

# وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Année : 2019

Faculté: Sciences de l'Ingéniorat  
Département: Electronique

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de : MASTER

Intitulé :  
L'intelligence artificielle principe, outils et  
objectifs.

Domaine : Sciences et Technologie  
Filière : Automatique  
Spécialité: Automatique et Systèmes

Par :  
Zara Islem

### DEVANT Le JURY

Président : Pr. M. Ramdani	Grade	UBM Annaba
Directeur de mémoire: Pr. B. Bensaker	Grade	UBM Annaba
Examineurs: Dr.H. Kherfane	Grade	UBM Annaba
Dr.M. Saadi	Grade	UBM Annaba

## **Résumé:**

L'intelligence artificielle ou IA s'applique à tous les secteurs d'activité : transports, santé, énergie, industrie, logistique, finance ou encore commerce. Cloud, véhicule autonome, compteurs intelligents... utilisent tous des algorithmes performants pour fournir des réponses efficaces, fiables et personnalisées aux utilisateurs. Associant matériels et logiciels, l'intelligence artificielle mobilise des connaissances multidisciplinaires : électronique (collecte de données, réseaux de neurones), informatique (traitement de données, apprentissage profond), mathématiques (modèles d'analyse des données) ou sciences humaines et sociales pour analyser l'impact sociétal induit par ces nouveaux usages. L'essentiel sur les enjeux industriels et sociétaux majeurs de l'intelligence artificielle.

Dans ce travail, nous allons parler du principe de l'IA, ainsi les outils et algorithmes et ces domaines d'applications et notre travail finis par les perspectives de l'intelligence artificielle ainsi l'impact social et son avantage et ses inconvénients.

## **Mots-Clés :**

Intelligence artificielle, principe, Algorithmes, domaines d'applications, outils, apprentissage.

## **Summary:**

Artificial intelligence or AI applies to all sectors of activity: transport, health, energy, industry, logistics, finance or trade. Cloud, autonomous vehicle, smart meters ... all use powerful algorithms to provide efficient, reliable and personalized responses to users. Combining hardware and software, artificial intelligence mobilizes multidisciplinary knowledge: electronics (data collection, neural networks), computer science (data processing, deep learning), mathematics (data analysis models) or human and social sciences for analyze the societal impact induced by these new uses. The essential on the major industrial and societal challenges of artificial intelligence.

In this work, we will talk about the principle of AI, so the tools and algorithms and these areas of applications and our work end up with the perspectives of artificial intelligence as well as the social impact and its advantages and disadvantages.

## **Keywords:**

Artificial intelligence, principle, Algorithms, application domains, tools, learning.

## خلاصة القول:

ينطبق الذكاء الاصطناعي أو الذكاء الاصطناعي على جميع قطاعات النشاط: النقل ، الصحة ، الطاقة ، الصناعة ، اللوجستيات ، التمويل أو التجارة. تستخدم السحابة ، والمركبات ذاتية الحكم ، والمقاييس الذكية ... جميعها خوارزميات قوية لتوفير استجابات فعالة وموثوقة وشخصية للمستخدمين. يجمع الذكاء الاصطناعي بين الأجهزة والبرامج ، المعرفة المتعددة التخصصات: الإلكترونيات (جمع البيانات ، والشبكات العصبية) ، وعلوم الكمبيوتر (معالجة البيانات ، والتعلم العميق) ، والرياضيات (نماذج تحليل البيانات) أو العلوم الإنسانية والاجتماعية من أجل تحليل التأثير الاجتماعي الناجم عن هذه الاستخدامات الجديدة. الأساسية في التحديات الصناعية والمجتمعية الكبرى للذكاء الاصطناعي.

في هذا العمل ، سوف نتحدث عن مبدأ الذكاء الاصطناعي ، وبالتالي فإن الأدوات والخوارزميات ومجالات التطبيقات هذه وعملنا ينتهي بها إلى منظور الذكاء الاصطناعي وكذلك التأثير الاجتماعي ومزاياه وعيوبه.

## الكلمات المفتاحية:

الذكاء الاصطناعي ، المبدأ ، الخوارزميات ، مجالات التطبيق ، الأدوات ، التعلم.

## **Dédicace:**

*Je remercie dieu le tout puissant le miséricordieux de m'avoir  
donné la force à réaliser ce modeste travail, que je dédie  
vivement :*

*Aux deux personnes que j'aime le plus monde et dont l'existence  
ne cesse combler ma vie de bonheur et de joie*

*A ma chère mère, le soleil de mon cœur et qui m'a donnée la  
vie en sacrifiant le sienne pour me voir réussir et que ne jamais  
privé de son amour et ses conseils.*

*A mon cher père pour ces aides et son encouragement et le  
dieu nous le gardons*

*Une dédicace spéciale à :*

*A ma chère sœur : Chahinez.*

*A mes chers frères : Lamine et Sami.*

*A tous mes amies : Skander, Hamza, Badali, Majdi, Said,  
Minou, Raouf et Achref.*

*A tout la famille Zara.*

*A toute la promotion d'Automatique 2018-2019.*

*Islem.*

## Remerciements

*En préambule à ce mémoire Nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.*

*Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.*

*Nous tenant à remercier sincèrement Mr Bensaker Bachir, en tant que Encadreur, qui a toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Sans oublier le remerciement de notre promotion 2018-2019.*

## Liste des figures:

### **Chapitre 1 : Principes et concepts de base de l'intelligence artificielle**

Figure 1.1 : L'IA et l'Homme: main dans la main pour la relation client.....	9
Figure 1.2 : Robot Intelligent.....	10
Figure 1.3 : Zones cognitives.....	11
Figure 1.4 : IA faible et IA forte.....	14
Figure 1.5 : Test de turing.....	17

### **Chapitre 2 : Outils et algorithmes mis en œuvre pour l'IA**

Figure 2.1 : L'analyse de donnée. ....	19
Figure 2.2 : L'IA aux commandes pour améliorer vos stratégies de maintenance.....	20
Figure 2.3 : Apprentissage supervisé : schéma d'une unité logistique.....	25
Figure 2.4 : Apprentissage par renforcement.....	26
Figure 2.5 : Le deep Learning.....	27
Figure 2.6 : Fonctionnement d'un neurone biologique.....	29
Figure 2.7 : Représentation classique d'un réseau neuronal.....	29
Figure 2.8 : Le neurone virtuel .....	30
Figure 2.9 : Forme d'un réseau de neurones multi-couches.....	31
Figure 2.10 :L'IA appliquée au monde de la défense et de la sécurité.....	34
Figure 2.11 : Les moteurs de recherche.....	35
Figure 2.12 : Robots-chirurgiens.....	37
Figure 2.13 : L'IA dans les jeux vidéo (Test du jeu God Of War).....	38

## **Chapitre 3 : Les perspectives de l'intelligence artificielle**

Figure 3.1 : comparaison entre cerveau et ordinateur. ....	42
Figure 3.2 : L'IA de la voiture autonome de Google reconnue comme un conducteur...	43
Figure 3.3 : Voiture autonome "Toyota" .....	43
Figure 3.4 : Intelligence Artificielle, Robotique et Big Data.....	44

## Tables des matières:

Introduction générale.....	8
Chapitre 1 : Principes et concepts de base de l'intelligence artificielle	
1.1. Principe de l'intelligence artificielle.....	9
1.2. Définitions de l'IA.....	10
Qu'est-ce que l'intelligence ? .....	10
Les processus cognitifs .....	11
<b>Définition 1</b> .....	12
<b>Définition 2</b> .....	12
➤ <i>Des systèmes qui pensent comme les humains</i> .....	14
➤ <i>Des systèmes qui agissent comme les humains</i> .....	14
➤ <i>Des systèmes qui pensent rationnellement</i> .....	14
➤ <i>Des systèmes qui agissent rationnellement</i> .....	15
1.3. Bref historique de l'I.A.....	15
1.4. Test de Turing.....	16
1.5. Conclusion.....	17
Chapitre 2 : Outils et algorithmes mis en œuvre pour l'IA	
2.1. Introduction.....	19
○ L'analyse des données.....	19
○ Algorithmes de reconnaissance des formes.....	19
○ Algorithme des réseaux de neurones, apprentissage.....	20
2.2. Analyse et traitement des informations.....	21
○ Valeur Moyenne et Variance.....	21
○ Covariance.....	21
○ Analyse en Composantes Principales (ACP).....	21
○ Analyse en Composantes Indépendantes (ACI).....	21

○ Analyse des Valeurs Singulières (AVS).....	21
○ Réconciliation des Données.....	21
2.3. Reconnaissance des formes et classification.....	21
• Fonction discriminante.....	21
• Classement selon la Notion de distance.....	22
• Classification selon l'approche probabiliste.....	22
2.4. Techniques de l'apprentissage.....	23
2.4.1. L'apprentissage automatique.....	23
2.4.2. Principe.....	24
2.4.3. Types d'apprentissage.....	25
➤ Apprentissage supervise.....	25
➤ Apprentissage non supervise.....	25
➤ Apprentissage par renforcement.....	26
➤ L'apprentissage profond.....	27
2.5. Algorithme.....	27
➤ Algorithme du perceptron.....	27
➤ Algorithme du gradient.....	28
2.6. Réseaux de neurones artificiels:.....	28
2.6.1. Le neurone formel .....	30
➤ Modèle de Mc Culloch et Walter Pitts : (1949).....	30
➤ Modèle de John Hopfield : (1982).....	30
2.6.2. Le neurone virtuel.....	30
2.6.3. Résumé sur les réseaux neuronaux.....	32
2.7. Domaines d'applications.....	32
➤ Domaine industriel .....	33
➤ Le militaire.....	33
➤ Les moteurs de recherche.....	34

➤ Les moteurs de recommandation.....	35
➤ La traduction automatique.....	35
➤ Les assistants personnels (Siri, Cortana, Google Now.....)	35
➤ Les agents conversationnels.....	36
➤ Les véhicules autonomes.....	36
➤ Les systèmes de navigation GPS.....	36
➤ Les finances.....	36
➤ Le cyber sécurité.....	36
➤ La médecine.....	37
➤ Les jeux video.....	37
 2.8. Conclusion.....	 38

## Chapitre 3 : Les perspectives de l'intelligence artificielle

3.1. Est ce que ces machines intelligentes peuvent dépasser l'homme ?....	40
3.1.1. Performances : Homme / Machine.....	40
➤ La réflexion .....	40
➤ La mémoire .....	41
➤ Le traitement de l'information.....	41
3.2. Le futur de l'intelligence artificielle .....	42
3.2.1. Les applications du futur .....	42
➤ Les voitures autonomes .....	42
➤ La robotique .....	43
➤ Les objets connectés .....	44
➤ Le bâtiment connecté .....	45
3.2.2. Les technologies en cours de développement .....	45
➤ Des machines qui se souviennent .....	45
➤ La technologie de mémoire associative .....	46
➤ L'intelligence artificielle quantique .....	46

3.3. Avantages et inconvénients de l'intelligence artificielle .....	46
3.3.1. Les avantages.....	46
3.3.2. Les inconvénients.....	47
3.4. Conclusion.....	48
Conclusion générale.....	49
○ Références Bibliographiques .....	50

# Introduction générale

---

## I. Introduction générale:

L'intelligence artificielle (IA) est une discipline en évolution rapide qui se base sur des concepts relatifs à l'être humain, des techniques scientifiques déjà établies et des technologies de l'informatique, de l'électronique, de l'automatique, ... etc, pour concevoir des systèmes dits intelligents, capables de traiter des problèmes difficilement résolubles d'une manière similaire à celle qu'adopterait l'être humain. La mise en application de l'intelligence artificielle exige des connaissances de la perception, du raisonnement, du traitement des informations et de l'apprentissage. Elle offre son lot de découvertes chaque jour dans différents domaines techniques et non techniques qu'ils soient civiles ou militaires, tels que l'économie, la sociologie, la médecine, l'agriculture, l'industrie en général et toutes les infrastructures militaires.

Plusieurs pays, comme les Etats Unis, la Chine, l'Angleterre, l'Allemagne et la France, ont déjà investi des sommes considérables pour la recherche et le développement des systèmes intelligents dans différents domaines. Cependant, la société civile a peur de l'avancée et de la généralisation des applications de l'intelligence artificielle notamment dans le domaine de la sécurité et de la préservation de la vie privée des personnes.

Dans ce mémoire nous allons présenter une introduction aux techniques de l'intelligence artificielle, sans prétendre de cerner totalement cette nouvelle discipline, notamment ses principes et concepts de base, les outils scientifiques utilisés principalement les algorithmes préliminaires et aussi les domaines d'applications ainsi que les avantages et les inconvénients de cette émergente discipline.

