



#### Histoire de l'IA

Des systèmes experts  
Au  
Big data

#### L'IA : Domaines d'Application

Commerce, santé  
Transport, sécurité  
Droit, services ...

#### L'IA et NLP

Quels usages ?  
Fonctionnement du NLP  
Difficultés de mise en œuvre ...

#### L'IA 5 Choses à Savoir

Lutte contre le COVID 19  
Face au changement climatique  
Législation et IA...

#### L'IA Dilemmes Éthiques

Lutte contre les préjugés  
L'IA et Art  
Justice et IA...

#### L'IA Impact Environnemental

Empreinte écologique  
Réalité de la consommation d'énergie  
Usage raisonné et Développement Durable

# L'Intelligence Artificielle

## Les questions essentielles !

Quelle est son histoire ?

Quels sont ses domaines d'application ?

Qu'est ce que le Natural Language Processing ?

Quels dilemmes éthiques pose l'IA ?

Quel est son impact environnemental ?

Quelles sont les choses à savoir ?

**L'Intelligence Artificielle contribue-t-elle au respect des objectifs  
de développement durable ?**

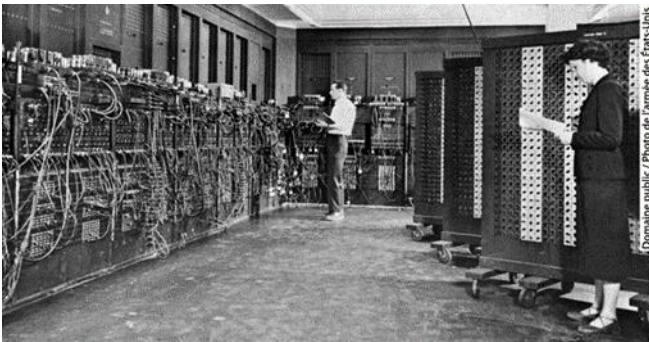


# « L'intelligence artificielle : Un peu d'histoire »

Sources : *Courrier de l'UNESCO « intelligence-artificielle-mythe-realite »*



L'intelligence artificielle (IA) est une discipline scientifique qui a vu officiellement le jour en 1956, au Dartmouth College, à Hanovre, aux États-Unis, lors d'une école d'été organisée par quatre chercheurs américains : John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester et Claude Shannon. Depuis, le terme « intelligence artificielle », est devenu très populaire au point qu'aujourd'hui plus personne ne l'ignore, cette composante de l'informatique a pris de plus en plus d'ampleur au fil du temps et les technologies qui en sont issues ont grandement contribué à changer le monde pendant les soixante dernières années.



Le premier calculateur numérique électronique programmable connu, l'ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), inauguré en 1946

Au cours de sa courte existence, l'IA a connu de nombreuses évolutions.

## L'euphorie des origines

Dans l'euphorie des origines et des premiers succès, les chercheurs s'étaient laissés aller à des déclarations un peu inconsidérées qu'on leur a beaucoup reprochées par la suite. C'est ainsi qu'en 1958, l'Américain Herbert Simon, qui deviendrait par la suite prix Nobel d'économie, avait déclaré que d'ici à dix ans les machines seraient championnes du monde aux échecs, si elles n'étaient pas exclues des compétitions internationales.

## Les années sombres

Au milieu des années 1960, les progrès tardaient à se faire sentir. Un enfant de dix ans avait battu un ordinateur au jeu d'échecs en 1965 ; un rapport commandé par le Sénat américain faisait état, en 1966, des limitations propres de la traduction automatique. L'IA eut alors mauvaise presse pendant une dizaine d'années.

## L'IA sémantique

Les travaux ne s'interrompirent pas pour autant, mais on axa les recherches dans de nouvelles directions. On s'intéressa à la psychologie de la mémoire, aux mécanismes de compréhension, que l'on chercha à simuler sur un ordinateur, et au rôle de la connaissance dans le raisonnement. C'est ce qui donna naissance aux techniques de représentation sémantique des connaissances, qui se développèrent considérablement dans le milieu des années 1970, et conduisit aussi à développer des systèmes dits experts, parce qu'ils recouraient au savoir d'hommes de métiers pour reproduire leurs raisonnements. Ces derniers suscitèrent d'énormes espoirs au début des années 1980 avec de multiples applications, par exemple pour le diagnostic médical.

## L'apprentissage machine

Le perfectionnement des techniques conduisit à l'élaboration d'algorithmes d'apprentissage machine (machine learning), qui permirent aux ordinateurs d'accumuler des connaissances et de se reprogrammer automatiquement à partir de leurs propres expériences. Une avancée majeure dans le secteur de l'intelligence machine est le succès de l'ordinateur développé par IBM, Deep Blue, qui est le premier à vaincre le champion mondial d'échecs Garry Kasparov en 1997<sup>(1)</sup>. Cela donna naissance à des applications industrielles (identification d'empreintes digitales, reconnaissance de la parole, etc.), où des techniques issues de l'IA, de l'informatique, de la vie artificielle et d'autres disciplines se côtoyaient pour donner des systèmes hybrides.

(1)



## De l'IA aux interfaces homme-machine

(2)

24 AFFECTIVE COMPUTING APPLICATIONS AND USE CASES			
<b>Marketing</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Marketing communications</li> <li>Market research</li> <li>Content optimization</li> </ul>	<b>Customer Service</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Personalized user routing</li> <li>Call center optimization</li> <li>Continuous improvement</li> </ul>	<b>Human Resources</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Recruitment</li> <li>Employee training</li> <li>Tracking employee satisfaction</li> </ul>	<b>Healthcare</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Patient care</li> <li>Medical diagnosis</li> <li>Counseling</li> </ul>
<b>Insurance</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Praud detection</li> </ul>	<b>Retail</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mobile shopping experience</li> </ul>	<b>Driving assistance</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Safety</li> <li>Autonomous driving performance</li> </ul>	<b>Education</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Measuring effectiveness</li> <li>Supporting student creation</li> </ul>
<b>Gaming</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Testing</li> <li>Adaptive games</li> </ul>	<b>Government</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Understanding population</li> <li>Training police officers</li> </ul>	<b>Technology</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Integration with IoT</li> </ul>	<b>Other</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Workplace design</li> </ul>



Source : <https://research.aimultiple.com/affective-computing-applications/>

À la fin des années 1990, on coupla l'IA à la robotique et aux interfaces homme-machine, de façon à produire des agents intelligents qui suggèrent la présence d'affects et d'émotions. Cela donna naissance, entre autres, au calcul des émotions (affective computing<sup>(2)</sup>), qui évalue les réactions d'un sujet ressentant des émotions et les reproduit sur une machine, et surtout au perfectionnement des agents conversationnels (chatbots).

