



**CENTRE D'ÉTUDES  
JACQUES GEORGIN**

Le Centre d'Études Jacques Georgin est un centre d'éducation permanente reconnu par la Fédération Wallonie Bruxelles

ASBL Centre d'Études Jacques Georgin, 127, chaussée de Charleroi, 1060 Bruxelles

N° entreprise 0412.759.942. RPM: Tribunal de l'entreprise francophone de Bruxelles. BE30 7320 3232 6111

## **Étude n°1 – 23 du Centre d'études Jacques Georgin**

### **« L'intelligence artificielle, une révolution aux enjeux multiples »**

Bruxelles, le 11 juillet 2023

**Par Christophe DUBOIS**

**Conseiller socio-économique du Centre d'études Jacques Georgin**

## **Avant-propos**

La présente étude du Centre d'Études Jacques Georgin vise à exposer les principaux enjeux liés à la présence croissante de l'intelligence artificielle dans plusieurs aspects de notre quotidien.

À la lecture de cette étude, il est démontré que si l'intelligence artificielle nous aide à progresser, cela ne doit pas nous inciter à déléguer aveuglément nos tâches, lui abandonner notre créativité ainsi que notre vision du monde.

Dans de multiples domaines, le développement de l'IA a un impact en profondeur sur ce que nous faisons, sur nos sociétés et nos économies. C'est pourquoi il est indispensable de légiférer en poursuivant deux objectifs distincts : protéger les citoyens du risque représenté par l'IA et stimuler l'innovation dans ce domaine au niveau européen.

Enfin, au-delà d'une tentative d'exposition des principaux enjeux liés à la présence croissante de l'intelligence artificielle dans plusieurs aspects de notre quotidien, cette étude souhaite inviter à la réflexion quant à l'instauration d'un cadre légal clair visant l'intelligence artificielle, si nous souhaitons sauvegarder notre liberté de penser et ne pas être des spectateurs passifs de son développement.

## I. Qu'est-ce que l'IA (intelligence artificielle) ?

---

Le terme **intelligence artificielle**, fut, notamment, créé par John McCarthy et est souvent abrégé par le sigle **IA**. Un autre de ses créateurs, Marvin Lee Minsky, le définit 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 ». On y trouve donc le côté « artificiel » atteint par l'usage des ordinateurs ou de processus électroniques élaborés et le côté « intelligence » associé à son but d'imiter le comportement. Cette imitation peut se faire dans le raisonnement, par exemple dans les jeux ou la pratique de mathématiques, dans la compréhension des langues naturelles, dans la perception : visuelle (interprétation des images et des scènes), auditive (compréhension du langage parlé) ou par d'autres capteurs, dans la commande d'un robot dans un milieu inconnu ou hostile.

Même si elles respectent globalement la définition de Minsky, il existe un certain nombre de définitions différentes de l'IA qui varient sur deux points fondamentaux :

- Les définitions qui lient la définition de l'IA à un aspect *humain* de l'intelligence, et celles qui la lient à un modèle idéal d'intelligence, non forcément humaine, nommée *rationalité*.
- Les définitions qui insistent sur le fait que l'IA a pour but d'*avoir toutes les apparences* de l'intelligence (humaine ou rationnelle), et celles qui insistent sur le fait que le *fonctionnement interne* du système IA doit ressembler également à celui de l'être humain ou être rationnel.

Après avoir lu ces définitions, nous pouvons identifier deux concepts distincts d'IA : une IA forte et une IA faible.

**Le concept d'intelligence artificielle forte** fait référence à une machine capable non seulement de produire un comportement intelligent, mais d'éprouver une impression d'une réelle conscience de soi, de « vrais sentiments » (quoi qu'on puisse mettre derrière ces mots), et « une compréhension de ses propres raisonnements ».

L'intelligence artificielle forte a servi de moteur à la discipline, mais a également suscité de nombreux débats. En se fondant sur le constat que la conscience a un support biologique et donc matériel, la plupart des scientifiques ne voient pas d'obstacle de principe à créer un jour une intelligence consciente sur un support matériel autre que biologique. Selon les tenants de l'IA forte, si à l'heure actuelle il n'y a pas d'ordinateurs ou de robots aussi intelligents que l'être humain, ce n'est pas un problème d'outil mais de conception. Il n'y aurait aucune limite fonctionnelle (un ordinateur est une machine de Turing universelle avec pour seules limites les limites de la calculabilité), il n'y aurait que des limites liées à l'aptitude humaine à concevoir le programme approprié. Elle permet notamment de modéliser des idées abstraites.

On peut être tenté de comparer la capacité de traitement de l'information d'un cerveau humain à celle d'un ordinateur pour estimer la faisabilité d'une IA forte. Il s'agit cependant d'un exercice purement spéculatif, et la pertinence de cette comparaison n'est pas établie. Cette estimation très grossière est surtout destinée à préciser les ordres de grandeur en présence.

Un ordinateur typique de 1970 effectuait  $10^7$  opérations logiques par seconde, et occupait donc - géométriquement - une sorte de milieu entre une balance de Roberval (1 opération logique par seconde) et le cerveau humain (grossièrement  $2 \times 10^{14}$  opérations logiques par seconde, car formé de  $2 \times 10^{12}$  neurones ne pouvant chacun commuter plus de 100 fois par seconde).

En 2005, un microprocesseur typique traite 64 bits en parallèle (128 dans le cas de machines à double cœur) à une vitesse typique de 2 GHz, ce qui place en *puissance brute* dans les 10

opérations logiques par seconde. En ce qui concerne ces machines *destinées au particulier*, l'écart s'est donc nettement réduit. En ce qui concerne les machines comme Blue Gene, il a même changé de sens.

Le matériel serait donc maintenant présent. Du logiciel à la mesure de ce matériel resterait à développer. En effet, l'important n'est pas de raisonner plus vite, en traitant plus de données, ou en mémorisant plus de choses que le cerveau humain, l'important est de traiter les informations de manière appropriée.

L'IA souligne la difficulté à expliciter toutes les connaissances utiles à la résolution d'un problème complexe. Certaines connaissances dites implicites sont acquises par l'expérience et mal formalisables. Par exemple, qu'est-ce qui distingue un visage familier de deux cents autres ? Nous ne savons clairement l'exprimer.

L'apprentissage de ces connaissances implicites par l'expérience semble une voie prometteuse. Néanmoins, un autre type de complexité apparaît, la complexité structurelle. Comment mettre en relation des modules spécialisés pour traiter un certain type d'informations, par exemple un système de reconnaissance des formes visuelles, un système de reconnaissance de la parole, un système lié à la motivation, à la coordination motrice, au langage, etc. En revanche, une fois un tel système conçu et un apprentissage par l'expérience réalisé, l'intelligence du robot pourrait probablement être dupliquée en grand nombre d'exemplaires.

**Le concept d'intelligence artificielle faible** constitue une approche pragmatique d'ingénieur : chercher à construire des systèmes de plus en plus autonomes (pour réduire le coût de leur supervision), des algorithmes capables de résoudre des problèmes d'une certaine classe, etc. Mais, cette fois, la machine simule l'intelligence, elle semble agir *comme si* elle était intelligente. On en voit des exemples concrets avec les programmes conversationnels qui tentent de passer le test de Turing, comme ELIZA. Ces programmes parviennent à imiter de façon grossière le comportement d'humains face à d'autres humains lors d'un dialogue. Ces programmes « semblent » intelligents, mais ne le sont pas. Les tenants de l'IA forte admettent qu'il y a bien dans ce cas une simulation de comportements intelligents, mais qu'il est aisé de le découvrir et qu'on ne peut donc généraliser. En effet, si on ne peut différencier expérimentalement deux comportements intelligents, celui d'une machine et celui d'un humain, comment peut-on prétendre que les deux choses ont des propriétés différentes ? Le terme même de « simulation de l'intelligence » est contesté et devrait, toujours selon eux, être remplacé par « reproduction de l'intelligence ».

Les tenants de l'IA faible arguent que la plupart des techniques actuelles d'intelligence artificielle sont inspirées de leur paradigme. Ce serait par exemple la démarche utilisée par IBM dans son projet nommé Autonomic computing. La controverse persiste néanmoins avec les tenants de l'IA forte qui contestent cette interprétation.

Simple évolution, donc, et non révolution : l'intelligence artificielle s'inscrit à ce compte dans la droite succession de ce qu'ont été la recherche opérationnelle dans les années 1960, la Supervision (en anglais : process control) dans les années 1970, l'aide à la décision dans les années 1980 et le data mining dans les années 1990. Et, qui plus est, avec une certaine *continuité*.

Il s'agit surtout d'intelligence humaine reconstituée, et de programmation d'un apprentissage.

Le sémanticien François Rastier, après avoir rappelé les positions de Turing et de Grice à ce sujet, propose six « préceptes » conditionnant un système de dialogue évolué, en précisant qu'elles sont déjà mises en œuvre par des systèmes existants :

- objectivité (utilisation d'une base de connaissances par le système)
- textualité (prise en compte d'interventions de plus d'une phrase, qu'elles émanent du système ou de l'utilisateur)

- apprentissage (intégration au moins temporaire d'informations issues des propos de l'utilisateur)
- questionnement (demande de précisions de la part du système)
- rectification (suggestion de rectifications à la question posée, lorsque nécessaire)
- explicitation (explicitation par le système d'une réponse qu'il a apportée précédemment).

Il suggère aussi que le système devrait être en mesure de se faire par lui-même une représentation de l'utilisateur auquel il a affaire, pour s'adapter à lui. De son côté, l'utilisateur a tendance à s'adapter au système à partir du moment où il a bien compris qu'il s'adresse à une machine : il ne conversera pas de la même manière avec un système automatisé qu'avec un interlocuteur humain, ce qui présente pour le concepteur l'avantage pragmatique de simplifier certains aspects du dialogue.

## II. La conception de systèmes d'IA

---

Au fil du temps, certains langages de programmation se sont avérés plus commodes que d'autres pour écrire des applications d'intelligence artificielle. Parmi ceux-ci, Lisp et Prolog furent sans doute les plus médiatisés. Lisp constituait une solution ingénieuse pour faire de l'intelligence artificielle en FORTRAN. ELIZA (le premier chatterbot, donc pas de la « véritable » intelligence artificielle) tenait en trois pages de SNOBOL.

On utilise aussi, plus pour des raisons de disponibilité et de performance que de commodité, des langages classiques tels que C ou C++. Lisp a eu pour sa part une série de successeurs plus ou moins inspirés de lui, dont le langage Scheme.

Des programmes de démonstration de théorèmes géométriques simples ont existé dès les années 1960 ; et des logiciels aussi triviaux que Maple et Mathematica effectuent aujourd'hui des travaux d'*intégration symbolique* qui il y a trente ans encore étaient du ressort d'un étudiant de *mathématiques supérieures*. Mais ces programmes ne *savent* pas plus qu'ils effectuent des démonstrations géométriques ou algébriques que Deep Blue ne savait qu'il jouait aux échecs (ou un programme de facturation qu'il calcule une facture). Ces cas représentent donc plus des *opérations intellectuelles assistées par ordinateur* faisant appel à la puissance de calcul que de l'*intelligence artificielle* à proprement parler.

## III. Les différentes facettes de l'IA

---

On peut considérer différents dispositifs intervenant, ensemble ou séparément, dans un système d'intelligence artificielle tels que :

- Le dialogue automatique : se faire comprendre en lui parlant,
- Traduction automatique, si possible en temps réel ou très légèrement différé, comme dans le film « Dune »,
- Le traitement automatique des langues,
- Le raisonnement automatique,

- L'apprentissage automatique,
- La composition musicale automatique.
- La reconnaissance de formes, des visages et la vision en général, etc.
- Intégration automatique d'informations provenant de sources hétérogènes, (fusion de données)
- L'émotion artificielle (voir Les travaux de :Rosalind Picard sur l'émotion) et l'éventualité d'une subjectivité artificielle
- Etc.

Les réalisations actuelles de l'intelligence artificielle peuvent intervenir dans les fonctions suivantes :

- Aide aux diagnostics
- L'aide à la décision.
- Résolution de problèmes complexes, tels que les problèmes d'allocation de ressources.
- Assistance par des machines dans les tâches dangereuses, ou demandant une grande précision,
- Automatisation de tâches
- etc.

## IV. Les précurseurs de l'IA

---

### 4.1. Les automates

- Une des plus anciennes traces du thème de « l'homme dans la machine » date de 800 avant notre ère, en Égypte. La statue du dieu Amon levait le bras pour désigner le nouveau pharaon parmi les prétendants qui défilaient devant lui, puis elle « prononçait » un discours de consécration. Les Égyptiens étaient probablement conscients de la présence d'un prêtre actionnant un mécanisme et déclarant les paroles sacrées derrière la statue, mais cela ne semblait pas être pour eux contradictoire avec l'incarnation de la divinité.
- Vers la même époque, **Homère**, dans *L'Iliade* (XVIII, 370–421), décrit les automates réalisés par le dieu forgeron Héphaïstos : des trépieds munis de roues en or, capables de porter des objets jusqu'à l'Olympe et de revenir seuls dans la demeure du dieu ; ou encore, deux servantes forgées en or qui l'assistent dans sa tâche. De même, le Géant de bronze Talos, gardien des rivages de la Crète, était parfois considéré comme une œuvre du dieu.
- **Vitruve**, architecte romain, décrit l'existence entre le III<sup>e</sup> et le I<sup>er</sup> siècle avant notre ère, d'une école d'ingénieurs fondée par Ctesibius à Alexandrie, et concevant des mécanismes destinés à l'amusement tels des corbeaux qui chantaient.
- **Héron L'Ancien** décrit dans son traité « Automates », un carrousel animé grâce à la vapeur et considéré comme anticipant les machines à vapeur.
- Les automates disparaissent ensuite jusqu'à la fin du Moyen Âge.

- On a prêté à **Roger Bacon** la conception d'automates doués de la parole; en fait, probablement de mécanismes simulant la prononciation de certains mots simples.
- **Léonard de Vinci** a construit un automate en forme de lion en l'honneur de Louis XII.
- **Gio Battista Aleotti** et **Salomon de Caus** ont construit des oiseaux artificiels et chantants, des flûtistes mécaniques, des nymphes, des dragons et des satyres animés pour égayer des fêtes aristocratiques, des jardins et des grottes.
- **René Descartes** aurait conçu en 1649 un automate qu'il appelait « ma fille Francine ». Il conduit par ailleurs une réflexion d'un modernisme étonnant sur les différences entre la nature des automates, et celles d'une part des animaux (pas de différence) et d'autre part celle des hommes (pas d'assimilation). Ces analyses en font le précurseur méconnu d'un des principaux thèmes de la science-fiction : l'indistinction entre le vivant et l'artificiel, entre les hommes et les robots, les androïdes ou les intelligences artificielles.
- **Jacques de Vaucanson** a construit en 1738 un « canard artificiel de cuivre doré, qui boit, mange, cancanne, barbote et digère comme un vrai canard ». Il était possible de programmer les mouvements de cet automate, grâce à des pignons placés sur un cylindre gravé, qui contrôlaient des baguettes traversant les pattes du canard. L'automate a été exposé pendant plusieurs années en France, en Italie et en Angleterre, et la transparence de l'abdomen permettait d'observer le mécanisme interne. Le dispositif permettant de simuler la digestion et d'expulser une sorte de bouillie verte fait l'objet d'une controverse. Certains commentateurs estiment que cette bouillie verte n'était pas fabriquée à partir des aliments ingérés, mais préparée à l'avance. D'autres estiment que cet avis n'est fondé que sur des imitations du canard de Vaucanson. Malheureusement, l'incendie du Musée de Nijni Novgorod en Russie vers 1879 détruisit cet automate.
- Les artisans **Pierre et Louis Jaquet-Droz** fabriquèrent parmi les meilleurs automates fondés sur un système purement mécanique, avant le développement des dispositifs électromécaniques. Certains de ces automates, par un système de cames multiples, étaient capables d'écrire un petit billet (toujours le même).
- Le conte d'Hoffmann (et ballet) *L'Homme au sable* décrit une poupée mécanique dont s'éprend le héros.

#### 4.2. La pensée automatique

Les processus cognitifs peuvent-ils se réduire à un simple calcul ? Et si tel est le cas, quels sont les symboles et les règles à employer ?

Les premiers essais de formalisation de la pensée sont les suivants :

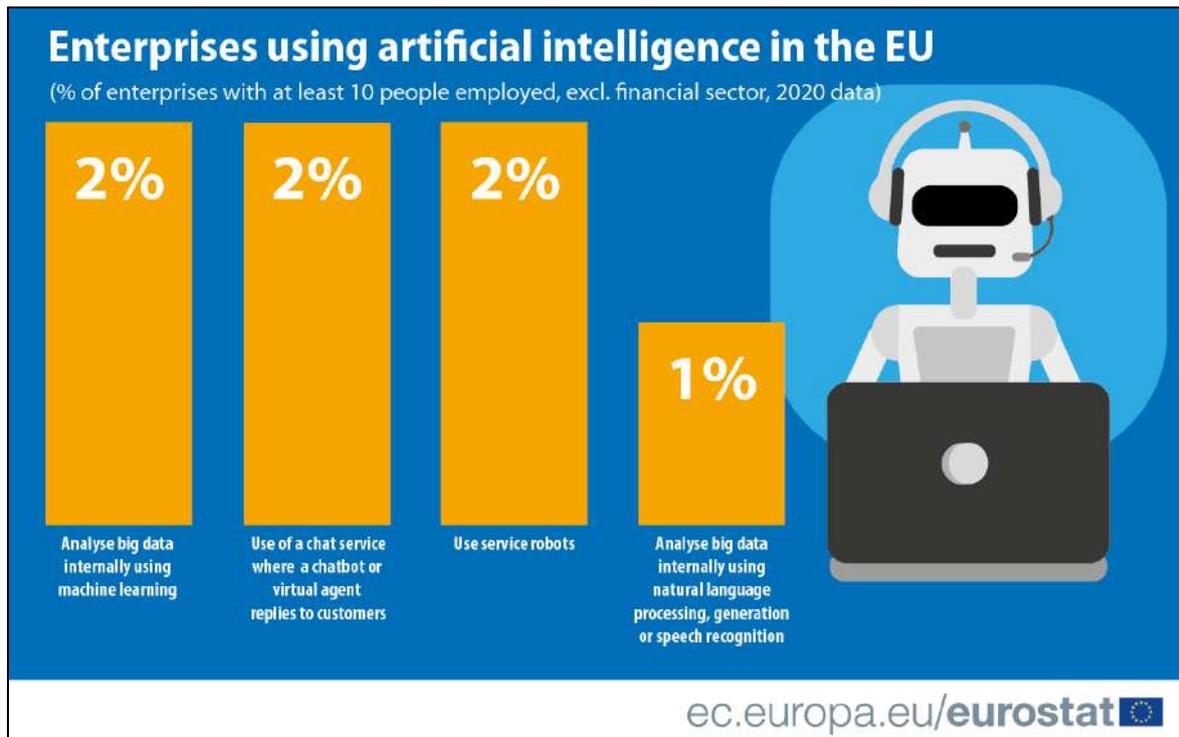
- **Raymond Lulle**, missionnaire, philosophe, et théologien espagnol du XIII<sup>e</sup> siècle, a fait la première tentative pour engendrer des idées par un système mécanique. Il combinait aléatoirement des concepts grâce à une sorte de règle à calculer, un zairja, sur laquelle pivotaient des disques concentriques gravés de lettres et de symboles philosophiques. Il baptisa sa méthode Grand Art (Ars Magna), fondée sur l'identification de concepts de base, puis leur combinaison mécanique soit entre eux, soit avec des idées connexes. Raymond Lulle appliqua sa méthode à la métaphysique, puis à la morale, à la médecine et à l'astrologie. Mais il n'utilisait que la logique *déductive*, ce qui ne permettait pas à son système d'acquérir un apprentissage, ni davantage de remettre en cause ses principes de départ : seule la logique inductive le permet.
- **Gottfried Wilhelm Leibniz**, au XVII<sup>e</sup> siècle, a imaginé un calcul pensant (*calculus ratiator*), en assignant un nombre à chaque concept. La manipulation de ces nombres aurait permis de résoudre les questions les plus difficiles, et même d'aboutir à un langage

universel. Leibniz a toutefois démontré que l'une des principales difficultés de cette méthode, également rencontrée dans les travaux modernes sur l'intelligence artificielle, est l'interconnexion de tous les concepts, ce qui ne permet pas d'isoler une idée de toutes les autres pour simplifier les problèmes liés à la pensée.

- **George Boole** a inventé la formulation mathématique des processus fondamentaux du raisonnement, connue sous le nom d'algèbre de Boole. Il était conscient des liens de ses travaux avec les mécanismes de l'intelligence, comme le montre le titre de son principal ouvrage paru en 1854 : « *Les lois de la pensée* » (*The laws of thought*), sur l'algèbre booléenne.
- **Gottlob Frege** perfectionna le système de Boole en inventant le concept de prédicat, qui est une entité logique soit vraie, soit fausse (toute maison a un propriétaire), mais contenant des variables non logiques, n'ayant en soit aucun degré de vérité (maison, propriétaire). Cette invention eut une grande importance puisqu'elle permit de démontrer des théorèmes généraux, simplement en appliquant des règles typographiques à des ensembles de symboles. La réflexion en langage courant ne portait plus que sur le choix des règles à appliquer. Par ailleurs, seul l'utilisateur connaît le sens des symboles qu'il a inventés, ce qui ramène au problème de la signification en intelligence artificielle, et de la subjectivité des utilisateurs.
- **Bertrand Russell** et **Alfred North Whitehead** publièrent au début du XX<sup>e</sup> siècle un ouvrage intitulé « *Principia mathematica* », dans lequel ils résolvent des contradictions internes à la théorie de Gottlob Frege. Ces travaux laissaient espérer d'aboutir à une formalisation complète des mathématiques.
- **Kurt Gödel** démontre au contraire que les mathématiques resteront une construction ouverte, en publiant en 1931 un article intitulé « *Des propositions formellement indécidables contenues dans les Principia mathematica et autres systèmes similaires* ». Sa démonstration est qu'à partir d'une certaine complexité d'un système, on peut y créer plus de propositions logiques qu'on ne peut en démontrer vraies ou fausses. L'arithmétique, par exemple, ne peut trancher par ses axiomes si on doit accepter des nombres dont le carré soit  $-1$ . Ce choix reste *arbitraire* et n'est en rien lié aux axiomes de base. Le travail de Gödel suggère qu'on pourra créer ainsi un nombre arbitraire de nouveaux axiomes, compatibles avec les précédents, au fur et à mesure qu'on en aura besoin. Si l'*arithmétique* est démontrée incomplète, le *calcul des prédicats* (logique formelle) est au contraire démontré par Gödel comme *complet*.
- **Alan Turing** parvient aux mêmes conclusions que Kurt Gödel, en inventant des machines abstraites et universelles (rebaptisées les machines de Turing), dont les ordinateurs modernes sont considérés comme des concrétisations. Il démontre l'existence de calculs qu'aucune machine ne peut faire (un humain pas davantage, dans les cas qu'il cite), sans pour autant que cela constitue pour Turing un motif pour douter de la faisabilité de machines pensantes répondant aux critères du test de Turing (imitation de la conversation humaine).
- **Irving John Good, Myron Tribus et E.T. Jaynes** ont décrit de façon très claire les principes assez simples d'un *robot à logique inductive* utilisant les principes de l'inférence bayésienne pour enrichir sa base de connaissances sur la base du Théorème de Cox-Jaynes. Ils n'ont malheureusement pas traité la question de la façon dont on pourrait stocker ces connaissances sans que le mode de stockage entraîne un *biais cognitif*. Le projet est voisin de celui de Raymond Lulle, mais fondé cette fois-ci sur une logique inductive, et donc propre à résoudre quelques problèmes *ouverts*.
- Robot à logique inductive

- Des chercheurs comme Alonzo Church ont posé des limites pratiques aux ambitions de la raison, en orientant la recherche (Herbert Simon, Michael Rabin, Stephen Cook) vers l'obtention des solutions en temps fini, ou avec des ressources limitées, ainsi que vers la catégorisation des problèmes selon des classes de difficulté (en rapport avec les travaux de Cantor sur l'infini).

## V. Le point sur l'utilisation de l'IA au sein des entreprises



Avec la nouvelle réglementation sur l'intelligence artificielle présentée par l'Union européenne en avril 2021, les entreprises et institutions disposent d'indications supplémentaires si elles souhaitent favoriser l'arrivée de l'IA dans leur stratégie. Une enquête d'Eurostat sur l'utilisation des technologies d'information et de communication dans les entreprises menée par la Commission européenne a permis de mettre en avant l'adoption de l'IA au sein des sociétés.

L'étude réalisée s'est intéressée aux applications de l'IA dans quatre systèmes :

- Les services de chat où un chatbot ou un agent virtuel répond aux clients ;
- L'utilisation de toute technique de machine learning afin d'analyser les big data ;
- L'utilisation du traitement automatique du langage naturel (NLP) ;
- La génération de langage naturel ou de reconnaissance vocale pour l'analyse de big data.

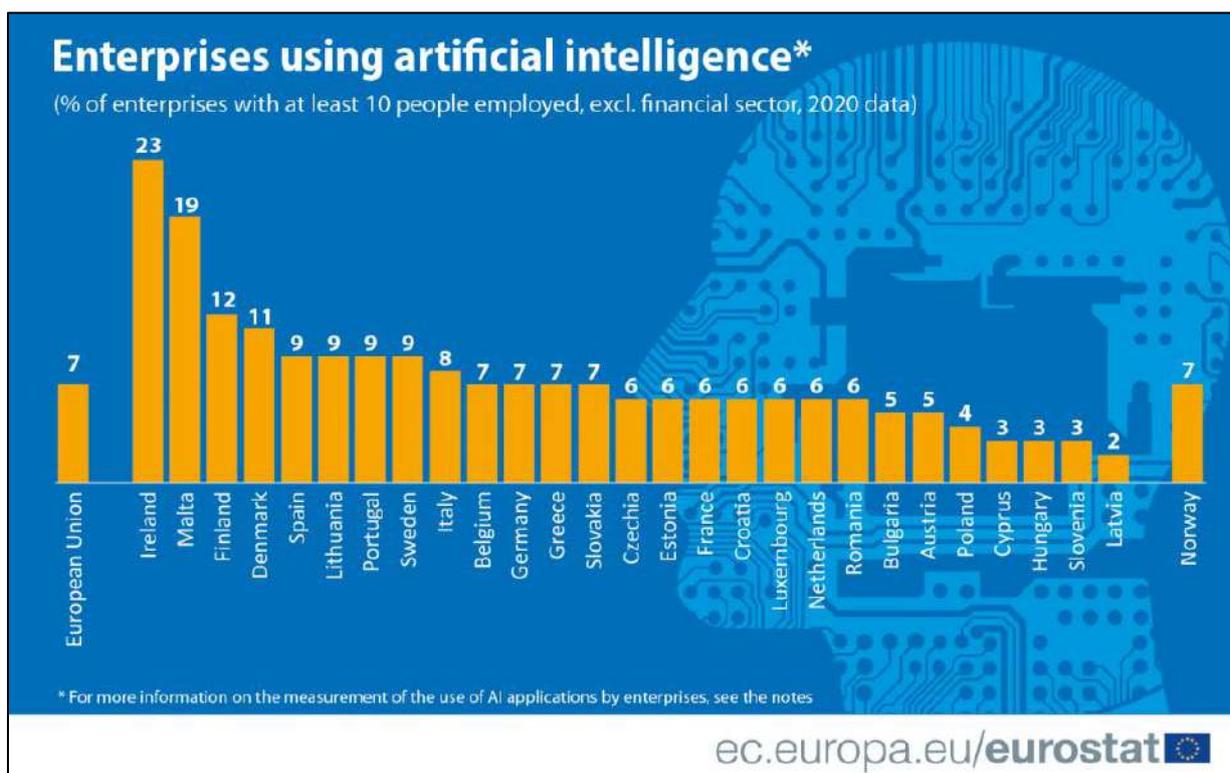
Les résultats ont montré que 7% des entreprises européennes comptant au moins dix employés se servent de l'intelligence artificielle à l'aide de l'un (ou de plusieurs) des quatre systèmes précédemment évoqués.

