



Année 2018-2019

---

## Mémoire de fin d'études

---

Alexandre Felix - Architecture des Logiciels

Pierre-Henry Langlois - Architecture des Logiciels

Maître de Mémoire : Furkan Kilic

Date de soutenance :

# Table des matières

<b>Table des matières</b>	<b>1</b>
<b>I L'Intelligence Artificielle remplace l'humain pour les tâches répétitives</b>	<b>4</b>
<b>1 L'Intelligence Artificielle aujourd'hui</b>	<b>5</b>
1.1 Intelligence Artificielle Faible . . . . .	5
1.1.1 Shallow Learning . . . . .	6
1.1.2 Deep Learning . . . . .	7
<b>2 Applications de l'Intelligence Artificielle</b>	<b>9</b>
2.1 Le secteur de la Finance . . . . .	9
2.2 Le secteur de la médecine . . . . .	11
2.3 Le secteur industriel . . . . .	13
<b>II L'humain se concentre sur les tâches qui nécessite d'avoir des traits humains</b>	<b>17</b>
<b>3 l'Intelligence Artificielle ne peut pas remplacer l'humain pour toutes les tâches</b>	<b>18</b>
3.1 Intelligence Artificielle Forte . . . . .	18
3.2 L'expérience de pensée "Chinese Room" . . . . .	20
3.3 simuler l'intelligence n'est pas encore à la portée de l'IA . . . . .	22
3.4 La problématique de l'automatisation des métiers . . . . .	31
<b>III Vers une synergie homme-machine</b>	<b>38</b>
<b>4 Surmonter les problèmes inhérent au machine learning</b>	<b>40</b>
4.1 Explicabilité et interprétabilité . . . . .	40
4.2 Reproductibilité . . . . .	42
4.3 Applicabilité Métier . . . . .	42
<b>5 Automatiser les tâches sans grande valeur ajoutée</b>	<b>43</b>
5.1 La valeur intrinsèque de métiers qui ne semblent pas en avoir . . . . .	43
5.2 Re-spécialisation au sein des métiers automatisés . . . . .	43

<b>6 Utiliser l'IA comme un assistant de productivité</b>	<b>44</b>
<b>Table des figures</b>	<b>45</b>

# Introduction

En ce début de XXIème siècle, dans un monde où les Technologies de l'Information sont en constante évolution, et où les entreprises cherchent en permanence de nouveaux moyens pour créer de la valeur et optimiser le fonctionnement de leurs productions et de leurs services, l'attention se porte sur le rôle et la place de l'ordinateur au sein du fonctionnement de notre Société.

Ayant repéré et analysé la plupart des problèmes qui peuvent être rencontrés lors de la réalisation de tâches concrètes, l'Humain d'aujourd'hui porte son attention en particulier sur la quantité significative d'erreurs dont il peut faire preuve. L'Erreur étant une notion inhérente à l'Humain, ce dernier cherche en priorité à l'éliminer le plus possible de ses réalisations.

Additionnellement, chaque individu se soucie en parallèle de sa santé, que ce soit concernant son propre corps ou de son esprit, et actuellement certaines carrières posent des contraintes vis à vis de cet aspect. Ainsi, nous, individus, nous nous rendons compte au fur et à mesure du temps des contraintes physiques de notre corps, ce qui nous incite à trouver des idées afin de repousser encore et encore ces limites.

C'est ainsi pour ces différentes raisons que les regards se portent désormais sur les progrès de la Science, notamment dans le domaines des technologies de l'Information, et plus particulièrement dans le domaine de l'"Intelligence Artificielle".

Déjà présentes au jour d'aujourd'hui dans de nombreux foyers, et cela sous de diverses formes allant de nos smartphones à nos haut-parleurs intelligents, en passant par les services en ligne de communication par chat ou de service après-vente, l'IA est en passe de s'ancrer encore plus profondément dans nos vies avec l'implémentation des différents outils qu'elle propose de nos jours. L'étendue des possibilités d'utilisations de cette dernière est vaste.