### Renaissance de l'IA

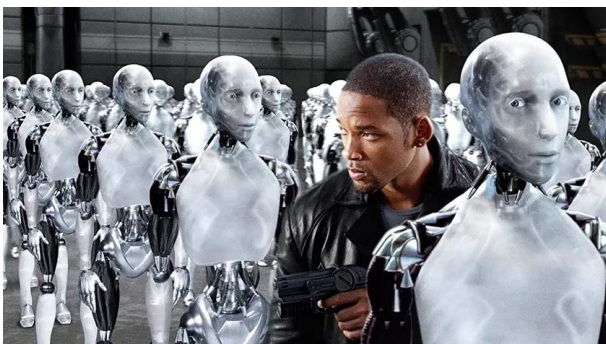
Entre 2000 et 2010, notre société vit un véritable boom informatique. Les ordinateurs personnels deviennent de plus en plus accessibles, Internet se déploie, les smartphones voient le jour ... La connectivité et la mobilité lancent l'ère de l'Homo Numericus (étape du développement de l'humanité où l'activité humaine s'organise autour des technologies et des outils numériques).

(3)



Au début des années 2000, l'intelligence artificielle s'intègre dans une grande quantité de films de « science-fiction » présentant des scénarios plus ou moins réalistes. Le plus marquant du nouveau

millénaire étant certainement Matrix, premier volet de la saga sorti en salles le 23 juin 1999. S'en suivra A.I. de Steven Spielberg sorti en 2001, inspiré par Stanley Kubrick, puis I,Robot (2004). Metropolis (1927) Blade Runner (1982), Tron (1982), et Terminator (1984) avaient déjà pavé la voie, mais l'on ne connaissait pas encore assez bien l'IA et ses applications pour imaginer de réels scénarios.

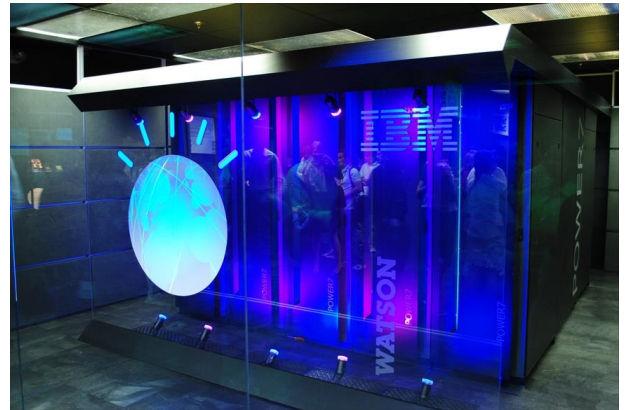


En 2004, le film "I, Robot" s'interrogeait sur la conscience éthique des robots dotés d'intelligence artificielle. • Crédits : UFD (Capture d'écran)

(3) 2001\_ A Space Odyssey (1968)

## L'IA sans limite

Jusqu'à 2010, on s'interroge également sur l'éthique de l'intégration de l'IA dans de nombreux secteurs. Ainsi, en 2007 la Corée du Sud dévoile une charte de l'éthique des robots dans le but de poser des limites et des normes aux utilisateurs ainsi qu'aux constructeurs. En 2009, le MIT lance un projet réunissant de grands scientifiques de l'IA pour réfléchir aux grandes lignes de la recherche sur ce domaine.



Watson : intelligence artificielle créée par IBM

En 2011, Watson d'IBM bat en direct les deux plus grands champions de Jeopardy!. En 2012, Google X (laboratoire de recherche de Google) arrive à faire reconnaître à une IA des chats sur une vidéo. Le potentiel est alors extraordinaire : une machine arrive à apprendre à distinguer quelque chose. En 2016, AlphaGO (IA de Google spécialisée dans le jeu de Go) bat le champion d'Europe (Fan Hui) et le champion du monde (Lee Sedol) puis elle-même (AlphaGo Zero).



Le joueur de go professionnel sud-coréen Lee Sedol, à droite, passe en revue le match après avoir remporté le quatrième match du défi Google DeepMind. Photographie : Lee Jin-man/AP

Depuis 2010, la puissance des machines permet d'exploiter des données de masse (big data) avec des techniques d'apprentissage profond (deep learning), qui se fondent sur le recours à des réseaux de neurones formels. Des applications très fructueuses dans de nombreux domaines où les intelligences artificielles performant (reconnaissance de la parole, des images, compréhension du langage naturel, voiture autonome, etc.) soulèvent de nombreuses questions sur le rôle professionnel de l'Homme dans les années à venir.



# « L'Intelligence Artificielle et ses domaines d'application »

Sources : [www.onisep.fr](http://www.onisep.fr) ; [France3GrandEst](http://France3GrandEst) ; [kompairobotics.com](http://kompairobotics.com)



L'intelligence artificielle est partout ou presque. Des pans entiers de notre économie vont être modifiés sous l'effet de ces nouvelles technologies. Sortie des laboratoires de recherche, l'intelligence artificielle s'invite dans nos vies. Les 22 millions de Français qui se connectent chaque jour à Facebook utilisent, peut-être sans le savoir, plusieurs intelligences artificielles développées par l'entreprise.



Monopoly19/AdobeStock

Les algorithmes mis en œuvre personnalisent le fil d'actualité, reconnaissent un contenu inapproprié, proposent des traductions automatiques ou sont capables d'identifier des amis dans des photos...

Pour Yann LeCun, directeur du laboratoire d'intelligence artificielle de Facebook, en intelligence et vision artificielles, l'ensemble de ces techniques va transformer la société dans les années à venir.

## LA SANTÉ

C'est l'un des secteurs les plus dynamiques en intelligence artificielle<sup>(1)</sup>.



Source : [www.nouvelles.umontreal.ca](http://www.nouvelles.umontreal.ca)

Des IA commencent à diagnostiquer des maladies, notamment les cancers, aussi bien voire mieux que les spécialistes. L'intelligence artificielle peut favoriser la détection précoce d'une maladie mais pourrait aussi détecter les premiers signes d'une attaque cardiaque par exemple.

(1)



(2)

L'IA pourrait accélérer la mise au point de nouveaux médicaments et réduire le temps écoulé entre la découverte d'une nouvelle molécule et sa mise sur le marché.

Au Japon, des robots sont déjà expérimentés pour aider les personnes dans leurs activités quotidiennes<sup>(2)</sup>, les aider à se déplacer, etc. Les établissements d'hébergement pour personnes âgées pourraient être équipés de ce type de robots dans quelques années.

## LE SECTEUR BANCAIRE ET FINANCIER

Un des principaux usages de l'IA est la mise en place de bots (contraction de chatbots ou agents conversationnels) pour répondre aux questions des clients, sur la base de milliers de conversations analysées et enregistrées.

L'IA est également utilisée pour aider les conseillers dans leur décision d'accorder ou non un prêt à une personne et les aider à traiter en priorité les mails urgents adressés par les clients (sinistre, perte ou vol de carte).

La détection des opérations frauduleuses, de plus en plus nombreuses et complexes à débusquer, est facilitée par le recours à l'IA.

## LE TRANSPORT

Dans ce domaine, l'IA se met au service du véhicule autonome.