Dans le chapitre 1 nous allons revoir les concepts de base de l'intelligence artificielle et les techniques nécessaires à la mise en œuvre d'une application d'intelligence artificielle. Les outils ou algorithmes indispensables à la conception d'un système intelligent ainsi que les domaines d'applications seront présentés au chapitre 2. Au chapitre 3 nous résumons les perspectives de l'intelligence artificielle ainsi l'impact social et son avantage et ses inconvénients.

# **Chapitre 1 :**

Principes et concepts de base de l'intelligence  
artificielle

### 1.1. Principe de l'intelligence artificielle

Le principe essentiel de l'intelligence artificielle (I.A) est de construire une machine intelligente qui raisonne comme l'être humain.

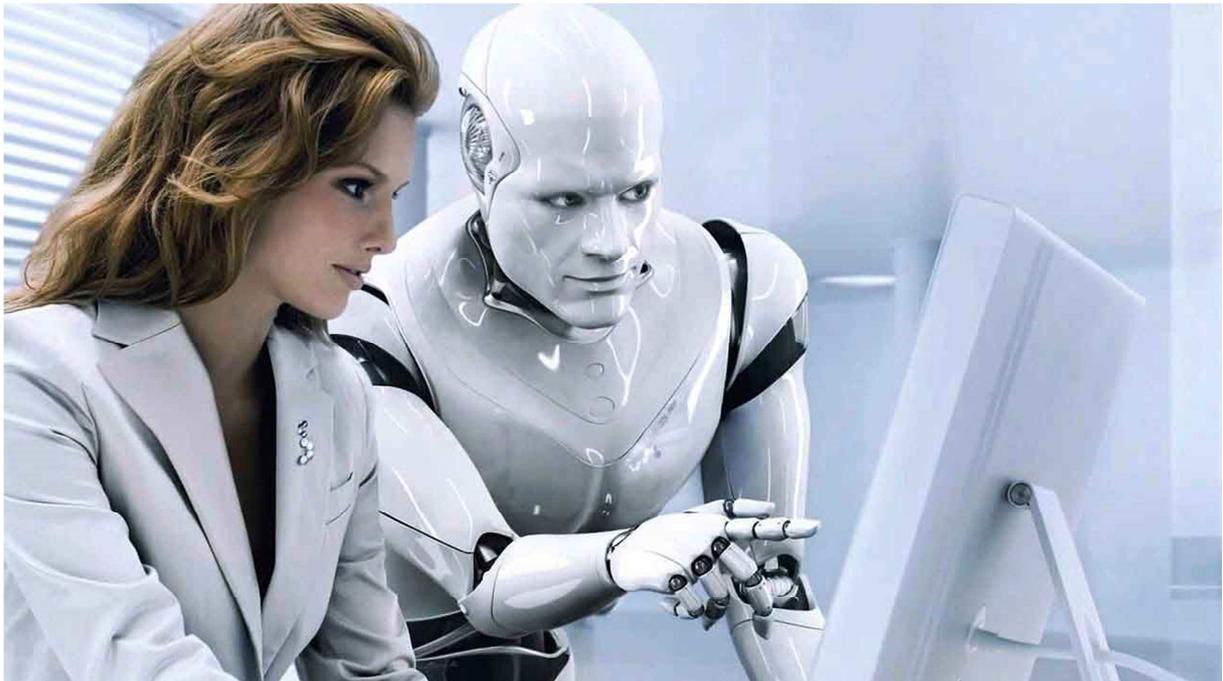


Figure 1.1 : L'IA et l'Homme: main dans la main pour la relation client

Les origines de l'IA remontent à la mythologie grecque, où des histoires mentionnent un homme mécanique capable de mimer le comportement humain. Toutefois, la quête pour le développement de l'IA semble devenir possible pendant la Seconde Guerre mondiale, lorsque les scientifiques de nombreuses disciplines, notamment des domaines émergents de la neuroscience et de l'informatique, ont travaillé ensemble pour s'atteler à la question des machines intelligentes.

Les systèmes d'aide au diagnostic et de suivi médical des patients, ont un rôle important dans l'amélioration de la qualité des diagnostics. Ces systèmes constituent donc des moyens techniques indispensables dans le domaine médical notamment la cardiologie. Dans un tel domaine, de nombreuses méthodes de classification ont été appliquées, cherchant toujours à améliorer et augmenter l'efficacité et l'interprétabilité.

La classification est un domaine de recherche qui a été développé aux années soixante. Il s'agit d'affecter un ensemble d'objets à un ensemble de classes selon la description de celles-ci. Cette description est effectuée grâce à des propriétés ou des conditions typiques propres aux classes. Les objets sont alors classifiés suivant qu'ils vérifient ou non ces conditions ou propriétés.

Pour le dire simplement, l'intelligence artificielle permet aux machines d'apprendre par « expérience », de s'adapter aux nouvelles données et d'effectuer des tâches comme le ferait un être humain de manière que l'on qualifierait d'« intelligente ».

De nos jours, les assistants personnels numériques tels que Siri, Alexa et Cortana, les appareils ménagers intelligents et les systèmes de surveillance de sécurité ne sont que quelques exemples de technologies utilisant l'IA dans notre quotidien [1.1].

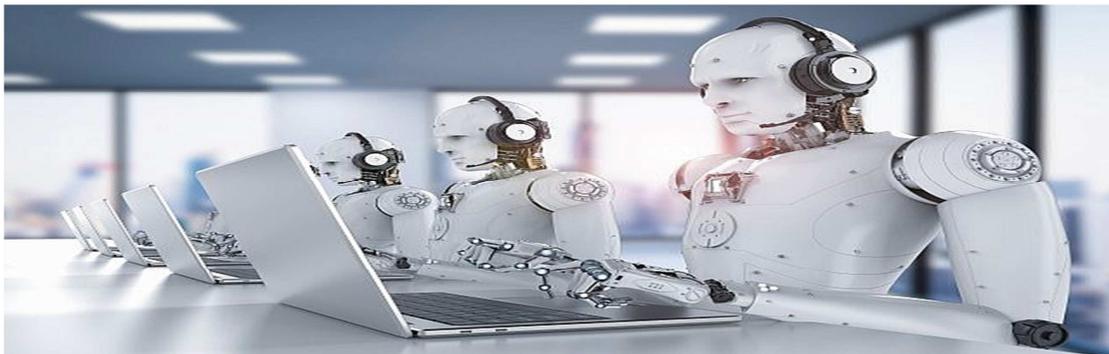


Figure 1.2 : Robot Intelligent

### 1.2. Définitions de l'IA

#### Qu'est ce que l'intelligence ?

Le mot « intelligence » est du latin « intelligentia » signifiant « la faculté de comprendre » et plus précisément la capacité à lier les éléments entre eux. Elle est l'ensemble des capacités mentales nous permettant de comprendre ce qui nous entoure, de découvrir des relations nous permettant d'aboutir à une connaissance conceptuelle et rationnelle celle-ci étant en opposition avec les sensations et émotions.

La compréhension est l'aboutissement d'un système codification diversifié qui, par maîtrise du langage permet un raisonnement complexe qui nous aide à établir des relations entre éléments. C'est également la définition de la faculté d'adaptation, nous laissant gérer de nouvelles situations et aussi gérer notre capacité à traiter les informations pour atteindre un objectif.

Afin d'atteindre ces l'objectifs, l'intelligence fera intervenir plusieurs faculties cognitives qui sont basées sur notre connaissance du cerveau humain, et inspirées de ces processus cognitive.

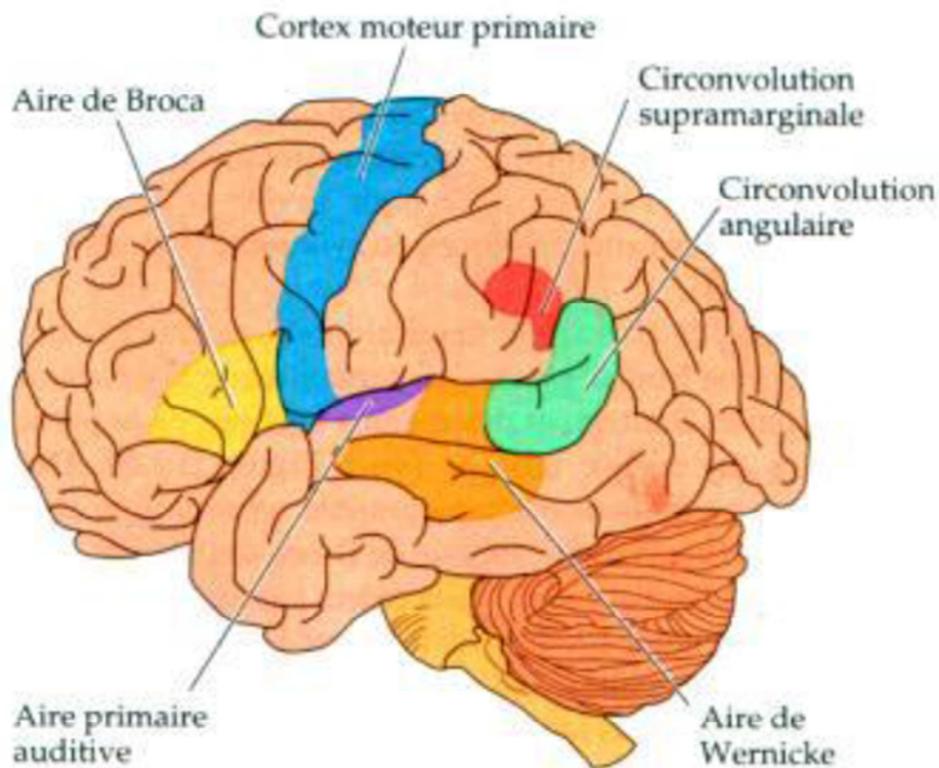


Figure 1.3 : Zones cognitives

### Les processus cognitifs :

Un processus cognitifs est « un cheminement par lequel un système traite une information en y répandant par une action ». Ce traitement est le processus par lequel une information est analysée et intégrée dans la base de connaissance du système, ceci dépendant du mode de traitement et du niveau d'élaboration de l'information.

En peut regrouper les processus de cognitifs comme suis :

- Perception, Sensation, Attention.
- Catégorisation, Reconnaissance, Raisonnement et Prise de Décision.
- Représentation, langue et mémoire. [1.2]

Définir l'intelligence artificielle (IA) n'est pas chose facile. Le champ est si vaste qu'il est impossible de la restreindre à un domaine de recherche spécifique ; c'est plutôt un programme multidisciplinaire. Si son ambition initiale était d'imiter les processus cognitifs de l'être humain, ses objectifs actuels visent plutôt à mettre au point des systèmes qui résolvent certains problèmes bien mieux que les humains, par tous les moyens disponibles [1.3].

**Définition 1:** On peut résumer l'intelligence artificielle (IA) à un ensemble **algorithmes** qui traite un ensemble d'informations ou données, relatives à des tâches, de manière semblable ou identique à celle qu'adopterait un être humain pour prendre une décision ou résoudre un problème.

**Définition 2:** Un système intelligent est par conséquent un système doté d'une intelligence artificielle.

Deux parties se distinguent dans un système intelligent :

- Une partie matérielle composée essentiellement d'un matériel électronique (cartes électroniques programmables, ordinateurs, .. ) ,
- Une partie informatique composée essentielle de programmes capables de traiter des informations de différents types.

Ainsi l'IA vient au carrefour de plusieurs disciplines : informatique, mathématique (logique, optimisation, analyse, probabilités, algèbre linéaire), sciences cognitives... sans oublier les connaissances spécialisées des domaines auxquelles on souhaite l'appliquer. Et les algorithmes qui la sous-tendent reposent sur des approches tout aussi variées : analyse sémantique, représentation symbolique, apprentissage statistique ou exploratoire, réseaux de neurones, etc...