Pour ce qui est de l'analyse des big data, 2% des entreprises utilisent le machine learning, 1% génère un langage naturel, utilise le NLP ou la reconnaissance vocale. 2% des entreprises utilisent

le chatbot ou l'agent virtuel dans leurs services d'après-vente ou d'aide à la clientèle. Les 2% restants exploitent ces quatre systèmes afin de concevoir des robots de service plus ou moins autonome dans la réalisation de tâches de nettoyages, de tri, d'aide à la clientèle etc.

Un autre aspect évoqué dans cette étude concerne les attentes des entreprises quant à leur utilisation de l'intelligence artificielle. Les sociétés souhaitent que l'IA soit utile pour augmenter la productivité, faire grandir leur chiffre d'affaires, pour encourager la création de nouveaux profils d'emplois et pour améliorer les façons de travailler dans différents secteurs.

Si les chiffres fournis par Eurostat montre que l'utilisation des systèmes d'IA dans les entreprises est relativement faible, elle dévoile aussi les inégalités existantes entre les différents pays membres de l'Union Européenne. Si la moyenne au sein de l'Europe est de 7%, certains pays dépassent ce seuil.



L'Irlande (23%), Malte (19%), la Finlande (12%) ou encore le Danemark (11%) sont les quatre pays où l'IA est utilisée par au moins une entreprise sur dix. En bas de classement, on retrouve Chypre (3%), la Hongrie (3%), la Slovénie (3%) et la Lettonie (2%), seules trois entreprises sur cent utilisent l'IA dans ces quatre états. La France, quant à elle, se situe en milieu de classement, accompagnée de pays comme l'Estonie, la Croatie, le Luxembourg ou les Pays-Bas avec 6% des entreprises utilisant l'IA.

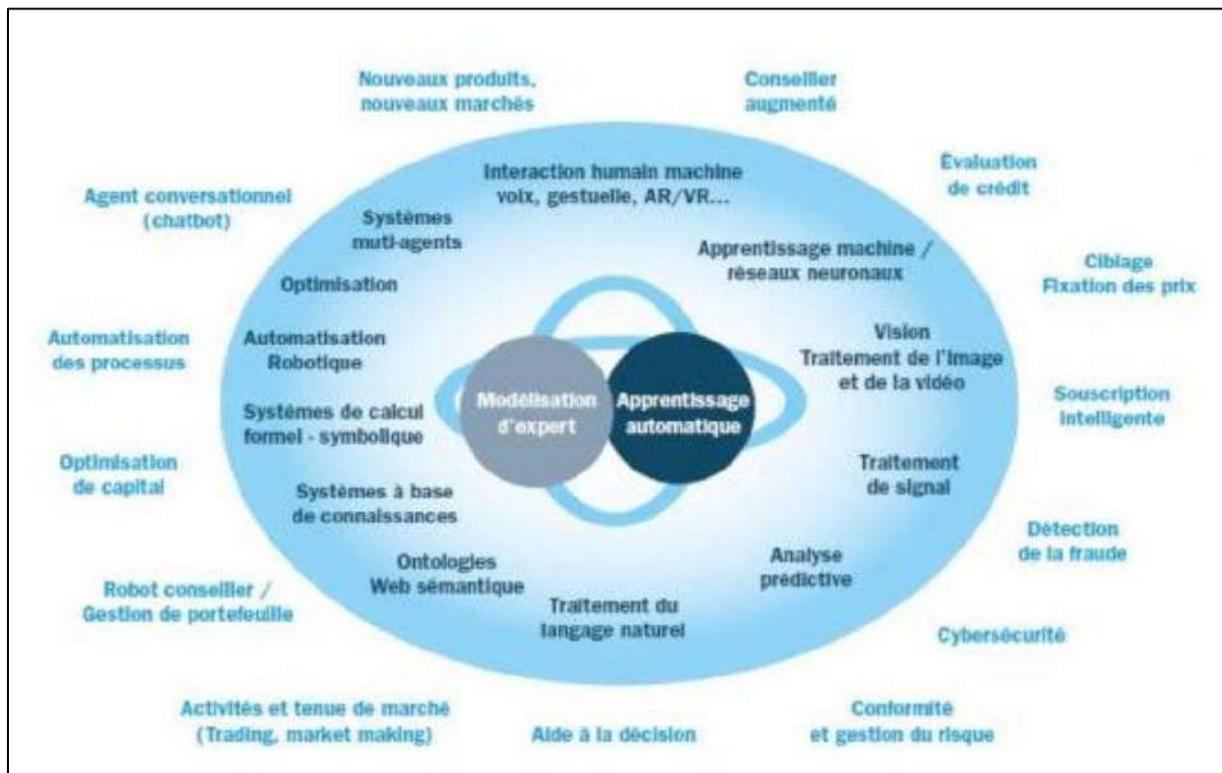
Si l'on reprend chacun des quatre systèmes :

- la Finlande (6%) est le pays où les systèmes de chatbot et d'agent virtuel sont les plus utilisés, contrairement à la France (1%) qui fait partie des derniers du classement.
- L'Irlande (20%) reste en tête pour ce qui est des techniques de machine learning. Les entreprises françaises ne sont que 2% à les exploiter, en corrélation avec la moyenne européenne.

- L'analyse de la big data grâce au NLP et à la reconnaissance vocale n'est pas quelque chose de très exploité en Europe, la Suède avec 4% d'utilisation est en tête. La France est dans la moyenne avec 1%.
- Les robots de service sont utilisés par 3% des entreprises en France, c'est un peu mieux que la moyenne européenne (2%) mais légèrement en dessous du Danemark (5%).

## VI. Les domaines d'applications de l'IA

### 6.1. Le secteur bancaire et financier<sup>1</sup>



À l'instar des autres secteurs du droit, la réglementation bancaire et financière repose sur le postulat d'une supervision humaine, éventuellement aidée par la machine ; l'IA inverse cette proposition, induisant des bouleversements majeurs dans la banque de détail, la banque d'investissement et en matière de conformité.

#### 6.1.1. L'IA au service des activités de banque de détail

*Le grand public connaît déjà l'IA à travers les assistants bancaires et les simulateurs « en ligne » : chatbots (envoi et réception de messages écrits), voicebots (envoi et réception de messages vocaux) et analyseurs de mails notamment, dont l'objectif est de faciliter la compréhension des offres de produits et de services financiers.*

*Ainsi, chez nos voisins d'outre-Quévrain, l'agent virtuel d'Orange Bank, Djingo, a pour vocation de répondre aux questions des clients ou de les mettre en relation avec un conseiller, et traiterait en moyenne 17 000 conversations par semaine, avec un taux de compréhension des questions posées de 85%. L'assistant virtuel aurait, en outre, vocation à évoluer vers un rôle de coach financier virtuel, anticipant les besoins de clients en leur proposant des services de manière proactive. L'assistant virtuel de Crédit Mutuel-CIC répondrait quant à lui aux questions des*

*conseillers, afin de mieux les guider dans la relation client : un analyseur de courrier électronique détecterait l'urgence des demandes reçues et identifierait automatiquement les plus fréquentes d'entre elles (déclaration de fraude, prise de rendez-vous, etc.) en préremplissant la réponse au client, pourvu que la question posée par ce dernier ait été suffisamment explicite. Erica, le chatbot de Bank of America, serait quant à lui en mesure de répondre aux questions les plus souvent posées par les clients, qu'il s'agisse de trouver trace des transactions passées (« Ai-je récemment reçu des remboursements ? »), d'effectuer des demandes de paiements (virements, prélèvements, etc.) ou encore de consulter le solde de leurs comptes.*

*L'IA se décline également dans le conseil « automatisé » (ou robo-advice) que le Conseil de la stabilité financière (Financial Stability Board, FSB) définit comme un type d'application fournissant des services allant des recommandations financières automatisées au courtage en ligne en passant par la gestion de portefeuille (mandat libre ou conseillé) selon une intervention humaine très limitée voire inexistante. Les robo-advisors se fondent sur le profil du client, déterminé au moyen d'un questionnaire que ce dernier doit remplir, tenant compte de l'historique de ses transactions, pour lui allouer un portefeuille compatible avec son profil de risque, lui conseillant, en fonction de l'évolution des marchés, de prendre certaines décisions d'investissement.*

*L'IA permet également aux banques de détail de mieux cibler et noter (scorer) les clients, à partir d'un ensemble de données (historique des paiements, activité sur les médias sociaux, messages textuels, mails, etc.) dont se déduisent des comportements et des habitudes de consommation, éclairant les chances de remboursement d'un crédit et partant, le risque d'insolvabilité de l'emprunteur ; les délais de traitements des demandes de crédit (en particulier de consommation) des clients en sont améliorés, à la grande satisfaction de ceux-ci. Les banques et entreprises d'assurance peuvent également s'appuyer sur les services de prestataires tiers, dans le cadre de la décision d'octroi de crédit ou afin d'anticiper les risques de retrait de liquidité des clients, ce qui renforce l'intérêt de l'utilisation de l'IA dans le calcul du ratio de liquidité. L'apparition de nouvelles plateformes de crédit, favorisée par l'IA, reliant directement les prêteurs aux emprunteurs (credit FinTech), permet quant à elle de réduire la dépendance de ceux-ci à l'égard des prêts bancaires, et crée une nouvelle structure de partage des risques plus diversifiée, pourvu qu'on en maîtrise les risques spécifiques.*

*L'IA est également appelée à jouer un rôle important dans la maîtrise des risques liés à l'utilisation de l'Internet (ou cyber-risques) notamment en matière de paiements où le risque de fraude n'a fait que croître en termes de volume et de récurrence, en plus d'autres techniques comme la biométrie comportementale qui permet de créer un « profil » plus spécifique à l'utilisateur en tenant compte de son mode habituel d'utilisation des téléphones et des tablettes (force de frappe sur l'écran, angles de balayage, vitesse de saisie, habitudes de frappe sur un clavier, etc.).*

### 6.1.2. L'IA au service des activités des banques d'investissement

*Le trading sur les marchés financiers s'appuie également de plus en plus sur l'IA afin d'identifier les tendances de marché et même de « prédire » ou anticiper le cours des actions.*

*L'IA permet également à certains acteurs de marché tels que les banques ou les « référentiels centraux » d'identifier les incohérences et les anomalies (fraude extérieure, délits d'initiés, erreurs de type « fat finger », etc.) des données qu'ils collectent et de les corriger le cas échéant (par exemple, en appariant les paires probables de transactions pour les réconcilier ou en « interpolant » des données manquantes). Certaines banques ont également pu recourir à des sociétés spécialisées dans l'amélioration de la détection automatique des fraudes.*

*Les effets potentiels de l'IA sur la stabilité financière doivent cependant être maîtrisés, en raison notamment du risque de « comportements de masse » de clients bénéficiant d'un conseil identique produit par l'algorithme au motif qu'ils ont le même « profil » de risque.*

---

<sup>1</sup> <https://www.lesechos.fr/partenaires/dla-piper/intelligence-artificielle-dans-le-secteur-bancaire-et-financier-1294948>

*Les entités régulées doivent se soumettre à un nombre croissant d'obligations réglementaires : la directive et le règlement sur les marchés d'instruments financiers (respectivement dits « MiFID II » et « MiFIR » et ensemble, « MIF II » ), la directive concernant les organismes de placement collectif en valeurs mobilières (OPCVM) (dite « UCITS » (14)) et les gestionnaires de fonds d'investissement alternatif (dite « AIFMD »), etc. ; l'IA peut les y aider, en transposant ces normes en langage informatique, réduisant potentiellement les coûts d'interprétation et de mise en œuvre de la réglementation, notamment en matière de déclaration (reporting) des transactions (issues de MIF II, du règlement sur les produits dérivés, dit « EMIR ») et du règlement sur les cessions temporaires de titres (dit « SFTR »), aux référentiels centraux (entreprises collectant ces données et les mettant à disposition des autorités). L'IA pourrait ainsi contribuer à améliorer la rapidité, la qualité et la pertinence de la sélection des données déclarées et leur transmission à l'autorité concernée, en signalant ou en « auto-corrigeant » les anomalies éventuelles (erreurs, champs vides, etc.), ce qui pourrait avoir un impact sur la mesure du risque prudentiel des établissements concernés.*

*L'IA pourrait également permettre d'améliorer la chaîne de traitement des diligences liées à la connaissance des clients (know your customer ou « KYC ») notamment pour les besoins de l'identification de personnes politiquement exposées, de l'application des règles relatives aux embargos, à la corruption et à la lutte contre le blanchiment et le financement du terrorisme. Le processus KYC, souvent dupliqué auprès de plusieurs services d'un même établissement bancaire ou d'une même entreprise d'investissement est en pratique, généralement coûteux et chronophage. Des prestataires ont ainsi pu développer certaines solutions permettant d'automatiser le processus de lecture, d'analyse, de contrôle, de recherche et d'extraction des informations contenues dans les documents communiqués par les clients à leur banque.*

*L'IA trouve encore son utilité dans le cadre des obligations prudentielles applicables aux entités régulées, et plus particulièrement, pour les besoins de l'« optimisation » du capital réglementaire, grâce à laquelle des banques auraient économisé de 5 % à 15 % de leurs actifs pondérés. Certains établissements utiliseraient l'IA pour réduire le coût de leurs obligations de mobilisation des actifs en garantie des obligations liées aux transactions sur produits dérivés (couverture sous forme de marge initiale) requise par le règlement européen EMIR précité, tandis que d'autres optimiseraient ainsi leurs stress tests par une meilleure modélisation de leurs activités sur les marchés financiers grâce à la prise en compte d'une grande quantité de données pertinentes, permettent de déceler des « biais », et de mettre en place des modèles plus performants et plus transparents.*

## 6.2. Le secteur de la défense et de la sécurité

À l'heure actuelle, pour avoir accès aux technologies appropriées, les gouvernements doivent composer avec un processus d'approvisionnement complexe. C'est pourquoi ils commencent à s'intéresser à d'autres types de modèles budgétaires et à des solutions d'approvisionnement agiles pouvant prendre en charge des projets pilotes, assurer une plus grande transparence du processus d'appel d'offres et intégrer toute une gamme de fournisseurs de services.

Le secteur de la défense et de la sécurité est un précurseur en matière d'innovation et de technologie. Les organisations de sécurité comptent parmi les plus grands producteurs et consommateurs de données; en proportion, elles détiennent déjà plus de données que les autres entreprises en raison de la nature de leurs activités. Ce secteur doit cependant relever de nombreux défis bien particuliers lorsque vient le temps d'obtenir des solutions, de les préparer, de les mettre en place et d'en généraliser l'utilisation. Étant donné la quantité d'actifs concernés – ressources humaines, véhicules, matériel, technologies, etc. –, les efforts nécessaires pour créer des solutions qui fonctionnent peuvent être immenses. De plus, les ministères doivent faire plus avec moins. Les budgets sont surveillés de très près. Pour répondre à la pression mondiale grandissante qu'ils subissent pour accroître les capacités, les ministères doivent utiliser leurs programmes et leurs ressources actuels de manière plus efficace et plus efficiente.

L'IA possède le potentiel d'élargir les horizons de façon complètement nouvelle. Dans le contexte de la croissance exponentielle des données et des capacités techniques, de l'évolution de la

technologie et du pouvoir de traitement, et des investissements que les gouvernements effectuent dans la recherche et le développement en IA, le secteur public est prêt à mettre en œuvre de nouveaux outils qui contribueront à raccourcir le processus décisionnel. Qu'elles mènent leurs activités dans les domaines des forces armées, des services de police ou de la sécurité aux frontières, les organisations du secteur de la défense et de la sécurité doivent livrer bataille sur plusieurs fronts : exploiter leurs données, rationaliser leurs fonctions actuelles, mettre en œuvre de nouvelles technologies, tenir compte des questions d'éthique et se procurer les outils nécessaires à l'atteinte de leurs objectifs. Les technologies perturbatrices et les capacités numériques constituent une arme à double tranchant : elles présentent une multitude de possibilités d'améliorer les fonctions de défense et de sécurité, mais elles offrent aussi une multitude de nouveaux moyens pour les criminels et les terroristes de perfectionner leur mode de fonctionnement. Les capacités des services de sécurité locaux et nationaux suffisent de moins en moins à la demande. À l'heure actuelle, la sophistication des sources de menace dans le monde progresse de manière exponentielle : des informations sont échangées sur le web invisible, il devient plus difficile d'enquêter sur les crimes commis, l'informatisation crée de nouveaux points d'attaque et les informations sont faciles à falsifier et à diffuser. Le monde est plus complexe que jamais. L'IA et les outils de traitement de l'information jouent un rôle déterminant en aidant les gouvernements à prendre les bonnes décisions de défense et de sécurité.

Voici les principaux domaines dans lesquels les technologies fondées sur l'IA peuvent servir à maximiser la valeur des actifs et à accroître les ressources :

	Détection	Planification	Opérations sur le terrain	Fonctions de soutien
Forces armées	Utiliser des systèmes d'IA pour recueillir des flux de données de surveillance et les analyser. Utiliser des capteurs intelligents pour repérer et suivre des objets ou du personnel.	Utiliser les données disponibles et des algorithmes d'apprentissage machine pour mieux prévoir les besoins en ressources pour les missions et les exercices d'entraînement ainsi que les coûts connexes.	Fournir des données en temps réel et des évaluations rapides pour améliorer l'issue des missions. Protéger les gens, les actifs et les renseignements.	Accélérer le processus d'approvisionnement et gérer les contrats avec les fournisseurs. Procurer des solutions de budgétisation intelligentes. Soutenir les fonctions des RH visant un recrutement intelligent, les services automatisés et les demandes relatives à la paie.
Services de police	Utiliser des algorithmes d'IA et des capteurs intelligents pour repérer des personnes et des objets dans des données numériques et des activités de maintien de l'ordre pour procurer une compréhension globale des	Utiliser les données disponibles et des algorithmes d'apprentissage machine pour mieux prévoir les menaces potentielles et déployer les ressources nécessaires.	Utiliser l'analyse fondée sur le raisonnement et des réseaux neuronaux pour gérer la collecte et l'interprétation des données sur des enquêtes en cours.	Accélérer le processus d'approvisionnement et gérer les contrats avec les fournisseurs. Procurer des solutions de budgétisation intelligentes. Soutenir les fonctions des RH visant un recrutement intelligent, les services automatisés

	scénarios de crise.			et les demandes relatives à la paie.
Sécurité des frontières	Utiliser des algorithmes d'IA et des capteurs intelligents pour repérer les personnes et les objets pouvant présenter un danger aux postes frontaliers, aux postes de contrôle douaniers et à d'autres endroits.	Utiliser les données disponibles et des algorithmes d'apprentissage machine pour mieux prévoir l'activité des voyageurs, les menaces potentielles et l'affectation des ressources aux postes de contrôle de sécurité.	Utiliser des systèmes d'IA pour analyser les tendances et les habitudes à partir des données d'un voyageur et mieux repérer les activités suspectes.	Accélérer le processus d'approvisionnement et gérer les contrats avec les fournisseurs. Procurer des solutions de budgétisation intelligentes. Soutenir les fonctions des RH visant un recrutement intelligent, les services automatisés et les demandes relatives à la paie.

### 6.2.1. Les forces armées

De la planification des missions à la technologie des capteurs, sans oublier la surveillance par drones et même les véhicules autonomes, les organisations militaires recherchent des moyens d'utiliser l'IA pour obtenir un avantage déterminant, tant pour leurs opérations que pour leurs fonctions de soutien.

L'application de l'IA dans le domaine militaire comporte des défis uniques en leur genre. La collecte d'une grande quantité de données suppose aussi que l'on tienne compte de la qualité des données, de l'endroit où elles sont stockées, des personnes qui y ont accès, de leur classement et de leur centralisation. Les systèmes et les technologies actuels présentent des problèmes intrinsèques de compatibilité avec la façon dont les données sont saisies et traitées. Les limitations de l'infrastructure technique compliquent par conséquent la mise en œuvre de l'IA<sup>4</sup>. En outre, les organisations militaires utilisent des réseaux fermés, ce qui rend encore plus complexe l'accès aux renseignements au moyen des nouvelles technologies. Les fournisseurs potentiels d'IA doivent se demander comment ils peuvent intégrer l'infrastructure de réseau actuelle afin de produire les renseignements pertinents en temps réel. Le processus d'approvisionnement peut également être une entrave à l'adoption de nouvelles solutions dans le secteur militaire. Dans le secteur public, en effet, le cahier des charges est en général clairement défini; or, les solutions d'IA et les nouvelles capacités, elles, peuvent être difficiles à définir. Passer en revue les fournisseurs potentiels peut prendre beaucoup de temps, parfois des mois, et tout changement au sein de la direction risque de se traduire par la reprise de l'ensemble du processus. Pour résoudre ce problème, les organisations militaires cherchent à créer des mécanismes d'approvisionnement plus agiles grâce auxquels un partenaire choisi pour plusieurs années participe à l'élaboration de projets pilotes et de cas d'utilisation qui créent une valeur croissante tout au long de leur cheminement vers l'IA. Ces types de solutions prennent encore plus d'importance lorsque vient le temps de mettre en œuvre l'IA dans des fonctions de soutien aux forces armées, comme les services des finances ou des RH. Dans ces services, les robots conversationnels permettent un accès plus rapide aux renseignements sur les antécédents médicaux et les prestations, et l'automatisation intelligente permet de traiter les documents de paie de façon plus rapide et plus efficace, ce qui libère les fonctionnaires pour qu'ils se

consacrent à des tâches de plus grande valeur. Lorsque les processus appropriés sont en place, l'IA peut transformer les opérations militaires tactiques et la composition des équipes dont les membres travaillent dans l'ombre pour les soutenir.

### Les possibilités qu'offre l'IA pour les opérations militaires

Renseignements et données	Logistique et planification de la mission et vision claire de l'objectif
<p>Intégration de l'IA à la collecte et à l'interprétation des flux de données de surveillance des satellites et des drones pour une vision plus claire des facteurs en cause dans un conflit ou une crise, prenant en compte les données de missions passées, des facteurs environnementaux, etc. Utilisation de véhicules autonomes, comme des sous-marins et des machines terrestres, munis d'algorithmes d'apprentissage par renforcement pour effectuer des opérations de reconnaissance et trouver des cibles.</p>	<p>Regroupement de données sur l'environnement, les actifs et les missions passées pour mieux prévoir les scénarios de mission et assurer une affectation profitable des ressources et la coordination entre les multiples missions, opérations et forces opérationnelles. Choix de l'emplacement optimal pour les bases et les chemins d'évacuation et d'approvisionnement pour les activités militaires et humanitaires.</p>
Maintenance prévisionnelle des actifs et confiance	Opérations améliorées et précision
<p>Utilisation de la technologie des capteurs et de la vision par ordinateur pour détecter des failles et des pannes de système dans le matériel avant qu'elles ne surviennent. Recours à l'apprentissage profond et à des algorithmes de planification pour établir les calendriers de maintenance selon les normes opérationnelles des diverses composantes afin de réduire le nombre d'accidents et les retards imprévus. Regroupement et analyse des actifs immobiliers pour créer de meilleures stratégies de gestion et de maintenance.</p>	<p>Utilisation de la technologie des capteurs pour suivre les déplacements des compagnies et repérer rapidement les objets inconnus sur le terrain, ce qui soutient la prise de décisions éclairées. Recours à des véhicules autonomes pour accomplir des tâches nécessaires à la survie des soldats blessés sur le terrain.</p>

#### 6.2.2. Les services de police

Le grand public est très sensible aux comportements et aux activités des agents de police. Entre les vidéos diffusées en direct par les passants, l'intérêt accru que leur portent les médias et leurs interactions constantes avec les citoyens, les agents de police sont parmi les fonctionnaires les plus étroitement surveillés.

Toutes les technologies numériques qui tiennent dans la main et le foisonnement des données générées représentent des occasions intéressantes de mobiliser le grand public de manière positive, en utilisant cette information pour améliorer la sécurité publique. Les services de police montrent un intérêt croissant pour la création de portails de services pouvant servir à diverses fins. Ces portails pourraient constituer des plateformes pour la prochaine génération de communications avec le 911, étendant le rôle du 911 et des répartiteurs et permettant aux citoyens de transmettre des nouvelles en temps réel sous la forme de textos, de photos ou de

vidéos, ce qui permettrait de recueillir beaucoup d'informations sur un incident de sécurité publique. L'intégration de l'IA à ces plateformes permettrait d'opérationnaliser ces données et d'en faire le tri pour tracer un portrait plus exact de la crise. L'IA permet aux répartiteurs de classer les interventions policières par ordre de priorité plus efficacement grâce au regroupement de plusieurs sources d'information sur un seul incident, ainsi que de fournir des mises à jour aux policiers en mouvement, et même d'assurer la coordination avec d'autres services d'urgence ou d'autres organismes. Les services de police pourraient s'adresser au public pour appuyer des événements comme les alertes Amber, ou pour obtenir son aide et le tenir informé. La façon dont les services de police recueillent, gèrent et échangent leurs données change aussi. Les forces policières cherchent des moyens d'utiliser des portails de données ouvertes pour divulguer des données auparavant confidentielles ou contrôlées au grand public pour qu'il s'en serve de différentes façons et pour fournir au secteur privé des renseignements et des cas d'utilisation des données et d'application de l'IA. Les fournisseurs de caméras d'intervention prennent des mesures pour profiter de la prolifération des données dans le secteur en changeant leur modèle d'affaires de manière à proposer des capacités de collecte et de gestion des données, une option d'approvisionnement séduisante pour les organisations qui ont de la difficulté à coordonner les services de plusieurs fournisseurs pour la gestion des données.