Photo par Shanouk

Le stade du véhicule 100% autonome, sans pédales ni volant, n'est pas encore atteint mais les constructeurs automobiles et les géants numériques sont engagés dans une véritable course contre la montre. Plusieurs expérimentations grandeur nature de véhicules électriques autonomes vont être conduites un peu partout en France.

D'ici 2022, cela représentera près d'1 million de kilomètres parcourus. La France est particulièrement en pointe dans le domaine des véhicules de transport en commun.

### LE COMMERCE

Dans le e-commerce, on connaît tous les recommandations personnalisées d'achat et les publicités profilées. Plus innovant : la détection des "signaux faibles" des tendances d'achat, grâce à l'analyse des échanges sur les réseaux sociaux, les blogs, les forums. Objectif : anticiper la demande en créant des nouveaux services et produits.



Source : [blog.arcoptimizer.com](http://blog.arcoptimizer.com)

Vous avez le coup de foudre pour un produit visualisé sur Internet? Quelques clics suffiront pour passer d'une photo au site du e-commerçant.

L'IA se développe également chez les grandes enseignes du bricolage. Envie de rénover votre cuisine ? Des applications sont capables de créer la jumelle numérique de celle-ci, à partir d'une photo. Des algorithmes détectent ensuite dans le catalogue du magasin les modèles de cuisine susceptibles de vous convenir.



Testez l'application IKEA Place <sup>(3)</sup>

### L'INDUSTRIE

La robotique moderne inclut très souvent des briques d'intelligence artificielle. C'est le cas des robots susceptibles d'apprendre un geste à partir d'une manipulation réalisée par un opérateur.



Source : [www.objetconnecte.com](http://www.objetconnecte.com)

Place à la maintenance prédictive, qui permet d'intervenir juste-à-temps. Des systèmes experts peuvent détecter,

avant les êtres humains, des signes d'usure sur une machine, indiquant que celle-ci doit être révisée ou, qu'au contraire, elle ne nécessite pas encore d'intervention.

### LE DROIT

Progressivement, l'intelligence artificielle se fait une place chez les professionnels du droit.

Des algorithmes sont capables d'analyser une jurisprudence pour identifier les arguments clés, fournir un conseil juridique sur la qualité d'un contrat ou la probabilité de gagner un contentieux et même d'estimer le montant des indemnités à espérer.

### LA SÉCURITÉ DES BIENS ET DES PERSONNES

(4) C'est un secteur très dynamique car beaucoup de services reposent sur de l'analyse d'images, l'un des domaines de prédilection de l'IA. L'analyse automatique de scène de vidéosurveillance<sup>(4)</sup> est le thème de recherche qui se développe le plus vite. La France possède l'un des leaders mondiaux dans ce domaine.



### LES SERVICES

Les assistants virtuels intelligents pourraient avoir un impact majeur dans notre quotidien dans les années à venir. Reliés aux plateformes d'intelligence artificielle de leurs concepteurs, ils allument ou éteignent le chauffage de votre maison connectée, gèrent votre agenda, vous rappellent de prendre vos médicaments, commandent vos courses, vous proposent d'écouter de la musique et font vos recherches sur le Net.



Source : [convergencit.com](http://convergencit.com)

Bref, ils pourraient bientôt faire partie de votre famille... Avec l'essor annoncé de l'intelligence artificielle, nous serons bientôt amenés à côtoyer des robots et autres entités numériques au quotidien. Cependant, pour pouvoir coopérer ou même cohabiter avec les machines, il est nécessaire de pouvoir communiquer avec elles. Telle est la raison d'être de la technologie de Traitement Naturel du Langage.

Le traitement naturel du langage, ou Natural Language Processing (NLP) en anglais, est une technologie d'intelligence artificielle visant à permettre aux ordinateurs de comprendre le langage humain.

# « Intelligence Artificielle et Natural Language Processing »

Sources : [www.lebigdata.fr/traitement-naturel-du-langage-nlp-definition](http://www.lebigdata.fr/traitement-naturel-du-langage-nlp-definition) ; <https://datascientest.com/introduction-au-nlp-natural-language-processing>



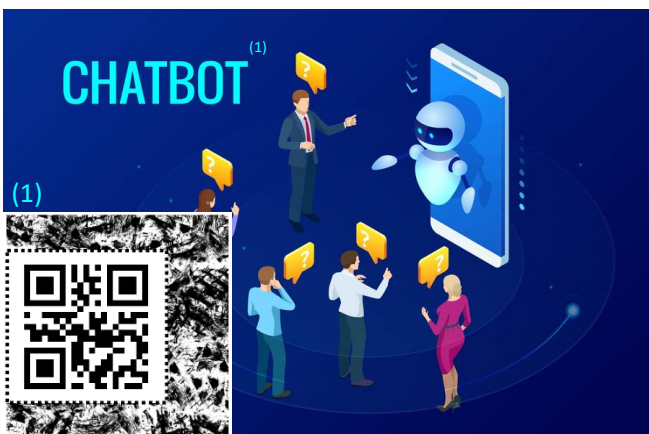
Le traitement naturel du langage, aussi appelé Natural Language Processing ou NLP en anglais, est une technologie permettant aux machines de comprendre le langage humain grâce à l'intelligence artificielle.

Avec l'essor annoncé de l'intelligence artificielle, nous serons bientôt amenés à côtoyer des robots et autres entités numériques au quotidien. Cependant, pour pouvoir coopérer ou même cohabiter avec les machines, il est nécessaire de pouvoir communiquer avec elles. Telle est la raison d'être de la technologie de Traitement Naturel du Langage.

Le traitement naturel du langage, ou Natural Language Processing (NLP) en anglais, est une technologie d'intelligence artificielle visant à permettre aux ordinateurs de comprendre le langage humain.

L'objectif de cette technologie est de permettre aux machines de lire, de déchiffrer, de comprendre et de donner sens au langage humain. D'importants progrès ont été effectués dans ce domaine au fil des dernières années et le traitement naturel du langage est aujourd'hui exploité pour une large variété de cas d'usage...

## Quels sont les cas d'usage ?



Sources : [www.alternance-professionnelle.fr/avantages-agent-conversationnel](http://www.alternance-professionnelle.fr/avantages-agent-conversationnel)  
<https://blog.hubspot.fr/marketing/chatbot-definition>

Vous l'ignorez peut-être, mais de nombreuses applications que vous utilisez au quotidien reposent sur le traitement naturel du langage. En guise d'exemple, on peut citer les applications de traduction telles que Google

Translate ou encore les assistants personnels tels que Apple Siri, Microsoft Cortana, Amazon Alexa ou Microsoft Cortana. Il en va de même pour tous les chatbots.

De même, les traitements de texte comme Microsoft Word et Grammarly utilisent le NLP pour vérifier la grammaire et l'orthographe des textes. Enfin, les applications de type Interactive Voice Response (IVR) utilisées par les centres d'appel permettent de traiter automatiquement certaines requêtes.