Marvin Lee Minsky, l'un des précurseurs de la discipline définit l'intelligence artificielle 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 ». En d'autres termes, une intelligence artificielle est avant tout un programme informatique visant à effectuer, au moins aussi bien que des humains, des tâches nécessitant un certain niveau d'intelligence. L'horizon à atteindre concerne donc potentiellement l'ensemble des champs de l'activité humaine : déplacement, apprentissage, raisonnement, socialisation, créativité, etc. Les promesses non tenues des débuts de l'IA ont amené à distinguer d'une part les machines qui non seulement mettraient en œuvre des raisonnements semblables aux raisonnements humains, mais auraient également une réelle conscience d'elles-mêmes : c'est ce qu'on appelle l'intelligence artificielle forte ; d'autre part les machines qui rendent de nombreux services aux humains en simulant l'intelligence humaine : c'est l'intelligence artificielle faible. **[1.4]**

- l'IA faible ou descendante: imitation fidèle d'un comportement observé et qui est reproduit à l'identique à l'aide d'un programme informatique. Il est très performant dans son domaine mais reste confiné dans celui-ci, sans possibilité d'évoluer.
- l'IA forte (ascendante): cette fois le comportement humain est mimé par suite d'apprentissage et accumulation de connaissances de plus en plus complexes. La machine est dotée d'une sorte de conscience d'elle-même. Les algorithmes évoluent et échappent progressivement au cadre fixé au départ par leurs auteurs. **[1.5]**

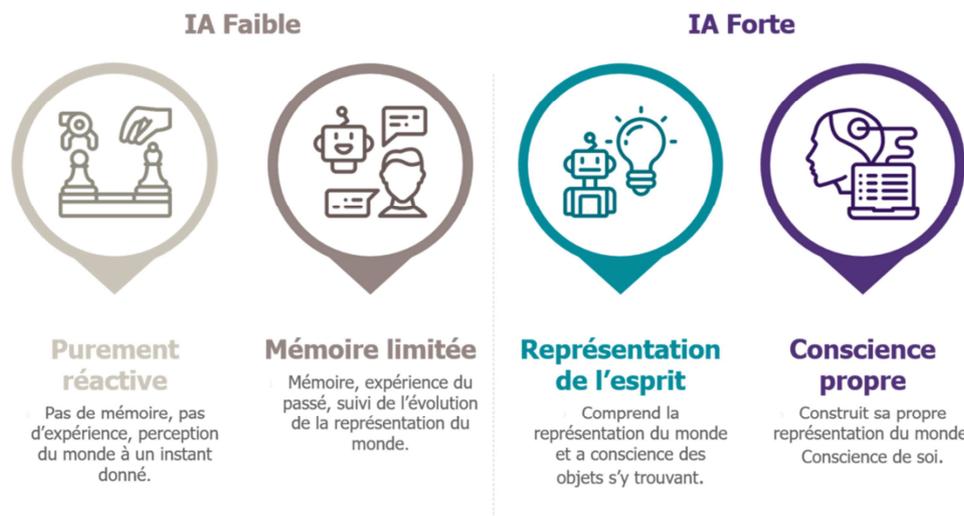


Figure 1.4 : IA faible et IA forte

Autre définitions de l'intelligence artificielle :

➤ **Des systèmes qui pensent comme les humains :**

« La tentative nouvelle et passionnante d'amener les ordinateurs à penser, d'en faire des machines dotées d'un esprit au sens le plus littéral. »

« L'automatisation d'activités que nous associons à la pensée humaine, des activités telles que la prise de décision, la résolution de problèmes, l'apprentissage... »

➤ **Des systèmes qui agissent comme les humains :**

« L'art de créer des machines capables de prendre en charge des fonctions exigeant de l'intelligence quand elles sont réalisées par des gens. »

« L'étude des moyens à mettre en œuvre pour faire en sorte que des ordinateurs accomplissent des choses pour lesquelles il est préférable de recourir à des personnes pour le moment. »

➤ **Des systèmes qui pensent rationnellement :**

« L'étude des facultés mentales grâce à des modèles informatiques. »

« L'étude des moyens informatiques qui rendent possibles la perception, le raisonnement et l'action. »

➤ **Des systèmes qui agissent rationnellement :**

« L'intelligence artificielle "*computational intelligence*" est l'étude de la conception d'agents intelligents. »

« L'intelligence artificielle étudie le comportement intelligent dans des artefacts. » [1.6]

### 1.3. Bref historique de l'I.A.

De tout temps, les humains ont créé des technologies pour se soulager des tâches quotidiennes. Le point d'évolution de l'humanité se produit lorsque l'humain maîtrise le feu : les aliments cuits sont plus faciles à digérer. Il a besoin de moins de neurones dans notre cerveau bas, celui qui gère la digestion, et donc l'énergie disponible permet d'accroître notre cerveau haut. Ainsi l'être humain se trouve en haut de la chaîne alimentaire et devient libre de créer. Pour rester en haut de cette chaîne alimentaire, l'humain construit des outils qui ont un impact sur le développement de l'humanité. « La main forge l'outil et l'outil change l'homme », résumait ainsi l'ethnologue et historien André Leroi-Gourhan.

L'humain a bien sûr fabriqué des outils pour multiplier la puissance de la force humaine. Dans l'Antiquité, les ingénieuses machines d'Archimède surpassaient tout ce que le muscle humain pouvait accomplir et, en l'an 150 de notre ère, à Alexandrie, une machine à vapeur ouvrait seule la porte d'un temple. Par ailleurs, l'humain a aussi très tôt développé des outils pour se soulager des tâches intellectuelles. Ainsi, la machine d'Anticythère, deux siècles environ avant Jésus-Christ [1.7], permettait de faire des calculs astronomiques sophistiqués, incluant des prédictions d'éclipses, tandis qu'au premier siècle de notre ère Héron d'Alexandrie inventait la première « machine à sous », qui distribuait une quantité précise d'eau bénite lorsqu'on y introduisait une pièce et fonctionnait grâce à une mécanique mue par l'eau selon le principe des boucles de rétroaction. Ces exemples montrent qu'il y a plus de deux mille ans, les principes de l'automatisme et de la systémique, qui sont les bases de l'informatique et de l'intelligence artificielle, étaient non seulement posés, mais donnaient lieu à la fabrication de leurs objets.

Les premiers ordinateurs n'étaient pas si éloignés des machines de l'Antiquité. La grande différence est la capacité de réaliser des opérations logiques intégrant le « et » et le « ou », grâce aux transistors. Ensuite, la miniaturisation a permis d'augmenter le nombre de

composants élémentaires par surface, donc de passer à des calculs plus complexes. Si la technologie change, le désir de reproduire, voire de surpasser le raisonnement humain reste une constante dans l'histoire de l'humanité.

En 1952, Alan Turing, l'un des fondateurs de l'informatique, avait déjà réalisé un programme de jeu d'échecs, proche des systèmes experts actuels. Il fallait une demi-heure pour que la machine propose chaque coup. En 1956, le séminaire de Darmouth a réuni pendant dix semaines des scientifiques de très haut rang pour définir l'intelligence artificielle. Parmi eux se trouvaient John McCarthy, Marvin Minsky (cofondateur du laboratoire d'intelligence artificielle au MIT, père des réseaux de neurones), Herbert Simon (prix Nobel d'économie 1978, inventeur de la rationalité limitée) et Claude Shannon (inventeur de la théorie de l'information). L'un des objectifs fondamentaux de ce séminaire était de comprendre ce qu'était l'intelligence, au travers d'outils informatiques, avec un autre langage que celui des êtres humains. Il fut la base de nombreux travaux théoriques et pratiques, comme l'invention de langages de programmation orientés vers l'intelligence artificielle.

D'ailleurs, il est encore plus difficile de définir la conscience que l'intelligence, d'où l'idée intéressante de construire des machines encore plus perfectionnées que les ordinateurs pour interroger la conscience.[1.8]

### 1.4. Test de turing:

**Le test de Turing** du nom d'Alan Turing, pionnier de l'intelligence artificielle dans les années 50 et inventeur du test, a pour objectif, en s'adressant à une machine et à un humain lors d'un dialogue de détecter lequel est une IA.

Ce test simple consiste à mettre en relation trois « individus » A, B et C via un ordinateur. A et B parlent tous deux à C qui est un humain et qui a pour mission de découvrir qui de A ou de B n'est pas humain. Si C n'arrive pas à se décider, le test de Turing sera réussi car la machine aura réussi à parfaitement imiter un humain.

Ce test est plus un défi pour les sciences informatiques qu'un réel test. L'imitation de la pensée humaine a énormément évolué mais reste insuffisante, notamment en raison de l'absence de conscience de soi.[1.9]

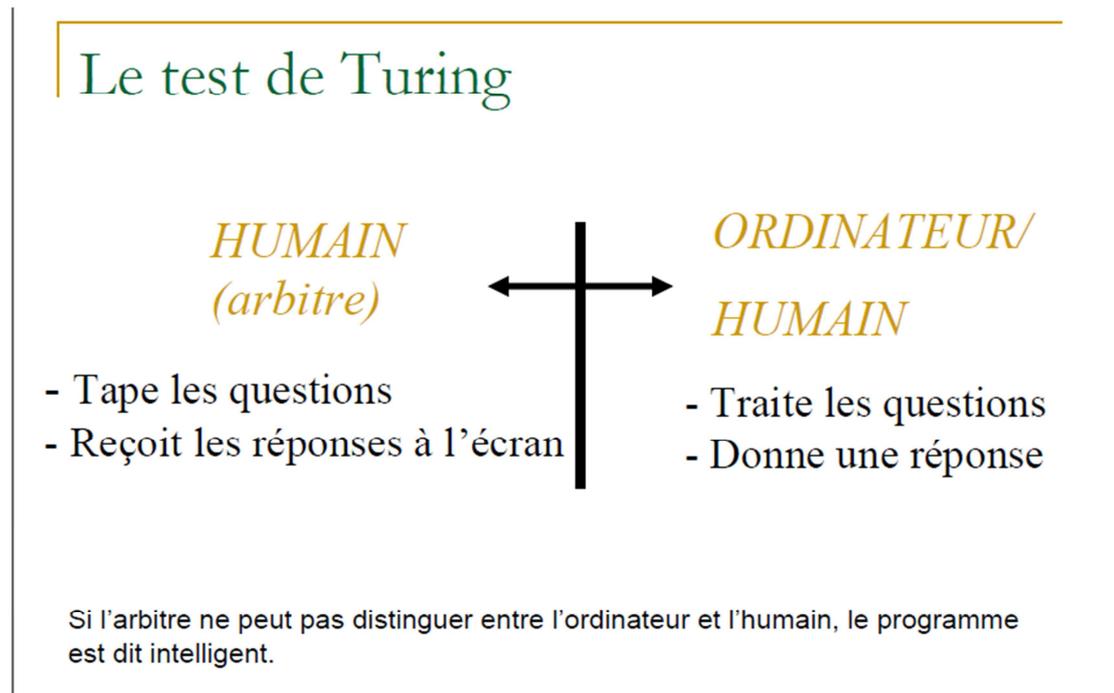


Figure 1.5 : Test de turing

### 1.5. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons parlé de manière générale sur les Principes et concepts de base de **l'intelligence artificielle**.

Après, on a donné quelques définitions de l'IA et un bref historique de l'IA.

Pour le chapitre à suivre on va s'intéresser à, les outils ou algorithmes indispensables à la conception d'un système intelligent ainsi que les domaines d'applications.

# **Chapitre 2 :**

Outils et algorithmes mis en œuvre

Pour l'IA

### 2.1. Introduction

L'intelligence artificielle est un ensemble de techniques visant à tenter d'approcher le raisonnement humain.

- L'analyse des données:

L'analyse des données est un sous domaine des statistiques qui se préoccupe de la description de données conjointes. On cherche par ces méthodes à donner les liens pouvant exister entre les différentes données ainsi qu'à en tirer une information statistique qui sert à décrire de façon plus succincte les principales informations contenues dans ces données. On peut aussi chercher à classer les données en différents sous-groupes plus homogènes.

Par exemple l'âge, le sexe et la catégorie socioprofessionnelle des joueurs de golf peuvent être étudiés simultanément.[2.1]

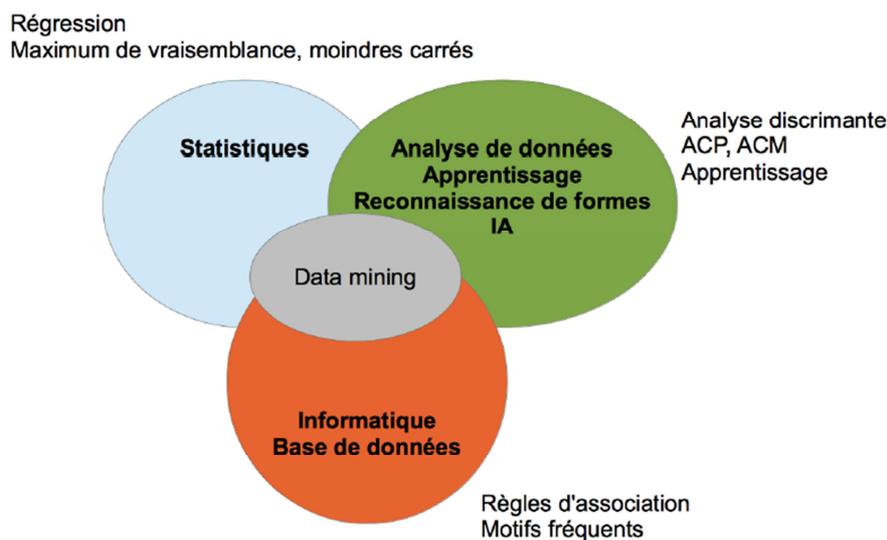


Figure 2.1 : L'analyse de donnée.