Mais l'utilisation plus poussée de l'IA, d'un tel changement dans nos vies, n'est pas sans conséquences. En effet, si l'IA est devenue plus efficace que l'humain sur certaines tâches, alors pourquoi les entreprises ne poseraient-elles pas la question suivante : Est-ce que je peux remplacer totalement un employé spécialisé, voire une partie de mon effectif de spécialistes par une IA ? À l'aube des prochaines innovations informatiques allant dans le sens de ces innovations, de ces évolutions du quotidien des travailleurs à prévoir, il paraît naturel de se poser la question suivante :

Comment l'IA aura-t-elle un réel impact sur le marché du travail dans les années à venir ?

Afin d'apporter des éléments de réponse à cette question, nous nous intéresserons d'abord à la façon dont l'IA remplace l'Humain dans des tâches précises et répétitives. Par la suite, nous verrons pourquoi l'intelligence ne peut pas remplacer l'homme pour toutes les tâches. Puis nous concluerons par l'explication des scénarios que nous considérons les plus probables dans un avenir proche.

## Première partie

L'Intelligence Artificielle remplace l'humain  
pour les tâches répétitives

# 1 L'Intelligence Artificielle aujourd'hui

L'intelligence Artificielle est un domaine faisant partie des sciences cognitives dont l'objectif est de mettre au point des techniques et des technologies permettant aux machines de simuler l'intelligence humaine ou animale. Nous pouvons répartition les Intelligences Artificielles selon deux catégories distinctes.

## 1.1 Intelligence Artificielle Faible

Les IAs de cette catégorie cherchent à reproduire un comportement répondant spécifiquement à un problème donné (ou une situation donnée) le plus fidèlement possible.

Pour s'approcher de ce comportement, l'IA de cette catégorie va se baser sur l'apprentissage du comportement cible mais n'en n'imité pas le fonctionnement ce qui fait que ce type d'IA ne fait que simuler de l'intelligence. Ce type d'IA ne prends pas en compte les problématiques et facteurs externes qui influencent la décision de l'action à prendre.

Aujourd'hui il n'existe que des intelligences artificielles faibles qui peuvent être séparées en plusieurs technique et sous-domaines :