Les occasions qu'offrent les données se multiplient, tout comme les inquiétudes que suscitent la manière dont ces données sont utilisées et l'endroit où elles sont. Des pressions s'exercent en faveur de l'utilisation des outils et des technologies d'IA, d'abord pour assurer la sécurité publique et donner de meilleurs résultats, mais aussi pour éliminer les partis pris possibles et assurer la transparence des solutions en intégrant des mesures de sécurité et de confidentialité. La technologie joue un rôle de plus en plus important, c'est pourquoi certains agents et services de police font l'objet de poursuites pour violation des droits de la personne et de recours collectifs qui ont mené à l'abandon de logiciels et d'outils. La confidentialité des données soulève aussi des préoccupations : des poursuites peuvent être déposées, et certaines l'ont été, contre des organisations qui ont obtenu des données personnelles, comme la photo d'une personne dans le cadre d'une enquête, et qui ont ensuite utilisées ces données personnelles recueillies aux fins d'une autre enquête, pour un usage autre que celui pour lequel elles avaient été recueillies. Ces poursuites remettent en question l'utilisation des images des caméras d'intervention obtenues par un agent qui circule dans différents environnements en recueillant de grandes quantités d'informations. On se demande aussi quelles données peuvent être utilisées en tenant compte de la confidentialité des données personnelles. Il y a un intérêt grandissant pour l'IA, mais les questions d'éthique restent à l'avant-plan du débat. Pour répondre à ces préoccupations, des éléments de sécurité doivent être intégrés aux solutions d'IA dès le départ, et non après coup. Il faut tenter de comprendre les facteurs qui ont mené à un événement touchant la sécurité. Les services de police sont prêts à utiliser l'IA, mais il y a une opposition naturelle entre l'adoption de cette technologie et l'existence d'un cadre de gouvernance permettant d'éviter les conséquences involontaires. C'est en ce sens que le Règlement général sur la protection des données de l'Union européenne inclut un énoncé stipulant qu'une personne doit avoir le droit de ne pas faire l'objet d'une décision ayant un effet juridique prise sur le seul fondement d'un traitement automatisé<sup>8</sup>. C'est pourquoi il est si important que l'IA et les êtres humains collaborent pour obtenir les meilleurs résultats possible, en s'assurant que l'IA n'a pas de composante cachée qui ne peut être expliquée. Cette collaboration entre l'être humain et la machine est promise à un brillant avenir. En effet, le roulement important à la direction des services de police s'est traduit par l'entrée en poste de personnes plus au fait des technologies et qui en connaissent les effets perturbateurs. Malgré cela, l'adoption de l'IA par les services de police nécessite la mise en place d'un cadre d'éthique prenant en compte la façon dont l'IA est utilisée, ce pour quoi elle l'est et la façon de traiter la transparence et les partis pris inhérents aux algorithmes.

## Les possibilités qu'offre l'IA pour les services de police

Enquêtes et preuves	Administration et compréhension
<p>Utilisation de l'analyse fondée sur le raisonnement et des réseaux neuronaux pour mieux gérer la collecte et l'interprétation des données des enquêtes, notamment par la numérisation des documents papier, et ainsi trouver des liens entre des éléments de preuve, traiter les données provenant des médias et repérer les activités criminelles. Regroupement d'ensembles de données provenant de plusieurs services d'urgence afin d'éclairer les enquêtes et les activités policières.</p>	<p>Réduction du fardeau administratif des agents de police grâce à l'automatisation de différentes tâches de bureau et de conformité. Accès à des fonctions de recherche intelligente qui fournissent rapidement des résultats et les fichiers correspondants pendant le processus d'inculpation d'une personne. Soutien aux fonctions de recrutement pour cibler les qualités, l'origine et les compétences voulues, surtout dans les régions où la population n'a pas confiance dans le corps policier.</p>
Affectation des ressources et données	Service de police et savoir-faire
<p>Utilisation des données disponibles pour mieux prévoir les menaces et les scénarios et ainsi mieux déployer les ressources policières et assurer la sécurité du public et l'utilisation efficace du personnel de soutien.</p>	<p>Utilisation de la technologie des drones et des capacités de reconnaissance d'images pour localiser les personnes disparues, gérer les scènes de crime et faciliter les enquêtes médico-légales. Utilisation de capteurs intelligents pour entendre les coups de feu, repérer les plaques d'immatriculation signalées et enregistrer les emplacements pendant que les policiers sont sur la route.9 Collecte de preuves auprès du public dans les situations d'urgence, analyse en temps réel et sélection des renseignements pertinents.</p>

En raison de l'utilisation accrue de la vidéo sous diverses formes – images TVCF, caméras-témoin et caméras d'intervention – les agents de police et les enquêteurs doivent examiner ce qui représente parfois de nombreuses heures d'images vidéo à la recherche d'un élément d'information important. Toutefois, selon certaines études, après avoir regardé un écran pendant plus de 20 minutes, une personne perd 95 % de sa capacité à détecter des événements<sup>9</sup>. Grâce à l'analyse fondée sur le raisonnement et aux réseaux neuronaux, un enquêteur peut utiliser l'IA pour :

- désigner une zone spécifique dans une vidéo pour repérer les changements qui s'y produisent, comme la disparition d'articles dans un magasin de détail;
- repérer des éléments ou des comportements anormaux, comme une voiture qui roule vite et grimpe sur un trottoir ou une valise abandonnée dans un lieu public;
- rechercher des éléments d'information précis, comme une marque et un modèle de voiture ou les vêtements que portait une personne disparue.

### 6.2.3. La sécurité des frontières

L'intégration de l'IA aux tâches des agents pourrait fournir à ceux-ci une aide indispensable pour repérer rapidement les personnes, les marchandises et les activités présentant un danger. L'affectation du personnel de sécurité a une incidence importante sur les ressources nécessaires pour patrouiller dans les zones de passage des frontières. En utilisant des capteurs intelligents et des ensembles de données intégrées sur les tendances migratoires, les passages aux frontières, les populations, l'environnement, etc., l'IA pourrait aider les agents de sécurité et permettre de réaffecter ou de déployer directement du personnel vers des zones frontalières où leur présence

serait plus utile. L'IA peut aussi servir à améliorer des systèmes existants, comme les appareils de détection à rayon X pour l'examen des bagages, des paquets et des colis. Grâce à la vision par ordinateur et aux algorithmes d'apprentissage machine, des marchandises dangereuses peuvent être repérées de manière plus précise et constante, ce qui réduit le nombre de tâches manuelles et le risque d'erreur humaine que suppose l'examen détaillé des images numérisées par les agents des services frontaliers. Une foule de données sont recueillies chaque jour, mais souvent, elles n'ont aucune valeur tout simplement parce qu'elles se trouvent à des endroits disparates. L'intégration d'ensembles de données auparavant cloisonnés permet de révéler des liens qu'un être humain ne peut pas voir, mais que l'IA trouve. Les systèmes d'IA peuvent recueillir des données sur un voyageur particulier – formellement identifié par biométrie – qui traverse souvent la frontière, chaque fois accompagné d'un enfant portant un nom différent. Cette information pourrait ne pas être signalée immédiatement à un douanier. Mais en procédant au suivi et à l'analyse de ces données pratiquement en temps réel, un système d'IA pourrait indiquer à un agent des services frontaliers que ce voyageur doit faire l'objet d'une enquête plus approfondie parce qu'il semble faire la traite de personnes. La vision au moyen d'appareils d'IA pourrait aussi faciliter cette enquête approfondie grâce aux caméras à infrarouge et aux systèmes de reconnaissance du débit sanguin qui permettent de déterminer si une personne ment. Selon certaines études, l'être humain est capable de détecter un mensonge dans environ 54 % des cas, alors que la précision de l'IA est de plus de 80 %. Ces méthodes continuent d'être perfectionnées par l'apprentissage machine et l'intégration d'une quantité croissante de données. Les recherches semblent prometteuses, mais la question de la validité des détecteurs de mensonges reste au cœur du débat sur la mise en œuvre de ce type de technologie. On ne sait pas encore si cette technologie jouera un rôle dans la sécurité des frontières; tout comme d'autres aspects de l'application de la loi, elle comporte des enjeux dont il faudra tenir compte.

L'utilisation de la biométrie et des applications de reconnaissance faciale comporte de nombreux avantages, dont l'amélioration de la circulation des passagers dans les aéroports, ce qui permet au personnel de sécurité de se concentrer uniquement sur certaines personnes. Il faut toutefois tenir compte des partis pris inhérents aux algorithmes utilisés pour entraîner les modèles sur lesquels sont fondés les logiciels de détection. C'est pourquoi il est si important de s'assurer que de nouvelles données sont régulièrement utilisées pour entraîner les modèles, ce qui augmente l'exactitude et la fiabilité des résultats. Il est tout aussi important d'effectuer des évaluations algorithmiques des risques pour s'assurer que les recommandations formulées ne reflètent pas des partis pris. L'intégration de l'IA aux services de sécurité des frontières possède le potentiel d'offrir une cohérence plus grande que celle qu'un être humain peut fournir. Il est essentiel de s'assurer que l'agent humain reste celui qui prend la décision et remet les analyses et les renseignements dans leur contexte en faisant appel à une intelligence émotionnelle qu'une machine n'a pas.

**Les possibilités qu'offre l'IA pour la sécurité des frontières**

Identification des voyageurs et exactitude	Surveillance et intégrité
<p>Utilisation de l'IA pour déceler dans les données des voyageurs des modèles de comportement qui pourraient indiquer des activités suspectes ou signaler qu'un agent doit procéder à un examen. Recours à la technologie biométrique pour assurer la concordance exacte entre un voyageur et ses documents de voyage et ainsi améliorer la circulation aux postes de contrôle de sécurité et ne désigner que certaines personnes dont le dossier semble présenter des irrégularités..</p>	<p>Combinaison des données sur les tendances migratoires, les populations et l'environnement aux données sur l'activité aux frontières pour obtenir une meilleure compréhension de la situation aux postes frontaliers, se préparer en conséquence et déployer des agents de sécurité. Utilisation de capteurs intelligents et de la reconnaissance d'images pour améliorer les activités de surveillance et la détection des objets dans de grandes zones transfrontalières et pour que les agents de sécurité puissent réagir aux traversées non autorisées et à d'autres</p>

	violations de la sécurité, plutôt que de faire des patrouilles ponctuelles.
Données et vision claire de l'objectif	Douanes et confiance
Analyse des tendances dans les données sur les déplacements de grande envergure pour mieux affecter les ressources de sécurité <sup>15</sup> . Modélisation des effets des changements législatifs, comme la modification des politiques sur l'immigration. Utilisation de systèmes d'IA pour traiter les demandes d'immigration en ligne et réduire le nombre de tâches manuelles.	Utilisation de la vision par ordinateur pour mieux analyser les images produites par rayon X des cargaisons et des bagages et repérer les marchandises dangereuses. Analyse des métadonnées sur les expéditions pour suivre et déceler les cas de contrebande et d'autres activités illicites.

### 6.3. Le domaine de la santé

Selon le Dr Giovanni Briganti, Co-leader chez AI4Health, *l'intelligence artificielle en médecine consiste à utiliser des modèles d'apprentissage automatique pour rechercher des données médicales et découvrir des informations permettant d'améliorer les résultats en matière de santé. Grâce aux récents progrès de l'informatique et des sciences de l'information, l'intelligence artificielle fait partie intégrante des soins de santé modernes. Les algorithmes d'IA et d'autres applications alimentées par l'intelligence artificielle sont utilisés pour soutenir les professionnels de la santé dans les environnements cliniques et les recherches en cours.*

Actuellement, les rôles les plus courants de l'intelligence artificielle dans le milieu médical sont l'aide à la décision clinique et l'analyse d'imagerie. Les outils d'aide à la décision clinique aident les prestataires de soins à prendre des décisions concernant les traitements, les médicaments, la santé mentale et d'autres besoins des patients en leur permettant d'accéder rapidement à des informations ou à des recherches pertinentes pour leur patients. Dans le domaine de l'imagerie médicale, les outils d'IA sont utilisés pour analyser les scanographies, les radiographies, les IRM et d'autres images afin de détecter des lésions ou d'autres éléments qu'un radiologue humain pourrait manquer.

Dans son analyse, le Dr Briganti inclut la période de troubles inhérente au Covid-19. En effet, selon lui, *les défis que la pandémie a créés ont également conduit de nombreuses organisations de soins de santé dans le monde entier à commencer à tester sur le terrain de nouvelles technologies assistées par l'IA, telles que des algorithmes conçus pour aider à surveiller les patients et des outils alimentés par l'IA pour dépister les patients atteints de COVID-19.*

De manière plus générale, les diverses études et les résultats de ces tests sont toujours en cours de collecte, et les critères généraux d'utilisation de l'IA en médecine sont encore en cours de définition. Actuellement, il est évident que l'IA deviendra un élément central des systèmes de santé numériques qui façonnent et soutiennent la médecine moderne.

Il existe de nombreuses façons dont l'IA peut avoir un impact positif sur la pratique médicale, soit en accélérant la cadence de la recherche, soit en aidant les cliniciens à mieux décider. Voici quelques exemples de la façon dont l'IA pourrait être utilisée<sup>2</sup> :

<sup>2</sup> <https://youtu.be/mqziPunif9M> ; <https://youtu.be/t0-h8vXscxI> ; <https://youtu.be/6wvaxRabkPQ> ; <https://www.frm.org/recherches-finances/intelligence-artificielle/tout-savoir-ia>



En matière de médecine préventive, l'IA, avec l'utilisation d'appareils médicaux connectés (IoT), joue un grand rôle pour garantir que les gens restent en bonne santé.

Pour les patients, l'IA les aide à être plus autonome dans leur parcours de soins et à améliorer leur qualité de vie au quotidien. Un nombre croissant de personnes choisissent d'adopter des objets connectés pour suivre leurs statistiques de santé au quotidien. La collecte et l'analyse de ces données de santé peuvent offrir une perspective unique sur la santé des individus et de la population en général, permettant ainsi de se diriger vers une médecine plus préventive.

Pour les médecins, la technologie de l'IA donne un aperçu des habitudes et des besoins quotidiens de leurs patients. Cela leur permet de les guider, les informer et les soutenir au mieux. La vaste quantité de données générées et collectées ne peuvent être traitées par l'humain uniquement. L'utilisation d'algorithmes d'IA permet d'économiser beaucoup de temps et d'efforts humains, et donc de rendre les processus plus efficaces. Les soignants peuvent se concentrer uniquement sur des tâches à forte valeur ajoutée.

En matière de détection précoce des maladies, la prolifération des objets connectés combinée à la puissance de calcul de l'IA a permis aux professionnels de santé de mieux surveiller le patient et de détecter les risques potentiellement mortels à un stade plus précoce et plus facile à traiter. Voici quelques exemples d'applications de ces données qui sont actuellement utilisées dans le domaine la santé :

- Détection des affections cardiaques : Les appareils connectés peuvent être utilisés pour suivre le rythme cardiaque et surveiller l'électrocardiogramme du patient. Cela permet de détecter et de diagnostiquer plus tôt les affections cardiaques sous-jacentes. C'est le cas du projet européen MAESTRIA dont l'objectif est de prévenir les affections du rythme cardiaque et les risques d'AVC, en intégrant l'intelligence artificielle. La masse de données issues des différentes sources médicales pourra ainsi être analysée afin de proposer des thérapies personnalisées à chaque patient.
- Détection du cancer du sein : L'IA est actuellement utilisée pour analyser les mammographies. Il a été découvert que le taux d'analyse est 30 fois plus rapide que celui d'un humain et a une précision de 99 %. Elle est capable de détecter des métastases extrêmement petites que les humains risquent de rater. Cela réduit non seulement les risques d'erreur de diagnostic, mais aussi la nécessité de procéder à des biopsies invasives pour établir le diagnostic. C'est le cas de la société Mammoscreen, qui utilise l'IA pour le l'interprétation de mammographies de dépistage.

- Tendances des maladies : Les patients s'appuient de plus en plus sur des moteurs de recherche comme Google pour vérifier leurs symptômes en ligne avant de se rendre chez le médecin. L'utilisation de l'IA pour surveiller cette tendance et en tirer des conclusions peut conduire à une intervention précoce en cas d'éventuelle apparition d'épidémie dans la population. Google avait déjà essayé de le faire en 2008 avec les tendances de la grippe avec son outil Google Flu Trends, mais il a échoué en raison du manque de données rationalisées et de nombreuses incohérences. Avec les progrès de l'informatique, cela peut désormais devenir un atout important pour la détection précoce des maladies infectieuses et la prévention de leurs épidémies. Dès fin décembre 2019, la société canadienne BlueDot avait ainsi alerté sur l'épidémie de coronavirus, avant même la première alerte de l'Organisation mondiale de la santé, grâce à sa technologie d'IA.
- Transformer les dossiers médicaux électroniques en prédicteurs de risques : Les dossiers médicaux des patients sont une mine d'or de données, mais les trier et obtenir des résultats utiles est une tâche qui ferait perdre beaucoup de temps et d'efforts à l'homme. C'est là que la puissance de calcul de l'IA entre en jeu.

En matière de diagnostic, l'intelligence artificielle utilise à la fois des données structurées et non structurées pour obtenir ses résultats. Les données structurées comprennent des études génomiques, des images (radio-diagnostiques et pathologiques), des lectures et des enregistrements de dispositifs médicaux, etc.

Ces données sont ensuite regroupées afin d'en déduire un diagnostic et l'évolution possible de la maladie.

Les données non structurées peuvent se présenter sous la forme de notes du médecin, de dossiers médicaux, de rapports de laboratoire, de résumés de sortie, etc.

L'IA exploite le langage naturel pour extraire les informations pertinentes depuis des sources de données non structurées, afin d'aider à la prise de décision, d'alerter sur les modalités de traitement, de surveiller les effets indésirables, etc.

L'utilisation de l'IA peut ainsi aider à établir le diagnostic de manière plus efficace en utilisant à la fois des données structurées et non structurées à un rythme beaucoup plus rapide.

Le principal avantage de l'IA est que toutes ses décisions sont uniquement fondées sur des preuves et exemptes de biais cognitifs, contrairement à un diagnostic humain.

En matière de prise de décision médicale, L'utilisation d'algorithmes d'IA pour soutenir la prise de décision médicale, la gestion du flux de travail et le diagnostic précoce est pertinente car la technologie ne souffre pas de déficits humains tels que la fatigue, son utilisation se traduirait par des soins plus efficaces pour les patients et un gain de temps pour les professionnels de santé.

- Gestion du flux de travail administratif : l'utilisation de l'IA pour l'automatisation du flux de travail administratif via le développement de logiciels personnalisés permet aux médecins de gagner du temps sur les tâches de routine et d'établir des priorités sur les questions urgentes. La gestion des tâches de routine, comme la saisie des notes médicales dans les dossiers des patients, peut être effectuée à l'aide de logiciels de transcription audio en texte, ce qui permet de gagner un temps précieux. L'utilisation de chatbots couplé à L'IA peut également faire regagner du temps précieux aux soignants. Le chatbot est capable de communiquer avec les patients, afin de les suivre à domicile et de déclencher une alerte en cas de réponse anormale. Le soignant peut alors prendre le relais, et consacrer son temps les patients pour les patients qui le nécessitent réellement.
- Analyse prédictive : les données des patients collectées sur les dossiers médicaux et celles obtenues à partir des objets connectés donnent au médecin l'accès à des informations précieuses sur le patient ainsi que sur la cohorte de population à laquelle le patient appartient. Le calcul de ces données à l'aide d'algorithmes d'IA permet de

développer le profil du patient et de construire des modèles prédictifs pour anticiper, diagnostiquer et traiter efficacement les maladies.

- Pronostic: l'utilisation massive de données par l'IA permet d'améliorer le pronostic des patients en adaptant le traitement aux caractéristiques de la maladie et aux spécificités de chaque personne. Cette médecine de précision grâce à IA offre aujourd'hui la possibilité de prescrire les meilleures options thérapeutiques en fonction de profil bien particulier pour maximiser les chances de succès du traitement.

En matière de traitement, l'IA peut aider les médecins à adopter une approche plus globale de la gestion de la maladie, à mieux coordonner les parcours de soins et, en fin de compte, à aider les patients à mieux respecter leur traitement à long terme. La technologie joue également un rôle essentiel dans l'administration de soins par la télémédecine et la surveillance des patients à distance.

Voici quelques-unes de ses applications :

- Transcriptions audio en texte : Les professionnels de santé consacrent beaucoup de temps à la saisie de notes médicales dans les dossiers médicaux des patients. La transcription voix-texte de ces notes à l'aide de l'IA augmenterait le temps consacré aux soins des patients.
- Médecine de précision : Le fait de mettre à la disposition des médecins les données pertinentes sur les patients est un pas de plus pour le développement de la médecine de précision. Elle permet aux médecins de prendre des décisions médicales adaptées à chaque patient et de créer des plans de traitement spécifiques à chacun. L'IA a la capacité d'analyser une grande sélection de données d'un patient (symptômes, habitudes de vie, traitements etc) pour ainsi proposer un diagnostic très précis et fiable. Dans ce cadre, un des défis majeurs est de garantir l'interopérabilité des différentes sources de données (fichiers médicaux, objets connectés, applications, etc) afin d'offrir des analyses complètes.

En matière de recherche, l'IA permet deux choses principalement<sup>3</sup> :

- Pharmacogénomique : Les interactions et l'efficacité des médicaments varient d'une personne à l'autre et sont influencées par les variations génétiques. La pharmacogénomique vise à comprendre l'effet de ces variations sur les réponses individuelles aux médicaments. L'utilisation de l'IA pour passer au crible la grande quantité de données produites par les études génomiques peut aider à donner des indications utiles sur les mécanismes d'administration des médicaments. En pharmacovigilance, la start-up bordelaise Synapse Medicine met à disposition sa technologie « Medication Shield », basée sur l'intelligence artificielle (IA) afin de faciliter la gestion des déclarations des effets indésirables lors de la campagne de vaccination Covid-19.
- Découverte de médicaments et analyse des combinaisons de médicaments : la recherche sur les médicaments prend de nombreuses années et coûte très cher avant que les essais cliniques et la commercialisation du médicament puissent avoir lieu. L'utilisation de l'IA pour rationaliser les processus de découverte et de réorientation des médicaments a le potentiel de stimuler considérablement le développement de nouveaux médicaments, de réduire le temps de mise sur le marché et de réduire également leurs coûts. À titre d'exemple, BioSymetrics, grâce à sa technologie d'IA s'attaque à la découverte de médicaments, de l'analyse clinique à l'expérimentation. L'intégration de millions de données et d'une technologie d'intelligence permet artificielle de générer des pistes plus efficaces à grande échelle.

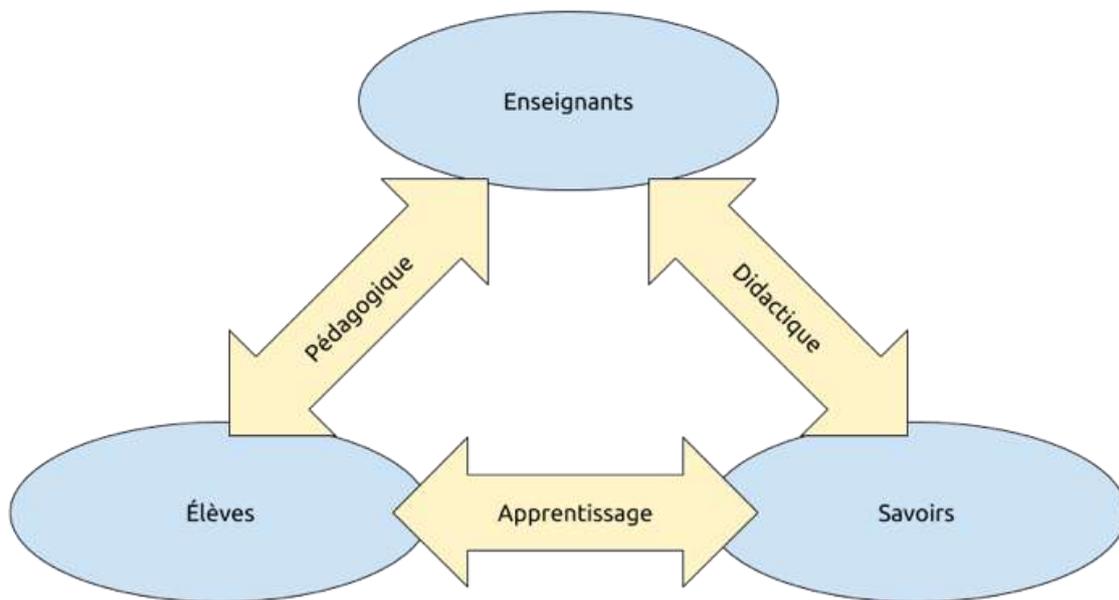
---

<sup>3</sup> *Numérique et intelligence artificielle dans la recherche médicale*, Anne-Marie Duguet, dans *Droit, Santé et Société* 2021/2 (N° 2), pages 66 à 74.

## 6.4. L'éducation

Les apports de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine de l'éducation sont loin d'être magiques. Nous n'en sommes pas du tout à la substitution des pratiques enseignantes par des algorithmes mathématiques, mais ses bénéfices potentiels dans l'environnement d'enseignement et d'apprentissage ne semblent pas négligeables. Seulement en se basant sur le triangle pédagogique (Houssaye, 1988), il est possible d'entrevoir des impacts qui pourraient faire l'objet de nombreuses spéculations. Les trois pôles du triangle (l'enseignant, l'apprenant et le savoir) ainsi que les relations entre ceux-ci (didactique, pédagogique et d'apprentissage) seraient potentiellement affectés par l'IA.

L'intérêt du triangle pédagogique comme angle d'attaque pour catégoriser les impacts réside dans le fait que c'est un modèle relativement efficace et qu'il nous force à s'interroger sur plusieurs aspects de l'éducation en contexte scolaire. Voici donc une très brève entrée en matière avec une série d'idées à explorer selon chacun de ses trois sommets et trois relations.



C'est certainement du point de vue de l'enseignant que l'IA suscite le plus de craintes : est-ce que cette dernière arrivera à remplacer l'enseignant ? Dans une perspective de progrès même très significatif, la réponse est non.

Un rapport du Brookfield Institute indique que les éducateurs à la petite enfance, les enseignants du préscolaire, du primaire et du secondaire font partie des cinq emplois risquant le moins d'être affectés par l'automatisation (Lamb, 2016). L'IA amène naturellement le développement de plusieurs technologies qui sont susceptibles de remplacer des tâches répétitives et relativement prévisibles des responsabilités des enseignants. Toutefois, le travail de l'enseignant du 21<sup>e</sup> siècle dépasse largement le spectre des tâches automatisables. Au-delà d'un maître passeur de connaissances, les enseignants peuvent être créateurs d'environnements d'apprentissage et des accompagnateurs auprès des élèves. L'humain possède des qualités difficiles à reproduire en IA ; nous parlons ici de l'empathie, de la bienveillance, du jugement critique et de la flexibilité cognitive. Autrement dit, les compétences générales<sup>[3]</sup> des enseignants seront en grande partie ce qui les distinguera de l'IA. Ainsi, les emplois qui touchent les relations humaines bénéficieraient d'une certaine protection d'un hypothétique remplacement par un robot doté d'une IA forte. Cela est vrai pour des raisons de limites technologiques, mais aussi parce que l'humain pourra potentiellement préférer l'interaction avec un semblable plutôt qu'avec une IA.

Dans ce cas, au-delà de la substitution de certaines tâches répétitives et relativement prévisibles, l'IA peut avoir un impact significatif au niveau de la pratique enseignante à travers de nombreux outils didactiques qui viennent aider le jugement et les choix pédagogiques. Ces questions seront abordées ultérieurement.

Du point de vue de l'élève, même si elle semble farfelue, la question se pose : est-ce que l'IA peut avoir un impact sur l'élève lui-même? On ne parle certainement pas de remplacer l'élève par une IA. Le simple fait de penser que l'IA pourrait s'immiscer dans la relation pédagogique causera probablement un rejet automatique de l'idée chez plusieurs personnes lisant ces lignes. Encore une fois, ce n'est pas parce qu'une technologie existe que nous souhaitons nous en servir. Par exemple, oser envisager que l'IA puisse être dans la gestion de classe ouvre la porte à l'écriture d'un scénario de la série Black Mirror (série télévisée britannique dystopique où sont présentées des dérives technologiques). Cela dit, on ne peut ignorer cette possibilité, ne serait-ce que pour se prémunir contre les usages abusifs de l'IA.