- Algorithmes de reconnaissance des formes,

Reconnaitre une forme  $F = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{pi})$  c'est reconnaitre sa classe d'appartenance  $C_i$  en fonction de traitement des données relatives à ces caractéristiques.

- Algorithme des réseaux de neurones, apprentissage.

Exemple : Algorithme d'apprentissage de perception :

La classification d'une forme  $F_i(y)$  est :

- Si  $\omega^T y > 0$  alors  $y \in C_1$
- Si  $\omega^T y \leq 0$  alors  $y \in C_2$
- $y^T = (1 \ x_{1i} \ x_{2i} \ \dots \ x_{ni})$
- $\omega^T = (1 \ \omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_n)$

Il existe bien entendu des liens très forts entre ces techniques. Par exemple, les langages développés pour la représentation des connaissances peuvent servir de base à des systèmes experts. Ou encore, beaucoup d'algorithmes pour la reconnaissance des formes sont développés en utilisant des méthodes d'apprentissage des réseaux de neurones.

Il y a aussi de forts liens entre l'IA et d'autres domaines tels que la philosophie, la psychologie, les neurosciences, les sciences cognitives, la linguistique, et l'économie.

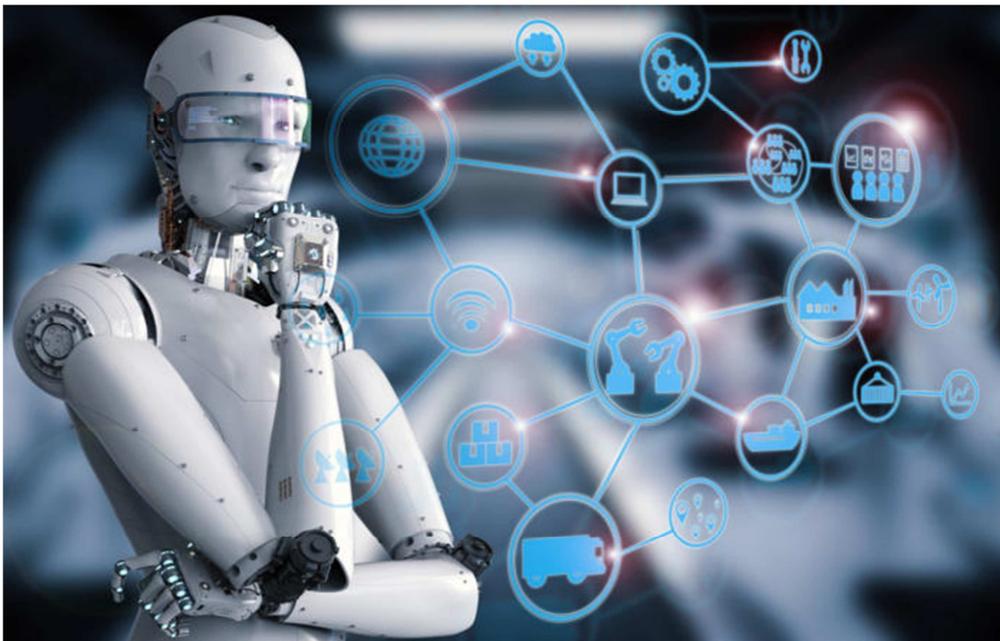


Figure 2.2 : L'IA aux commandes pour améliorer vos stratégies de maintenance.

## 2.2. Analyse et traitement des informations

- Valeur Moyenne et Variance:

$$Moy(X) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$
$$V(X) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2$$

$X_i$ : cours de l'actif  $X$  à l'instant  $i$ .

$\bar{X}$ : moyenne cours de l'actif  $X$ .

$N$ : nombres de période.

- Covariance :

$$COV(X, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(y_i - \bar{y})$$

$X_i$ : cours de l'actif  $X$  à l'instant  $i$ .

$\bar{X}$ : moyenne cours de l'actif  $X$ .

$y_i$ : cours de l'actif  $y$  à l'instant  $i$ .

$\bar{y}$ : moyenne cours de l'actif  $y$ .

$N$ : nombres de période.

- Analyse en Composantes Principales (ACP): utilisée pour des données quantitatives.
- Analyse en Composantes Indépendantes (ACI): c'est une méthode d'analyse des données qui relève des statistiques, des réseaux de neurones et du traitement du signal.
- Analyse des Valeurs Singulières (AVS)
- Réconciliation des Données

## 2.3. Reconnaissance des formes et classification

➤ Fonction discriminante : c'est une technique de classement ou de reconnaissance des formes par opposition à la typologie ou à la classification.

$$f(\mathbf{y}) = \omega_0 + \omega_1 x_{1i} + \omega_2 x_{2i} + \dots + \omega_n x_{ni} = \boldsymbol{\omega}^T \mathbf{y}$$

- Classement selon la Notion de distance:

Distance minimale:

- Distances entre une forme  $f_i$  et une classe  $C_j$  est :

$$d(F_i, C_j) = \min[d(F_i, F_j) / F_i \in C_i, F_j \in C_j]$$

- Distance entre deux classes  $(C_i, C_j)$  :

$$d(C_i, C_j) = \min[d(F_i, F_j) / F_i \in C_i, F_j \in C_j]$$

$$d(F_i, F_j) = \sqrt{(x_{1i} - x_{1j})^2 + (x_{2i} - x_{2j})^2 + \dots + (x_{pi} - x_{pj})^2}$$

- Données Binaires:

Ces caractéristiques  $x_{ij}$  sont converties en "0" si le caractéristique est fausse et "1" si elle est vraie. On définit alors les fonctions de similitude des deux formes par :

$$S(F_i, F_j) = \frac{a}{a+b+c+e} \quad (\text{Rassel et Ras})$$

$$S(F_i, F_j) = \frac{a}{a+2(b+c)} \quad (\text{Sokal Smeath}) \quad S(F_i, F_j) = \frac{a}{b+c}$$

- **a:** est le nombre de fois ou les deux formes possèdent la même caractéristique

$$a = \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} ;$$

- **b:** est le nombre de fois ou forme  $F_i$  ne possède pas la caractéristique possédée par la forme  $F_j$ .  $b = \sum_{k=1}^p (1 - x_{ik}) x_{jk} ;$

- **c:** est le nombre de fois ou  $F_i$  possède la caractéristique non possédée par la forme  $F_j$ .

$$c = \sum_{k=1}^p x_{ik} (1 - x_{jk}) ;$$

- **e:** est le nombre de fois ou les deux formes  $F_i$  et  $F_j$  ne possèdent aucune caractéristique en commun.  $e = \sum_{k=1}^p (1 - x_{ik})(1 - x_{jk}) ;$

- Classification selon l'approche probabiliste :

Lorsque les informations à traiter sont incertaines ou elles sont entachées l'erreur on s'entente vers l'approche propabiliste.

**Problème :**

Affecter une forme  $F_m$  inconnue à une classe  $C_1$  avec un minimum d'erreur.

### Règle:

On prend la décision d'affecter la forme  $F_m$  à la classe  $C_k$

Si  $p(C_k/F_m) \geq p(C_j/F_m) ; \forall j \neq k$

$$p(C_k/F_m) = \frac{p(F_m/C_k)p(C_k)}{p(F_m)}$$

$$p(C_j/F_m) = \frac{p(F_m/C_j)p(C_j)}{p(F_m)}$$

Donc :

$$\frac{p(F_m/C_k)p(C_k)}{p(F_m)} \geq \frac{p(F_m/C_j)p(C_j)}{p(F_m)}$$

$$p(F_m/C_k)p(C_k) \geq p(F_m/C_j)p(C_j)$$

$$\frac{p(F_m/C_k)}{p(F_m/C_j)} \geq \frac{p(C_j)}{p(C_k)}$$

on peut déterminer :  $\frac{p(C_j)}{p(C_k)}$

### 2.4. Techniques de l'apprentissage:

Pour apprendre, un algorithme doit se baser sur un très grand nombre de données préexistantes (apprentissage supervisé) ou acquises à travers son entraînement (apprentissage non supervisé). Le résultat de l'algorithme dépend donc inéluctablement de la qualité des données sur lesquels se fonde l'apprentissage. Ainsi, si une base de données est représentative des biais des personnes qui l'ont créée, le résultat pourrait l'être.

#### 2.4.1. L'apprentissage automatique:

À l'inverse, les techniques d'apprentissage se sont développées en tentant de modéliser les processus cognitifs non à partir d'un ensemble de règles formelles logiques, mais à partir de l'analyse d'expériences passées. Toutes les approches d'apprentissage automatique comportent deux phases : la première est celle de l'apprentissage à proprement parler et consiste à choisir un modèle (ex : réseau de neurones) puis ajuster ses paramètres à partir de données en entrée — par exemple des photos de chat et de chien, pour un modèle de

reconnaissance visuelle. La deuxième phase est celle de l'inférence. À partir des paramètres qui ont été appris, l'algorithme effectue la tâche qui lui a été fixée — par exemple distinguer les photos de chat des photos de chien. Parmi les approches de l'apprentissage automatique, on peut distinguer différentes techniques qui peuvent correspondre à différents problèmes.

### 2.4.2. Principe:

Les algorithmes utilisés permettent, dans une certaine mesure, à un système piloté par ordinateur (un robot éventuellement), ou assisté par ordinateur, d'adapter ses analyses et ses comportements en réponse, en se fondant sur l'analyse de données empiriques provenant d'une base de données ou de capteurs.

La difficulté réside dans le fait que l'ensemble de tous les comportements possibles compte tenu de toutes les entrées possibles devient rapidement trop complexe à décrire (on parle d'explosion combinatoire). On confie donc à des programmes le soin d'ajuster un modèle pour simplifier cette complexité et de l'utiliser de manière opérationnelle. Idéalement, l'apprentissage visera à être non supervisé, c'est-à-dire que la nature des données d'entraînement n'est pas connue.**[2.2]**

Ces programmes, selon leur degré de perfectionnement, intègrent éventuellement des capacités de traitement probabiliste des données, d'analyse de données issues de capteurs, de reconnaissance (reconnaissance vocale, de forme, d'écriture...), de fouille de données, d'informatique théorique...

Exemple:

- Un système d'apprentissage automatique peut permettre à un robot ayant la capacité de bouger ses membres mais ne sachant initialement rien de la coordination des mouvements permettant la marche, d'apprendre à marcher. Le robot commencera par effectuer des mouvements aléatoires, puis, en sélectionnant et privilégiant les mouvements lui permettant d'avancer, mettra peu à peu en place une marche de plus en plus efficace.

### 2.4.3. Types d'apprentissage:

#### ➤ Apprentissage supervisé:

Dans l'apprentissage supervisé, le problème est de distinguer des catégories d'objets dont on dispose des données étiquetées suivant ces catégories. Par exemple des millions de photos où les chats et les chiens sont identifiés comme tels. La phase d'apprentissage ajuste progressivement les paramètres du modèle pour que l'erreur soit la plus faible possible sur les exemples connus. Dans la phase d'inférence, la machine catégorise des données inconnues — elle reconnaît par exemple des chiens sur des nouvelles photos.