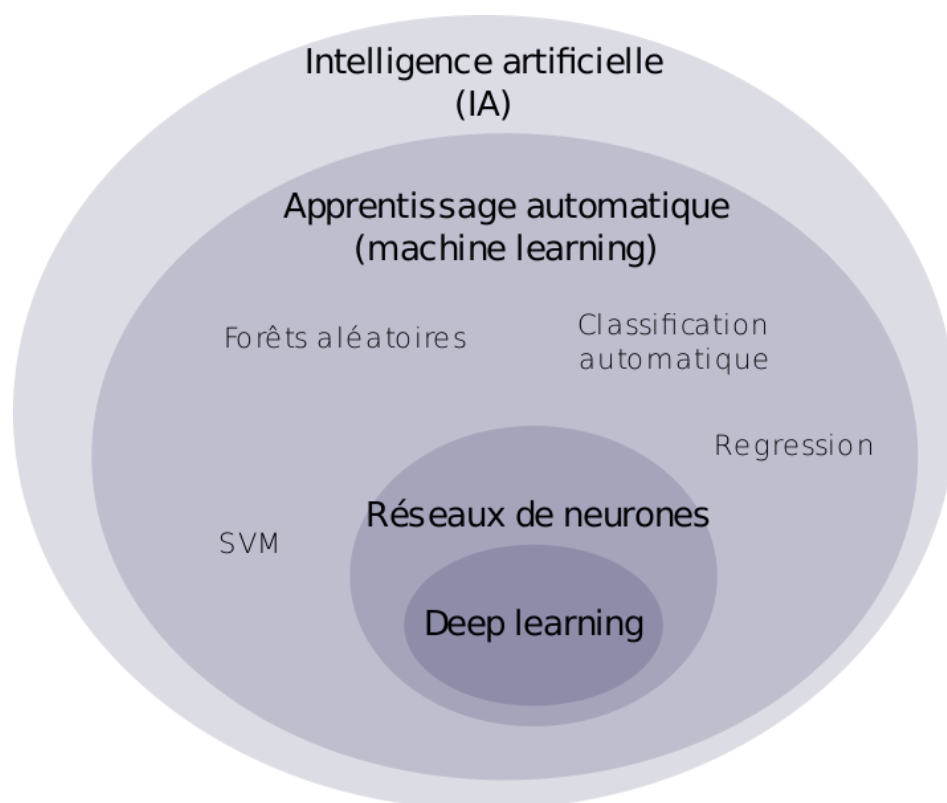


FIGURE 1.1 – Les différents domaines de l'Intelligence Artificielle

### 1.1.1 Shallow Learning

Le Machine Learning est un ensemble de techniques qui permettent à un ordinateur d'agir et d'apprendre comme un humain tout en s'améliorant au fur et à mesure et ce de manière autonome.

Le fonctionnement du machine learning se découpe en plusieurs parties, tout d'abord il faut définir des features, c'est-à-dire des propriétés mesurables individuellement, cette partie est difficile et cruciale car elle va déterminer l'efficacité de l'algorithme de machine learning.

Différents algorithmes vont ensuite servir à extraire les features de données brut en entrée avant de les envoyer à l'algorithme de machine learning, par exemple la reconnaissance de bords ou de forme géométriques extrait les features d'une image dans une IA de reconnaissance d'image.

Enfin l'algorithme de machine learning va passer au travers de 3 ensembles de données :

- un ensemble d'entraînement va permettre d'entraîner l'algorithme de manière supervisée, ce ensemble utilise des vecteurs d'entrée et leur sortie attendue.
- un ensemble de validation qui va vérifier le modèle créé à partir de l'ensemble d'entraînement.
- un ensemble de test qui permet de tester la version finale de l'algorithme.

Le machine learning utilise les "réseaux de neurones", qui ont fait leurs premières apparitions à partir de 1980, il s'agit de structures algorithmiques imitant le comportement des neurones dans le cerveau humain :

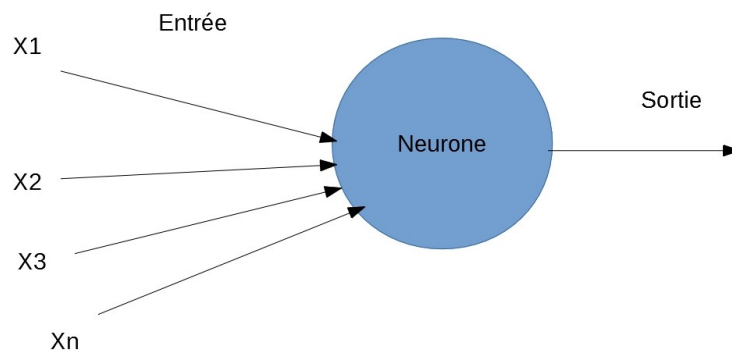


FIGURE 1.2 – Neurone Biologique et Neurone Artificiel

Un neurone artificiel comme son nom l'indique imite la topologie d'un neurone biologique, ses entrées sont comparables aux dendrites d'un neurone tandis que sa sortie est l'équivalent de l'axone.

Les neurones sont répartis sur différentes couches : couche d'entrée, couche(s) cachée(s) et couche de sortie. Dans le cas du "shallow learning" (apprentissage superficiel, en opposition à l'apprentissage profond : "Deep Learning"), le réseau de neurones n'est composé que d'une seule couche cachée, c'est-à-dire une seule couche entre la couche d'entrée et la couche de sortie :