Toutefois, les scénarii de science-fiction mis à part, des développeurs travaillent déjà à l'heure actuelle sur des produits augmentés par l'IA qui peuvent aider les élèves dans leurs apprentissages. En fait, depuis plusieurs années, les MOOC (Massive Open Online Courses) connaissent du succès en Occident. Les élèves peuvent maintenant apprendre ce qu'ils veulent, quand ils veulent et, surtout, au rythme qui leur convient. Cependant, cette abondance d'opportunités et cette liberté peuvent créer une certaine confusion à l'égard de ce qu'il faut apprendre ainsi que l'ordre selon lequel il faudrait procéder. Certains élèves ne savent donc pas ce qu'ils veulent apprendre parce qu'ils n'ont pas l'expertise d'un enseignant qui peut structurer et optimiser les phases d'apprentissage. Cela engendre souvent de la démotivation et l'abandon du processus de formation. L'IA peut contribuer à prévenir ce phénomène. À l'aide de données amassées sur un profil, l'IA est en mesure de proposer des séquences de cours ou d'exercices qui sont les plus pertinents pour l'élève. On peut même imaginer qu'elle puisse jouer un rôle de soutien dans l'orientation scolaire et professionnelle de l'élève. Aussi, pour contrer une éventuelle baisse de motivation, les tuteurs intelligents pourraient prédire le moment où l'élève commence à perdre de l'intérêt et avertir leurs enseignants. Ceux-ci peuvent anticiper le comportement et réagir à l'aide du renforcement adéquat.

Dans le cas du savoir, on ne fait pas ici de distinction entre les connaissances, les compétences ou toute autre catégorisation de ce que l'être humain peut accumuler comme bagage intellectuel. L'impact de l'IA sur le savoir semble se situer à deux niveaux : tout d'abord, la formation que les élèves devraient recevoir pour comprendre et utiliser l'IA. Cet aspect n'est pas souvent évoqué lorsque l'on parle de l'impact de l'IA en éducation, mais il y a certainement des questions à se poser concernant les programmes de formation et cela pour plusieurs matières, dont les mathématiques. Ensuite, il y a le savoir que les humains devraient posséder pour vivre dans un monde où l'IA est très présente.

Que ce soit pour répondre au besoin d'expertise ou de développement de la pensée critique des élèves face à l'utilisation de cette technologie, il est important que les programmes d'enseignement s'adaptent. Bien que, pour beaucoup de gens, la compréhension du fonctionnement d'une IA semble très complexe et réservée à un petit groupe de spécialistes, plusieurs notions liées à l'IA sont déjà enseignées, mais leur disposition dans les programmes de formation est parfois discutable. Certains concepts mathématiques utilisés en IA sont relativement simples<sup>41</sup> et pourraient être abordés au secondaire, voire même avant. Par exemple, selon le Programme de l'école québécoise, des notions sur la régression mathématique, une initiation à la science des données, sont déjà présentes dès la troisième secondaire. (MEES, 2016) Pourtant, est-ce qu'on y accorde suffisamment d'importance? Nous avons ici l'opportunité d'introduire certains concepts de base de l'apprentissage profond et par la machine dans les classes et il faut la saisir. Est-ce le temps de réviser et mettre à jour les contenus mathématiques dans le programme? Nous y reviendrons plus loin...

D'ailleurs, au-delà des mathématiques, devons-nous nous assurer que les élèves sachent utiliser de façon adéquate et responsable lesdites technologies? Après tout, nos jeunes auront bientôt à

manipuler des outils où l'IA y sera de plus en plus présente. En effet, la multiplication des médias de toutes sortes est déjà un défi au niveau de la sélection et de l'interprétation de l'information. Lorsque cette information est présélectionnée et ciblée par des algorithmes d'IA, comme c'est le cas actuellement sur certains médias sociaux, le défi est encore plus grand. Les enjeux éthiques de l'IA devraient donc être abordés au cours de leur formation.

#### 6.4.1. L'impact didactique

Comme mentionné précédemment, une partie de la tâche d'un enseignant est potentiellement automatisable. L'IA viendrait donc libérer l'enseignant de certaines tâches plus administratives afin qu'il puisse s'occuper davantage de la pédagogie. La valeur ajoutée de l'IA à cet égard n'est pas au niveau du contenu comme tel à enseigner, elle est au niveau du processus de sélection du contenu et des outils en salle de classe. Ces nouvelles technologies permettent les analyses individuelles des élèves en une fraction du temps et peuvent aider les enseignants à personnaliser l'apprentissage de chacun.

#### 6.4.2. L'impact pédagogique

Dans un rapport prospectif de l'Université Stanford dans le cadre d'un programme d'étude sur cent ans de l'IA dans toutes ses possibilités d'impact sur nos vies, les chercheurs prévoient une présence accrue des tuteurs intelligents en assistance aux enseignants (Stone & al., 2016). En effet, en récoltant des données scolaires et en les combinant aux habitudes d'apprentissage des élèves, certains algorithmes vont être en mesure de tailler un programme d'apprentissage sur mesure qui favorise la différenciation pédagogique. Imaginez un programme qui est capable de classer les élèves selon les méthodes de travail qui sont les plus efficaces pour eux en très peu de temps. Cette démarche qui autrefois consommait beaucoup de temps en observation, compilation de données et calculs statistiques peut être optimisée par l'IA. Elle permettrait donc d'augmenter l'impact de l'enseignement sur l'apprentissage de l'élève. Dans ce contexte, nous sommes loin d'un remplacement, mais plutôt d'un renforcement de l'importance de l'enseignant auprès des élèves. « Si certaines situations d'échec sont peut-être inéluctables (circonstances personnelles, mauvaise adaptation des désirs de l'apprenant à la formation proposée), une bonne partie d'entre elles pourraient être évitées par un dépistage précoce qui donnerait lieu à un recadrage et un suivi plus attentif et personnalisé. » (Bovo, Sanchez, Héguay, Duthem, 2013).

De plus, une fois que le portrait global des apprenants est établi, les algorithmes peuvent jumeler les candidats les plus susceptibles de s'entraider. La collaboration dans l'apprentissage peut se faire dorénavant à très grande échelle; un élève du Québec pourrait très bien recevoir de l'aide en mathématique d'un élève du Maroc, de la Suisse ou du Sénégal. La machine qui les relie peut surveiller les échanges et intervenir afin d'assurer qu'ils demeurent pédagogiquement pertinents. Dans un cas où les élèves ne réussiraient pas à résoudre leur problème, des alertes peuvent même être envoyées à leurs enseignants respectifs afin d'en faire le suivi.

#### 6.4.3. L'impact sur l'apprentissage

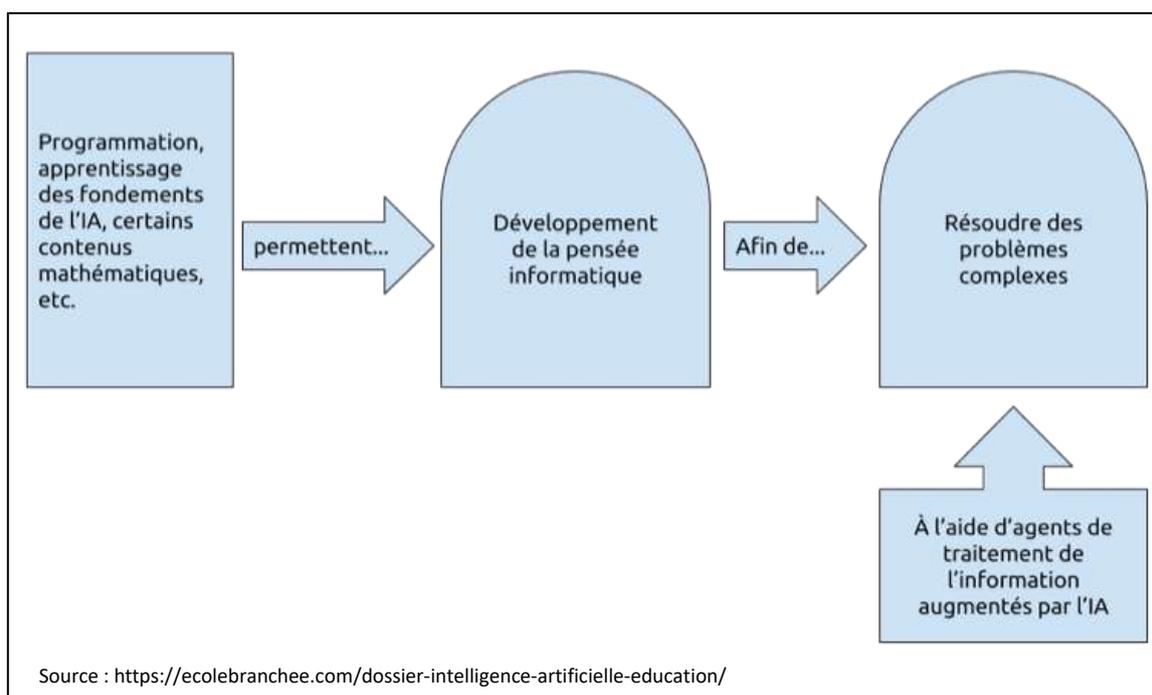
En ce qui concerne la relation entre l'élève et les savoirs, comme pour l'enseignant, peut-être que certaines tâches accomplies par les élèves seraient automatisables, ou du moins, pourraient être optimisées par l'IA. Il s'agit toutefois d'effectuer des choix éclairés sur le plan pédagogique, car l'IA, comme toute technologie, doit procurer un avantage sur le plan de l'apprentissage et surtout, ne pas nuire à celui-ci. Au-delà des outils de suivi des élèves, l'IA peut amener ou raffiner certains outils de production et de traitement des informations. Prenons le cas du correcteur automatique, un exemple d'outil de travail qui s'est raffiné avec le temps. Nous nous souvenons de ses premières versions, où plusieurs suggestions s'accordaient mal avec les intentions de l'auteur. Depuis, une cueillette et une analyse d'un grand nombre de textes à l'aide des sciences des données ont permis de raffiner son efficacité. Aujourd'hui, nous bénéficions d'un outil de correction automatique qui satisfait beaucoup de besoins pédagogiques. Cela dit, l'IA pourrait permettre d'aller bien au-delà de la correction de phrases. Certains travaux visent même l'évaluation du contenu d'un texte à long développement en se basant sur des balises prédéfinies

(Wang, Chang, Li, 2008). Le potentiel des outils de rétroaction dans le domaine linguistique est évident avec l'arrivée de l'intelligence artificielle.

#### 6.4.4. Intelligence artificielle et développement des compétences du 21<sup>ème</sup> siècle

Au rythme rapide auquel la société évolue, il est difficile de prévoir l'ampleur des défis qui attendent nos jeunes dans les prochaines décennies. Toutefois, il apparaît évident que le développement des compétences en résolution de problèmes complexes, où la pensée informatique[5] joue un rôle important, soit incontournable en éducation au 21<sup>e</sup> siècle. La pensée informatique n'est pas la capacité de « penser comme un ordinateur » ou encore de faire appel à ce dernier pour réfléchir. Selon Cuny, Snyder et Wing (2010), la pensée informatique (computational thinking) est « le processus réflexif impliqué dans la formulation de problèmes et de leurs solutions de manière que leur résolution puisse être effectuée par un agent de traitement de l'information ». Aujourd'hui, ces agents de traitement de l'information sont de plus en plus sophistiqués et bonifiés par l'IA, ce qui rend disponibles de nouveaux outils de résolution de problèmes.

En fait, la relation entre l'IA en éducation et la pensée informatique est symbiotique. D'une part, l'arrivée d'outils dotés d'IA renforce la nécessité de développer la pensée informatique parce que c'est la manière privilégiée (peut-être même la seule) d'utiliser les résultats donnés par plusieurs agents intelligents et de les combiner pour résoudre des problèmes. D'autre part, l'étude des agents intelligents de traitement de l'information est une excellente façon de développer la pensée informatique.



L'apprentissage de la programmation, bien qu'il ne soit pas le seul moyen de développer la pensée informatique, est un véhicule intéressant pour y parvenir. D'ailleurs, depuis quelques années, l'enseignement de la programmation est devenu une préoccupation dans beaucoup de pays. Il s'agit pourtant d'une idée qui date des années 1960, mais qui a visiblement eu de la difficulté à faire son chemin pour toutes sortes de raisons, dont les coûts associés à l'achat d'ordinateurs. À l'heure actuelle, l'enseignement de la programmation se limite généralement à ce qui est séquentiel, procédural ou événementiel, souvent à l'aide d'outils très visuels comme *Scratch* par exemple. Cela ne devrait toutefois qu'être le point de départ d'une solide implantation dans le programme de formation, que ce soit comme nouvelle matière ou dans le cadre des cours de mathématiques. Cela n'enlève absolument pas la nécessité de faire de la

résolution de problèmes avec un crayon et des feuilles lignées, au contraire. La manière traditionnelle de résoudre des problèmes demeurera toujours un outil incontournable, ne serait-ce que pour visualiser ce qui est parfois fort abstrait. D'ailleurs, les deux approches devraient se compléter.

## 6.5. Le secteur de la logistique

Même si le terme et le domaine de recherche de « l'intelligence artificielle » existent depuis les années 1950, l'essor actuel de l'intelligence artificielle est le résultat de la puissance du matériel informatique qui est maintenant disponible à prix accessibles. Ce n'est que maintenant que les processeurs, les réseaux à haut débit et les capacités de stockage de grands volumes de données (« Big Data ») sont disponibles, ce qui rend possible la mise en œuvre pratique de nombreuses considérations théoriques. L'IA et ses algorithmes sont particulièrement adaptés à la logistique, car les réseaux logistiques très ramifiés offrent un champ d'application idéal pour l'intelligence artificielle. Les relations de cause à effet dans ces réseaux sont très bien calculables et prévisibles.

« La logistique est déjà l'un des domaines les plus numérisés d'une entreprise. Mais avec les drones, les systèmes autonomes et l'intelligence artificielle, la logistique est confrontée non seulement à une optimisation des processus commerciaux, mais aussi à une véritable révolution », a déclaré Bernhard Rohleder, PDG de Bitkom. Les résultats d'une enquête représentative menée auprès de 508 entreprises ayant des processus logistiques, commandée par l'association numérique Bitkom, montrent que deux tiers (65 %) des entreprises interrogées pensent que les systèmes d'IA d'apprentissage automatique prendront en charge de nombreuses tâches logistiques, telles que la planification du meilleur itinéraire ou le déclenchement des processus de commande. 75 % des personnes interrogées s'attendent à ce que les lunettes intelligentes aident les employés dans le domaine de la logistique. Six entreprises sur dix (58 %) s'attendent à ce que des drones autonomes fassent l'inventaire des stocks. Un nombre similaire (57 %) suppose que les marchandises seront transportées par des véhicules autonomes. Quatre sur dix (42 %) pensent que les drones et les robots de livraison apporteront même des produits directement au client.

Les entreprises apprécient les nombreux avantages de la numérisation et de l'intelligence artificielle. 89 % d'entre eux attendent une réduction des coûts logistiques à long terme et une accélération du transport (86 %). 72 % des entreprises interrogées s'attendent à moins d'erreurs dans la chaîne de transport et 58 % à un transport plus respectueux de l'environnement. Dans l'ensemble, 88 % considèrent la numérisation comme une opportunité, et seulement 11 % comme un risque.

### 6.5.1. La logistique prédictive

L'utilisation de l'intelligence artificielle dans le domaine de la logistique est particulièrement utile pour prédire les futurs états du réseau logistique.

Grâce aux algorithmes d'apprentissage automatique de l'IA, il est possible d'évaluer de grandes quantités de données (Big Data), qui décrivent le comportement des clients dans le passé. En reconnaissant des modèles dans ces données, il est possible de prédire l'occurrence de certains événements (comportement d'ordre, etc.) avec une certaine probabilité (analyse prédictive). Grâce à cette analyse prédictive, des modèles générés par ordinateur du système logistique (par exemple la chaîne d'approvisionnement) peuvent être créés pour l'avenir. À partir de là, des décisions intelligentes peuvent être prises concernant les actions futures dans ce domaine. On peut par exemple prévoir dans quelle région un article spécifique sera commandé particulièrement fréquemment. De là, on peut faire des déclarations pour la logistique sur l'espace de stockage nécessaire, les camions, les magasiniers, etc. et en déduire certaines actions. Par exemple, les articles peuvent être stockés dans un entrepôt proche du domicile du

client avant d'être commandés, ce qui permet de réduire les délais de livraison. La gestion des risques de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement peut également être davantage planifiée. De cette façon, les données en direct de la chaîne d'approvisionnement, comme celles fournies par les capteurs de suivi de l'état des marchandises transportées, ou les rapports de trafic peuvent être intégrés dans les modèles de données et des mesures appropriées peuvent être prises. Il s'agit donc d'une planification intelligente basée sur la simulation qui révolutionne déjà non seulement l'industrie de la logistique, mais aussi de nombreuses autres industries.

### 6.5.2. Robotique et gestion des stocks

Les robots équipés d'algorithmes d'intelligence artificielle ou de Deep learning peuvent prendre des décisions autonomes et intelligentes concernant l'identification, l'analyse et le comptage des marchandises ainsi que leur manipulation et leur transport. Par exemple, la robotique peut être utilisée pour suivre, localiser et déplacer les stocks dans les entrepôts. Les robots conçus pour la préparation des commandes, les robots de chargement et les cobots (robots collaboratifs) façonneront l'avenir de l'intralogistique. Les robots autonomes conçus pour la préparation des commandes sont particulièrement intéressants pour les articles en petits lots, par exemple dans le commerce de détail en ligne. Les cobots assistent de plus en plus les humains dans leur travail en entrepôt. Il y a entre autres des cobots qui guident les employés vers les articles dans une zone de préparation des commandes. La solution basée sur l'IA augmente non seulement les taux de préparation de commandes de 200 à 300 %, mais aide les préparateurs à travailler plus rapidement et avec plus de précision.

### 6.5.3. Véhicules autonomes et logistique

La conduite autonome désigne la conduite entièrement automatisée d'un véhicule sans conducteur. En intralogistique, les véhicules autonomes sont des véhicules à guidage automatique (VGA). Grâce à eux, le nombre de trajets à vide et de trajets erronés peut être considérablement réduit parce que les véhicules se dirigent automatiquement vers le bon rayonnage. Ils sont basés sur différentes technologies telles que les bandes d'indication, les lasers de précision, les réflecteurs ou de simples traces de ruban adhésif. Alors que la plupart des entrepôts intralogistiques reposent encore aujourd'hui sur des chariots de manutention tels que les chariots élévateurs, que les chauffeurs conduisent à vue et sur appel, les AGV suivent un trajet programmé automatiquement. Pour ce faire, une trace visuelle peut être utilisée, par exemple, qu'un AGV peut suivre sur son chemin. Les goulots d'étranglement, les collisions ou autres obstacles dans le flux de travail peuvent ainsi être presque totalement éliminés. Cela rend toute la logistique interne d'une entreprise plus rapide et plus efficace. Le défi consiste uniquement à créer une infrastructure ouverte. Dans la logistique des transports, des véhicules autonomes et des drones peuvent être utilisés pour la livraison de colis, entre autres.

### 6.5.4. Intelligence artificielle visuelle

L'intelligence artificielle visuelle peut être utilisée pour la détection et la classification des dommages. Elle est beaucoup plus rapide et plus précise que des experts en chair et en os. Un exemple est l'utilisation de l'intelligence artificielle visuelle chez le géant de l'internet Amazon. Ici, les bacs contenant des articles sont déchargés dans un délai très court et leur contenu est classé par catégorie.

L'intelligence artificielle visuelle ou la technologie du Deep learning peuvent être utilisées pour la reconnaissance d'objets sans code-barres, le comptage et la mesure de produits. Cela permet, par exemple, d'automatiser la réception des marchandises en identifiant les produits de manière indépendante, en déterminant les dimensions et le poids des produits et, si nécessaire, en lisant des informations supplémentaires. Les processus d'emballage peuvent être accélérés, par exemple, en éliminant la nécessité de scanner les produits et en affichant le schéma d'emballage en 3D ou en scannant automatiquement plusieurs codes à barres et codes QR à la fois. Les objets peuvent être comptés et mesurés simultanément grâce à l'IA et à la vision numérique.

### 6.5.5. Les entrepôts intelligents

Au cœur d'un entrepôt intelligent se trouve un système de gestion des entrepôts intelligent (WMS) destiné à accroître la productivité et l'efficacité. Il visualise et utilise de manière cohérente les données relatives aux objets logistiques, découvre les anomalies avant que les problèmes ne surviennent et traite les informations pour obtenir des optimisations efficaces telles que la réduction du temps de parcours. Des solutions d'automatisation telles que les robots AI, les AGV, l'intelligence artificielle visuelle, la RFID, les solutions de pick-by, les lunettes de réalité argumentée et bien d'autres sont intégrées dans le système de gestion des entrepôts intelligent. Il est également possible de réaliser d'énormes économies d'énergie en intégrant des réseaux intelligents pour économiser l'électricité et des systèmes de refroidissement et de chauffage intelligents.

### 6.6. Administration publique et services

À l'heure actuelle, les administrations publiques poursuivent leur mue en des administrations numériques où le travail se fait davantage à travers les ordinateurs, plutôt qu'en face-à-face avec les usagers. Le nombre de tâches où les technologies sont capables de remplacer le jugement humain ne cesse de croître. Dès lors, quid de la discrétion administrative numérique ?

#### **Discrétion administrative et intelligence artificielle**

Si l'être humain est doté de toutes les habilités nécessaires pour effectuer les tâches administratives complexes et manifeste une volonté d'agir avec efficacité et efficience, sa rationalité demeure limitée et reste imparfaite lorsqu'il s'agit d'appliquer la loi. Dès lors, le processus décisionnel peut être affecté par des biais cognitifs, des erreurs et/ou de la subjectivité.

Au fil du temps, les outils TIC ont aidé les humains à perfectionner leur pouvoir discrétionnaire, et donc la qualité des services administratifs. Cependant, les progrès de l'IA apparaissent particulièrement spectaculaires. Ce qui a commencé comme l'automatisation des efforts physiques et la saisie de données relativement simple évolue vers des tâches cognitives et analytiques complexes qui relèvent des agents publics. Les applications potentielles de l'IA pour améliorer la qualité et l'efficacité du travail administratif se multiplient et touchent des domaines variés tels que la santé et les services sociaux, la fiscalité, les transports ou encore la communication. Les gouvernements tardent cependant à adopter les nouvelles technologies et investissent peu dans leur renouvellement et leur mise à jour.

#### **L'avenir de la discrétion des agents de première ligne**

Dans la littérature, deux thèses s'affrontent quant à l'influence des TIC sur le pouvoir discrétionnaire des agents de première ligne. D'une part, certains auteurs considèrent que le pouvoir discrétionnaire est en train de diminuer voire même disparaître avec la prise de décision automatisée. D'autres auteurs nuancent ce constat en considérant que les TIC ne sont qu'un facteur parmi d'autres qui permet d'appréhender le pouvoir discrétionnaire des agents de première ligne.

Quatre arguments sont mis de l'avant pour critiquer la thèse de l'affaiblissement du pouvoir discrétionnaire :

- Son déterminisme technologique ;
- Sa définition restreinte du pouvoir discrétionnaire ;
- Ses limites empiriques ;
- Le manque d'intérêt pour l'utilisation concrète des technologies par les travailleurs de première ligne.

Malgré l'usage d'outils informatiques, les agents de première ligne exercent toujours un pouvoir discrétionnaire. Cependant, en fonction du contexte, ce pouvoir est restreint et automatisé pour certaines tâches (ex. La gestion d'une bibliothèque, la surveillance de violation des feux de circulation ou le traitement de demandes de prêts étudiants) et activé et augmenté pour d'autres tâches (ex. Les interventions de pompiers ou d'agents de la police qui rencontrent des situations complexes et incertaines dans leurs interactions avec les citoyens).

Le passage vers la bureaucratie des systèmes est marqué par une transformation dans les profils d'employés. L'administration s'appuie désormais sur trois groupes d'employés :

- Ceux qui opèrent dans le processus de traitement des données ;
- Les gestionnaires du processus de production ;
- Ceux qui aident les clients dans l'interaction avec le système d'information.

### **Influence de l'IA sur les bureaucraties et la distractions au niveau des systèmes**

De nombreux chercheurs affirment que les progrès de l'IA vont atteindre un niveau tel que les machines auront la capacité d'aller au-delà de la programmation initiale et d'apprendre à apprendre, c'est-à-dire à faire preuve de jugement lorsque la situation change. Ce constat soulève de multiples préoccupations quant aux principes de responsabilité et de contrôle. C'est pourquoi, il est important de procéder avec précaution dans le déploiement de l'IA pour remplacer la décision humaine. Le défi serait d'abord de programmer des systèmes avec des valeurs et des motivations bien alignées avec celles de leurs concepteurs et de les orienter vers des objectifs bien définis, ce qui permettrait d'améliorer leur réactivité et la rationalité de leurs décisions. Il s'agit ensuite de doter ces machines d'une capacité de jugement qui leur permet de détecter les modifications subtiles de l'environnement, analyser et évaluer les situations puis prendre des décisions rapides, sans la supervision humaine. Dans les bureaucraties de systèmes, le pouvoir discrétionnaire augmente auprès des concepteurs et des programmeurs des systèmes, qui peuvent être aussi bien des personnes ou des programmeurs d'intelligence artificielle.

### **6.7. Les jeux vidéos**

En termes de jeux vidéo, l'IA désigne des algorithmes et des techniques informatiques, robotiques, infographiques ainsi que des techniques de contrôle. À une époque, l'IA de jeu était surtout utilisée pour améliorer les niveaux de difficulté par le biais des adversaires. Plus récemment, elle se trouve également dans le pathfinding et dans les arbres de décisions afin de guider les actions des PNJ.

L'utilisation de l'IA dans les jeux vidéo n'a pas vraiment d'effets visibles pour les utilisateurs. Elle peut correspondre à une exportation de données ou à une procédure de génération de contenu. En gros, l'intelligence artificielle de jeu est surtout un calcul automatisé qui fournit un ensemble de réponses prédéterminé dont les entrées sont limitées.

À cause de cela, certains chercheurs refusent d'attribuer aux algorithmes la désignation d'intelligence artificielle. En effet, l'approche pour l'IA de jeu ne vise pas forcément à faciliter le machine learning ou à automatiser les prises de décisions, comme l'IA traditionnelle le fait.

Toutefois, les représentants de l'industrie des jeux vidéo pensent que l'IA permet aux technologies liées à ce domaine de fonctionner de différentes manières. Entre autres, elle développe leur personnalité en répondant aux instructions complexes de l'utilisateur.

Depuis les débuts de l'intelligence artificielle, une partie s'est toujours intéressée au développement des jeux. En effet, parmi les premières IA développées figurait le jeu de Nim (1952). Il y avait également des programmes écrits pour jouer au jeu de dames ou encore aux échecs. À l'époque, il était surtout question de développer des méthodes et des algorithmes.