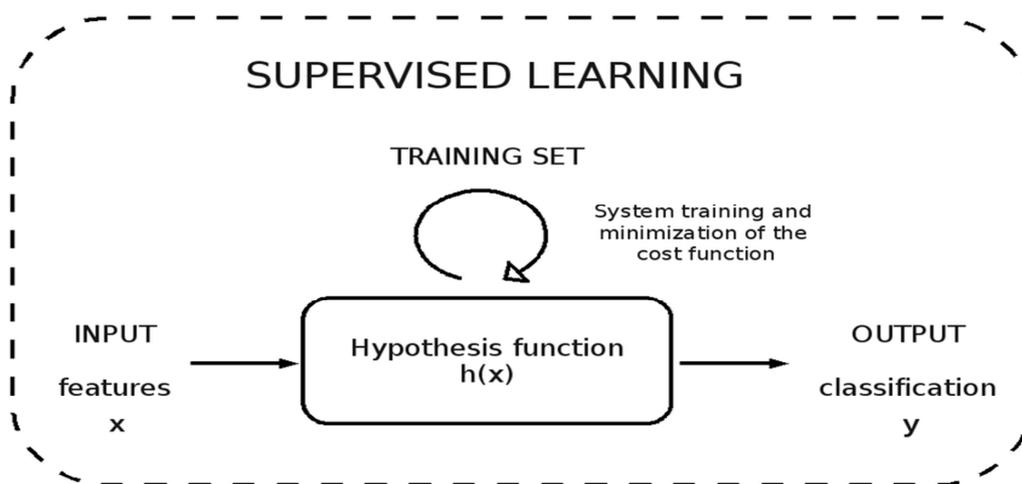


Figure 2.3 : Apprentissage supervisé : schéma d'une unité logistique

#### ➤ Apprentissage non supervisé:

Dans l'apprentissage non supervisé, au contraire, on dispose de données non étiquetées. Lors de la phase d'apprentissage, le but est d'établir des catégories. La phase d'inférence est identique à celle de l'apprentissage supervisé. Par exemple, cette technique est particulièrement utile pour déterminer des profils de comportement sur lesquels on n'a aucun a priori sur les catégories, à partir de multiples traces qu'on laisse quotidiennement sur Internet. Ces approches sont aujourd'hui au centre des travaux de recherche puisqu'elles permettraient de limiter la nécessité de jeux de données annotées. **[2.3]**

### ➤ Apprentissage par renforcement:

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

Dans un tel problème, on dit qu'un « agent » (l'algorithme, au sens du code et des variables qu'il utilise) interagit avec « l'environnement » pour trouver la solution optimale. L'apprentissage par renforcement diffère fondamentalement des problèmes supervisés et non supervisés par ce côté interactif et itératif : l'agent essaie plusieurs solutions (on parle « d'exploration »), observe la réaction de l'environnement et adapte son comportement (les variables) pour trouver la meilleure stratégie (il « exploite » le résultat de ses explorations). Un des concepts clés de ce type de problèmes est l'équilibre entre ces phases d'exploration et d'exploitation. Cette méthode est particulièrement adaptée aux problèmes nécessitant un compromis entre la quête de récompenses à court terme et celle de récompenses à long terme. Parmi les exemples de problèmes traités de cette façon, on peut évoquer : apprendre à un robot à marcher en terrain difficile, à conduire (cas de la voiture autonome) ou à accomplir une tâche spécifique (comme jouer au jeu de go), piloter un agent à travers un labyrinthe, etc. Les principales familles de problèmes d'apprentissage par renforcement sont les algorithmes de bandits, les problèmes de décisions (partiellement) markovien et les arbres de jeu.[2.4]

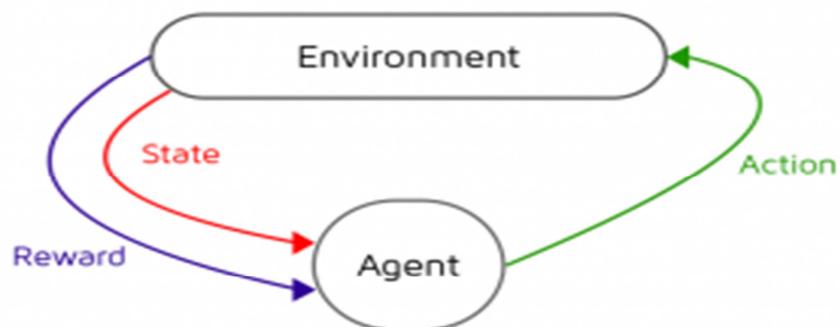


Figure 2.4 : Apprentissage par renforcement

### ➤ L'apprentissage profond:

Le *deep learning* ou apprentissage profond est un type d'intelligence artificielle dérivé de la *machine learning* (apprentissage automatique) où la machine est capable d'apprendre par elle-même, contrairement à la programmation où elle se contente d'exécuter à la lettre des règles prédéterminées.

Le *deep Learning* s'appuie sur un réseau de neurones artificiels s'inspirant du cerveau humain. Ce réseau est composé de dizaines voire de centaines de « couches » de neurones, chacune recevant et interprétant les informations de la couche précédente. Le système apprendra par exemple à reconnaître les lettres avant de s'attaquer aux mots dans un texte, ou détermine s'il y a un visage sur une photo avant de découvrir de quelle personne il s'agit.

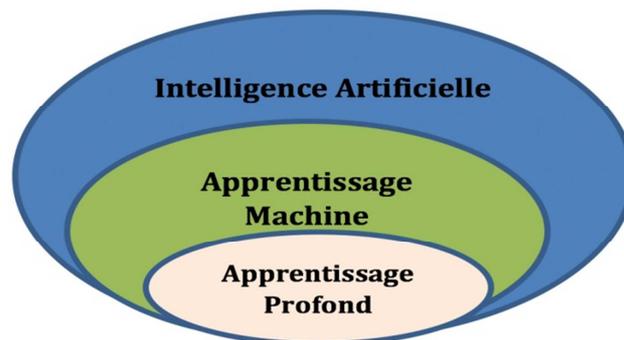


Figure 2.5 : Le deep Learning

### 2.5. Algorithme :

On peut dire simplement, qu'un algorithme est une procédure de résolution de problème:

#### ➤ Algorithme du perceptron:

Algorithme inventé en 1957 par Frank Rosenblatt, au sein du Cornell Aeronautical Laboratory. Études inspirées par les théories cognitives de Friedrich Hayek et Donald Hebb.

La première implémentation du perceptron fut effectuée sous la forme d'un logiciel pour l'IBM 704, mais il a ensuite été implémenté dans une machine créée spécialement pour l'occasion baptisée Mark 1.

Conçue pour la reconnaissance d'image, elle regroupait 400 cellules photoélectriques connectées à des neurones. Les poids synaptiques étaient encodés dans des potentiomètres, et les changements de poids pendant l'apprentissage étaient effectués par des moteurs électriques. Cette machine est l'un des tout premiers réseaux de neurones artificiels.

Le perceptron ne comportait qu'une seule couche. Avec les progrès de la technologie, les multicouches permirent de traiter les problèmes complexes **[2.5]**.

➤ **Algorithme du gradient:**

$$y = (1 \ x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n) \quad \Omega = f(x) = \begin{cases} +y & \text{si } y \in C_1 \\ -y & \text{si } y \in C_2 \end{cases}$$

La règle de classification est :

Si  $\omega^T \Omega > 0$  alors  $y \in C_1$  (correcte)

Si  $\omega^T \Omega < 0$  alors  $y \in C_2$  (incorrecte)

L'évolution de  $\omega$  devient alors :

$$\omega(k+1) = \begin{cases} \omega(k) + \rho \Omega(k) & \text{si } \omega^T \Omega < 0 \\ \omega(k) & \text{si non} \end{cases}$$

$\rho$ : est le coefficient de correction .

$$\rho \geq \frac{-\omega^T(k) \Omega(k)}{\|\Omega(k)\|^2}$$

L'algorithme du gradient est alors :

$$\omega(k+1) = \omega(k) - \lambda \frac{\omega^T(k) \Omega(k)}{\|\Omega(k)\|^2} \Omega(k) \quad 1 < \lambda < 2$$

Applicable pour les fonctions discriminantes non linéaires

### 2.6. Réseaux de neurones artificiels:

Un réseau neuronal artificiel est un groupe d'algorithmes et de méthodes mises en places pour tenter d'approcher le fonctionnement du cerveau humain par le biais d'unités de calculs (neurone) tentant de s'approcher le plus possible des neurones biologiques.

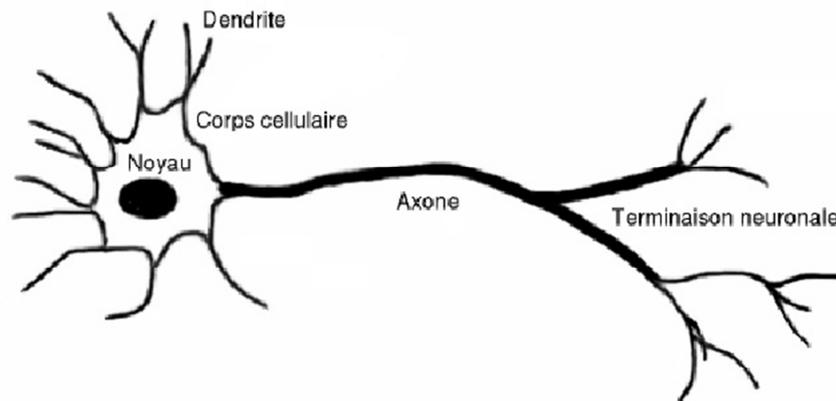


Figure 2.6 : Fonctionnement d'un neurone biologique

La plupart du temps, ces réseaux de neurones sont optimisés par des méthodes d'apprentissages tels que les algorithmes génétiques. Ils seront utilisés ensuite pour effectuer une simulation de réactions cognitives indépendantes des idées propres au développeur, ceci pouvant enchaîner sur du raisonnement logique formel (ou « Deep Learning »).

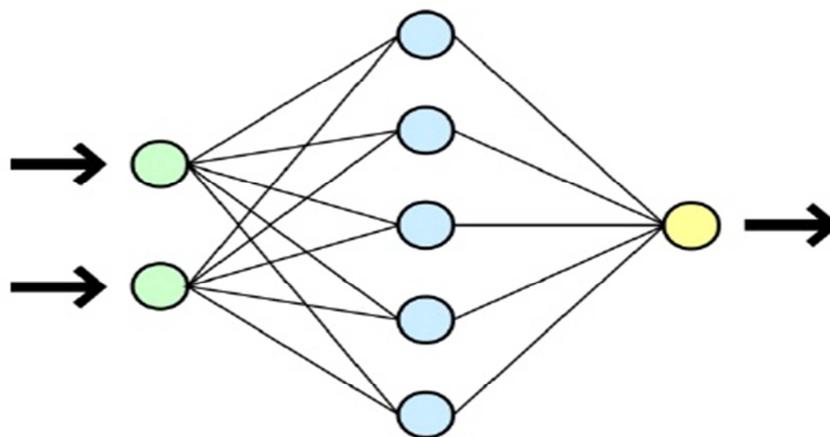


Figure 2.7 : Représentation classique d'un réseau neuronal

Le développement des réseaux de neurones et les avancées dans ce secteur sont fortement liés à nos connaissances actuelles en neurosciences, en biologie et en cybernétique.**[2.6]**

Nous avons donc eu une forte évolution de la représentation des neurones dans les réseaux neuronaux au fil du temps :

2.6.1. Le neurone formel :

➤ Modèle de Mc Culloch et Walter Pitts : (1949)

C'est en 1950, après la publication de l'article «What the frog's eye tells the frog's brain », que les neurologues Warren Mc Culloch et Walter Pitts constituèrent un modèle simple de neurone biologique appelé neurone formel. C'est un circuit électronique numérique (binaire)

Si la somme binaire dépasse un certain seuil le neurone est activé (transmission aux neurones suivant) Sinon il reste à l'état de repos.

-Pour l'activation il utilise la règle de Hebb.

➤ Modèle de John Hopfield : (1982)

-Neurone comme élément analogique en prend en considération.

-La règle de Hebb est utilisé par l'activation.

La loi de Hebb, numériquement, est la suivante :

$$\omega_{ij} = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p x_i^k x_j^k$$

Où  $\omega_{ij}$  est le poids de la connexion entre les neurones i et j, p le nombre de patterns appris, et le kième input pour le neurone i (de même pour le neurone j). Dans le modèle de Hopfield, si  $i = j$ , la connexion  $\omega_{ij}$  est égale à 0. La connexion  $W_{ij}$  est symétrique ( $\omega_{ij} = \omega_{ji}$ ).