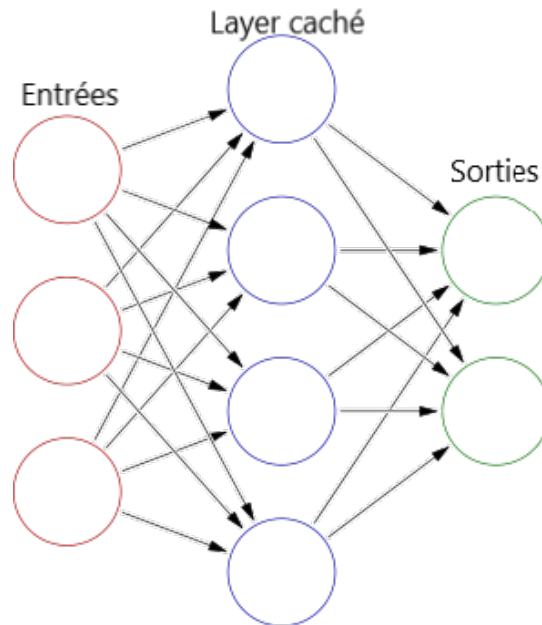


FIGURE 1.3 – Réseau de neurones avec 2 couches cachées

Ce type de réseaux de neurones est entraîné de manière supervisée. L'IA va apprendre en utilisant des exemples qui auront été décrits et expliqués (précision sur le degré de validité) au préalable.

Mais dès lors qu'il y a plus d'une couche cachée, il n'est plus possible de l'entraîner ainsi. L'alternative qui répond à ce problème est l'apprentissage profond ou Deep Learning qui utilise des réseaux de neurones avec de multiples couches cachées.

### 1.1.2 Deep Learning

Le Deep Learning est une sous-catégorie du machine learning qui s'est démocratisé qu'à partir de 2010 et est une évolution des anciennes techniques de Machine Learning. La différence majeure entre ces techniques réside dans le fonctionnement du traitement des informations, le Shallow Learning, en contraste avec le Deep Learning, réside dans la nécessité de sélectionner manuellement les features qui doivent être identifiées par l'algorithme de machine learning :

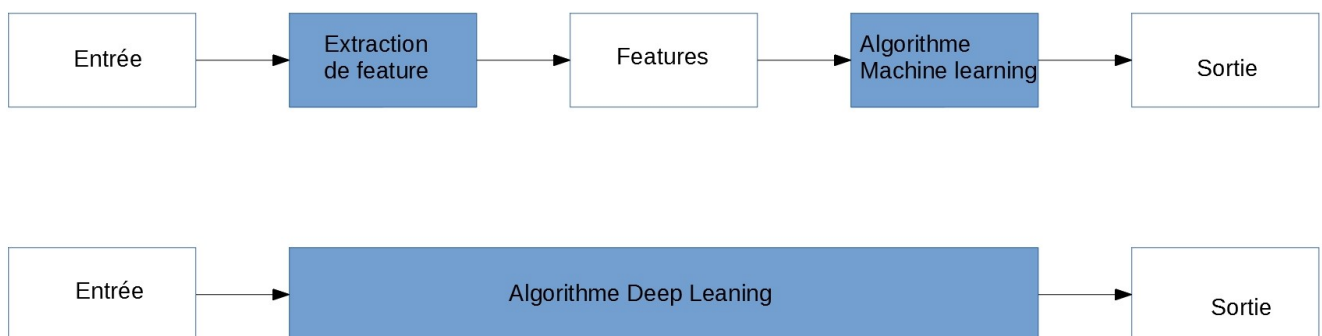


FIGURE 1.4 – Différences entre Shallow Learning et Deep Learning



Le Deep Learning contrairement au Machine Learning n'a pas besoin de sélectionner ou extraire manuellement les features, le modèle apprend par lui-même à reconnaître des features, les réseaux de neurones utilisés pour le Deep Learning ont plus d'une couche cachée de neurones d'où le nom "deep" :