Il ne s'agit là que de quelques exemples concrets utilisés par le commun des mortels. Cependant, il existe une myriade d'applications pour cette technologie. De manière générale, tous les programmes basés sur la compréhension du langage par une machine reposent sur le NLP.

## Comment fonctionne le traitement naturel du langage ? (2)



La plupart des techniques de traitement naturel du langage<sup>(2)</sup> reposent sur le Deep Learning ou apprentissage profond. Les algorithmes d'intelligence artificielle sont entraînés à partir de données afin d'apprendre à analyser le langage humain pour y trouver des patterns et des corrélations.

Les algorithmes ont pour rôle d'identifier et d'extraire les règles du langage naturel, afin de convertir les données de langage non structuré sous une forme que les ordinateurs pourront comprendre.

Par le passé, les anciennes approches de traitement naturel du langage reposaient sur une approche basée sur des règles. Les algorithmes de Machine Learning de l'époque recevaient pour consigne de chercher des mots et des phrases dans un texte et donnaient des réponses spécifiques en fonction. Cependant, le Deep Learning permet une approche plus flexible, plus intuitive, et donc plus proche du langage naturel et de la façon dont les humains l'apprennent pendant l'enfance.

En règle générale, une interaction entre humains et machines via le NLP repose se déroule de la façon suivante : dans un premier temps, l'humain parle à la machine. La machine capture le son, et le convertit en texte. Les données textuelles sont traitées, puis à



nouveau converties sous forme de données audio. La machine exécute le fichier audio pour répondre à l'interlocuteur humain.



Source : [www.aiperspectives.com/natural-language-processing/](http://www.aiperspectives.com/natural-language-processing/)

### Quelles sont les différentes techniques de NLP ?

Les deux principales techniques utilisées pour le traitement naturel du langage sont l'analyse syntaxique et l'analyse sémantique. L'analyse syntaxique consiste à identifier les règles grammaticales dans une phrase afin d'en déchiffrer le sens.

Plusieurs techniques d'analyse sémantique existent. Le " parsing " consiste à analyser la grammaire d'une phrase. La segmentation par mot consiste à diviser un texte en unités, tandis que la segmentation morphologique divise les mots en groupes.

L'analyse sémantique quant à elle consiste à déchiffrer directement le sens d'un texte en utilisant des algorithmes pour analyser les mots et la structure des phrases. Les algorithmes peuvent notamment se baser sur le contexte, ou comparer les textes avec des bases de données pour en comprendre le sens. Cependant, il s'agit d'une approche complexe et aucun algorithme réellement capable de comprendre le sens d'un texte de cette façon n'existe pour l'instant...

### Quelles sont les difficultés liées au traitement naturel du langage ?

Le traitement naturel du langage est loin d'être une tâche aisée. Pour cause, le langage humain est par nature complexe et ses différentes règles sont difficiles à comprendre pour un ordinateur.

Certaines de ces règles peuvent être très abstraites. Par exemple, lorsqu'une personne utilise une remarque sarcastique pour faire passer un message subtil. Il est

presque impossible pour une machine actuelle de percevoir de telles nuances.

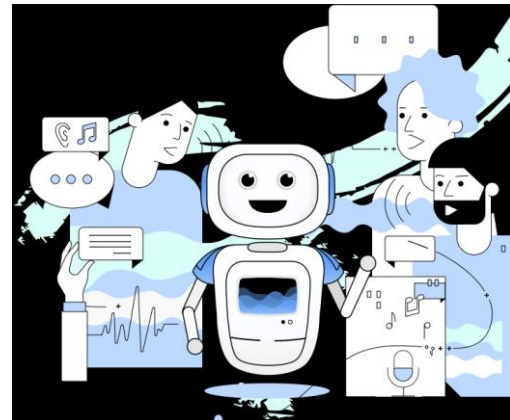
De même, l'utilisation de la lettre " s " pour signifier la pluralité est complexe à assimiler pour une machine. Pour véritablement comprendre le langage humain, il est nécessaire de comprendre à la fois les mots et la façon dont les concepts sont connectés pour délivrer un message.

Si les humains peuvent facilement maîtriser un langage, l'ambiguïté et les caractéristiques imprécises du langage rendent la tâche bien plus compliquée pour les machines qui ne sont pas habituées à " penser " de cette manière. D'ordinaire, les humains " parlent " aux ordinateurs en utilisant des langages de programmation précis, concrets et hautement structurés.

Cependant, les investissements et la recherche dans le domaine du Traitement Naturel du Langage sont de plus en plus importants. Au fil des années à venir, cette technologie va se développer à vive allure et les machines seront très bientôt capables de communiquer de façon totalement naturelle avec les humains...

### Comment améliorer le traitement naturel du langage ?

Des projets open source commencent à voir le jour afin de rendre l'accès aux données vocales libre, publiquement accessible, et représentatives de la diversité de personnes réelles.



Découvrir le projet « Common Voice » :



<https://commonvoice.mozilla.org/fr/about>

# « Intelligence Artificielle : Dilemmes Ethique »

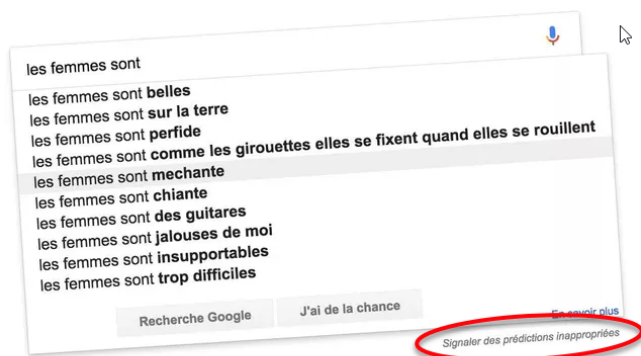
Sources : <https://fr.unesco.org/>



## Des préjugés de genre dans l'Intelligence Artificielle

Entrez « les plus grands personnages historiques » dans votre moteur de recherche préféré et vous verrez probablement une liste des personnalités masculines les plus connues dans le monde. Combien de femmes comptez-vous ?

Une recherche d'image pour « cuisinier » révélera très probablement beaucoup d'hommes devant les fourneaux. Étonnamment, si vous tapez « cuisinière », les résultats montreront exclusivement des fourneaux ; aucune femme faisant la cuisine...



Les suggestions automatiques du moteur de recherche Google reflètent certains préjugés. Un formulaire est accessible pour signaler des "prédictions inappropriées".

Capture d'écran

Ce sont là des exemples de préjugés de genre dans l'intelligence artificielle, résultant de représentations stéréotypées profondément ancrées dans nos sociétés.

Les systèmes d'intelligence artificielle donnent des résultats biaisés. La technologie des moteurs de recherche n'est pas neutre, car elle traite des données complexes et hiérarchise les résultats en fonction des préférences de l'utilisateur et de sa localisation. Ainsi, un moteur de recherche peut devenir une chambre d'écho qui maintient les préjugés du monde réel et enracine davantage ces préjugés et stéréotypes en ligne.