2.6.2. Le neurone virtuel:

Un neurone en robotique est représenté sous cette forme :

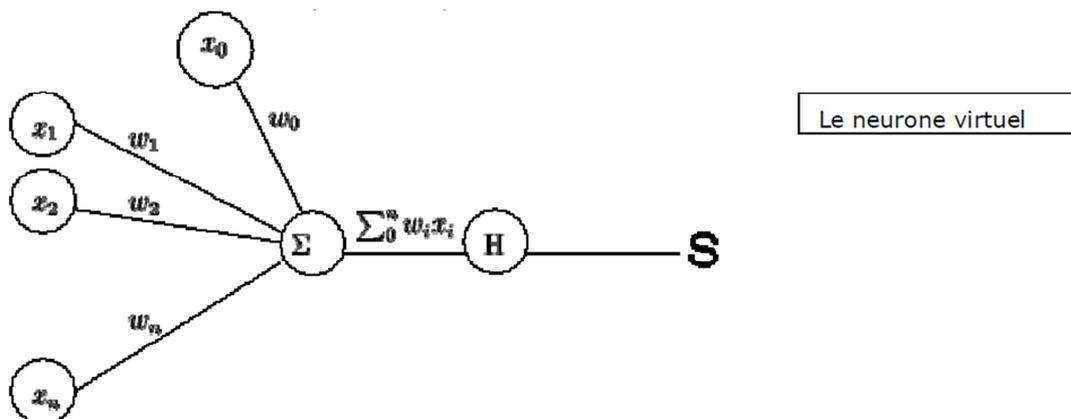


Figure 2.8 : Le neurone virtuel

On voit le neurone (le cercle central) qui réalise l'intégration des signaux, des entrées notées  $x_n$ . A chaque entrée correspond un poids. Ce poids est utilisé dans le traitement de l'information ; en effet, le neurone réalise la somme pondérée de toutes les entrées :  $N = x_1 * w_1 + x_2 * w_2 + \dots + x_n * w_n$ .

On fait ensuite passer la valeur  $N$  à travers une fonction  $H$ .  $H$  peut être une fonction de seuil, tel que  $H(N)$  peut prendre les valeurs 0 ou 1 par exemple, suivant les valeurs de  $N$ , ou peut encore être une fonction plus compliquée.

Le neurone est l'unité de base des réseaux neuronaux, c'est lui qui « réalise les calculs ». Mais seul, il est inutile. C'est pour cela qu'on associe plusieurs neurones dans des réseaux de neurones.

Un réseau de neurones est formé de la liaison de plusieurs neurones agencés en couches, comme présenté sur cette figure :

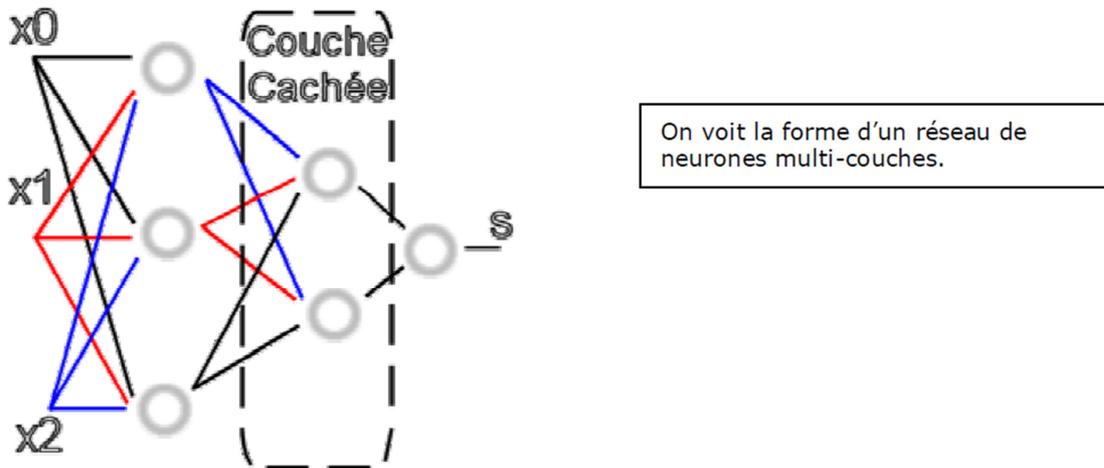


Figure 2.9 : Forme d'un réseau de neurones multi-couches

On voit donc un réseau formé de trois couches de neurones. La première couche est constituée de 3 neurones et s'appelle la couche d'entrée. Tous les neurones de cette couche prennent leurs entrées de trois variables  $x_0$ ,  $x_1$  et  $x_2$ . Leurs sorties sont reliées aux neurones de la couche secondaire, la couche cachée. Les

neurones de la couche cachée prennent leurs entrées des neurones de la couche d'entrée et leurs sorties sont combinées pour calculer la sortie finale du réseau S.

### 2.6.3. Résumé sur les réseaux neuronaux:

- Un « réseau neuronal » est constitué de plusieurs neurones (des unités de calculs simples) reliés entre eux. Ces neurones sont agencés en couches.
- L'association des neurones permet de simuler une fonction (en faire une approximation) à plusieurs paramètres, c'est-à-dire de calculer des valeurs de sortie voulues à partir de valeurs d'entrée.
- Plus il y a de neurones, plus le réseau peut mémoriser de paires {valeurs d'entrées / valeurs de sortie}.
- Un réseau peut apprendre cette fonction, si on lui présente des exemples.

Un exemple étant un échantillon de valeurs d'entrées et les valeurs de sorties que l'on veut faire calculer au réseau quand on lui présente ces entrées. Il peut apprendre en temps réel de nouveaux exemples si on lui présente les bons échantillons.

Il peut ainsi simuler une intelligence humaine (par le mécanisme d'actionréaction : à un état correspondent des actions appropriées).

## 2.7. Domaines d'applications

Maintenant que les concepts sont posés, nous allons pouvoir analyser la présence et l'impact de l'intelligence artificielle dans notre quotidien. Nous allons essayer d'exposer ici les plus grandes utilisations de l'IA dans des domaines radicalement différents. On appuiera ainsi le fait qu'elle est déjà omniprésente dans notre quotidien et qu'elle a déjà dépassé les performances humaines dans des secteurs bien précis. On verra également des applications moins axés sur la performance mais plus sur le côté pratique et le gain de temps. Cette partie tentera de susciter votre curiosité pour vous donner envie de vous renseigner sur les

applications de l'intelligence artificielle car évidemment, la liste suivante restera non-exhaustive et ne parlera que des plus gros sujets actuels.

➤ **Domaine industriel :** Cette discipline vise à réaliser des agents physiques qui peuvent agir dans le monde (robots humanoïdes). Ils sont utilisés en industrie dans les milieux hostiles, en médecine pour réaliser des opérations chirurgicales avec une grande précision ou dans le domaine domestiques (tâches ménagères).

➤ **Le militaire :** Dans le domaine militaire, de plus en plus de robots militaires possédant une intelligence artificielle font surface. En effet, utilisés dans les missions à risques importants afin d'éviter les pertes humaines, les robots de combats ont pour but de remplacer les soldats dans le but d'intervenir dans les endroits où les capacités physiques naturelles de l'Homme l'en empêchent, sans pour autant avoir une qualité d'exécution moins efficace, voir même au contraire, celle-ci sera de meilleure précision et éviterait les erreurs humaines. L'armée Américaine est d'ailleurs celle qui occupe la plus grande conception et production de robots militaires dans ce domaine.

On différencie trois types d'appareils intelligents dans ce secteur :

- Le premier permet, grâce à un programme intégré à l'avance, l'exécution d'une mission qui lui a été demandé d'effectuer (localisation d'un terrain, espionnage, filature, repérage,...). Il s'agit ici d'une simple application d'instructions (IA faible).
- Le second cas concerne le pilotage de drones à distance par des professionnels, c'est-à-dire qu'ils sont pilotés et commandés par un soldat via un centre de commande. Dans ce cas là, ce n'est pas le robot qui prend la décision, mais bien la personne contrôlant celui-ci.
- Le dernier type d'appareils intelligents s'applique aux robots militaires totalement autonomes. Ceux-ci s'adaptent et agissent en fonction de leur environnement, dont leur seul but est d'accomplir leur mission (IA forte).

De plus, le domaine militaire couvre les 3 secteurs suivants, qui sont la terre (armée de terre), l'eau (les marines) et l'air (armée de l'air), et où l'on retrouve des robots militaires.



Figure 2.10 :L'IA appliquée au monde de la défense et de la sécurité.

➤ Les moteurs de recherche : Tous les moteurs de recherche (y compris des agences de voyage) sont basés sur des systèmes intelligents d'extraction, d'analyse, et de classification de données pour produire le plus rapidement possible un résultat pertinent à la requête de l'utilisateur. C'est ainsi que Google a implémenté un système utilisant les techniques de machine learning pour son moteur de recherche en octobre 2015, intitulé RankBrain[2.7]. Ce système convertit de grandes quantités de texte en vecteurs mathématiques pour aider le système à deviner le sens des mots ou des phrases qu'il ne connaît pas et ainsi traiter les 15 % de requêtes jamais effectuées auparavant qu'il reçoit chaque jour.



Figure 2.11 : Les moteurs de recherche

- Les moteurs de recommandation : En s'appuyant sur les données issues de la navigation et des achats d'un utilisateur, des sites comme Amazon ou Netflix sont capables de lui proposer d'autres produits similaires qui pourraient l'intéresser. Ces technologies prédictives sont aussi utilisées pour les plateformes de publicité en ligne (Google, Criteo) pour proposer aux visiteurs des contenus d'annonceurs en rapport avec les pages qu'ils ont visité.
- La traduction automatique : Elle s'appuie sur des algorithmes de modélisation statistique du langage naturel. Ils intègrent les règles de construction de chaque langue.
- Les assistants personnels (Siri, Cortana, Google Now...) : Ils sont déployés sur les Smartphones qui s'appuient sur plusieurs briques technologiques: la reconnaissance vocale pour convertir le son en texte, le langage naturel pour comprendre le sens des mots, un moteur de recherche pour trouver réponse à la question et la synthèse vocale pour communiquer la réponse à l'utilisateur, la planification pour la gestion d'événements, etc.

- Les agents conversationnels : Ils sont utilisés dans les domaines du support client et du télémarketing et consistent en des fenêtres de chat qui s'ouvrent toutes seules sur un site web, ou de serveur vocal qui répond aux questions 24h sur 24. Ils utilisent le langage naturel et leur accès à de vastes bases de données leur permet de répondre aux questions les plus simples.
- Les véhicules autonomes : Si certains prototypes roulent déjà sur les routes au contact des autres véhicules, les voitures qui se garent toutes seules ou qui freinent par anticipation sont déjà une réalité. Le pilotage automatique des avions ou la gestion de trajectoire des véhicules spatiaux, ou encore les drones se basent aussi sur l'intelligence artificielle.
- Les systèmes de navigation GPS : Développé en 1968 par l'Institut de recherche de Stanford, cet algorithme permet d'optimiser le cheminement entre plusieurs points dans un réseau en se basant sur le coût du trajet ou la distance parcourue.
- Les finances : Elles sont gérées par des systèmes intelligents pour organiser leurs opérations, investir en bourse et gérer leurs biens, mais aussi pour repérer des transactions qui sortent de l'ordinaire. Les banques possèdent aussi des systèmes experts d'évaluation de risques liés à l'octroi de crédits (credit-scoring).
- Le cyber sécurité : Les acteurs du cyber sécurité ont adopté les techniques du machine learning afin de détecter des comportements anormaux dans les systèmes d'information, et de déceler les menaces persistantes pour éviter des opérations d'espionnage ou d'extraction de données[2.8]. Près de 300 paramètres (heures et IP des connexions et des machines, téléchargements, etc.) sont pris en compte pour établir le modèle d'analyse comportementale dont la première phase d'apprentissage dure environ une semaine. Citons la jeune pousse lyonnaise Sentryo qui intègre des algorithmes de machine learning pour sécuriser les sites industriels critiques.

➤ La médecine : Depuis longtemps, grâce à l'évolution majeure de la technologie et des savoirs scientifiques, la Santé se voit être un enjeu premier dans nos sociétés. Aujourd'hui, l'Homme s'aide de machines afin de pouvoir mieux diagnostiquer des maladies et prodiguer des soins. Mais ces machines ne sont pas simplement mécaniques. Possédant des Intelligences Artificielles, elles sont bénéfiques aux médecins et autres personnel médical, autant dans leur apprentissage, que dans l'exercice de leur fonctions. Tout en restant dans le domaine médical et de la Santé, l'IA se retrouve aussi dans des robots aidant au mouvement ou recréant des mouvements ne pouvant plus être accomplis de façon naturelle par les patients.

L'utilisation de ce genre d'IA permet alors indéniablement d'appliquer de meilleurs soins ainsi qu'un meilleur confort de vie aux patients.