## Deep neural network

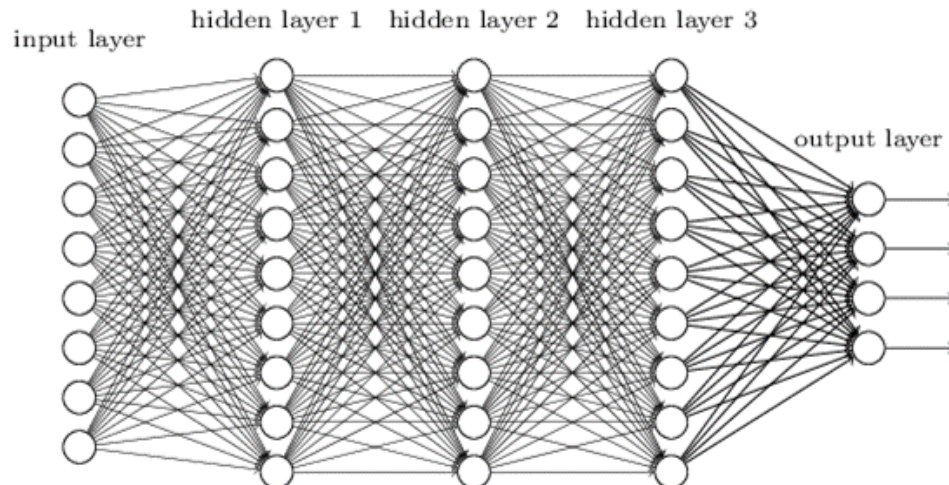


FIGURE 1.5 – Réseaux de neurones à 3 couches cachées

Ce qui fait la puissance du Deep Learning est sa capacité à avoir des représentations intermédiaires d'un niveau d'abstraction faible à un niveau d'abstraction élevé :

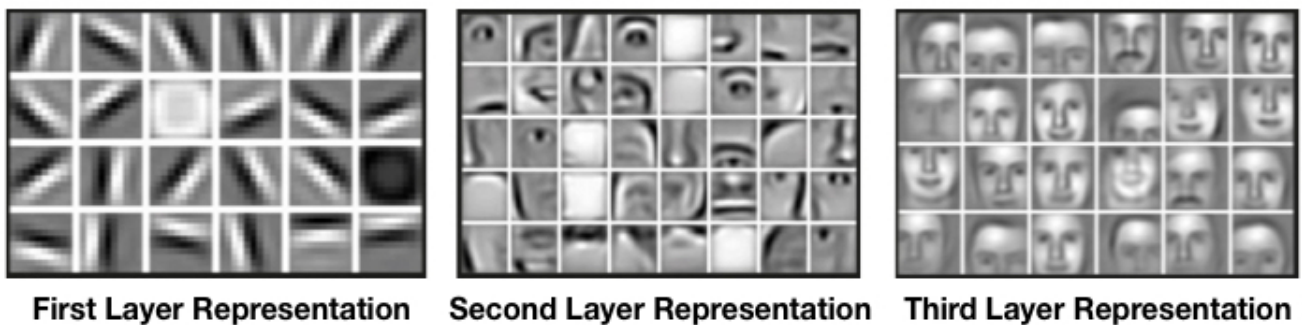


FIGURE 1.6 – Représentations intermédiaires - Andrew Ng

Ces représentations permettent de ne pas avoir à définir manuellement les features. Dans l'exemple ci-dessus, l'algorithme extrait des features bas niveau dans la première représentation, puis les assemble pour former des parties des visages. Progressivement, l'IA obtient des représentations de features de plus en plus haut niveau qui finissent par former des visages entiers.

## 2 Applications de l'Intelligence Artificielle

Depuis ces dernières années, le Machine Learning est en essor à l'échelle mondiale. Une grande majorité des entreprises de nos jours cherchent à implémenter l'utilisation de l'IA afin de rester compétitifs sur le marché.

En effet le Machine Learning, est un concept prometteur et polyvalent sur la façon dont il peut se mettre en application. Nous nous intéresserons ici à deux domaines proposant deux perspectives différentes sur les apports ainsi que l'implémentation fonctionnelle de cette technologie.