Comment pouvons-nous garantir des résultats plus équitables et plus pertinents ? Pouvons-nous signaler les résultats de recherche biaisés ? Quelle serait ou devrait être la représentation exacte des femmes dans les résultats de recherche ?

Les préjugés de genre devraient être évités ou du moins minimisés dans le développement des algorithmes, dans les grands ensembles de données utilisés pour leur apprentissage et dans l'utilisation de l'IA pour la prise de

décision afin de ne pas reproduire les représentations stéréotypées des femmes dans le domaine numérique.

## La voiture autonome garantit-elle la sécurité ?

Une voiture autonome<sup>(1)</sup> est un véhicule capable de détecter son environnement et de se déplacer avec peu ou pas d'intervention humaine.

Pour que le véhicule se déplace en toute sécurité et comprenne son environnement de conduite, une très grande quantité de données doit être constamment capturée par une myriade de capteurs différents situés dans la voiture. Ces données sont ensuite traitées par le système informatique de conduite autonome du véhicule.

La voiture autonome doit également être considérablement formée afin de comprendre les données qu'elle collecte et de pouvoir prendre la bonne décision dans toutes les situations de circulation imaginables.

Des décisions morales sont prises par tout un chacun au quotidien. Lorsqu'un conducteur choisit de freiner pour éviter de heurter un piéton, il prend la décision morale de faire passer le risque qu'encourt le piéton aux personnes dans la voiture.

Imaginez une voiture autonome avec des freins cassés allant à toute vitesse vers une grand-mère et un enfant. En déviant un peu, un des deux peut être sauvé. Cette fois, ce n'est pas un conducteur humain qui va prendre la décision, mais l'algorithme de la voiture.



Source : [www.usine-digitale.fr](http://www.usine-digitale.fr)

(1)



Qui choisiriez-vous, la grand-mère ou l'enfant ? Pensez-vous qu'il n'y a qu'une seule bonne réponse ?

C'est un dilemme éthique typique, qui montre l'importance de l'éthique dans le développement des technologies.



## L'Intelligence Artificielle Créée de l'art

En 2016, un tableau de Rembrandt, « the Next Rembrandt »<sup>(2)</sup> (« le prochain Rembrandt ») a été conçu par un ordinateur et réalisé par une imprimante 3D, 351 ans après la mort du peintre.

Pour atteindre de telles prouesses technologiques et artistiques, 346 peintures de Rembrandt ont été analysées pixel par pixel et mises à l'échelle par des algorithmes d'apprentissage profond pour créer une base de données unique.

Chaque détail de l'identité artistique de Rembrandt a ensuite pu être capturé et servir de base à un algorithme capable de produire un chef-d'œuvre sans précédent. Pour donner vie au tableau, une imprimante 3D a recréé la texture des coups de pinceau et des couches de peinture sur la toile pour un résultat époustouflant qui pourrait tromper n'importe quel expert en art.



Source : [www.sciencesetavenir.fr](http://www.sciencesetavenir.fr)



Mais qui peut être désigné comme l'auteur ? La société qui a orchestré le projet, les ingénieurs, l'algorithme, ou... Rembrandt lui-même ?

En 2019, l'entreprise de technologie chinoise Huawei a annoncé qu'un algorithme d'IA avait réussi à compléter les deux derniers mouvements de la Symphonie n°8<sup>(3)</sup>, la composition inachevée que Franz Schubert avait commencée en 1822, quelques 197 années auparavant. Que faire lorsque l'IA est capable de créer elle-même des œuvres d'art ? Lorsqu'un auteur humain est remplacé par des machines et des algorithmes, peut-on envisager d'attribuer des droits d'auteur ? Un algorithme peut-il et devrait-il être reconnu comme un auteur, et jouir des mêmes droits qu'un artiste ?



## L'IA à la Cour de justice



Les logiciels actuellement à la disposition des magistrats peuvent être complétés et améliorés par des outils d'IA qui les aident dans leurs décisions<sup>(4)</sup>.

Cette tendance croissante à utiliser des systèmes autonomes a été appelée l'automatisation de la justice.

Beaucoup affirment que l'IA pourrait contribuer à créer un système judiciaire pénal plus équitable, dans lequel les machines pourraient évaluer et peser les facteurs pertinents mieux que les êtres humains, en tirant parti de leurs rapidités et de leur importante capacité à analyser des données.



© Shutterstock.com/icedmocha

L'IA permettrait donc de prendre des décisions en toute connaissance de cause, sans biais ni subjectivité.

Mais les défis éthiques sont nombreux :

- Le manque de transparence des outils d'IA : les décisions de l'IA ne sont pas toujours intelligibles pour les humains.
- L'IA n'est pas neutre : les décisions basées sur l'IA sont susceptibles d'être inexactes, de donner lieu à des résultats discriminatoires, ou de contenir des biais.
- Les pratiques de surveillance pour la collecte de données ainsi que la protection de la vie privée des personnes dans les tribunaux.
- Les nouvelles préoccupations en matière d'équité et de risque pour les droits humains et d'autres valeurs fondamentales.

Et vous, seriez-vous prêt à être jugé au tribunal par un robot ?

Et cela, même si nous ne sommes pas sûrs de la manière dont il parvient à ses conclusions ?

# « Intelligence Artificielle : Impact Environnemental »

Sources : <https://www.cnetfrance.fr> « Pourquoi l'intelligence artificielle est un désastre écologique » ; <https://www.journaldunet.com/>  
<https://www.nature.com/articles/s41467-019-14108-y#Fig1> ; <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/>  
<https://www.journaldunet.com/>



Les scientifiques américains ont mesuré l'empreinte carbone d'une branche de l'IA qui explose, au fur et à mesure que les assistants vocaux et les services de traduction instantanée se développent : **le traitement automatique du langage naturel (NLP)**. Vous n'en avez sans doute pas conscience, mais pour interpréter une commande vocale adressée à Google Assistant et pour lui apprendre à reconnaître votre voix, pour interpréter des textes complexes, ou encore pour traduire un document, il faut une énorme quantité d'énergie - car il faut entraîner en profondeur les algorithmes à partir d'une grande masse de données, et cela des centaines, voire des milliers de fois, pendant des semaines ou des mois, via des ordinateurs surpuissants.



Microsoft dispose de data centers dans 50 « régions » à travers le monde. En Europe, le groupe est présent en Irlande, aux Pays-Bas, en Allemagne ainsi qu'au Royaume-Uni et dorénavant en France. Source : [www.lesechos.fr](http://www.lesechos.fr)

« Les progrès récents en matière de matériel et de méthodologie pour la formation des réseaux neuronaux ont donné naissance à une nouvelle génération de grands réseaux formés à l'abondance de données. Ces modèles de deep learning ont permis d'obtenir des gains notables en termes de précision pour de nombreuses tâches du NLP. Toutefois, ces améliorations dépendent de la disponibilité de ressources informatiques exceptionnellement importantes, qui nécessitent une consommation d'énergie tout aussi importante », indiquent les chercheurs. [..]