Aux premières apparitions des jeux vidéo, vers les années 60, la recherche en IA était en plein essor. Les réalisations comme Pong, Spacewar et Gotcha présentaient exclusivement une compétition entre joueurs. Autrement dit, l'IA n'avait pas encore de rôle dans le domaine.

Mais l'intégration de l'intelligence artificielle n'a pas mis beaucoup de temps. En effet, dans les années 70, les jeux ont commencé à proposer un mode solo. En 1974, des jeux d'arcade tels que Qwak, Speed Race ou encore Pursuit sont apparus.

L'IA des jeux vidéo a surtout connu un succès pendant l'âge d'or des jeux d'arcade. Cela correspond notamment à des niveaux de difficulté croissants comme dans Space Invaders ou à des mouvements plus complexes et plus variés des ennemis comme dans Galaxian. En d'autres termes, cette période a vu de nombreux jeux apporter des améliorations grâce à l'intelligence artificielle (Pac-Man, First Queen, Dragon Quest IV, Secret of Mana...).

Des jeux vidéo sportifs ont également tiré profit de la technologie pour maximiser la précision ou produire des stratégies de gestion ou d'entraînement définies par le joueur. D'autre part, Creatures et Black & White utilisaient l'IA ascendante, tandis que Façade (2005) utilisait principalement des dialogues interactifs pour le jeu.

Par ailleurs, les plus gros défis des outils IA étaient le développement de nouveaux accessoires de jeu, les informations incomplètes, la recherche de chemin, la planification économique ou encore les décisions en temps réel.

### 6.7.1. Les personnages non joueurs (PNJ)

De tous les aspects de l'utilisation de l'IA dans les jeux vidéo, le contrôle des PNJ est clairement le plus évident. Sans elle, l'écriture des arbres de décision peut entraîner une perte d'immersion ou une anomalie de comportement imprévue.

Par ailleurs, le « pathfinding » ou la recherche de chemin est très répandu dans les jeux de stratégie en temps réel. Il s'agit d'une méthode qui permet au PNJ de se déplacer d'un point A vers un point B, tout en tenant compte des obstacles. Généralement, les jeux vidéo commerciaux utilisent une grille d'orientation simple avec un algorithme d'orientation A\* ou IDA\*.

D'autres développeurs utilisent des polygones irréguliers ou encore sélectionnent manuellement les waypoints pour guider la direction des PNJ. Néanmoins, les points de cheminement sont moins performants que les maillages de navigation dans les environnements de jeu complexes. Outre le pathfinding, la navigation dynamique permet aux PNJ de naviguer tout en évitant les collisions entre eux ou avec les joueurs, ou alors en collaborant avec ceux-ci.

### 6.7.2. Les jeux de combat

L'IA joue également un rôle dans les jeux vidéo d'action qui comportent des niveaux de combat. Le premier cas d'utilisation de l'intelligence artificielle concerne sa capacité à chasser. Pour ce faire, elle recherche des marqueurs réalistes (sons ou empreintes de pas) du personnage. Cela contraint le joueur à utiliser la meilleure manière d'approcher l'ennemi.

Par ailleurs, l'IA a également développé un instinct de survie, toujours en identifiant des éléments dans l'environnement pour déterminer s'ils lui sont bénéfiques ou néfastes. Ainsi, si l'IA sent qu'il court un danger, il peut se mettre à l'abri avant de régénérer sa force (recharger une arme, lancer une grenade, etc.). De même, elle peut être programmée pour réagir de manière spécifique à un seuil de santé prédéfini.

### 6.7.3. La recherche arborescente Monte-Carlo (MCTS)

La recherche arborescente Monte-Carlo est une méthode qui permet de créer des obstacles supplémentaires pour le joueur afin d'améliorer le gameplay. En termes simples le MCTS est un diagramme en arbre sur lequel l'IA sélectionne un chemin pour aboutir au prochain obstacle auquel le joueur doit faire face.

#### 6.7.4. Les réseaux antagonistes génératifs (GAN)

Certains développeurs utilisent également les GAN pour générer de nouveaux contenus dans les jeux vidéo. En s'entraînant sur des niveaux de jeux créés par les humains, ces réseaux peuvent créer des personnages, un gameplay et des graphismes. Cette méthode a par exemple été utilisée dans DOM (1993) et Super Mario.

En fin de compte, l'IA académique peut tout de même avoir un rôle à jouer dans le développement de jeux vidéo pour la modélisation de l'expérience du joueur, la génération de contenu procédural ou d'autres approches des PNJ.

#### 6.7.5. Quel avenir ?

Il est clair que l'IA a largement contribué à améliorer l'univers des jeux vidéo. Elle a commencé par permettre aux gamers de jouer en mode solo et a fini par créer des personnages presque aussi intelligents que les humains. D'autre part, l'utilisation des différents outils d'IA a permis de faire évoluer tous les aspects, à savoir les personnages, le gameplay, les graphismes, etc. En d'autres termes, l'évolution de la technologie a influencé l'utilisation de l'intelligence artificielle dans le monde des jeux vidéo.

D'après une étude, le domaine de l'intelligence artificielle rencontre un souci lié au manque de diversité. En effet, la plupart des acteurs sont des hommes, ce qui pourrait expliquer une partie des biais présents dans certains algorithmes d'IA.

En termes de jeux vidéo, cela pourrait se traduire par des créations limitées. Uma Jayaram est la directrice générale de SEED, l'équipe d'innovation et de recherche appliquée d'Electronic Arts. Selon elle, « une équipe diversifiée permettrait de fusionner et de créer des possibilités pour un résultat et un produit plus représentatifs ». Toutefois, il n'est pas uniquement question de présence masculine ou féminine, mais également d'un point de vue culturel différent.

D'après Michael Cook, chercheur en IA et développeur de jeux vidéo, leur rôle est déterminant. Ils ont des responsabilités envers les joueurs, car ils ont à la fois le pouvoir d'améliorer les jeux et de les nuire. Dans la création de personnages, par exemple, il est important de modéliser une personne avec laquelle les joueurs pourraient s'identifier.

Par ailleurs, une diversification de la main-d'œuvre ne résoudra pas uniquement un problème d'équité, mais pourrait éventuellement améliorer l'expérience interactive. Effectivement, en abordant des points de vue différents, les jeux vidéo pourraient explorer plus largement l'étendue de l'expérience humaine, grâce à l'IA.

#### 6.7.6. Accélérer les recherches en IA grâce aux jeux vidéo ?

Le principe de l'intelligence artificielle est d'automatiser les prises de décisions dans différentes circonstances. Pour ce faire, les ingénieurs et les développeurs IA ont mis au point les techniques d'apprentissage tels que le machine learning et le deep learning. Seulement, ces derniers reposent sur les données pour s'entraîner à prendre les décisions et les appliquer à des problèmes réels.

Étant donné que certains jeux sont des analogues du monde réel, les environnements des jeux vidéo pourraient très bien servir de modèles d'entraînement pour les algorithmes. Autrement dit, malgré le scepticisme de certains experts en IA quant à son rôle dans les jeux vidéo, ils pourraient éventuellement être complémentaires.

## VII. Les enjeux et les risques d'un nouvel arrivé : ChatGPT

Depuis son lancement le 30 novembre 2022, ChatGPT n'en finit plus de faire parler de lui. Développée par OpenAI, ce chatbot ne se limite à un simple rôle d'agent conversationnel. Il s'agit d'une IA générative. Parmi ces nombreuses applications, nous pouvons retrouver la rédaction de livres et/ou de chansons, le développement de lignes de codes, la composition de morceaux musicaux, l'exécution de classements fastidieux à partir d'un tableur. En plus d'apprendre, ChatGPT accomplit ce qu'on lui demande à partir d'une consigne écrite appelée « prompt ».

### 7.1. Qu'est-ce que ChatGPT ?

ChatGPT est un modèle de langage entraîné par OpenAI, capable de générer du texte à la demande en utilisant une intelligence artificielle de pointe. Le nom « ChatGPT » vient de la combinaison de deux termes « chat » et « GPT », qui signifient respectivement « conversation » et « modèle de transduction de langage prédictif ».

Dans l'objectif de comprendre le contexte d'une conversation et de fournir des réponses, à la fois pertinentes et cohérentes, ChatGPT fut entraîné sur un vaste corpus de productions écrites, notamment des articles de journaux, des romans, des scripts de films et de télévision, ainsi que des conversations en ligne. Un des atouts majeurs de ChatGPT réside dans le fait qu'il est capable de s'adapter à un large éventail de sujets et de styles de langage. Dès lors, son application peut être multiple et variée : la rédaction d'articles, de poèmes ou de travaux universitaires, la traduction, l'écriture de code informatique, la résolution d'équation mathématique, la génération de contenus pour les réseaux sociaux, la rédaction de scripts pour les films et les séries télévisées, ou encore la création de chatbots pour les entreprises.

### 7.2. ChatGPT, un accès libre et gratuit

ChatGPT est accessible gratuitement à partir du site d'OpenAI. Pour entamer la conversation, il suffit de se rendre sur le site d'OpenAI et de créer un compte. Si, initialement, le site se présente en anglais, il est possible de discuter en français après avoir créé un profil d'utilisateur.

### 7.3. Quel est le nombre d'utilisateurs de ChatGPT ?



D'après des sources provenant du service lui-même, après son lancement en novembre 2022, ChatGPT aurait attiré un million d'utilisateurs en seulement cinq jours.

Cette affluence constitue un véritable record. En effet, d'autres services populaires avaient mis plusieurs mois voire années à atteindre le seuil du million d'utilisateurs. Comme l'indique le document ci-dessous, Spotify et Dropbox avaient atteint ce cap relativement rapidement, respectivement en cinq et sept mois, en raison du fait qu'il s'agit de plateformes qui offrent une utilisation pratique immédiate, à l'instar de ChatGPT. À l'exception

d'Instagram, qui avait attiré un million d'utilisateurs en deux mois et demi, les autres réseaux sociaux (Facebook, Twitter) avaient mis plus de temps à atteindre ce seuil.

Il est important de noter qu'avec la digitalisation croissante de l'économie, les innovations tendent à se diffuser plus rapidement dans la population.

#### 7.4. Quels bouleversements à venir au sein de la sphère professionnelle ?

L'année écoulée fut rude pour le secteur de la technologie. En effet, nous pûmes assister à l'effondrement de la crypto monnaie, à de nombreuses pertes d'emplois (ndlr : chez Twitter, notamment) ainsi qu'à une diminution des investissements.

Pourtant, en décembre 2022, OpenAI fut à l'origine d'une véritable révolution qui sembla constituer une renaissance pour certains, une menace pour d'autres, sous la forme de ChatGPT.

En janvier 2023, la plateforme de mise en relation entre entreprises et agences de communication Sortlist a réalisé une enquête auprès de 500 employés et employeurs utilisant ChatGPT dans 6 pays (Royaume-Uni, Belgique, Allemagne, Espagne, Pays-Bas et France) .

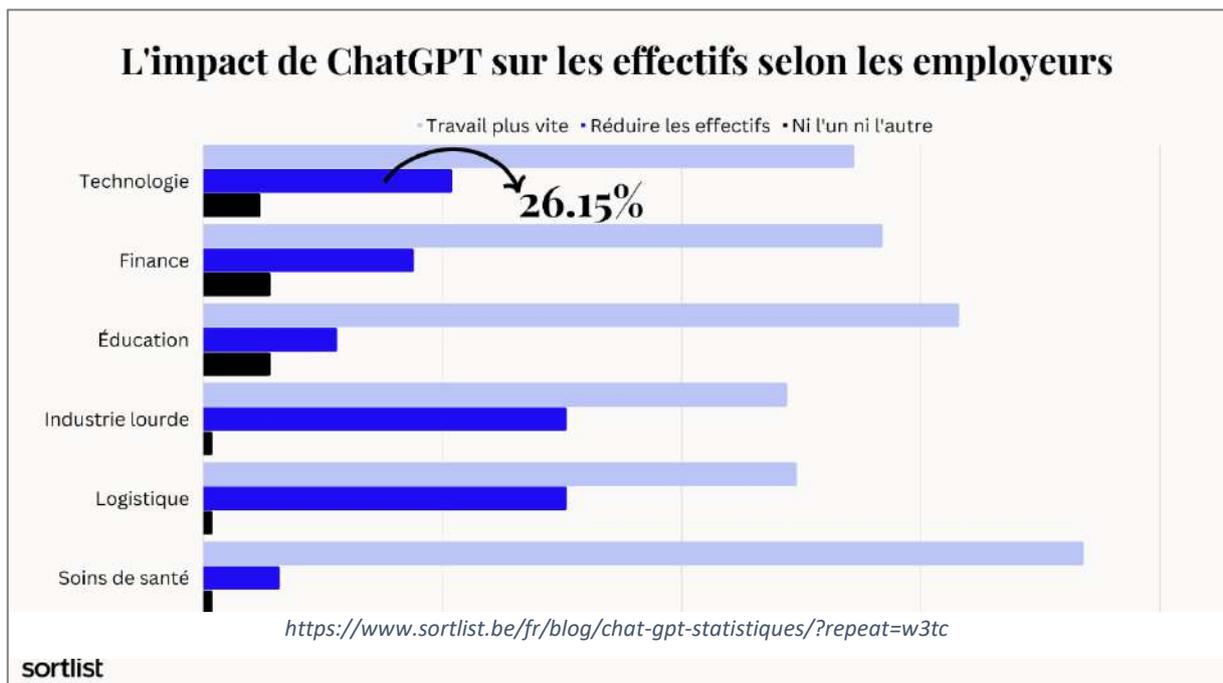
L'objectif de cette enquête était de mettre en avant des données sur ce que ces employés pensent de l'apparition de chatGPT dans le monde du travail, combien ils seraient prêts à payer pour l'obtenir, et s'ils y voyaient une menace ou, au contraire, une opportunité.

#### 21% des employés craignent une perte de leur emploi du fait de ChatGPT

Selon cette même étude, sur les 250 employés interrogés, 21% d'entre eux redoutent que l'outil remplace leurs emplois. De manière plus précise, 23% des employés travaillant dans le secteur des logiciels et de la technologie craignent de perdre leur emploi à cause de ChatGPT. Peut-être devraient-ils l'être car 26% des employeurs du même secteur envisagent de réduire leurs effectifs en conséquence directe.

#### Éducation : 31% des employés craignent des suppressions de postes

De son côté, le secteur de l'enseignement n'est pas épargné avec 31% des employés qui pensent que ChatGPT pourrait les remplacer. (Voir graphique ci-dessous)



## Secteur de la finance : 70% plus à risque que prévu pour les employés

Le secteur de la finance est le deuxième secteur où les employeurs considèrent ChatGPT comme un moyen de réduire les effectifs. Toutefois, à l'inverse du secteur de l'éducation, les employés du secteur de la finance ne considèrent pas ChatGPT comme une menace.

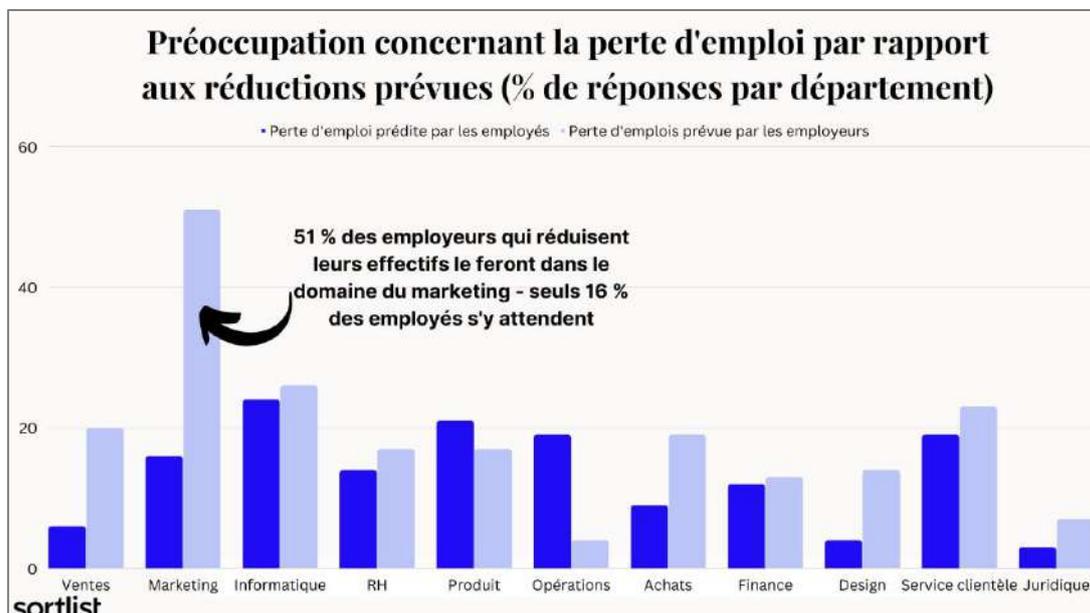


<https://www.sortlist.be/fr/blog/chat-gpt-statistiques/?repeat=w3tc>

Seuls 14% des employés de ce secteur craignent que l'outil soit utilisé pour réduire les effectifs et les coûts dans leur entreprise. Cependant, 22% des employeurs du secteur financier considèrent cette comme une possibilité s'ils devaient introduire l'outil au sein de leur entreprise.

## L'informatique demeure du ressort de l'humain tandis que le marketing s'automatise

51% de ceux qui prévoient de réduire leurs effectifs le feront dans le marketing. Au niveau des départements, les employés des départements de gestion de produits et de service à la clientèle sont 2x plus susceptibles de s'inquiéter pour leur emploi que les spécialistes du marketing... mais les spécialistes du marketing sont ceux qui sont le plus à risque. (Voir graphique ci-dessous)



<https://www.sortlist.be/fr/blog/chat-gpt-statistiques/?repeat=w3tc>

Selon cette même étude menée par Sortlist, 51% des employeurs qui envisagent de réduire leurs effectifs pensent que le ChatGPT serait mis en place dans leurs départements marketing et relations publiques. Une vague imprévue de licenciements dans le domaine du marketing est à venir : seul un quart des employés de ces départements envisagent une réduction des effectifs dans leur organisation.

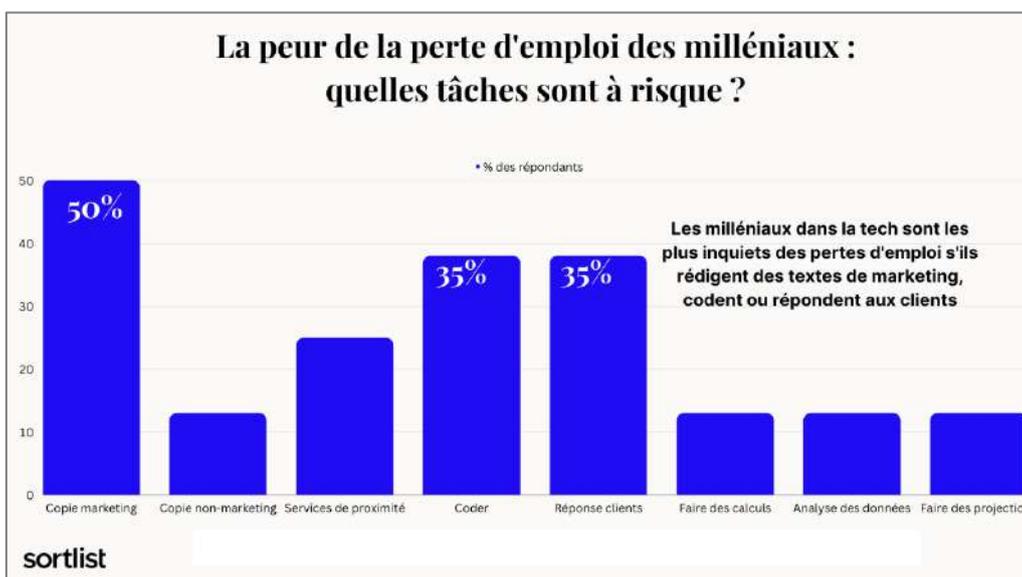
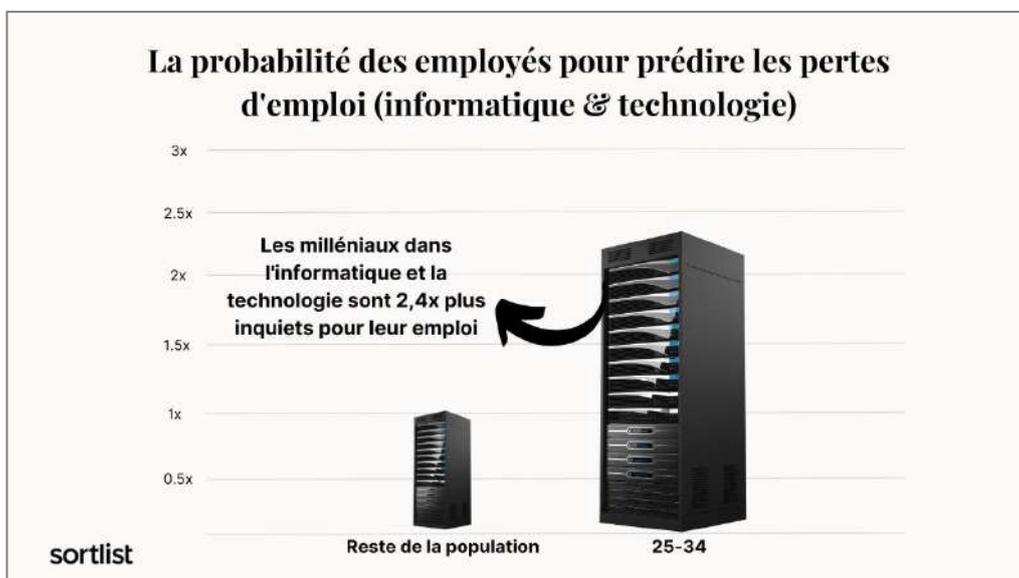
Bien que les employés et les employeurs aient des opinions différentes sur les emplois qui pourraient être touchés par ChatGPT, les deux groupes s'accordent à dire que le chatbot a du potentiel dans le domaine du marketing.

En revanche, les employés du marketing ne savent pas combien d'employeurs sont prêts à utiliser le robot.

43% des employeurs souhaitent embaucher ChatGPT en tant que rédacteur marketing, contre 36% des employés qui considèrent que le chatbot a un rôle à jouer dans ce domaine.

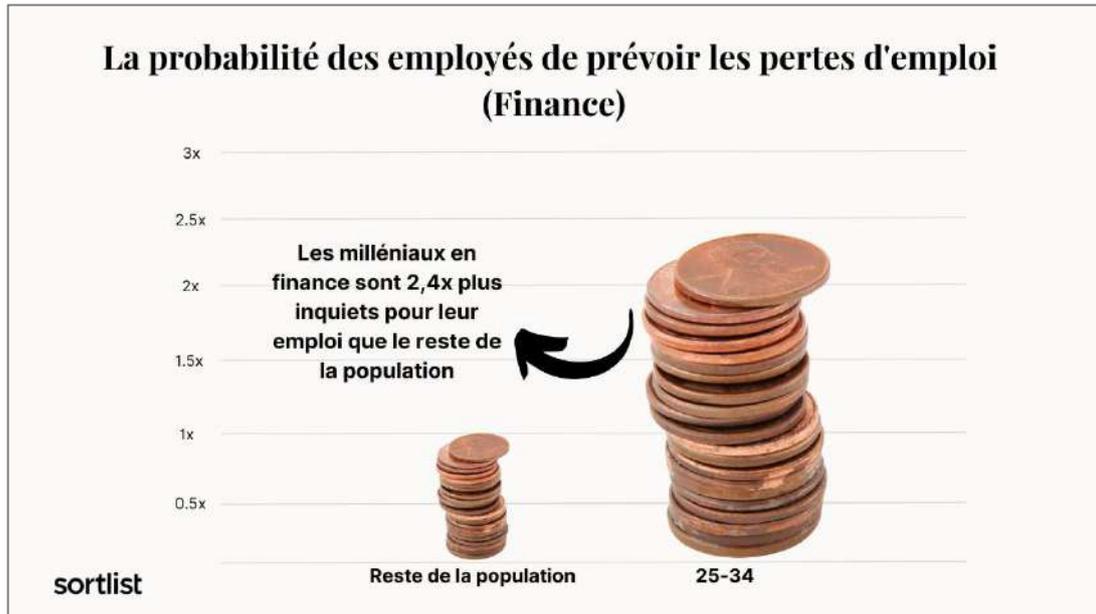
### Inquiétude chez les milléniaux ou génération Y quant à une potentielle perte d'emploi

Tous secteurs confondus, les milléniaux sont 43 % plus inquiets des suppressions d'emplois dans leur secteur d'activité. Toutefois, ce chiffre augmente de manière significative lorsqu'il s'agit de ceux qui travaillent dans les secteurs des logiciels et des technologies.



Au sein du secteur, la plupart des milléniaux qui craignent des suppressions d'emplois imaginent que ChatGPT sera utilisé pour rédiger des textes plutôt que pour coder, par exemple pour répondre aux questions des clients (50 %) et pour toucher des clients potentiels (38%).

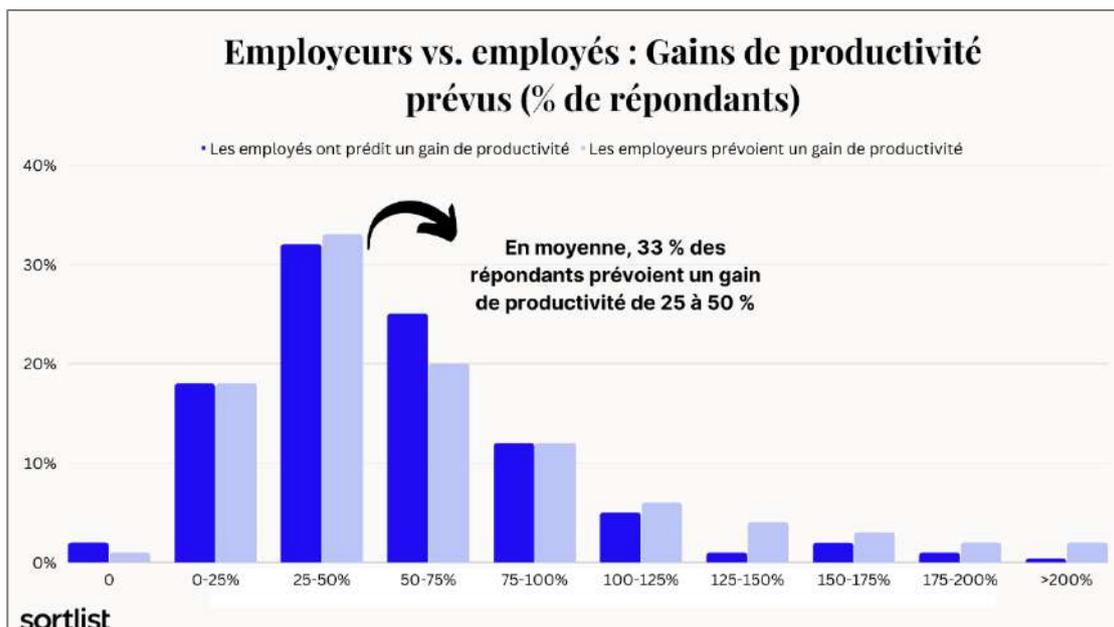
De même, dans le domaine de la finance, les employés millénaires sont 2,4x plus nombreux à s'inquiéter des suppressions de postes par rapport aux autres générations dans le même domaine. (voir graphique ci-dessous)



67% d'entre eux pensent que le chatbot pourrait avoir un impact sur ceux qui rédigent des textes marketing, mais aussi, qu'il pourrait avoir un impact sur les employés qui analysent les données.