Figure 2.12 : Robots-chirurgiens

➤ Les jeux vidéo : Ils emploient des techniques d'intelligence artificielle pour donner vie aux personnages non joueurs ou encore pour créer des univers entiers à partir d'algorithmes. En 1997, DeepBlue, le superordinateur d'IBM avait battu Garry Kasparov, champion du monde d'échecs en titre. En 2016, c'est DeepMind, le programme d'intelligence artificielle de Google qui a annoncé la victoire de son programme AlphaGo contre le champion d'Europe de go en titre, Fan Hui. Ce résultat prend appui sur la technologie des réseaux neuronaux, que nous décrivons précédemment. Deepmind avait déjà développé un système d'intelligence artificielle capable de déterminer l'action la plus judicieuse pour battre l'homme dans une vingtaine de jeux d'arcade[2.9].



Figure 2.13 : L'IA dans les jeux vidéo (Test du jeu God Of War)

### 2.8. Conclusion :

Ce chapitre est consacré pour présenter d'une façon générale les outils ou algorithmes indispensable à la conception d'un système intelligent (L'analyse de données, Algorithmes du gradient, perceptron... ), ainsi que les domaines d'applications (domaine militaire , les finances , la médecine....)

Dans le dernier chapitre nous résumons les perspectives de l'intelligence artificielle ainsi l'impact social et son avantage et ses inconvénients.

# **Chapitre 3 :**

Les perspectives de l'intelligence  
artificielle

### 3.1. Est-ce que ces machines intelligentes peuvent dépasser l'homme ?

#### 3.1.1. Performances : Homme / Machine

En termes de performances de calcul, de mémorisation et de classement, la machine a largement dépassé l'homme, encore plus significativement avec l'arrivée des nouveaux processeurs quantiques. Mais pour des opérations de réflexions, de raisonnement ou de communication, l'homme est toujours le plus performant. En effet, la machine est loin d'avoir nos capacités de pensées et la seule intelligence que l'on arrive à obtenir aujourd'hui reste une exécution de lignes de codes dont l'origine est un développeur humain. Pour être plus rigoureux, je comparerais les performances d'une machine avec celle du cerveau humain.

##### ➤ La réflexion:

Commençons par la réflexion, à la base d'une machine, les données sont actuellement traitées avec des bits faisant partie d'un système binaire (0 ou 1). Un humain travaille avec une infinité de réseaux de neurones et par conséquent capable d'appréhender une ambiguïté (si, mais...) alors que la machine restera bloquée sur un système binaire (oui ou non).

Les connexions d'un ordinateur sont figées, si l'on crée un robot ayant un capteur de son, d'image et de température, si l'un d'entre eux tombe en panne, le système ne fonctionne plus par inexistance de possibilités d'adaptation. Le cerveau humain, au contraire, possède des milliards de neurones constamment en train de se modifier, de créer de nouvelles connexions pour répondre à une problématique ou une modification environnementale, ce qui amène à un cerveau unique pour chaque être humain. Cela permet également au cerveau de se « reprogrammer », si jamais une fonction n'est plus assurée par une zone du cerveau, alors de nouvelles connexions se créeront pour palier à ce dysfonctionnement. Par exemple, une personne aveugle pourra réussir à se diriger grâce à l'ouïe et le touché alors qu'un robot avec une caméra endommagée, ne sera en aucun cas capable de traiter le moindre signal visuel.

Néanmoins, la machine dispose d'une vitesse de « réflexion » largement supérieure à celle du cerveau humain. La vitesse de transport de l'information pour un ordinateur est la

vitesse de la lumière (300 000 km/s) alors que dans le cerveau humain, les informations se déplacent à une vitesse approximative de 6 à 10 m/s. La différence est qu'un humain possède des milliards de neurones contrairement à un processeur possédant un nombre minime de transistors. C'est une des limitations actuelle de l'émergence d'une intelligence artificielle forte.

### ➤ La mémoire :

Au niveau de la mémoire, une machine est capable de manipuler une quantité quasi infinie d'informations. Le stockage de cette mémoire peut s'effectuer sur différents types de matériel, un disque dur classique ou SSD etc... Mais à la différence du cerveau humain, la machine grave ses informations en dur, une information écrite est infaillible chez l'ordinateur ce qui n'est pas le cas chez l'homme. La capacité à enregistrer de l'homme étant beaucoup plus faible, le cerveau enregistrera les informations par le biais d'associations de différentes choses entre elles. La mémoire s'effectue au niveau des synapses qui réévalueraient leur poids synaptique en fonction de l'accès à l'information. Ce procédé entraîne une perte des informations jamais consultée et une réécriture constante de la mémoire ce qui nous donne une mémoire peu fiable.

### ➤ Le traitement de l'information:

Au niveau du traitement de l'information, il y a les neurones pour le cerveau, et les transistors pour la machine. On peut les représenter par des interrupteurs laissant passer ou non un courant. L'ordinateur n'est donc qu'un agrégat de conditions entre le oui/non et les opérateurs logiques et/ou. Avec ceci on obtient la machine de calcul que sont les ordinateurs actuels. Les neurones eux, ont un fonctionnement plus complexe, se sont des entités reliées à de nombreuses autres en sortie et étant reliées elles-mêmes à de nombreux neurones en entrée. On peut avoir des messages en même temps ou encore une variation de la vitesse des messages et de leur intensité. Ce qui montre déjà une différence drastique entre le fonctionnement de l'homme et de la machine, ce qui ne simplifie pas les problématiques de comparaison des performances homme/machine. En effet, le cerveau est loin du fonctionnement binaire d'un processeur.[3.1]

Pour terminer, voici un tableau récapitulatif des performances entre le cerveau et un ordinateur :

Caractéristiques	Cerveau humain	Ordinateur
<b>Support des données</b>	<b>neurones</b>	circuits électroniques
Véhicule des données	neurotransmetteurs (substances chimiques)	impulsions électriques
Enregistrement des données	analogique (continu)	numérique (binaire)
Types de mémoires	à long terme à court terme registres sensoriels externes : bibliothèques	morte (ROM) vive (RAM) tampon ( <i>buffer</i> ) périphériques : disques, ...
Localisation, spécialisation des fonctions	aires cérébrales spécialisées (cortex visuel, ...)	circuits spécialisés (CPU, mémoires, contrôleurs, horloge, ...)
Nombre de cellules	≈ 30 000 000 000 (10 <sup>10</sup> )	4 000 000 000 (10 <sup>9</sup> )
Liaisons par cellule	≈ 10 000 (10 <sup>4</sup> )	2 (cellules voisines)
<b>Structure</b>	<b>réseau</b> (non linéaire)	<b>liste</b> (linéaire)
Durée des impulsions	0,001 sec (10 <sup>-3</sup> )	0,000 000 001 sec (10 <sup>-9</sup> )
Vitesse de propagation	130 m/sec (10 <sup>2</sup> )	300 000 000 m/sec (10 <sup>8</sup> )
Temps d'accès (sec.)	0,1 sec (10 <sup>-1</sup> )	0,000 000 1 sec (10 <sup>-7</sup> )
Débit (bits/sec.)	faible (10 <sup>2</sup> )	fort (10 <sup>8</sup> )

Figure 3.1 : comparaison entre cerveau et ordinateur

### 3.2. Le futur de l'intelligence artificielle :

Nous venons de voir que l'intelligence artificielle est déjà une réalité pour de multiples applications. Mais au vu des recherches qui sont menées dans le monde entier, elle a encore de beaux jours devant elle. Dans cette partie, nous énumérons les applications de l'intelligence artificielle pour le futur, ainsi que les technologies qui permettront d'aller encore plus loin.

#### 3.2.1. Les applications du futur :

➤ **Les voitures autonomes :** Les constructeurs et entreprises du numérique sont nombreux dans la course au véhicule autonome. A titre d'exemple, nous pouvons citer la Google car qui a fait circuler un prototype dans plusieurs Etats américains. Encore plus proche de nous, la navette Navya Arma[3.2] élaborée par une start-up française, a été testée sur des rues ouvertes à d'autres véhicules ainsi qu'à des piétons à Bordeaux, lors du Congrès

Mondial du Transport Intelligent en octobre 2015. L'assemblage de ces véhicules est réalisé à Villeurbanne.

Toyota, numéro 1 de l'automobile japonais, investit 1 milliard de dollars dans l'intelligence artificielle sur 5 ans avec la création d'une société de R&D spécialisée dans l'IA et la robotique : « Toyota Research Institute »**[3.3]** installé dans la Silicon Valley. Trois objectifs pour ce centre de recherche : l'amélioration de la sécurité en réduisant le risque d'accident, l'accessibilité de la conduite à tous indépendamment des capacités du conducteur, et la facilitation de la mobilité notamment des personnes âgées. Le souhait du PDG est que l'institut aille au-delà des voitures, faisant écho à l'histoire de la société qui a inventé le premier métier à tisser automatique avant de se tourner vers l'automobile.



Figure 3.2 : L'IA de la voiture autonome de Google reconnue comme un conducteur



Figure 3.3 : Voiture autonome "Toyota"

➤ **La robotique :** Antoine Cully a été identifié comme l'une des 50 personnalités qui font l'innovation**[3.4]** d'après Industrie et Technologies. Alors qu'il menait sa thèse à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique (Isir) de l'université Pierre et Marie Curie

(Paris), il a mis au point avec son équipe de chercheurs, un algorithme d'apprentissage évolutionniste qui permet aux robots de surmonter seuls et en quelques minutes leurs « traumatismes » pour poursuivre leurs tâches[3.5]. Cette fonctionnalité doit permettre aux robots de se mouvoir dans des milieux hostiles où les ingénieurs ne peuvent intervenir comme pour l'exploration spatiale et des fonds marins, après une catastrophe naturelle ou sur une zone de guerre.

Pendant deux semaines, le robot expérimente 40 millions de simulations pour trouver 13000 manières différentes de marcher. Cet algorithme donne la capacité au robot de se forger ses propres intuitions Dans un second temps, le robot lance son algorithme d'évolution lorsqu'il détecte une baisse de performance, produite par une détérioration mécanique du robot. Il puise alors dans son expérience pour déterminer, par une approche essais-erreurs, les alternatives les plus pertinentes pour poursuivre son activité. Le robot est ainsi capable de trouver une solution alternative de déplacement en moins de deux minutes.

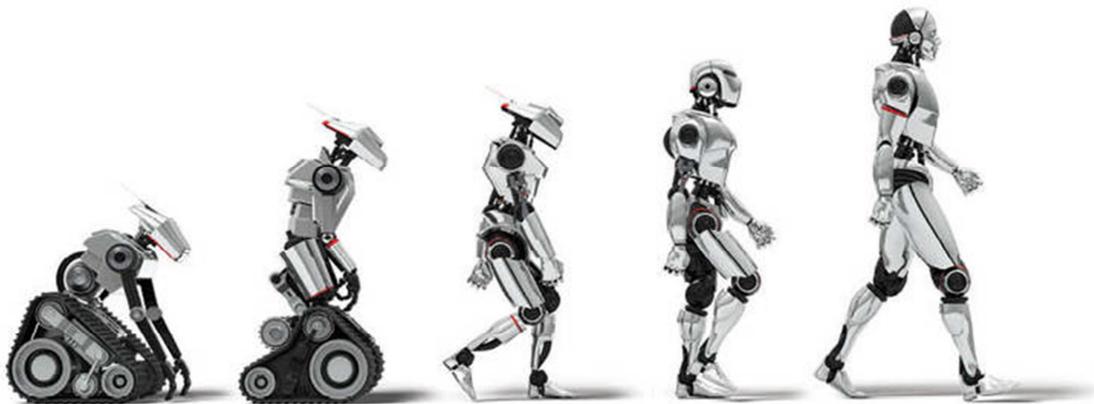


Figure 3.4 : Intelligence Artificielle, Robotique et Big Data

➤ **Les objets connectés** : Rand Hindi [3.6], cofondateur de la start-up Snips, distingué par la revue du MIT comme l'un des innovateurs les plus influents du monde, veut doter les objets connectés d'une intelligence artificielle pour qu'ils facilitent

réellement le quotidien. C'est ainsi qu'il a développé l'application mobile Tranquilien qui identifiait les trains d'Ile-de-France les moins bondés.

Autre signe qui démontre que l'intelligence artificielle est un enjeu de taille pour les objets connectés est l'ouverture d'un nouveau centre international de compétences IBM [3.7] au nord de Munich (Bavière). Le but de ce centre est de développer des produits intelligents en matière d'Internet des objets en essayant de créer une intelligence artificielle. Il s'agit donc de créer une réflexion autour des potentialités futures des ordinateurs et d'Internet.