## La colossale empreinte écologique du deep learning

Concrètement, les chercheurs ont étudié le cycle de vie de plusieurs modèles d'entraînement d'IA, parmi les plus populaires (le « Transformer model », ELMo, BERT, l'ORET, le GPT-2...). Ils les ont entraînés à partir d'une masse considérable de données, sur un seul microprocesseur, pendant une journée, afin de calculer la quantité d'énergie requise, puis ont multiplié les résultats

par le nombre d'heures et de microprocesseurs utilisés dans le cadre des recherches en IA. Ils ont ainsi pu estimer ce que consomment les méthodes de deep learning, en équivalent CO<sub>2</sub>, sur la base du mix énergétique moyen aux USA (17 % d'énergies renouvelables, 35 % de gaz, 27 % de charbon, et 19 % de nucléaire).

Selon leurs recherches, alors qu'un voyage en avion New-York/San Francisco pour une personne consomme l'équivalent d'une tonne de CO<sub>2</sub>, certains modèles d'entraînement d'algorithmes par essai-erreur ont générés, en quelques jours, entre 35,6 et 284 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>. Pour référence, un français génère en moyenne 12 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> pendant une année. Et une voiture, durant son cycle de vie, génère 57 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>. Autrement dit, entraîner un modèle de deep learning pendant 4 à 7 jours émet donc autant qu'un être humain pendant 26 ans, ou que 5 voitures pendant leur durée de vie.

## Éteindre les ordis pour sauver la planète

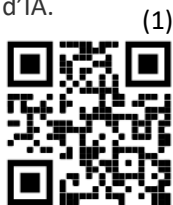
Cette étude est en phase avec une autre analyse publiée par The Shift Project, qui estime que l'empreinte énergétique de l'industrie du numérique augmente de 10 % par an. Dans son rapport, intitulé "pour une sobriété numérique", l'ONG française explique que « la part du numérique dans les émissions de gaz à effet de serre a augmenté de moitié depuis 2013, passant de 2,5 % à 3,7 % du total des émissions mondiales », et que les émissions de CO<sub>2</sub> du numérique ont augmenté dans le même temps d'environ 450 millions de tonnes dans l'OCDE, alors que l'intensité énergétique de l'économie en général a tendance à s'améliorer, celle du numérique s'aggrave - dans le monde en général, elle baisse de 2% par an, mais dans le numérique, elle augmente de 4 % par an...

Selon The Shift Project, si les recherches en IA et l'industrie du numérique (avec la consommation de films en streaming, en particulier) continuent à ce rythme, le climat devrait à terme être « dérégulé pour de bon ». Finissons-nous donc par éteindre les ordis pour sauver la planète ?

## La réalité de la consommation de l'IA en entreprise

Il existe de nombreuses manières d'implémenter l'IA, certains projets ne nécessitent pas d'entraîner les modèles, il s'agit tout au plus d'ajuster une dizaine de paramètres ! En effet grâce à des analyses statistiques et

descriptives couplées avec une bonne compréhension des besoins métier, il est aujourd'hui possible d'optimiser les stocks d'un entrepôt, prédire les fuites ou des pannes de machines à partir de capteurs, ou encore détecter la fraude dans la finance ou les services publics. Il faut garder à l'esprit que l'entraînement des modèles complexes est réservé à une petite partie des solutions d'IA.



(1) Quand il est nécessaire d'utiliser des techniques plus complexes de réseaux de neurones, dans le cas par exemple de la reconnaissance d'image<sup>(1)</sup>, les modèles utilisés sont des modèles open source qui ont déjà été entraînés.



Google a acheté Nest pour 3,2 milliards de dollars en janvier 2014 →, pour identifier le numéro des rues dans le cadre du service Street View et pour la recherche d'images dans son moteur de recherche. Ses travaux ont permis d'aboutir à un système de détection et de reconnaissance tout à fait performant.  
Source : www.numerama.com

Des techniques d'apprentissage par transfert sont alors appliquées pour que les résultats obtenus avec les données d'entraînement soient adaptés aux données du client, ce qui évite de réentraîner un modèle. Ce recyclage technologique permet de limiter l'impact sur les ressources énergétiques d'un déploiement massif de projets d'intelligence artificielle dans les entreprises. Plus globalement les solutions d'IA, la digitalisation, l'augmentation du volume de données et la production de nouvelles données peuvent bien entendu soulever des questions sur l'impact de la technologie dans un futur proche. Mais en regardant derrière nous, il est clair que l'empreinte carbone des technologies ne suivent pas la même courbe de croissance que le volume de données, les importants progrès en matière d'efficacité énergétique ont permis de limiter cet impact.

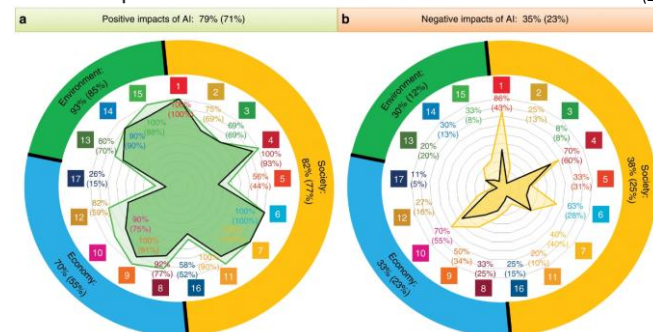
### Vers une IA raisonnée et une convergence des transitions technologique et écologique

L'intégration des enjeux écologiques pousse l'industrie vers l'âge de l'IA raisonnée. Les chercheurs et ingénieurs du monde entier travaillent dans le domaine de l'optimisation des consommations énergétiques des solutions IA.

Leur objectif est connu : arriver aux mêmes performances énergétiques que les performances de l'intelligence

humaine avec à peine 20W de consommation, c'est-à-dire effectuer des millions de milliards d'opérations à la seconde.

L'IA est une technologie de transformation qui a aussi le pouvoir d'influencer positivement le développement durable. Avec près de 80% d'impact positif sur les objectifs de développement durable, l'IA est une technologie clé pour passer à l'action dans l'accomplissement d'une stratégie climatique et réduire d'en moyenne 13% les émissions de gaz à effet de serre des entreprises.



Preuve documentée du potentiel de l'IA agissant comme (a) un catalyseur ou (b) un inhibiteur sur chacun des ODD. Les chiffres à l'intérieur des carrés de couleur représentent chacun des ODD. Les pourcentages en haut indiquent la proportion de toutes les cibles potentiellement affectées par l'IA et celles dans le cercle intérieur de la figure correspondent aux proportions au sein de chaque ODD. Les résultats correspondant aux trois groupes principaux, à savoir la société, l'économie et l'environnement, sont également indiqués dans le cercle extérieur de la figure. Les résultats obtenus lorsque le type de preuve est pris en compte sont indiqués par la zone ombrée intérieure et les valeurs entre parenthèses.