### Les employeurs prévoient une hausse de la productivité de 74% en moyenne

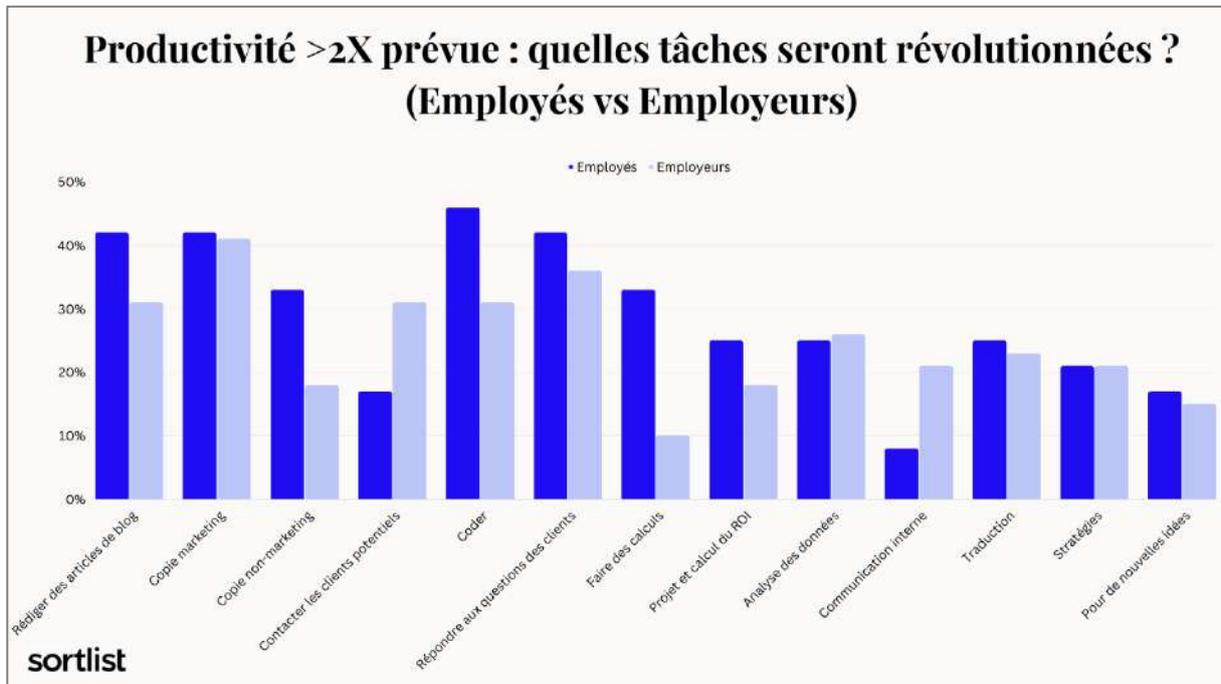
La plupart des employés (32%) voient une augmentation de la productivité comprise entre 25 et 50%, tout comme les employeurs (33%), mais ces derniers voient une augmentation moyenne de la productivité légèrement supérieure à celle de leurs employés. (voir graphique ci-dessous)



## Les employés utiliseraient ChatGPT pour le codage, les employeurs pour le marketing

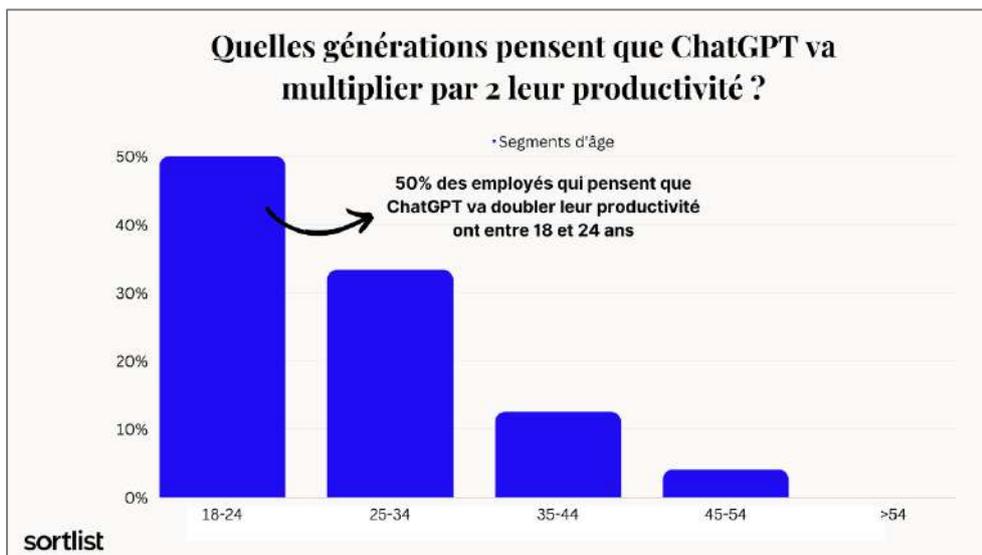
Parmi les employés qui pensent que ChatGPT pourrait au moins doubler leur productivité, 45 % l'utiliseraient pour des tâches de codage, et 38 % d'entre eux pensent qu'il serait le plus bénéfique pour les départements informatiques et d'ingénierie.

Cependant, seuls 31% des employeurs pensent que le codage verrait un avantage aussi important du chatbot. (voir graphique ci-dessous)



D'autre part, 41 % des employeurs s'attendent à ce que ChatGPT double leur productivité dans les départements de marketing et de relations publiques et l'utiliseraient également pour la rédaction de textes marketing.

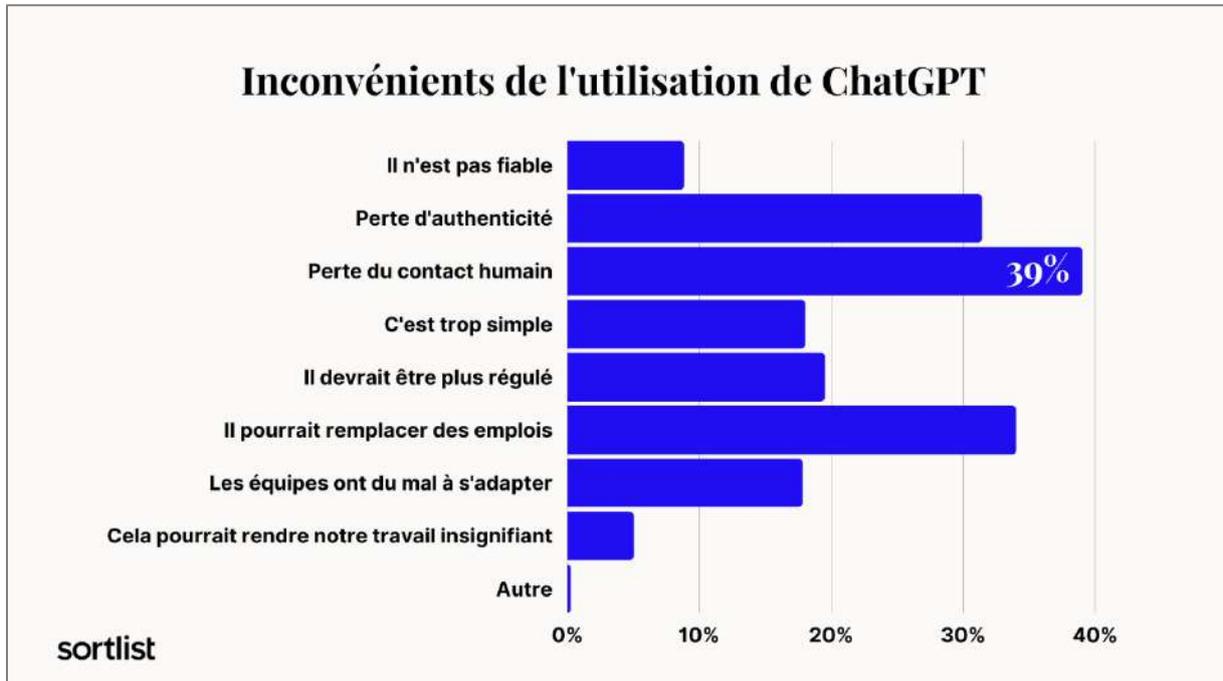
50% des employés issus de la génération Z pensent que leur productivité au travail pourrait être multipliée par deux voire trois



58 % des 18-24 ans pensent que ChatGPT doublerait au moins leur productivité en répondant aux questions des clients. 50 % d'entre eux pensent qu'il serait plus utile pour écrire du code et générer des textes non-marketing.

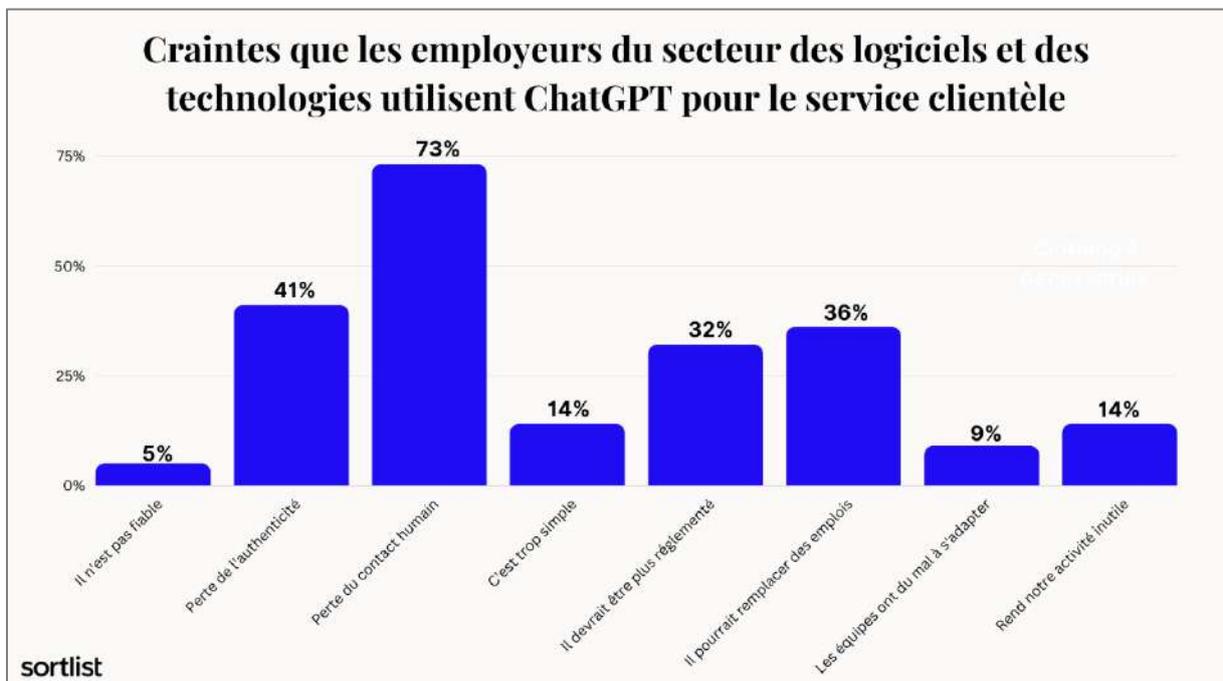
## 39% craignent une perte du contact humain avec ChatGPT

Alors que les participants à l'enquête se sont montrés enthousiastes quant aux gains de productivité potentiels de ChatGPT, près de 39% ont exprimé leur inquiétude quant à la perte du contact humain. (Voir graphique ci-dessous)

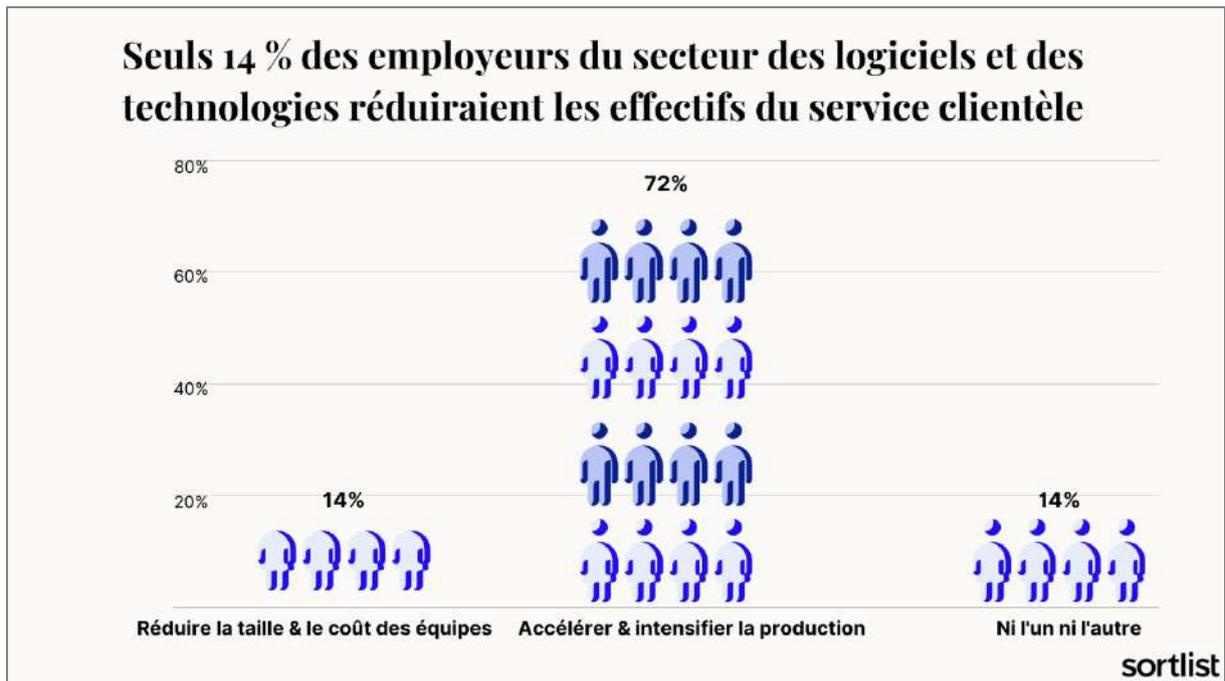


Et, fait révélateur, 46% de ceux qui partagent cette crainte imaginent que ChatGPT sera surtout utilisé dans le service client.

37% des employeurs qui utiliseraient ChatGPT pour le service client travaillent dans le secteur des logiciels et de la technologie. Parmi eux, 72% ont peur d'une perte du contact humain.

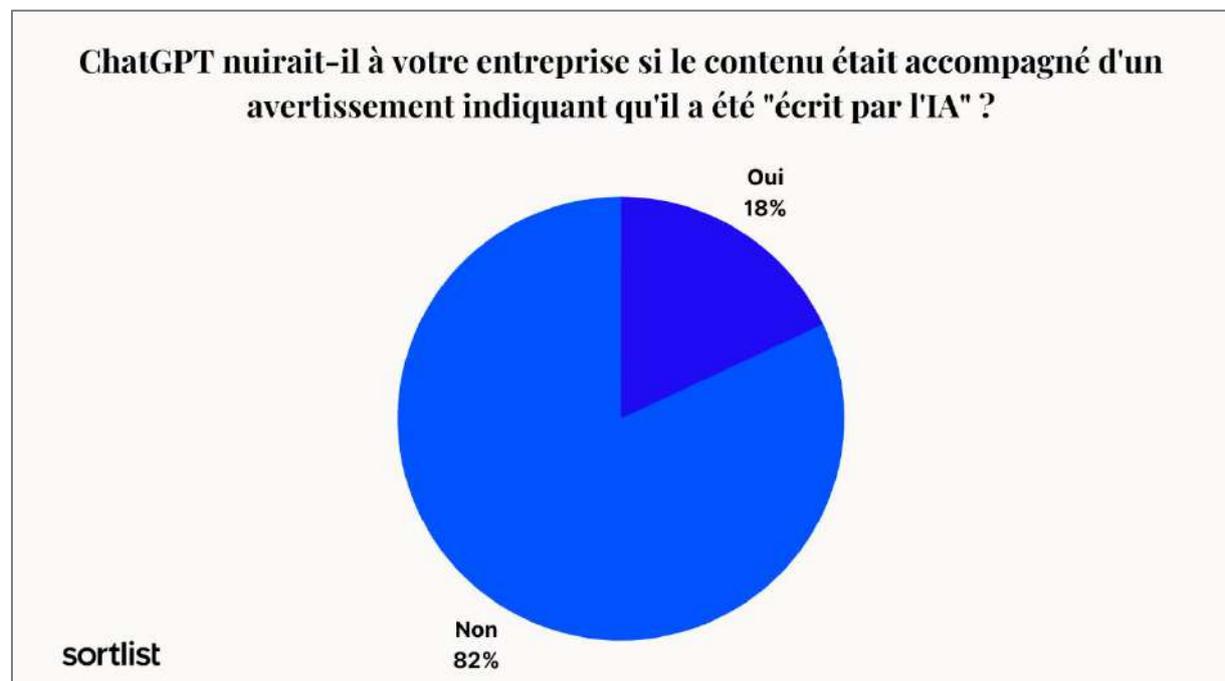


Malgré tous les discours sur le remplacement du service client humain par ChatGPT, seuls 14% des employeurs du secteur des logiciels et de la technologie (les plus grands adeptes de ChatGPT) chercheraient à réduire leurs effectifs dans ce domaine. (Voir graphique ci-dessous)



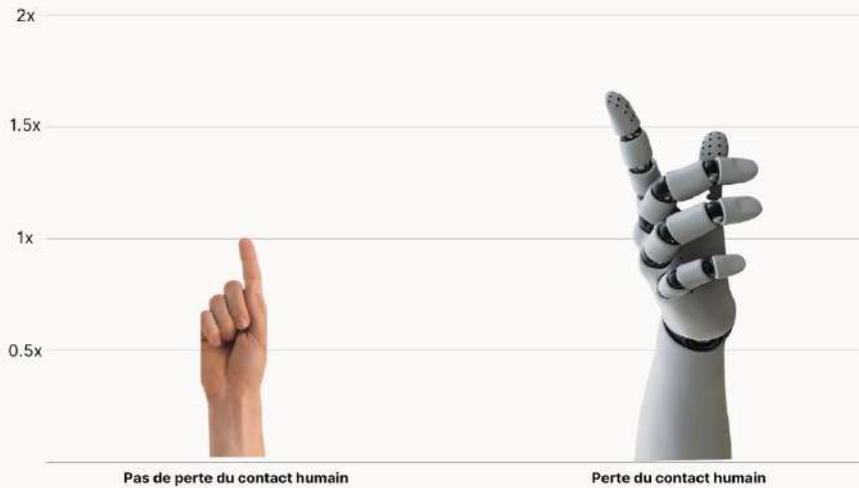
« Written by AI » : les ventes et les clients qui réussissent sont 67 % plus susceptibles de penser que le filigrane rend ChatGPT inutile

82% des employeurs pensent qu'un filigrane (ndlr : outil permettant de détecter le texte généré par l'IA) ne ferait pas de différence dans leur utilisation de ChatGPT.



Mais pour ceux qui pensent que cela rendrait leur contenu indigne de confiance, 52% s'attendent à utiliser ChatGPT pour répondre aux questions des clients, et 43% pour atteindre des clients potentiels. Ils sont également 1,6 fois plus nombreux à s'inquiéter d'une perte du contact humain.

## Les employeurs opposés au filigrane sont 60% + susceptibles de s'inquiéter d'une perte de la touche humaine

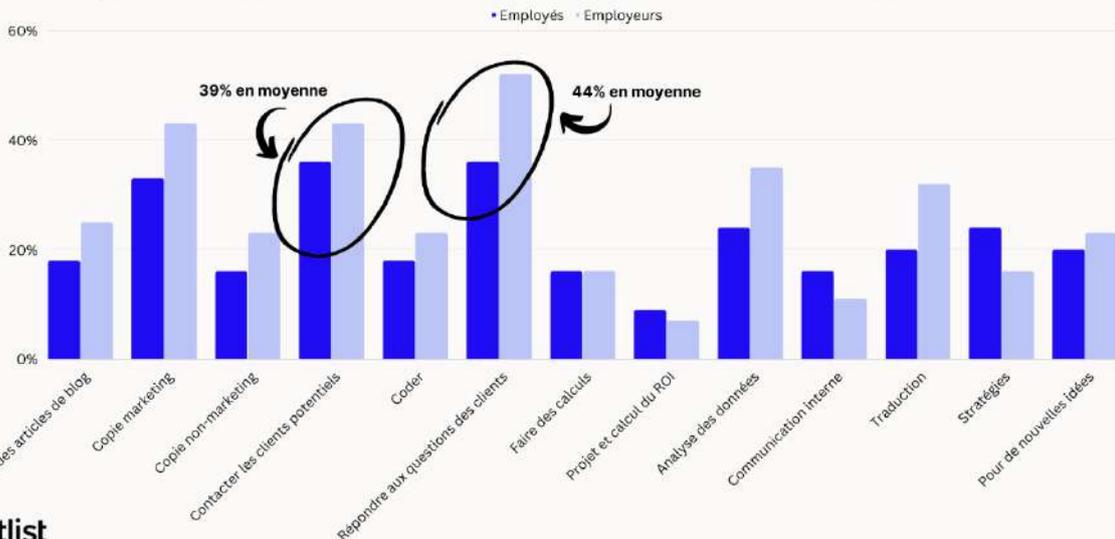


sortlist

Qu'en est-il du filigrane ? Lorsqu'il s'agit d'un texte en filigrane qui donne l'impression que le contenu généré par l'IA n'est pas digne de confiance, les employeurs et les employés partagent les mêmes préoccupations concernant le contact avec les clients.

Parmi les plus inquiets, 39% craignent de paraître indignes de confiance lorsqu'ils contactent les clients et 44% lorsqu'ils répondent aux questions des clients.

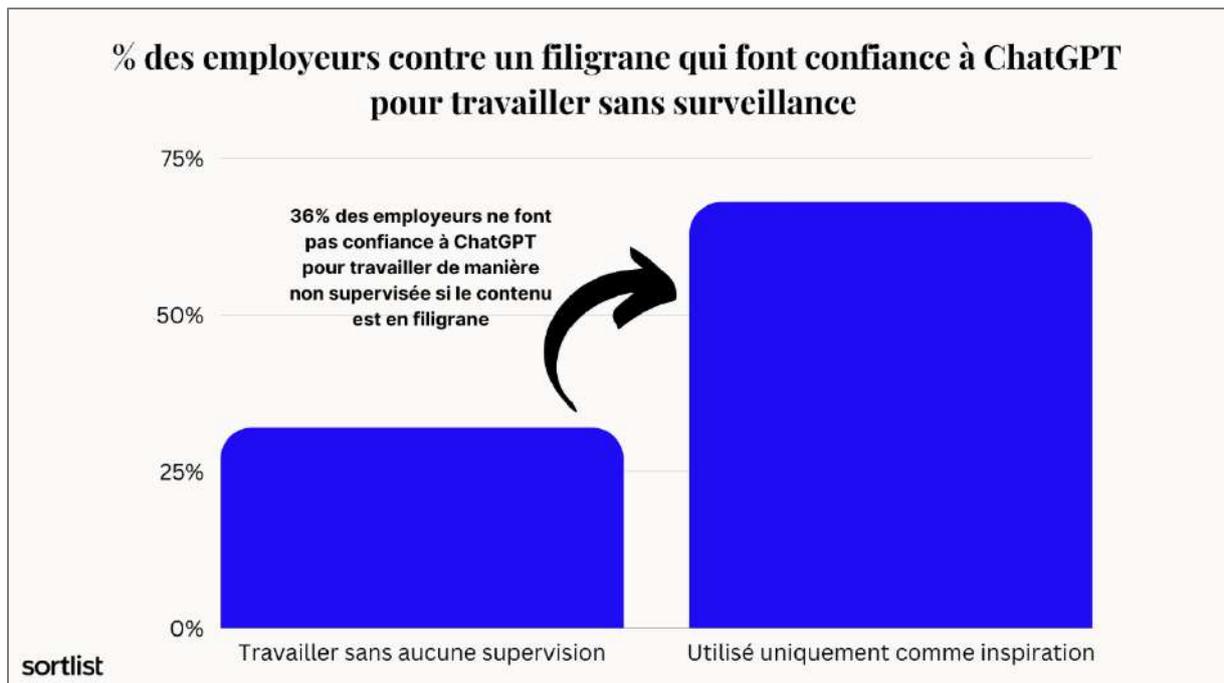
## Tâches pour lesquelles les employeurs sont les plus préoccupés si le contenu de l'IA est mis en filigrane



sortlist

Les entreprises craignent que le contact direct avec les clients ne les fasse passer pour peu fiables si ces derniers savent qu'ils parlent avec un bot. Admettre aux clients que leur contenu est produit par l'IA pourrait détourner ceux qui recherchent une expérience plus personnalisée.