### 2.1 Le secteur de la Finance

Jusqu'à il y a quelques années, la finance recrutait un nombre important de personnes afin de répondre aux objectifs quotidien que s'imposent les entreprises et institutions :

- Une sécurisation forte et maintenue dans le temps :  
Le milieu bancaire est certainement là où ce besoin se fait le plus ressentir. Des équipes entières d'inspecteurs sont formées afin d'analyser l'activité des comptes de chaque client afin de détecter des activités frauduleuses ou au moins suspectes.  
Les données qui transitent entre ces établissements sont également enviées par bon nombre de personnes mal intentionnées, elles vont chercher tous les moyens possibles d'accéder à ces données. Ainsi, des moyens conséquents sont mis sur la maintenance, la recherche et l'évolution des techniques de sécurisation des données et des réseaux informatiques.
- Une création de valeur stable et croissant :  
Toute organisation dépendant de la valeur générée cherche cela.
- Une optimisation des coûts opérationnels :  
Les processus mis en place doivent avoir parmi leurs objectifs de rester simple et optimisés, que ce soit au niveau des coûts ou au niveau du temps passé.
- Une capacité de conseil pour les clients investisseurs leur permettant d'atteindre leur objectifs financier recherchés.

Aujourd'hui l'application de l'intelligence artificielle dans le domaine de la finance se situe de le conseil d'investissement, comment aider des particuliers et professionnels à prendre des décisions d'investissements ? l'IA permet d'analyser une quantité de données financière très importante pour voir où l'investissement semble le plus prometteur ainsi que toute optimisation fiscale possible.

## Wealthfront

Wealthfront<sup>1</sup> a basé ses offres sur des algorithmes complexes financiers pour créer des services, et à partir de 2016, la troisième génération de ses services utilise la puissance de l'intelligence artificielle, il s'agit d'une "augmentation" de ses services : l'IA vient améliorer de manière importante des services déjà présents, de plus la société Wealthfront garde des conseillers d'investissement humain pour les investisseurs plus âgés qui souhaitent garder un contact humain pour la gestion de leurs finances tandis que les conseillers automatisés par IA ciblent une clientèle plus jeune attirée par le fait même d'utiliser la technologie pour la gestion de leur finance, le côté un peu technophile de la génération des "millennials".

Un des autres champs d'application qui a vu florir l'utilisation du machine learning : la détection de fraude bancaire. En effet avant l'utilisation du machine learning certaines transactions pouvaient être signalées comme frauduleuses sans l'être réellement ce qui occasionne d'une part une gêne pour le client et, par exemple, un manque à gagner pour un site de vente puisque le client risque d'abandonner son achat.

L'objectif était donc de réduire au maximum le nombre de faux-positifs dans la détection de fraude, Mastercard est un exemple d'entreprise ayant mis à son service la puissance de l'intelligence artificielle, Mastercard a acquis Brighterion en Juillet 2017, il s'agit d'une entreprise spécialisée dans la création d'intelligence artificielle ce qui a permis à Mastercard de mettre à profit leur expertise pour ajouter de nouveaux services notamment un système de détection de fraude bien plus performant.

Le nouveau système antifraude est bien plus performant avec une réduction de 50% des faux-positifs, l'intelligence artificielle analyse en temps réel les transactions financières et autres informations anonymisées pour trouver un pattern sortant du lot et pouvant être une fraude. Une autre information importante est aussi utilisée : la géolocalisation de la transaction, selon les propres mots d'Ajay Bhalla le président global entreprise, risk and security :

« Geographical information is highly useful because not only does it give an overview of the types of transactions which are “normal” for a particular area, it also reveals what patterns of fraudulent activity are associated with it. Again, all of this information is aggregated in real time as it happens. ».

<sup>2</sup> En effet ce type d'information permet d'identifier des zones d'opérations de gangs réalisant du blanchissement d'argent et d'agir en conséquence comme par exemple augmenter les vérifications des transactions en fonction de la sensibilité du lieu géographique de celles-ci.