Source : <https://www.nature.com/articles/s41467-019-14108-y#Fig2>



(2)

Les spécialistes du monde entier, Etats, chercheurs et institutions plébiscitent une approche éthique pour une intelligence artificielle de confiance : améliorer la vie des êtres humains, ne pas aggraver les problèmes ou préjudices existants ni en créer de nouveaux, doivent être l'idée centrale qui sous-tend un système d'intelligence artificielle. A ce titre, l'intelligence artificielle doit être utilisée dans des projets à fort impact positif. Il faut mettre le pouvoir colossal de l'intelligence artificielle au service du développement durable.

Utiliser l'IA tout au long de la chaîne de valeur peut permettre aux entreprises d'atteindre leurs objectifs : de la conception de nouveaux produits eco-responsables, au calcul de l'impact carbone dès l'extraction de ressources jusqu'à la distribution, l'optimisation logistique, l'amélioration de l'efficacité énergétique des usines et entrepôts, la réduction des pertes et des déchets en favorisant la réutilisation et l'économie circulaire.

Tout comme l'IA doit être éthique, elle doit être raisonnée.

(3)

**OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE**

Télécharger l'application ODD en Action : <https://sdgsinaction.com/fr/html>





# « Intelligence Artificielle : 5 choses à savoir »

Sources : <https://fr.unesco.org/>



Aujourd'hui, l'intelligence artificielle joue un rôle important dans la vie de milliards de personnes. Parfois inaperçue, mais souvent avec des conséquences profondes, elle transforme nos sociétés et remet en question ce que signifie être humain.

L'IA peut aider des millions d'étudiants à terminer leurs études secondaires, a permis de créer 3,3 millions d'emplois supplémentaires et, a contribué à lutter contre la propagation et les conséquences de la pandémie COVID-19. Ces technologies présentent de multiples avantages, mais aussi des risques et des défis, découlant d'une utilisation malveillante ou de l'aggravation des inégalités et des clivages.

## 1- L'IA a prouvé sa valeur dans la lutte contre la pandémie de COVID-19

L'intelligence artificielle contribue à ralentir l'impact économique de la crise à travers les plateformes numériques. Elle aide également les chercheurs à comprimer d'énormes quantités de données dans la course à la découverte d'un vaccin ou d'un traitement. L'IA a participé à la lutte contre la propagation du virus grâce à des technologies de dépistage<sup>(1)</sup>, de suivi et de traçage.



Cependant, à mesure que les utilisateurs donnent accès à leurs données, la pratique de l'IA durant cette pandémie a ravivé les inquiétudes relatives au respect de la vie privée, à la protection des données et à l'utilisation des données au-delà des besoins de la traque du virus.

## 2- La croissance économique tirée par l'IA risque de se révéler fortement inégale

L'IA devrait générer près de US\$ 4 trillions de valeur ajoutée d'ici 2022. D'ici 2030, les bénéfices économiques devraient être les plus importants en Chine et en Amérique du Nord, représentant 70 % de l'impact économique mondial de l'IA. La dynamique de l'IA, doit être régulée : la concentration des systèmes d'IA dans les mains de quelques pays à haut revenu est susceptible de laisser les pays en développement loin derrière. Ces derniers ne profiteront pas ou très peu des technologies d'IA et surtout ne s'en approprieront pas.

## 3- Seulement 22 % des professionnels de l'IA sont des femmes

Parce qu'elles sont sous-représentées dans le secteur, les technologies d'IA reproduisent les préjugés et les

stéréotypes de genre. Le fait que des assistants personnels virtuels tels que Siri, Alexa ou Cortana soient « féminins » par défaut n'est pas une coïncidence. La servilité et parfois la soumission qu'elles expriment sont un exemple de la façon dont l'IA peut (continuer à) renforcer et répandre les préjugés contre les femmes dans nos sociétés.



## 4- L'IA peut être un outil puissant pour faire face au changement climatique et aux problèmes environnementaux

Alors que la planète continue de se réchauffer, les impacts du changement climatique s'aggravent. En recueillant et en analysant les données, les modèles alimentés par l'IA pourraient contribuer à améliorer la gestion des écosystèmes et à restaurer des habitats, essentielles pour diminuer le déclin des populations de poissons et d'animaux sauvages. Ceci dit, l'extraction de données consomme près de 10 % de l'énergie mondiale. Il est donc également essentiel de s'attaquer à la forte consommation d'énergie de l'IA et à l'impact qui en résulte sur les émissions de carbone.

## 5- L'IA ne peut pas être une zone de non-droit

(2)



L'intelligence artificielle est déjà présente dans nos vies, orientant nos choix, souvent de manière nuisible. Il y a des vides législatifs dans le secteur qui doivent être comblés rapidement. La première étape consiste à se mettre d'accord sur les valeurs absolues qui doivent être garanties, ainsi que sur les règles qui doivent être appliquées<sup>(2)</sup>. De nombreux cadres et lignes directrices existent déjà, mais ils ne sont pas mis en œuvre de manière uniforme et aucun n'est véritablement mondial. L'IA est mondiale, c'est pourquoi nous avons besoin d'un instrument global pour la réglementer.

# « Glossaire de l'intelligence artificielle »

Sources : <https://fr.unesco.org/>

Les termes marqués d'un astérisque sont définis dans ce glossaire

## **Algorithmes**

Le terme vient du nom du mathématicien persan Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi (vers l'an 820), à qui l'on doit l'introduction en Occident de la numération décimale. Aujourd'hui, il désigne une suite d'instructions qui doivent être exécutées de façon automatique par un ordinateur. Les algorithmes sont à l'œuvre dans tous les domaines, allant des requêtes sur les moteurs de recherches aux bourses financières, en passant par la sélection d'informations recommandés aux internautes.

## **Apprentissage machine ou apprentissage automatique (Machine learning)**

Grâce à un programme d'apprentissage automatique, la machine apprend à résoudre des problèmes à partir d'exemples : elle peut alors comparer et classer des données, et même reconnaître des formes complexes. Avant l'arrivée en 2010 de l'apprentissage profond\*, ce type de programme restait supervisé par des humains – chaque image devant être explicitement désignée comme contenant un visage humain, une tête de chat, etc., pour que la machine puisse procéder à l'opération de reconnaissance demandée.

## **Apprentissage profond (Deep learning)**

Domaine de pointe de l'apprentissage automatique\*, cette technique permet à la machine de reconnaître, par elle-même, des concepts complexes tels que des visages, des corps humains ou des images de chats, en épluchant des millions d'images glanées sur Internet, sans que ses images soient préalablement étiquetées par des humains. Né de la combinaison des algorithmes d'apprentissage automatique avec les réseaux de neurones formels\* et avec l'utilisation des données de masse, le deep learning a révolutionné l'intelligence artificielle. Il a d'innombrables applications: moteurs de recherche, diagnostic médical, voiture autonome, etc. En 2015, l'ordinateur AlphaGo a appris à battre les humains au jeu de go grâce à lui.