68 % de ces employeurs estiment également que le chatbot ne devrait pas être laissé sans surveillance. Ils doutent donc de la crédibilité de son travail dans un rôle crucial, lorsqu'il est au contact du client. (Voir graphique ci-dessous)

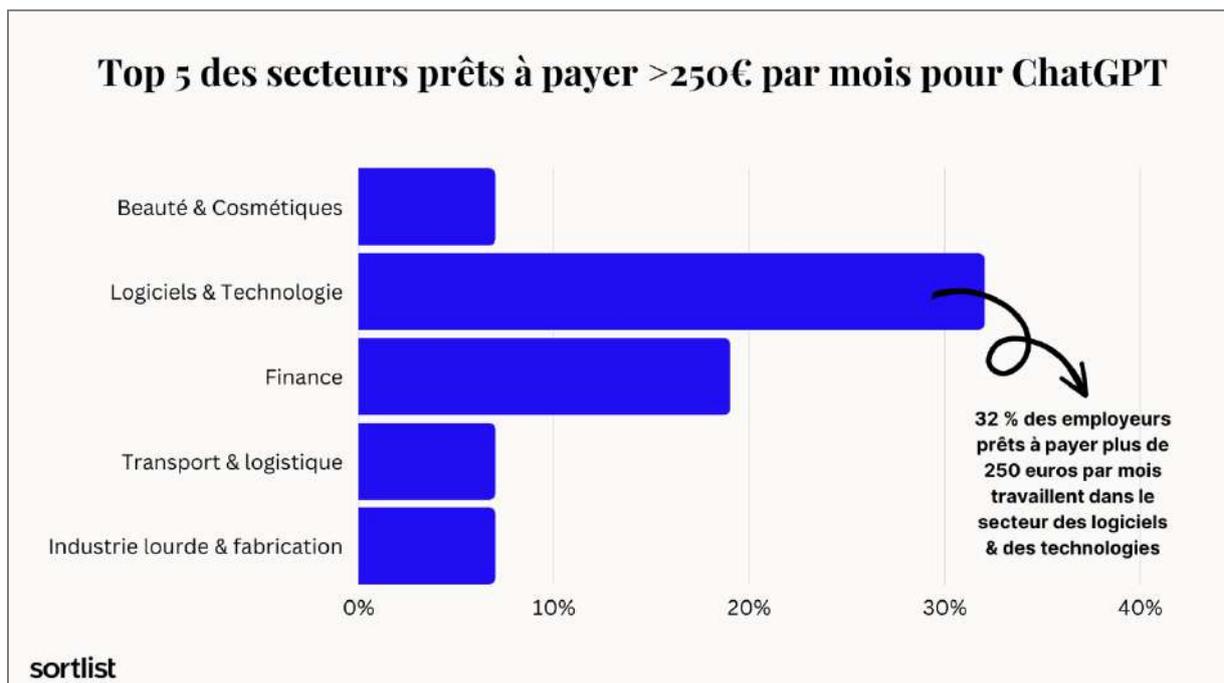


#### L'industrie technologique prête à s'investir dans ChatGPT Professional

*Ceux qui sont prêts à payer plus de 250 € par mois sont deux fois plus susceptibles de faire entièrement confiance à ses résultats. Le projet pilote du service payant ChatGPT Professional soulève la question suivante : quels sont les secteurs qui sont prêts à passer à l'action ?*

*32 % des personnes prêtes à payer plus de 250 € par mois proviennent du secteur des logiciels et des technologies, et 52 % sont prêtes à payer plus de 500 €. Ce secteur est donc majoritairement prêt à payer davantage pour ChatGPT Professional.*

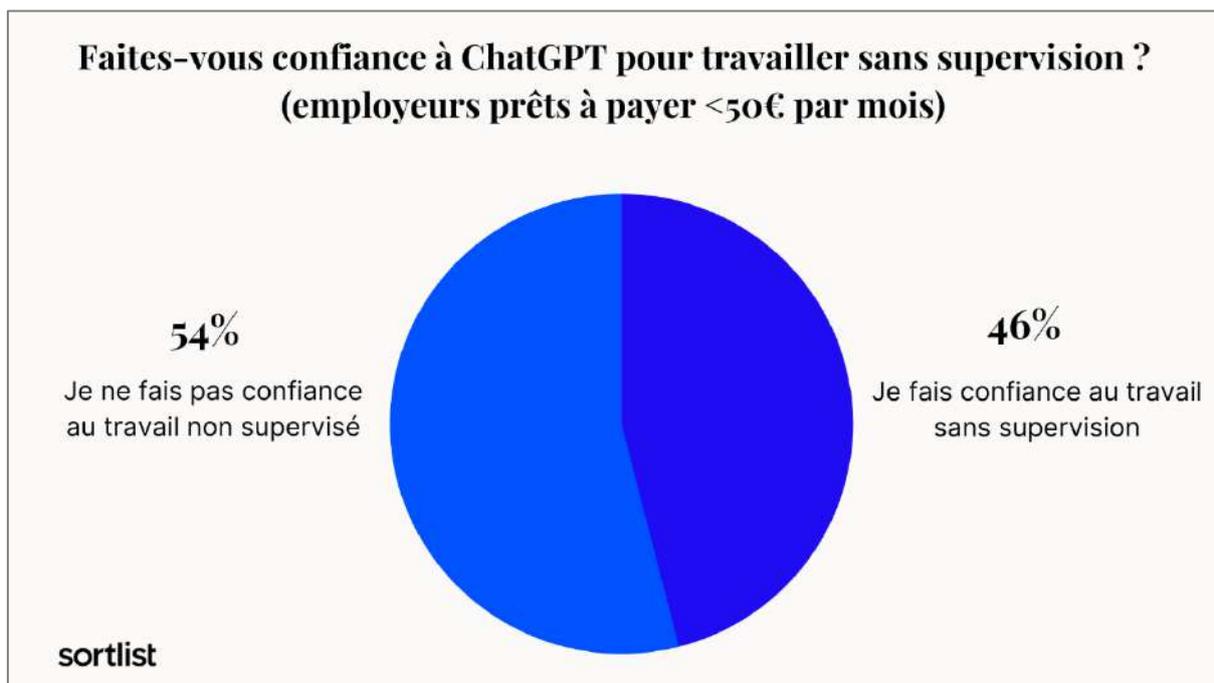
*Pour replacer ces chiffres dans leur contexte, la deuxième place revient au secteur de la finance, avec seulement 19 % de personnes prêtes à payer plus de 250 € par mois. (Voir graphique ci-dessous)*



*Cependant, les employeurs du secteur des logiciels et de la technologie sont 1,8 fois moins susceptibles de faire confiance à ChatGPT pour travailler sans surveillance que les autres secteurs... cela signifie-t-il qu'il existe une disparité dans la façon dont les entreprises du secteur des logiciels et de la technologie considèrent l'évolution de ChatGPT sur le lieu de travail ?*



*Pour les employeurs qui sont prêts à payer moins de 50 € par mois, 54 % ont déclaré qu'ils ne feraient pas confiance à ChatGPT pour travailler sans supervision et qu'il devrait être vérifié ou simplement utilisé comme source d'inspiration. Il semble que les préoccupations concernant l'exactitude soient le principal point sensible qu'OpenAI devra résoudre afin d'obtenir une adoption généralisée.*



*Bien que ChatGPT ait laissé une impression d'autonomie aux employés et aux employeurs, il est connu pour faire des erreurs simples, ce qui nous amène à nous demander s'il doit être laissé sans supervision.*

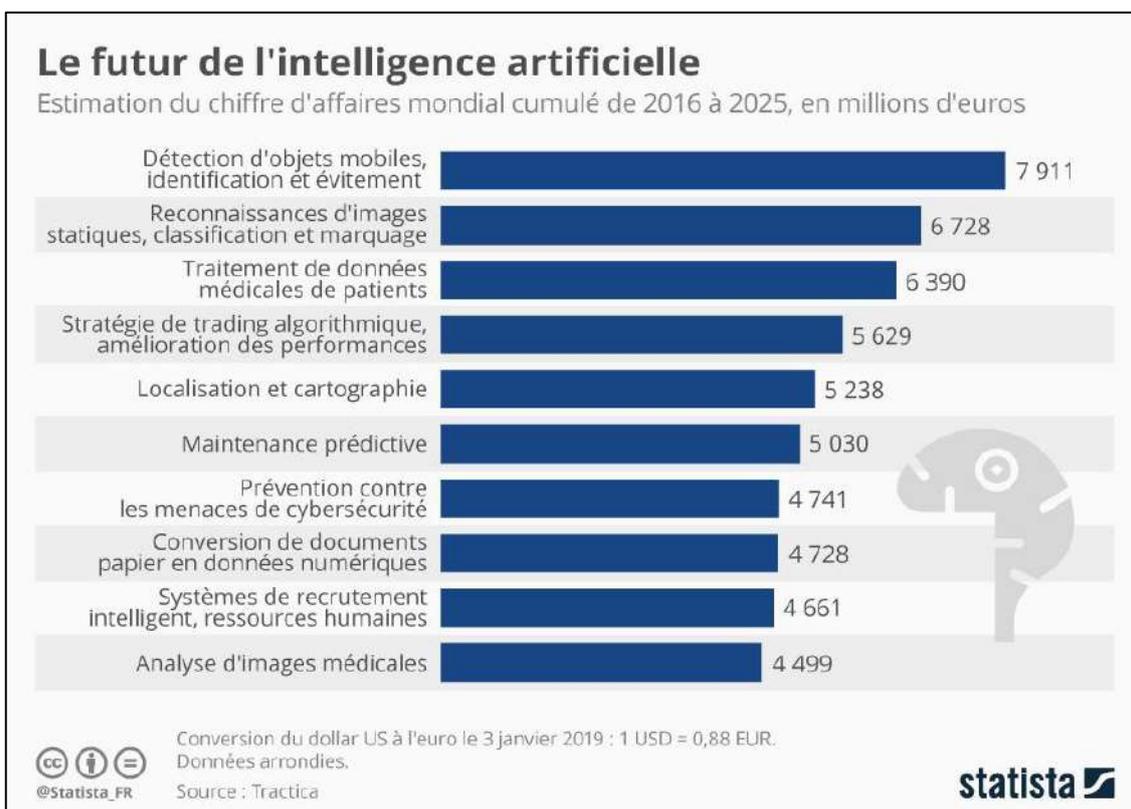
*Il est compréhensible que les employeurs qui pensent que ChatGPT peut travailler sans supervision soient 18% plus susceptibles de réduire les effectifs de leur entreprise.*

En résumé, ChatGPT a créé des perceptions différentes parmi les employés et les employeurs quant à son impact potentiel sur la main-d'œuvre. Que ce soit sur les suppressions d'emplois ou en termes de productivité, ChatGPT pourrait avoir un impact sur les secteurs de la finance, des logiciels et des technologies avec l'IA intégrée dans, très probablement, leurs départements marketing.

On ne sait pas si le chatbot continuera à être accessible gratuitement, mais les employeurs sont prêts à payer pour obtenir du texte généré par l'IA. Mais attendons de voir si le contenu du chatbot avec un filigrane qui pourrait aussi bien dire « Je n'ai pas été écrit par un humain » changera notre utilisation du chatbot.

## VIII. Le futur de l'intelligence artificielle

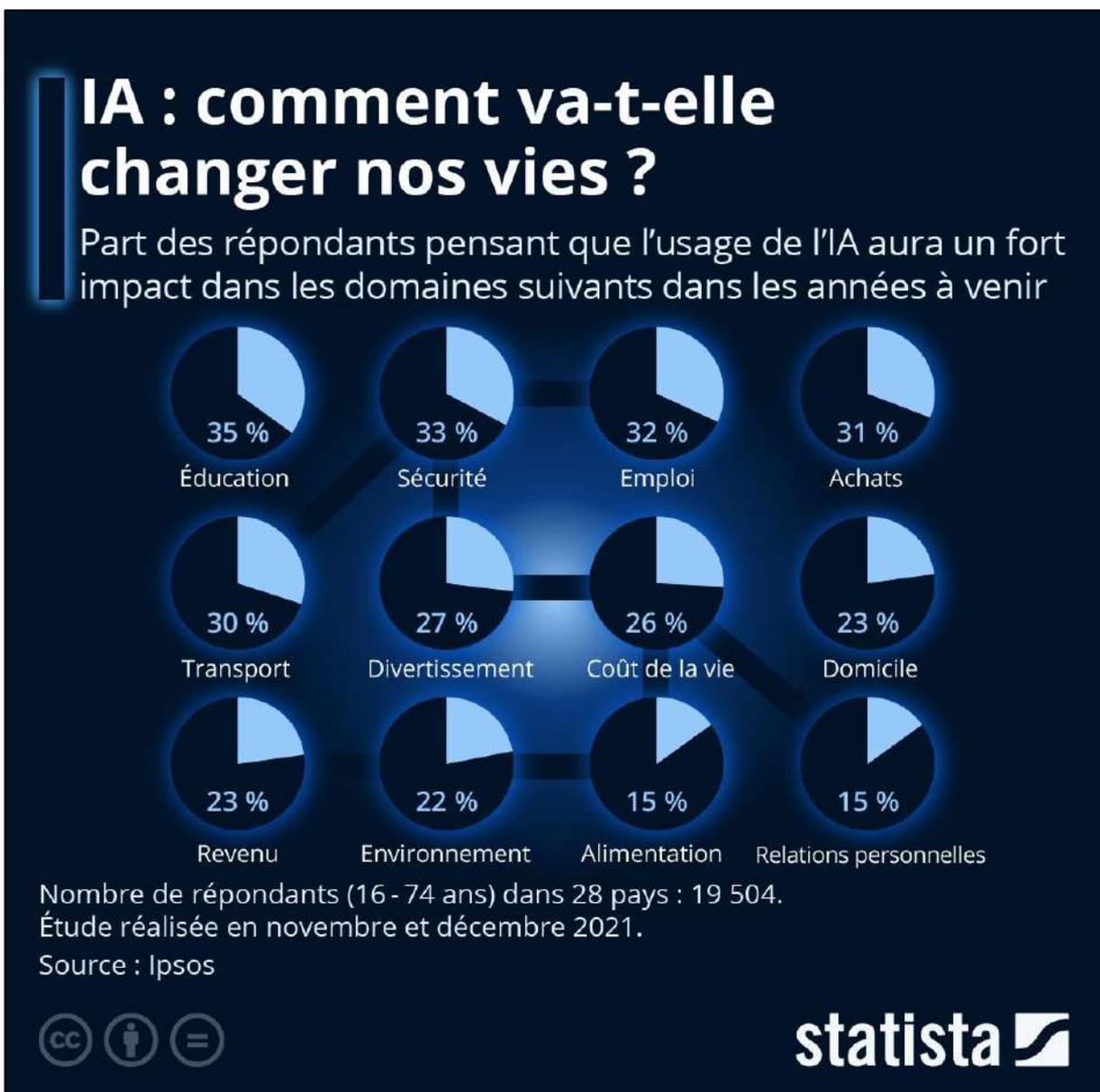
D'après les données de Tractica, que l'on peut retrouver dans le dossier Statista "Artificial Intelligence (AI)", c'est le segment de la détection et identification d'objets mobiles (notamment lié à la conduite autonome) qui semble le plus prometteur à l'horizon 2025. Ainsi, ce secteur pourrait générer un chiffre d'affaires cumulé de près de 8 milliards d'euros de 2016 à 2025. Les autres applications de l'intelligence artificielle qui ont le vent en poupe concernent la reconnaissance et la classification d'images statiques (reconnaissance faciale, traitement d'images satellites, etc.) mais aussi la finance (trading algorithmique) ou encore le secteur médical (traitement de données de patients, analyse d'images).



En outre, L'ascension fulgurante de ChatGPT a marqué un tournant pour l'intelligence artificielle, car elle a permis aux gens ordinaires d'expérimenter l'IA en faisant l'expérience directe de ses étonnantes capacités. Même s'il existe encore des limites, ChatGPT fournit des résultats impressionnants et fait prendre conscience au grand public du chemin parcouru par l'intelligence artificielle.

Lors de l'annonce de leurs plans de restructuration en début d'année, Alphabet et Microsoft ont tous deux décrit le passage à l'IA comme l'un des plus grands défis auxquels ils doivent faire face. Le PDG de Microsoft, Satya Nadella, a même parlé d'un « changement de plateforme imminent », faisant probablement référence aux services basés sur l'IA comme prochain grand changement technologique après le passage à la téléphonie mobile.

Mais quels changements les consommateurs attendent-ils de l'utilisation accrue de l'intelligence artificielle et quels domaines de la vie seront les plus susceptibles d'être affectés au cours des trois à cinq prochaines années ? Ipsos a mené une enquête mondiale sur ce sujet fin 2021, dont les résultats sont résumés dans le graphique ci-dessous.

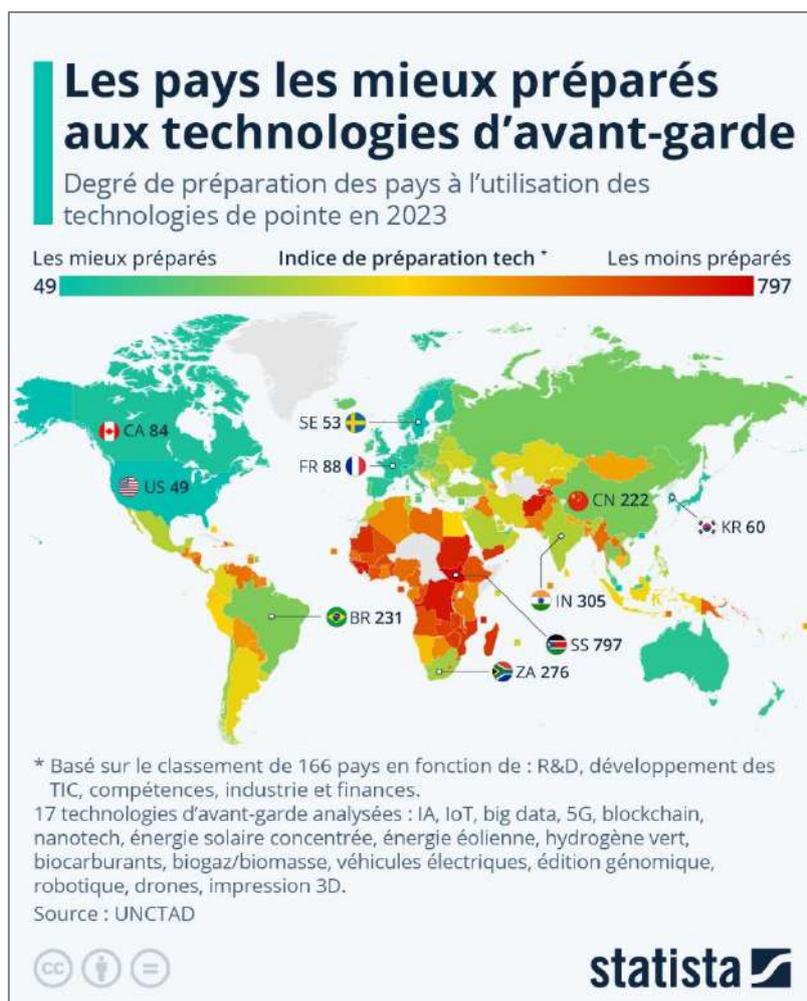


## Quels sont les pays les mieux préparés aux technologies d'avant-garde ?

166 pays figurent dans ce classement sur la base de cinq indicateurs techno-économiques en fonction de leur degré de préparation à l'utilisation de 17 technologies de pointe (parmi lesquelles IA, IoT, big data, blockchain, nanotech, énergie solaire concentrée, énergie éolienne, hydrogène vert, biogaz et biomasse, édition génomique, robotique, impression 3D). Au niveau de son interprétation, la carte présentée ci-dessous indique le score final des pays, en fonction de leur rang pour chacun des indicateurs analysés. Ainsi, à titre d'exemple, nos voisins français se classent à la 8e place pour la R&D, à la 18e place pour les TIC (technologies de l'information et de la communication), à la 24e place pour les compétences, à la 17e place pour l'industrie et à la 21e place pour les finances, soit une somme de 88 points.

Les États-Unis, le Canada, Singapour, la Corée du Sud, le Japon, la Suisse, la Suède, les Pays-Bas et la France font partie des dix pays les mieux préparés à utiliser, adopter ou à s'adapter aux technologies d'avant-garde, dont un grand nombre seront essentielles à la transition vers des sociétés durables et à faibles émissions de CO<sub>2</sub>, selon un rapport publié par la Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement (CNUCED).

Malgré la capacité de la Chine à produire et à innover dans le domaine des technologies de pointe, le pays est moins bien classé qu'on aurait pu s'y attendre, puisqu'il arrive en 35e position (222 points), en raison notamment de disparités entre les zones urbaines et rurales en matière de couverture internet et d'accès aux nouvelles technologies. En ce qui concerne les autres membres du bloc BRICS, le Brésil est classé au 40e rang, l'Inde au 46e et l'Afrique du Sud au 56e. Un certain nombre de pays d'Asie obtiennent toutefois de meilleurs résultats que prévu, comme l'Inde (55e position), les Philippines (57e) et le Vietnam (45e).



Comme le met en avant la carte, il existe un fossé évident entre les pays à revenu élevé et les pays à faible revenu. L'Amérique latine, les Caraïbes et l'Afrique subsaharienne sont parmi les régions les moins bien préparées à exploiter les technologies d'avant-garde, ce qui signifie qu'elles risquent le plus de passer à côté des opportunités technologiques, économiques et environnementales qu'elles pourraient offrir. Le bas du classement est occupé par la Guinée, la République démocratique du Congo, la Gambie, la Guinée-Bissau et le Sud-Soudan. Ces cinq pays sont tous classés en queue de peloton dans les cinq domaines analysés.

## IX. Quel cadre pour l'usage de l'intelligence artificielle ?

---

L'Europe souhaite être la première à tracer un cadre pour l'usage de l'intelligence artificielle. Son objectif étant de réduire les risques liés au développement de l'IA, tout en favorisant l'innovation.

Les élus des États membres insistent sur l'importance de l'enjeu dans domaines aussi divers que variés, tels la médecine, la mobilité, l'emploi, l'énergie, l'éducation, la sécurité, la justice. Selon eux, le développement de l'IA a un impact en profondeur sur ce que nous faisons, tant au niveau de nos sociétés qu'au niveau de nos économies.

L'approche de ce projet législatif est fondée sur le risque que l'IA peut représenter pour les citoyens, la société et l'économie de l'Union européenne, tout en stimulant l'innovation dans ce secteur sur son sol. Ce tout premier cadre juridique, proposé par la Commission, sous la forme d'une proposition, positionne l'Europe en qualité de pionnière à l'échelle mondiale.

La proposition réglementaire vise à fournir aux développeurs, aux déployeurs et aux utilisateurs d'IA des exigences et des obligations claires en ce qui concerne les utilisations spécifiques de l'IA. Dans le même temps, la proposition vise à réduire les charges administratives et financières pour les entreprises, en particulier les petites et moyennes entreprises (PME).

La proposition fait partie d'un paquet plus large sur l'IA, qui comprend également le plan coordonné actualisé en matière d'IA. Ensemble, le cadre réglementaire et le plan coordonné garantiront la sécurité et les droits fondamentaux des personnes et des entreprises en matière d'IA. Et ils renforceront l'adoption, l'investissement et l'innovation dans l'IA dans l'ensemble de l'UE.

### **Pourquoi est-il indispensable de légiférer ?**

Si la plupart des systèmes d'IA sont limités à aucun risque et peuvent contribuer à résoudre de nombreux défis sociétaux, certains systèmes d'IA créent des risques auxquels nous devons nous attaquer pour éviter les résultats indésirables.

Par exemple, il est souvent impossible de savoir pourquoi un système d'IA a pris une décision ou une prédiction et a pris une mesure particulière. Il peut donc devenir difficile d'évaluer si une personne a été injustement désavantagée, par exemple dans une décision d'embauche ou dans une demande de régime d'utilité publique.

Bien que la législation existante fournisse une certaine protection, elle est insuffisante pour relever les défis spécifiques que les systèmes d'IA peuvent présenter.

Dés lors, voici les propositions de la Commission :

- traiter les risques spécifiquement créés par les applications d'IA;
- proposer une liste d'applications à haut risque ;
- définir des exigences claires pour les systèmes d'IA pour les applications à haut risque ;
- définir des obligations spécifiques pour les utilisateurs d'IA et les fournisseurs d'applications à haut risque ;
- proposer une évaluation de la conformité avant que le système d'IA ne soit mis en service ou mis sur le marché ;
- proposer une application après la mise sur le marché d'un tel système d'IA ;
- proposer une structure de gouvernance aux niveaux européen et national .

L'approche de la Commission est fondée sur le niveau de risque. Ainsi, elle a établi quatre classifications pour les systèmes d'IA.

Les premiers présentent un risque inacceptable et leur usage serait interdit au sein de l'UE. Il s'agit d'applications qui portent directement atteinte aux droits fondamentaux, comme les systèmes de notation sociale ou ceux qui manipulent le comportement humain en usant des techniques subliminales. Les systèmes de police prédictifs (sur base des antécédents), les systèmes de reconnaissance des émotions et la catégorisation biométrique utilisant des données sensibles (âge, genre, race, religion, orientation politique...) ont été inclus dans cette première classification.

Les seconds présentent un risque élevé. Ils comprennent la technologie de l'IA dans les domaines suivants :

- les infrastructures critiques (par exemple les transports), susceptibles de mettre en danger la vie et la santé des citoyens;
- la formation éducative ou professionnelle, qui peut déterminer l'accès à l'éducation et au cours professionnel de la vie d'une personne (par exemple, la notation des examens);
- composants de sécurité des produits (par exemple, application d'IA en chirurgie assistée par robot);
- l'emploi, la gestion des travailleurs et l'accès au travail indépendant (par exemple, un logiciel de tri de CV pour les procédures de recrutement);
- services publics et privés essentiels (par exemple, notation de crédit refusant aux citoyens la possibilité d'obtenir un prêt);
- les services répressifs susceptibles d'interférer avec les droits fondamentaux des personnes (par exemple, évaluation de la fiabilité des preuves);
- gestion des migrations, de l'asile et du contrôle aux frontières (par exemple, vérification de l'authenticité des documents de voyage);
- administration de la justice et processus démocratiques (p. ex. application de la loi à un ensemble concret de faits).

Les systèmes d'IA à haut risque seront soumis à des obligations strictes avant de pouvoir être mis sur le marché:

- des systèmes adéquats d'évaluation et d'atténuation des risques;
- haute qualité des ensembles de données alimentant le système afin de minimiser les risques et les résultats discriminatoires;
- l'enregistrement des activités afin d'assurer la traçabilité des résultats;
- une documentation détaillée fournissant toutes les informations nécessaires sur le système et son objet pour permettre aux autorités d'évaluer sa conformité;
- des informations claires et adéquates pour l'utilisateur;
- des mesures de surveillance humaines appropriées pour minimiser les risques;
- haut niveau de robustesse, de sécurité et de précision.

Tous les systèmes d'identification biométrique à distance sont considérés comme présentant un risque élevé et soumis à des exigences strictes. L'utilisation de l'identification biométrique à distance dans des espaces accessibles au public à des fins répressives est, en principe, interdite.

Des exceptions étroites sont strictement définies et réglementées, par exemple lorsque cela est nécessaire à la recherche d'un enfant disparu, à la prévention d'une menace terroriste spécifique et imminente ou à la détection, à la localisation, à l'identification ou à la poursuite d'un auteur ou d'un suspect d'une infraction pénale grave.

Cette utilisation est soumise à l'autorisation d'un organe judiciaire ou d'un autre organisme indépendant et à des limites appropriées dans le temps, la portée géographique et les bases de données recherchées.

Un certain nombre d'applications étaient considérées à haut risque pour la sécurité des citoyens et leurs droits fondamentaux. Parmi celles-ci : les IA utilisées dans les services critiques, tels les transports

Les troisièmes présentent un niveau de risque limité. Il s'agit des systèmes assortis d'obligation de transparence spécifique. Ainsi, lors de systèmes d'IA tels que les chatbots, les utilisateurs doivent être conscients qu'ils interagissent avec une machine ; ils doivent pouvoir décider, en pleine connaissance de cause, de continuer ou de prendre du recul.

Enfin, les quatrièmes présentent un niveau de risque minimal ou nul. La proposition de la Commission permet une libre utilisation de l'IA à risque minimal. Cela inclut des applications telles que les jeux vidéos compatibles avec l'IA ou les filtres anti-spam. La grande majorité des systèmes d'IA actuellement utilisés dans l'UE relèvent de cette catégorie.

Une fois qu'un système d'IA est sur le marché, les autorités sont chargées de la surveillance du marché, les utilisateurs assurent la surveillance et le suivi humains, et les fournisseurs ont mis en place un système de surveillance post-commercialisation. Les fournisseurs et les utilisateurs signaleront également des incidents graves et des dysfonctionnements.

### **Une législation qui s'inscrit dans la durée. Certes, mais...**

Au vu de l'évolution très rapide de l'IA, la proposition émanant de la Commission se veut à l'épreuve du temps ; elle doit permettre aux règles de s'adapter aux changements technologiques. Les applications d'IA devraient rester dignes de confiance même après leur mise sur le marché. Cela nécessite une gestion continue de la qualité et des risques par les fournisseurs. Cependant, si la législation européenne est clairement un premier pas dans la bonne direction et confère à l'UE un statut de pionnier en la matière, celle-ci n'entrera en vigueur qu'à partir de 2026, tandis que les bouleversements à venir seront particulièrement nombreux, notamment dans le monde du travail.

