du traitement de données, consistant à extraire de la masse de données auxquelles nous avons accès celles qui nous intéressent, dans un délai toujours plus court.

(<https://www.appvizer.fr/magazine/analytique/aide-decision/smart-data>)



Vos contacts.

Nasri Badaoui

Manager

Data Science

PARIS

Nasri.badaoui@sia-partners.com

+33 6 62 62 88 47

Équipe éditoriale.

Nasri Badaoui

Manager Data Scientist.

Eya Kalboussi

Consultante Data Scientist.

Yoann Russello

Consultant Data Scientist.

Lisa Griere

Consultante Data Scientist.

Hugo Perrin

Consultant Data Scientist.

Remerciements.

- **Pierre Capelle** Partner Data Science - Sia Partners
- **Adnan El Bakri** Fondateur de Relyfe, Chirurgien, auteur de "predict cancer with AI"
- **Pierre Folk** Associate Partner Assurance - Sia Partners
- **Jeanne Fourcade** Spécialiste éthique et conformité - Sia Partners
- **Romain Laurans** Managing Director Data Science - Sia Partners
- **Pierre Leplatois** Partner Data Science - Sia Partners
- **Sophie Le Goff** Partner Assurance et Conformité - Sia Partners
- **Thomas Rocafull** Partner Services Financiers - Sia Partners
- **Matthieu Thiboust** CTO - Sia Partners
- **Philippe Saade** Spécialiste IA
- **David Martineau** Deputy CEO - Sia Partners
- **Matthieu Courtecuisse** CEO - Sia Partners

- Abou Dabi
- Allemagne
- Arabie Saoudite
- Belgique
- Canada
- Émirats Arabes Unis
- États-Unis
- France
- Hong Kong RAS
- Italie
- Irlande
- Japon
- Luxembourg
- Maroc
- Panama*
- Pays-Bas
- Qatar
- Royaume-Uni
- Singapour

*Sia Partners Panama, membre du réseau Sia Partners

A thick, solid green diagonal bar that starts from the left edge of the white content box and extends towards the top right, partially overlapping the text.

À propos de Sia Partners.

Pionnier du Consulting 4.0, Sia Partners réinvente le métier du conseil et apporte un regard innovant et des résultats concrets à ses clients. Nous avons développé des solutions basées sur l'Intelligence Artificielle et le design pour augmenter l'impact de nos missions de conseil. Notre présence globale et notre expertise dans plus de 30 secteurs et services nous permettent d'accompagner nos clients dans le monde entier. A travers notre démarche «Consulting for Good», nous mettons notre expertise au service des objectifs RSE de nos clients et faisons du développement durable un levier de performance pour nos clients.