---

1. «Wealthfront est une société d'investissement automatique et de gestion de patrimoine»  
Source : <https://en.wikipedia.org/wiki/Wealthfront>

2. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/11/30/the-amazing-ways-how-mastercard-uses-artificial-intelligence-to-fight-fraud/#137e8f882165>

## 2.2 Le secteur de la médecine

l'intelligence artificielle comme dans la majorité des domaines où elle est applicable est utilisée pour répondre à plusieurs besoin :

- Gestion de la médication : une intelligence artificielle mêlant capacité conversationnelle, reconnaissance faciale (pour analyser l'état du patient) et analyse de donnée de santé.
- Rechercher assistée par Intelligence Artificielle : les algorithmes de machine learning peuvent être beaucoup plus performant que des algorithmes standard et plus flexible ce qui permet de faire avancer la recherche plus rapidement.
- Analyse de systèmes de santé : une IA permet d'analyser une quantité conséquente de données pour trouver d'éventuelles erreurs notamment de la mise en place de traitement par exemple.

### AtomNet

AtomNet est une technologie développée par la société AtomWise, il s'agit d'une intelligence artificielle utilisant un réseau de neurone convolutif<sup>3</sup> utilisé pour la recherche de nouveaux traitements.

« la plus grosse difficulté aujourd'hui dans la recherche de traitement médicaux est d'identifier un traitement candidat qui est à la fois efficace et sûr, un problème que rencontre les chercheurs dans des milliers d'institution. »<sup>4</sup>

La solution que propose AtomWise avec son produit AtomNet est d'utiliser la puissance des réseaux de neurones convolutif pour accélérer la recherche, un de point de congestion très un important dans celle-ci est le repliement de protéine ou comment une protéine prend sa forme en trois dimension qui lui permet de devenir fonctionnel, ce type de connaissance est essentiel pour permettre le développement de nouveaux médicaments or les algorithmes traditionnels sont beaucoup moins performant pour identifier des patterns de repliement comparé à des réseaux de neurones qui eux peuvent analyser les repliement de protéines et tester des composés chimiques beaucoup plus rapidement que ce dont l'humain est capable.

l'intelligence artificielle fonctionne avec des entrées visuelles en utilisant en lieu et place des couleurs des type d'atome, cela permet de faire un assemblage créant des molécules et protéines, AtomNet apprend ainsi comment se font les liaisons entre molécules à partir de données d'entraînement.

---

3. Un réseau de neurone convolutif est un réseau où les neurones sont en plusieurs couches, chaque couche ne communique qu'avec la suivante, très couramment utilisé dans le traitement d'image et le traitement du langage naturel. Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau\\_neuronal\\_convolutif](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_neuronal_convolutif)

4. Source : <https://www.atomwise.com/our-technology/>

## Babylon

Babylon est un service en ligne de consultation basé sur l'intelligence artificielle, avec un système de conversation "chat" :

« elle peut comprendre et reconnaître la manière unique que les humains utilisent pour exprimer leurs symptômes. en utilisant ces connaissances en combinaison avec l'historique médical du patient et les symptômes actuels, elle peut donner des informations sur les possible conditions médical que subis l'utilisateur et les traitements commun. »

les techniques utilisées pour le fonctionnement de Babylon sont toutes augmentées avec l'utilisation du machine learning :

- Graphe de connaissance : un type de base de connaissance<sup>5</sup> qui liste une grande quantité d'informations médicales transformées pour pouvoir être utilisées par une intelligence artificielle, ce graphe est utilisé par tout les autres systèmes intelligent de Babylon, il est aussi en connexion avec le graphe utilisateur qui lui stocke des données de cas particuliers, l'objectif est d'avoir le plus d'information concises pour assister le moteur d'inférence. Le machine learning est utilisé pour transformer et ajouter de nouveaux articles de médecine et autres connaissances dans le graphe.
- Traitement automatique du langage naturel : Les autres système de Babylon reçoivent en entrée des données qui ont déjà été prétraité c'est le rôle de cette partie de comprendre l'utilisateur de manière conversationnelle et le plus naturellement possible car beaucoup de personnes sont toujours plus à l'aise en face à face avec un humain qu'avec une machine. Cette partie décompose le langage humain parlé et écrit pour y trouver un sens notamment avec l'aide du graphe de connaissances. Le machine learning est utilisé pour accélérer exponentiellement la vitesse de recherche et établir des liens entre des symptômes et conditions qui n'existaient pas avant.
- Moteur d'inférence : « un logiciel correspondant à un algorithme de simulation des raisonnements déductifs »<sup>6</sup> C'est la partie centrale à l'intelligence artificielle de babylon, ce moteur prend un ensemble de raisonnement simple pour établir diagnostique médical.