## **X. Quelles sont les recommandations du CEG ?**

---

Pour le **CEG**, il est évident que la croissance et la richesse de l'Europe sont étroitement liées à la manière dont elle utilisera les données et les technologies connectées. L'IA peut faire une grande différence dans nos vies, pour le meilleur ou pour le pire. Ainsi, en juin 2023, le Parlement européen a adopté sa position de négociation sur la réglementation sur l'IA - le premier ensemble de règles complètes au monde pour gérer les risques liés à l'IA.

Les pays de l'UE sont déjà performants dans les secteurs de l'industrie numérique et les applications d'entreprise à entreprise. Une infrastructure numérique de haute qualité et un cadre légal qui protège la vie privée et la liberté d'expression permettrait à l'UE de devenir un leader mondial dans l'économie des données et ses applications.

Pour le **CEG**, il est certain que nous ne sommes encore qu'à l'aube d'une évolution juridique nécessaire afin d'appréhender les risques résultants de l'utilisation de ces nouvelles technologies.

L'utilisation de l'IA avec de nouveaux outils toujours plus impressionnants doit donc être effectuée avec prudence et précaution compte tenu des risques juridiques résultants de conditions d'utilisation encore floues et d'un état du droit encore à préciser pour plus de sécurité juridique.

Cela tout en veillant à ne pas contraindre de manière excessive l'innovation technologique qui doit être bénéfique pour tous.

**En premier lieu, le CEG plaide pour une exploitation encadrée et raisonnée de l'IA**

La sous-exploitation de l'IA est perçue comme un risque majeur : si l'UE venait à rater certaines opportunités, cela pourrait déboucher sur une mauvaise application de ses programmes clés, tels que le Pacte vert. Cela pourrait aussi entraîner une perte d'avantages concurrentiels par rapport à d'autres régions du monde ou mener à une stagnation économique. Une sous-exploitation pourrait provenir d'un manque de confiance en l'IA de la part des entreprises et des citoyens, d'un manque d'infrastructures, d'un manque d'initiative, d'investissements insuffisants ou d'un émiettement du marché numérique.

Une surexploitation peut elle aussi se révéler problématique : investir dans des applications IA qui n'ont pas d'utilité ou avoir recours à l'IA là où elle n'a pas sa place (pour expliquer des questions sociétales complexes, par exemple).

**En second lieu, le CEG plaide pour une utilisation de l'IA qui soit soucieuse du strict respect de l'éthique, notamment dans le domaine de la médecine.**

Si l'on délègue à des machines des décisions habituellement prises par des médecins, ces derniers ne vont-ils pas perdre leurs compétences ? Une place trop grande accordée à ces systèmes risquerait de déshumaniser la médecine. La relation entre personnel soignant et patient reste primordiale. L'homme "doit garder la main", le contrôle, la décision finale. Il est également indispensable de s'assurer que, face à des systèmes aussi complexes, le patient puisse donner un consentement éclairé.

**En troisième lieu, le CEG souhaite qu'il soit possible de déterminer les responsabilités en cas de dégâts causés par un service ou un appareil employant l'IA.**

À titre d'exemple, si une voiture autonome est impliquée dans un accident, est-ce le conducteur, le concepteur ou le programmeur qui doit être tenu pour responsable ? En cas d'erreur médicale et/ou de dérèglement d'une machine, qui est responsable ?

Si le concepteur ne peut être tenu pour responsable, cela risque de ne pas l'encourager à proposer un produit ou un service de qualité, ce qui entrainerait les gens à ne plus faire confiance à cette technologie. À contrario, la réglementation pourrait devenir trop stricte et étouffer toute innovation.

**En quatrième lieu, le CEG veut circonscrire les risques par rapport aux droits fondamentaux et à la démocratie.**

Les résultats produits par l'IA dépendent de la façon dont elle est élaborée et des données qu'elle utilise. L'élaboration et les données peuvent être consciemment ou inconsciemment biaisées. Par exemple, un aspect important d'une question pourrait être exclu de l'algorithme ou celui-ci pourrait être programmé pour reproduire et refléter un biais structurel. De plus, employer des chiffres pour traduire une réalité sociale complexe pourrait faire croire que l'IA est factuelle et précise alors que ce n'est pas le case (un phénomène connu sous le nom de « mathwashing »).

Si elle n'est pas correctement appliquée, l'IA pourrait mener à prendre des décisions à l'embauche basées sur l'appartenance ethnique, le genre, ou l'âge du candidat - voire même lors de procédures pénales.

L'IA pourrait avoir un grave impact sur le droit à la vie privée et sur la protection des données. Elle peut être employée dans des appareils de reconnaissance faciale ou pour profiler ou traquer des personnes en ligne. L'IA peut également combiner différentes données afin de créer une nouvelle donnée sur une personne et donner un résultat inattendu.

Elle pourrait aussi représenter un risque pour la démocratie : on la tient pour responsable de la création des « chambres à écho » sur le web, ne proposant à un individu que du contenu qui lui

est agréable, au lieu de forcer la personne à confronter ses idées avec d'autres points de vue contraires.

Elle est également employée dans la création des deepfakes. Ces éléments contribuent à polariser l'espace public et peuvent avoir des conséquences politiques majeures.

L'IA pourrait aussi porter atteinte au droit de rassemblement, puisqu'elle peut être utilisée pour localiser et profiler les individus liés à certaines croyance ou comportements.

**En cinquième lieu, le CEG veut interdire – au nom du respect de la vie privée et de la confidentialité – les pratiques des type Clearview (reconnaissance faciale) et plaide pour une législation qui s'applique au-delà des frontières de l'Union européenne.**

Depuis *Minority Report*, œuvre cinématographique de Steven Spielberg sortie en 2002, où la reconnaissance faciale servait d'instrument de contrôle au sein d'une société très aseptisée, les progrès en matière de reconnaissance faciale furent très importants. En effet, aujourd'hui, des sociétés non européennes puisent en masse des photos et données diverses dans les réseaux sociaux (sous prétexte qu'elles sont publiques). Leur objectif : identifier chaque individu dans le monde. Ainsi, à titre d'exemple, Clearview possède un dossier photos de chacun des quatre membres du CEG, au départ des photos que nous publions sur nos réseaux sociaux. Ainsi, par exemple, grâce au concours de l'IA, de potentiels clients, c'est-à-dire des États plus ou moins démocratiques, pourraient retrouver ces derniers au départ de toute photo prise lors d'une manifestation dans le monde entier. C'est objectivement illégal, mais le droit des pays de l'UE n'a aucun effet aux USA.

**En sixième lieu, le CEG veut prévenir les effets néfastes de l'IA sur l'emploi.**

Le recours à l'IA dans l'espace de travail pourrait déboucher sur des pertes d'emplois massifs. Même si l'utilisation de l'IA pourrait voir émerger de nouveaux emplois, il faudra se reposer sur une éducation et des formations adaptées afin d'éviter un chômage structurel à long terme s'enraciner.

**En septième lieu, le CEG attire l'attention sur le fait que la collecte de données peut déboucher sur des distorsions de concurrence entre les acteurs économiques.**

Les acteurs ayant accès à plus d'informations auront l'avantage face à leurs concurrents et pourraient plus aisément les éliminer.

**En huitième lieu, le CEG plaide pour que le déploiement des ADMs et de l'IA dans le secteur public, en particulier dans la prise de décision administrative, soit accompagné de garanties supplémentaires ainsi que pour une limitation de la fracture numérique.**

Pour le premier point visé, il s'agit d'assurer la transparence et la responsabilité, ainsi que de réduire les risques, et de prévenir ou de remédier à toute atteinte éventuelle aux droits des personnes concernées. En outre, Dans le contexte de l'administration publique, l'IA peut être un outil à la fois bénéfique et néfaste et ce, pour les raisons suivantes : les systèmes d'IA sont généralement efficaces et évolutifs, ils peuvent dépasser les capacités humaines, ils peuvent augmenter l'anonymat et la distance psychologique, ils se prêtent à une diffusion rapide et ils contiennent souvent un certain nombre de problèmes non résolus. Il appartient aux administrateurs publics et aux universitaires de réfléchir à la meilleure façon d'implanter ces technologies dans le secteur public et de gérer son influence sur le pouvoir discrétionnaire décroissant des agents de première ligne. Les tâches avec un (très) faible degré de complexité et d'incertitude sont les plus appropriées à l'automatisation par IA. La décision numérique pourrait conduire, à des mesures plus équitables qui éliminent les risques de favoritisme et de discrimination. À l'inverse, il faudrait être plus prudent pour les tâches avec un degré (très) élevé de complexité et d'incertitude qui devraient rester du ressort des agents humains.

Pour le second point visé, à l'instar de l'ordonnance prise par le ministre bruxellois de la transition numérique, Bernard Clerfayt, il est indispensable de définir un cadre qui prenne en compte les

publics fragilisés et évite une numérisation sauvage des services publics. Concrètement, il s'agit d'imposer aux administrations, lorsqu'elles développent les services numériques, de penser au fait que tout le monde ne sent pas à l'aise avec les technologies et donc de proposer un accompagnement à la numérisation via un numéro d'appel ou l'amélioration de l'interface. En effet, alors que le numérique se développe partout, aucune obligation de la sorte n'existe encore aujourd'hui. Enfin, il est indispensable que l'interface citoyen donne toujours l'occasion d'une alternative. À l'instar de l'accompagnement, il n'est pas possible de décider quelle alternative doit être mise en place ; la réponse doit être adaptée à la particularité des demandes et des publics.

**En neuvième lieu, le CEG plaide pour une législation qui oblige ChatGPT à se conformer au Règlement général sur la protection des données (RGPD) et à la loi Informatique et libertés.**

À titre d'exemple, la politique de confidentialité de ChatGPT ne mentionne pas de nombreuses dispositions protégeant les données personnelles, notamment le droit à la limitation du traitement, le droit la portabilité des données et le droit d'opposition. Les obligations des responsables de traitement de données à caractère personnel ne sont pas non plus mentionnées. C'est la raison pour laquelle l'autorité italienne en matière de protection des données a suspendu l'usage de ChatGPT en Italie. La Garante Per la Protezione dei Dati Personali, relève l'absence de base légale justifiant la collecte et le stockage de données personnelles et d'information des utilisateurs. En outre, l'autorité italienne met en avant l'absence d'un dispositif de vérification de l'âge, alors que la plateforme est théoriquement interdite aux moins de 13 ans. Elle a donné 20 jours à OpenAI pour cesser les manquements sous peine de se voir infliger une amende de 20 millions d'euros ou jusqu'à 4 % de son chiffre d'affaires annuel.

**En dixième lieu, le CEG plaide pour une législation claire et coercitive en ce qui concerne l'IA en contact physique avec des humains ainsi que dans le domaine de la sécurité.**

Les applications basées sur l'IA en contact physique avec des humains - ou intégrés dans le corps humain - peuvent représenter un risque s'ils sont mal conçus, mal utilisés ou piratés. Une mauvaise réglementation de l'IA dans les armes pourrait entraîner une perte du contrôle humain sur des armes dangereuses.

**En onzième lieu, le CEG veut garantir la transparence en prévenant les déséquilibres face à l'accès à l'information.**

Par exemple, sur base du comportement en ligne d'une personne ou sur base d'autres données et sans que cette personne ne s'en rende compte, un vendeur en ligne peut utiliser l'IA afin de prédire combien cette personne est prête à payer pour un produit ou service. Une campagne politique pourrait utiliser ces mêmes informations pour modifier son message. Un autre défi du point de vue de la transparence survient lorsqu'une personne ne peut pas déterminer si elle est en train d'interagir avec un humain ou une IA.

**En dernier lieu, le CEG plaide pour une éducation à la compréhension ainsi qu'à l'usage de l'IA, notamment auprès des plus jeunes générations.**

Se positionner contre l'intelligence artificielle de manière générale ou de manière spécifique, par exemple en éducation, est quelque chose qui se défend certainement sur le plan philosophique. Cependant, une opposition aux nouvelles technologies permettant d'augmenter la productivité n'a jamais à leur interdiction.

Présentement, il existe un écart entre le monde scolaire et le reste de la société. La société évolue et prend un virage numérique à un rythme que les écoles peinent à suivre. L'apparition des technologies mobiles avec un accès à Internet en est un exemple qui provoque encore des débats. Les opinions exprimées vont de l'interdiction totale à celles permettant tout ce qui est acceptable ailleurs en société. Ainsi, les discussions sur l'intégration de l'IA en éducation semblent farfelues pour plusieurs. Pourtant, si l'IA prend de plus en plus de place dans nos vies quotidiennes, est-ce que l'école pourra se permettre d'en faire abstraction? Naturellement, cela

ne signifie pas que tout ce qui existe à l'extérieur de l'école doit nécessairement se retrouver à l'école, mais il faudra probablement évaluer chaque application de l'IA selon ses potentialités.

Par contre, comment pouvons-nous porter un jugement critique sur l'IA si nous ne la comprenons pas complètement? Beaucoup d'idées circulent à ce sujet et certaines s'avèrent biaisées. Lorsqu'on manque d'information, on se réfère à l'expérience subjective, à l'émotion, pour se positionner. C'est pour cela que l'IA suscite souvent des craintes. Des comités d'éthique composés des plus grands chercheurs et développeurs ont été mis en place pour débattre des plus grands enjeux. Toutefois, comme nous l'avons mentionné précédemment, les impacts de l'IA en éducation sont nombreux et chaque usage de l'IA comporte potentiellement une dimension éthique qui mérite d'être examinée.

Il y aurait par exemple le risque de se faire manipuler par l'IA ou par ceux qui la contrôlent. En effet, l'IA se base sur une grande quantité de données afin de repérer, généraliser et prédire un comportement. Certains scientifiques vont jusqu'à dire que la machine pourrait bientôt connaître l'être humain mieux que lui-même. Par contre, les résultats proposés par l'IA ne risquent-ils pas d'être interprétés comme une vérité absolue? La trop grande confiance et la dépendance à l'utilisation de ces technologies pourraient conduire à une certaine paresse intellectuelle et permettre à certains pouvoirs mal intentionnés d'utiliser celles-ci afin d'atteindre leurs objectifs politiques.

Laisser les élèves s'approprier ces technologies à l'extérieur du cadre scolaire, et ce sans supervision autre que celle des parents est hautement discutable. Il y a certainement une tendance à toujours vouloir confier davantage de mandats à l'école afin d'offrir de meilleures chances à tous dans la vie et l'école ne pourra pas constamment se substituer aux responsabilités parentales. Par contre, il faut s'assurer que cet encadrement soit fait avec toutes les informations qui s'y rattachent. La question du rôle du système d'éducation dans l'appropriation des technologies utilisant l'intelligence artificielle est tout à fait pertinente, particulièrement dans ses dimensions éthiques. Il est impératif de former nos enseignants afin qu'ils puissent faire des choix didactiques et pédagogiques éclairés et mener des discussions sur les enjeux éthiques avec les jeunes.

La finalité est de préparer les élèves à contrôler l'intelligence artificielle, et non pas d'en être dépendants.

## GLOSSAIRE

**Capteur** : un dispositif qui transforme l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable. Par exemple, une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité, la déviation d'une aiguille... Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même. Il dispose donc d'un affichage ou d'un système de stockage des données. Ce qui n'est pas forcément le cas du capteur. Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation.

**ChatGPT** (*Chat Generative Pre-trained Transformer*): il s'agit d'un prototype d'agent conversationnel utilisant l'intelligence artificielle, développé par OpenAI et spécialisé dans le dialogue. L'agent conversationnel de ChatGPT repose sur le modèle de langage GPT d'OpenAI, et est affiné en continu grâce à l'utilisation de techniques d'apprentissage supervisé et d'apprentissage par renforcement. ChatGPT est capable de générer des réponses à des questions, de compléter des phrases, de traduire des textes, d'écrire des articles et de tenir des conversations avec des humains. Il peut également synthétiser des textes suivant un ensemble de contraintes, telles que le ton, le style et le sujet. Il a été utilisé dans diverses applications, telles que la génération de sous-titres pour des vidéos et la création de chatbots.

**C++** : il s'agit d'un langage de programmation permettant la programmation sous de multiples paradigmes comme la programmation procédurale, la programmation orientée objet et la programmation générique. C++ est actuellement le 3<sup>e</sup> langage le plus utilisé au monde. Le langage C++ n'appartient à personne et par conséquent n'importe qui peut l'utiliser sans besoin d'une autorisation ou obligation de payer pour avoir le droit d'utilisation.

**Deep Blue** : il s'agit d'un ordinateur d'échecs tournant sur un superordinateur modifié afin de le spécialiser dans le jeu d'échecs par adjonction de circuits spécifiques, développé par IBM au début des années 1990.

**Eliza** : il s'agit d'un célèbre programme informatique écrit par Joseph Weizenbaum en 1966, qui simulait un psychologue rogière en reformulant la plupart des affirmations du « patient » en questions, et en les lui posant.

**Fortran** (FORmula TRANslator): il s'agit d'un langage de programmation utilisé principalement en mathématiques et dans les applications de calcul scientifique.

**John McCarthy** : né le 4 septembre 1927, à Boston, Massachusetts, il est le principal pionnier de l'intelligence artificielle avec Marvin Minsky ; il incarne le courant mettant l'accent sur la logique symbolique. Il est également l'inventeur en 1958 du langage Lisp. À la fin des années 1950, il a créé avec Fernando Cobarto la technique du temps partagé, qui permet à plusieurs utilisateurs d'employer simultanément un même ordinateur.

**Logiciel propriétaire** : il s'agit d'un logiciel qui restreint au moins l'une des possibilités définissant le logiciel dit libre, à savoir utiliser, étudier, modifier, dupliquer ou diffuser (donner ou vendre) le logiciel.

**Machine de Turing** : il s'agit d' un modèle abstrait du fonctionnement des appareils mécaniques de calcul, tel un ordinateur et sa mémoire, créé par Alan Turing en vue de donner une définition précise au concept d'algorithme ou « procédure mécanique ». Ce modèle est toujours largement utilisé en informatique théorique, en particulier pour résoudre les problèmes de complexité algorithmique et de calculabilité, on lui adjoint pour cela un oracle. À l'origine, le concept de machine de Turing, inventé avant l'ordinateur, était censé représenter une personne virtuelle exécutant une procédure bien définie, en changeant le contenu des cases d'un tableau infini, en choisissant ce contenu parmi un ensemble fini de symboles. D'autre part, la personne doit mémoriser un état particulier parmi un ensemble fini d'états. La procédure est formulée en termes d'étapes très simples, du type : « si vous êtes dans l'état 42 et que le symbole contenu sur la case que vous regardez est '0', alors remplacer ce symbole par un '1', passer dans l'état 17, et regarder une case adjacente (droite ou gauche) ».

**Maple** : il s'agit d' un logiciel propriétaire de calcul formel édité par la société canadienne Maplesoft. La dernière version est la version 14, disponible depuis le 29 avril 2010.

**Mémoire** : en électronique et en informatique, il s'agit d'un dispositif physique permettant la conservation et la restitution d'information ou de données.

**Microprocesseur** : il s'agit d'un un processeur dont tous les composants ont été suffisamment miniaturisés pour être regroupés dans un unique boîtier. Fonctionnellement, le processeur est la partie d'un ordinateur qui exécute les instructions et traite les données des programmes.

**Processeur** : il s'agit d'un composant présent dans de nombreux dispositifs électroniques qui exécute les instructions machine des programmes informatiques. Avec la mémoire, c'est notamment l'une des fonctions qui existent depuis les premiers ordinateurs. Un processeur construit en un seul circuit intégré est un microprocesseur.

**Programmation orientée objet (POO) ou programmation par objet** : Forme de programmation qui fut élaborée par Alan Kay dans les années 1970. Il s'agit d'un paradigme de programmation informatique qui consiste en la définition et l'interaction de briques logicielles appelées *objets* ; un objet représente un concept, une idée ou toute entité du monde physique, comme une voiture, une personne ou encore une page d'un livre. Il possède une structure interne et un comportement, et il sait communiquer avec ses pairs. Il s'agit donc de représenter ces objets et leurs relations ; la communication entre les objets via leur relation permet de réaliser les fonctionnalités attendues, de résoudre le ou les problèmes.

**Programmation procédurale** : il s'agit d' est un paradigme de programmation basé sur le concept d'appel procédural. Une procédure, aussi appelée « routine », « sous-routine », « méthode » ou « fonction » (à ne pas confondre avec les fonctions de la programmation fonctionnelle reposant sur des fonctions mathématiques) contient simplement une série d'étapes à réaliser. N'importe quelle procédure peut être appelée à n'importe quelle étape de l'exécution du programme, incluant d'autres procédures voire la procédure elle-même (récursivité).

**Robot** : un dispositif mécatronique (alliant mécanique, électronique et informatique) accomplissant automatiquement soit des tâches qui sont généralement dangereuses, pénibles, répétitives ou impossibles pour les humains, soit des tâches plus simples mais en les réalisant mieux que ce que ferait un être humain. Les robots les plus évolués sont

capables de se déplacer et de se recharger par eux-mêmes, à l'image du robot ASIMO fabriqué par Honda.

**Scheme** : il s'agit d'un langage de programmation dérivé du langage fonctionnel Lisp, créé dans les années 1970 au Massachusetts Institute of Technology (MIT) par Gerald Jay Sussman et Guy L. Steele.

**Théorème de Cox-Jaynes** : il s'agit d'une codification des processus d'apprentissage à partir d'un certain ensemble de postulats. Cette codification se trouve coïncider au terme de ces considérations avec celle - historiquement d'origine toute différente - de probabilité. Il tient son nom du physicien Richard Cox qui en a formulé la version originale.

**Zairja** : il s'agit d'un appareil utilisé par les astrologues arabes pour produire des raisonnements supposés logiques de façon automatique.

## NOTES DE RÉFÉRENCES

- Karsenti, T. (2018). Intelligence artificielle en éducation : L'urgence de préparer les futurs enseignants aujourd'hui pour l'école de demain ?. *Formation et profession*, 26(3), 112-119. <http://dx.doi.org/10.18162/fp.2018.a159>
- TeachThought (16 septembre 2018). *10 Roles For Artificial Intelligence In Education*. En ligne : <https://www.teachthought.com/the-future-of-learning/10-roles-for-artificial-intelligence-in-education/>
- École branchée. (2019). *Façonner l'avenir de l'école avec l'intelligence artificielle. Rendez-vous pédagogique avec François Guité*. En ligne : <https://www.youtube.com/watch?v=5FGWjlbuilo>
- Bovo A., Sanchez S., Héguy O, Duthen Y. (2013). *L'apprentissage automatique comme base du suivi d'élèves et de l'amélioration de formations*. Journée EIAH&IA 2013. Hal: 00824278
- Desjardins A., Tran A., Girard, M. (2017, 19 janvier). La programmation et le développement de la pensée informatique. *École branchée*. Repéré à <https://ecolebranchee.com/2018/01/19/dossier-programmation-developpement-de-pensee-informatique/>
- Houssaye, J. (1988). *Théorie et pratiques de l'éducation scolaire (I) : Le triangle pédagogique*. Berne, Suisse: Peter Lang.
- Alan Turing, Jean-Yves Girard, *La machine de Turing*, 1995, *Les Ordinateurs et l'Intelligence*, pp. 133-174
- Daniel Crevier et Nathalie Bukcek, *À la recherche de l'intelligence artificielle*, Flammarion, 1997, (traduction de **(en)** *The Tumultuous history of the search for artificial intelligence*.)
- <https://www.zucisystems.com/be/blog/cas-dutilisation-de-lintelligence-artificielle-ia-et-de-lapprentissage-automatique-ml-dans-le-secteur-bancaire/>
- Jack Challoner, *L'Intelligence artificielle : Un guide d'initiation au futur de l'informatique et de la robotique*, Pearson Education, 2003
- Hugues Bersini, *De l'intelligence humaine à l'intelligence artificielle*, Ellipse, 2006
- Hervé Chaudet et Liliane Pellegrin, *Intelligence artificielle et psychologie cognitive*, Dunod, 1998, 179 p.
- <https://mbamci.com/intelligence-artificielle-dans-la-sante/>
- <https://www.lespecialiste.be/fr/actualites/l-rsquo-intelligence-artificielle-en-medecine-nbsp-en-2021-dr-giovanni-briganti.html>
- <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/artificial-intelligence-healthcare>
- <https://www.frm.org/recherches-financees/intelligence-artificielle/tout-savoir-ia>
- <https://www.bitocom/fr-ch/competence/artikel/applications-de-lia-dans-le-domaine-de-la-logistique/>
- <https://fr.statista.com/recherche/?q=Intelligence+artificielle&qKat=search&newSearch=true&p=1>
- <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/priorities/l-intelligence-artificielle-dans-l-ue/20200827STO85804/intelligence-artificielle-definition-et-utilisation>

- <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ca/Documents/deloitte-analytics/ca-fr-final-aoda-deloitte-ai-defence-security-pov-v2.pdf>

# Table des matières

Avant-propos.....	1
I. Qu'est-ce que l'IA (intelligence artificielle) ?.....	2
II. La conception de systèmes d'IA.....	4
III. Les différentes facettes de l'IA.....	4
IV. Les précurseurs de l'IA.....	5
V. Le point sur l'utilisation de l'IA au sein des entreprises.....	8
VI. Les domaines d'application de l'IA.....	10
6.1. Le secteur bancaire et financier.....	10
6.1.1. L'IA au service des activités de banque de détail.....	10
6.1.2. L'IA au service des activités de banque d'investissement.....	11
6.2. Le secteur de la défense et de la sécurité.....	12
6.2.1. Les forces armées.....	14
6.2.2. Les services de police.....	15
6.2.3. La sécurité des frontières.....	17
6.3. Le domaine de la santé.....	19
6.4. L'éducation.....	23
6.4.1. L'impact didactique.....	25
6.4.2. L'impact pédagogique.....	25
6.4.3. L'impact sur l'apprentissage.....	25
6.4.4. Intelligence artificielle et développement des compétences du 21 <sup>ème</sup> siècle.....	26
6.5. Le secteur de la logistique.....	27
6.5.1. La logistique prédictive.....	27
6.5.2. Robotique et gestion des stocks.....	28
6.5.3. Véhicules autonomes et logistique.....	28
6.5.4. Intelligence artificielle visuelle.....	28
6.5.5. Les entrepôts.....	29
6.6. Administration publique et services.....	29
6.7. Les jeux vidéo.....	30
6.7.1. Les personnages non joueurs (PNJ).....	30
6.7.2. Les jeux de combat.....	31
6.7.3. LA recherche arborescente Monte-Carlo (MCTS).....	31
6.7.4. Les réseaux antagonistes génératifs (GAN).....	32
6.7.5. Quel avenir ?.....	32
6.7.6. Accélérer les recherches en IA grâce aux jeux vidéo.....	32
VII. Les enjeux et les risques d'un nouvel arrivé : ChatGPT.....	33
7.1. Qu'est-ce que ChatGPT.....	33
7.2. ChatGPT, un accès libre et gratuit.....	33
7.3. Quel est le nombre d'utilisateurs de ChatGPT.....	33
7.4. Quels bouleversements à venir au sein de la sphère professionnelle.....	34
VIII. Le futur de l'intelligence artificielle.....	44
IX. Quel cadre pour l'usage de l'intelligence artificielle.....	47
X. Quelles sont les recommandations du CEG.....	49
Glossaire.....	54
Notes de références.....	57