## **Bioconservateur**

Pour les transhumanistes\*, les gens qui critiquent leur idéal d'homme augmenté sont des bioconservateurs, c'est-à-dire des individus rétrogrades qui refusent de changer les lois de la vie et de la nature alors que la technique le permet (ou le permettra).

## **Cryogénie humaine**

Technique de conservation, dans l'azote liquide, du corps humain ou de la tête, après la mort d'un individu, en vue de le faire ressusciter un jour.

## **Données de masse (Big data)**

Ensemble de données numériques qui, de par leur volume, dépassent l'intuition et les capacités humaines d'analyse. Sur Internet, nous produisons quelque 2,5 trillions d'octets de données tous les jours : mails, vidéos, informations climatiques, signaux GPS, transactions en ligne, etc. Aucun outil informatique classique de gestion de base de données ne peut traiter ces données de masse : elles ont exigé le développement de nouveaux algorithmes\*, afin de pouvoir les stocker, les classer et les analyser.

## **Homme augmenté**

Idéal transhumaniste\*, l'homme augmenté est un individu soumis à des modifications visant à améliorer ses performances, grâce à des interventions sur le corps fondées sur des principes scientifiques et technologiques. Mi-homme, mi-machine, il pourrait dès lors courir plus vite, voir dans la nuit, supporter la douleur, posséder des capacités intellectuelles accrues, résister à la maladie ou à la mort... L'homme « réparé » existe déjà et les prothèses connectées s'améliorent de jour en jour. L'homme augmenté devient peu à peu une réalité, avec le développement de squelettes artificiels externes utilisés à des fins militaires.

## **Hybridation entre l'homme et la machine**

Procédé permettant une connexion entre le corps humain et un système technologique. La connexion peut être physique, comme une prothèse de bras actionnée par la pensée, ou virtuelle, comme, par exemple, les Google glasses, lunettes commandées par la voix qui permettent à diverses informations ou images d'apparaître dans un coin des verres et de se superposer ainsi à notre vue habituelle.

## **IA faible ou restreinte / IA forte ou générale**

L'IA faible ou restreinte caractérise l'IA existante : ce sont des machines capables d'exécuter certaines tâches précises de manière autonome mais sans conscience, dans un cadre défini par l'homme et à la suite de décisions prises par lui seul. L'IA forte ou générale serait une machine dotée de conscience et de sensibilité, capable

d'apporter une solution à tout type de problème : à ce jour, c'est une pure fiction.

### **Internet des objets**

Concept informatique selon lequel les objets de tous les jours ou les lieux du monde physique peuvent être connectés à Internet, et être reconnus par d'autres objets. Un objet connecté récolte, grâce à des capteurs (de température, de vitesse, d'humidité...), des données et les envoie, via Internet, afin qu'elles soient analysées par des ordinateurs. L'objet peut aussi bien être un véhicule, une montre, une machine industrielle ou encore une place de parking.

### **Mind uploading**

Selon les transhumanistes\*, nos sensations, idées et émotions se résument à des connections neuronales. Le téléchargement de l'esprit (mind uploading) est l'idée transhumaniste selon laquelle le « contenu » du cerveau humain est réductible à un ensemble d'informations que l'on pourrait traduire dans le code binaire informatique, et donc télécharger (upload) dans un ordinateur.

### **Néo-connexionnisme**

Théorie née dans le domaine des sciences cognitives et des neurosciences, le néo-connexionnisme propose d'élaborer des modèles informatiques qui visent à simuler des phénomènes d'apprentissage par des réseaux de neurones formels\*, dont l'organisation et le fonctionnement ont été pensés par analogie avec les systèmes neuronaux physiologiques.

### **NLP (traitement naturel du langage)**



Source : <https://www.lebigdata.fr/traitement-naturel-du-langage-nlp-definition>

Le traitement naturel du langage, aussi appelé Natural Language Processing ou NLP en anglais, est une technologie permettant aux machines de comprendre le langage humain grâce à l'intelligence artificielle. (Voir QR code en haut de page).

### **Nuage informatique (cloud)**

Différents systèmes informatiques impliquant un grand nombre d'ordinateurs connectés entre eux et échangeant des messages en temps réel via l'Internet. Un calcul ou un stockage d'informations, lancé sur un ordinateur, peut ainsi être pris en charge par un réseau d'ordinateurs connectés entre eux – créant ainsi un cloud.

### **Réalité augmentée**

Superposition de la réalité et d'éléments virtuels, calculés par un système informatique en temps réel (sons, images 2D, 3D, vidéos, etc.). Cette technique est utilisée dans les jeux vidéos et le cinéma (où le spectateur interagit avec des objets virtuels au moyen de capteurs), mais aussi pour la géolocalisation ou encore le patrimoine (l'abbaye de Cluny en France dispose par exemple de bornes montrant l'état de la ville au XVe siècle).

### **Réalité virtuelle immersive**

Univers virtuel, reconstitué par un ordinateur, dans lequel est plongé l'utilisateur grâce à différents capteurs ou objets (lunettes, combinaison sensorielle, etc.). L'immersion dans la réalité virtuelle peut concerner le joueur d'un jeu vidéo ou un pilote d'avion dans le cadre de sa formation.

### **Représentation sémantique des connaissances**

Algorithmes\* permettant de formaliser une phrase écrite dans une langue quelconque (exemple : « Paul prend le bus pour Berlin ») sous forme logique et ainsi de la rendre interprétable par un ordinateur. La machine peut alors réaliser des inférences logiques (comme une déduction), qui lui permettent de classer les mots dans différentes catégories et d'analyser les phrases qu'on lui soumet.

### **Réseau de neurones formels**

Algorithme destiné à être mis en œuvre par un ordinateur, qui vise à répliquer les connexions neurales du cerveau. Les systèmes existants sont bien plus sommaires que l'intelligence humaine : ils sont, toutefois, capables de prévoir la vitesse d'un véhicule en fonction du déplacement de la pédale d'accélérateur et de la pente de la route, la dureté d'un matériau en fonction de sa composition chimique et de sa température d'élaboration, la solvabilité d'une entreprise en fonction de son chiffre d'affaires, etc.

### **Transhumanisme**

Mouvement dont les adeptes veulent atteindre la condition « post-humaine » en se débarrassant du handicap, de la souffrance, de la maladie, du vieillissement et de la mort, grâce à la « convergence NBIC » (la rencontre entre les nanotechnologies, la biotechnologie, l'intelligence artificielle, les sciences cognitives). Ils prônent l'usage du clonage humain, de la réalité virtuelle\*, de l'hybridation entre l'homme et la machine et du mind uploading\*. Leurs opposants leur reprochent de beaucoup spéculer, de fonder une nouvelle mystique idolâtrant la technique, et de fantasmer un « surhomme » aux accents eugénistes.

### **Vie artificielle**

Champ de recherche interdisciplinaire visant à créer des systèmes artificiels s'inspirant des systèmes vivants, sous la forme de programmes informatiques ou de robots.