➤ **Le bâtiment connecté** : La signature d'un partenariat entre IBM et Kone [3.8], géant finlandais spécialiste des ascenseurs et des escaliers mécaniques, doit permettre que ce dernier utilise la puissance de calcul du superordinateur Watson d'IBM. L'industriel finlandais s'est fixé un objectif de connecter au Cloud plus d'un million d'ascenseurs, d'escaliers mécaniques, de portes automatiques et de couloirs d'accès d'ici deux à trois ans. Kone pourra utiliser la puissance de calcul du superordinateur Watson pour collecter et traiter les données issues des équipements. Ce traitement de données croisé au système d'information de Kone doit permettre la maintenance prédictive de ses équipements, à savoir détecter les pannes en amont. En outre, ce partenariat doit mener au développement de nouveaux projets autour de la thématique du Smart Building : fluidité des déplacements dans un bâtiment et déploiement d'un portier virtuel dans un petit immeuble de bureaux prenant la place du réceptionniste sont des projets imaginés par la société finlandaise.

### 3.2.2. Les technologies en cours de développement :

Outre les technologies déjà citées qui vont se perfectionner (machine et deep learning, deep neural network, vision assistée par ordinateur, etc.), d'autres vont permettre à l'intelligence artificielle des développements plus poussés.

#### ➤ Des machines qui se souviennent :

Les techniciens ambitionnent désormais de construire un système d'intelligence artificielle « généralisé », qui tire de ses apprentissages établis dans des environnements préalables des moyens transmissibles à d'autres tâches. C'est aussi la capacité humaine à décomposer les problèmes en problèmes plus petits et à envisager les conséquences d'actions distantes. Les chercheurs s'intéressent au fonctionnement de l'hippocampe, siège

de la mémoire, pour reproduire les mécanismes de transfert d'expérience et ainsi créer des automates d'un nouveau genre. Leur couplage avec d'autres technologies informatiques, tel l'ordinateur quantique élaboré par la société D-Wave au Canada pour résoudre des problèmes mathématiques, elle aussi passée dans le giron de Google[3.9].

➤ La technologie de mémoire associative :

Au lieu de miser sur les algorithmes de Deep Learning, Saffron, racheté par Intel en octobre 2015, a concentré ses travaux sur sa propre technologie, baptisée mémoire associative. Dans un post de blog officiel, Intel explique que la technologie développée par Saffron permet d'absorber des données issues de différentes sources et de les connecter automatiquement afin d'aider les entreprises dans leurs prises de décision. Sur son site, Saffron présente sa technologie comme une plate-forme "d'intelligence naturelle", dont le fonctionnement s'inspire de la manière d'apprendre et de raisonner des humains[3.10].

➤ L'intelligence artificielle quantique :

Des chercheurs de l'Université de sciences et technologie de Chine ont entraîné un ordinateur quantique à reconnaître des caractères manuscrits, comme les humains peuvent le faire. Les scientifiques de l'USTC ont utilisé un algorithme quantique, dévoilé en 2013, qui privilégie le temps logarithmique plutôt que le temps polynomial pour reconnaître des chiffres manuscrits. Les machines équipées de processeurs quantiques peuvent théoriquement effectuer des calculs complexes en un temps record[3.11].

### 3.3. Avantages et inconvénients de l'intelligence artificielle :

#### 3.3.1. Les avantages:

L'utilisation de l'intelligence artificielle comporte des avantages sur lesquels la plupart s'accordent :

✓ L'intelligence artificielle limite le risque d'erreurs humaines, elle serait donc capable de corriger voir même de remplacer l'homme, Le remplacer dans des métiers à risques comme pompier ou militaires pourrait s'avérer bénéfiques, lui évité ainsi les travaux trop durs et pénibles.

✓ L'IA pourrait aussi être un gain de temps et d'argent dans les entreprises ou elle remplacerait les employés qui ont des travaux à répétition.

- ✓ Elle peut apporter une grande précision lors d'interventions médicales, par exemple ou lors de déminages.
- ✓ L'apprentissage pourrait aussi être bien plus rapide.
- ✓ L'intelligence artificielle permet aussi une analyse plus objective et critique des données. **[3.12]**

### 3.3.2. Les inconvénients:

L'intelligence artificielle comme elle a des avantages, elle a des inconvénients :

- ✓ L'inconvénient le plus envisageable est la présence d'une erreur dans la programmation d'un robot, ce qui pourrait être fatal au bon fonctionnement de celui-ci. Cet inconvénient est présent dans tous les domaines sans exceptions, les ordinateurs (ou autres robots, bras mécaniques, robots domestiques, véhicules intelligents...), ne savent pas déceler les erreurs de programmation. Les conséquences d'une telle erreur pourraient être catastrophiques à grande échelle, néanmoins le risque que cela se produise reste très faible.
- ✓ Dans les entreprises notamment, l'IA et les nouveaux robots mécanisés entraînent des suppressions de poste. En effet l'homme est de plus en plus remplacé par la machine, car celle-ci ne se fatigue pas et n'a pas de besoins essentiels si ce n'est qu'une maintenance de temps en temps, ainsi cela fait augmenter le taux de chômage déjà élevé. Les entreprises possédant ces nouveaux robots, en deviennent principalement dépendantes, elles font en sorte que les machines répondent aux besoins de l'entreprise et donc ils ne font plus rien par eux-mêmes.
- ✓ Le prix des recherches pour l'IA est très élevé, si l'on veut fabriquer des robots capables d'être autonomes dans la vie quotidienne, cela coûterait extrêmement cher, ce qui pour le moment limiterait les recherches.

En résumé, l'IA ne présente pas beaucoup d'inconvénients face aux nombreux avantages mais il faut savoir rester vigilant car aujourd'hui, les progrès militaires s'étendent dans de nombreux domaines, ce qui pourrait entraîner un scénario catastrophique où les robots pourraient prendre le contrôle du monde. **[3.13]**

### 3.4. Conclusion:

Dans ce dernier chapitre on a fait une comparaison entre l'Homme et la Machine (la réflexion, mémoire et le traitement de l'information). Ensuite, on a parlé un peu de l'IA du future et à la fin on a cité quelques avantages et inconvénients de l'**Intelligence artificielle**.

### Conclusion générale :

Ainsi, l'intelligence artificielle ne cesse de progresser depuis une cinquantaine d'années, mais c'est véritablement après les années 1990, grâce à plusieurs innovations majeures, que l'intelligence artificielle devient le phénomène du siècle dernier.

L'IA touche aujourd'hui presque tous les domaines, que ce soit dans le quotidien (comme dans notre électroménager, notre ordinateur ou même notre téléphone portable) ou dans des branches plus scientifiques (comme la robotique, l'aéronautique...).

Aujourd'hui, grâce à ses multiples utilisations, l'intelligence artificielle facilite notre quotidien en nous remplaçant dans des tâches pénibles, mais certains l'utilisent de manière détournée. Par exemple, les armées en font une arme de destruction alors que la principale visée de l'intelligence artificielle devrait être de favoriser l'humanité.

L'évolution rapide de l'informatique nous fait interroger sur le futur proche du principe de l'IA dans la société. Son importance est tellement grande qu'il en devient un enjeu majeur du 21<sup>ème</sup> siècle. Un bon nombre de personnes se demande si un jour l'intelligence artificielle dépassera la nôtre. Cependant, il est impossible d'imaginer actuellement que l'intelligence artificielle puisse dépasser l'intelligence humaine car celle-ci a été créée par les Hommes bien que nous pensons que si l'Homme continue de perfectionner le robot grâce aux nouvelles technologies l'intelligence artificielle pourrait bien nous dépasser un jour. On peut dire que l'intelligence artificielle a encore une longue vie devant elle et qu'elle nous réserve bien des surprises.

## Références Bibliographiques:

- **Chapitre 1 : Principes et concepts de base de l'intelligence artificielle**

[1.1]: <https://www.justaskgemalto.com/fr/quest-ce-que-lintelligence-artificielle-et-le-machine-learning/>

[1.2]: <https://fr.scribd.com/document/321480908/Memoire-Intelligence-Artificielle>

[1.3]: QU'EST-CE QUE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ? Livret de vulgarisation Mission Villani sur l'intelligence artificielle Mars 2018

[1.4]: QU'EST-CE QUE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ? Livret de vulgarisation Mission Villani sur l'intelligence artificielle Mars 2018

[1.5]: <http://villemin.gerard.free.fr/Wwwgvmm/Logique/IAintro.htm>

[1.6]: Artificial intelligence a modern approach.pdf / Gouvernance de l'intelligence artificielle dans les entreprises.pdf / Artificial intelligence a modern approach.pdf

[1.7]: « Machine d'Anticythère : Google célèbre l'ancêtre des calculateurs », lepoint.fr, 17 mai 2017, ([www.lepoint.fr/astonomie/machine-d-anticythere-google-celebre-l-ancetre-des-calculateurs-17-05-2017-2127940\\_1925.php](http://www.lepoint.fr/astonomie/machine-d-anticythere-google-celebre-l-ancetre-des-calculateurs-17-05-2017-2127940_1925.php)).

[1.8]: [http://www.fondapol.org/wp-content/uploads/2018/02/122-SOUODOPLATOF\\_2018-02-16\\_web.pdf](http://www.fondapol.org/wp-content/uploads/2018/02/122-SOUODOPLATOF_2018-02-16_web.pdf) (p14-p15) fév.2018

[1.9]:(en) Alan Turing, « Computing machinery and intelligence », *Mind* (en), Oxford University Press, vol. 59, n° 236, octobre 1950

- **Chapitre 2 : Outils et algorithmes mis en œuvre pour l'IA**

[2.1]: (fr) Benzécri J. -P. et al. (1976), L'Analyse des données, Paris, Dunod

[2.2]: Yann Le Cun sur l'apprentissage prédictif [archive], 2016.

[2.3]: [https://www.aiforhumanity.fr/pdfs/MissionVillani\\_Vulgarisation\\_FR-VF.pdf](https://www.aiforhumanity.fr/pdfs/MissionVillani_Vulgarisation_FR-VF.pdf)

[2.4]: <https://dataanalyticspost.com/Lexique/apprentissage-par-renforcement/>

[2.5]: <http://villemin.gerard.free.fr/Wwwgvmm/Logique/IAneuron.htm#percep>

[2.6]: TPE 2004 BLEIBEL François DORKEL Aymeric

[2.7]: Avec RankBrain, Google dope son moteur de recherche à l'intelligence artificielle, *L'Usine Digitale*, 27/10/2015

[2.8]: Assises de la sécurité 2015 : le Machine learning, nouvel acteur de la cybersécurité, *Industrie et Technologies*, 02/10/2015

[2.9]: L'intelligence artificielle joue aux jeux d'arcade, *Techniques de l'ingénieur*, 21/05/2015

- Chapitre 3 : Les perspectives de l'intelligence artificielle

[3.2] J'ai essayé à Lyon le véhicule électrique autonome Navya Arma, *znet*, 11/02/2016

[3.3] Toyota investit 1 milliard de dollars dans l'intelligence artificielle, *H+ Magazine*, 08/11/2015

[3.4] Antoine Cully créé des robots résilients, *Industrie et Technologies*, 22/02/2016

[3.5] Biomimétisme : des robots qui font preuve de résilience, *Industrie et Technologies*, 28/05/2015

[3.6] Portrait : Rand Hindi, « start-uper » de l'extrême, *Sciences et avenir*, 18/01/2016

[3.7]: Inauguration d'un nouveau centre IBM pour Watson IoT à Schwabing (Munich), *France Diplomatie*, 05/02/2016

[3.8]: Même les ascenseurs et les escalators deviennent intelligents avec Watson, *I & T*, 25/02/2016

[3.9]: Des machines qui se souviennent, le défi des IA à venir, *Techniques de l'ingénieur*, 03/02/2016

[3.10]: IA : Intel s'offre la techno de « mémoire associative » de Saffron, *I & T*, 28/10/2015

[3.11]: <http://www.silicon.fr/experimentation-intelligence-artificielle-quantique-99464.html>

## BIBLIOGRAPHIE

---

[3.11]: L'intelligence artificielle en plein boum.pdf

[3.12]: <https://tpe-artificial-intelligence.jimdo.com/iv-l-influence-de-l-ia-dans-la-soci%C3%A9t%C3%A9/pour-ou-contre/avantages/>

[3.13]:

[http://www.tpeia.sitew.fr/Avantages\\_Inconvenients.B.htm#Avantages\\_Inconvenients.B](http://www.tpeia.sitew.fr/Avantages_Inconvenients.B.htm#Avantages_Inconvenients.B)