---

5. « Une base de connaissance regroupe des connaissances spécifiques à un domaine spécialisé donné, sous une forme exploitable par un ordinateur. Elle peut contenir des règles (dans ce cas, on parle de base de règles), des faits ou d'autres représentations »

source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Base\\_de\\_connaissance](https://fr.wikipedia.org/wiki/Base_de_connaissance)

6. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Moteur\\_d%27inf%C3%A9rence](https://fr.wikipedia.org/wiki/Moteur_d%27inf%C3%A9rence)

## 2.3 Le secteur industriel

Le secteur industriel a un rapport différent avec l'intelligence artificielle car elle est arrivée bien plus tard que pour les autres secteurs comme le marketing, la finance et la médecine. Une des spécificités de l'industrie manufacturière est la variété de ses composantes : aucune chaîne de montage n'est pareil entre deux industriels qu'il produisent des bien dans le même domaine ou pas mais un des autres avantages est la présence d'une forte quantité d'informations avec les sondes et capteurs présents sur les chaînes de montage automatisées (qui sont omniprésente surtout dans le domaine automobile et les produit de consommation électroniques), mais ces informations ne sont pas forcément traitable en tant que tel et doivent être, pre-traitées avant d'être utilisée par une intelligence artificielle qu'elle utilise l'entraînement supervisé ou l'entraînement non-supervisé.

l'utilisation de l'intelligence artificielle dans l'industrie a vu apparaître l'industrie "4.0" :

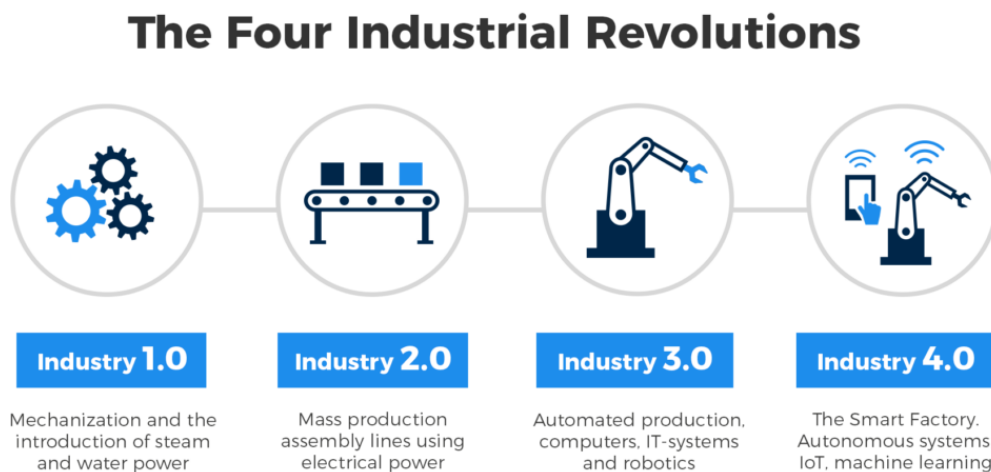


FIGURE 2.1 – Les quatres révolutions de l'industrie - spectralengines.com

Aujourd'hui l'intelligence artificielle dans l'industrie est principalement utilisée pour :

- Réduire les coûts de la main d'oeuvre grâce à la majorité des points suivants.
- Réduire les produits défectueux ce qui est rendu possible en analysant les données en temps réel de la chaîne de fabrication pour toute information qui sortirait de l'ordinaire telle que la différence de poids entre les pieces qui serait en dehors de la précision déterminé lors de design de celles-ci, ou même les dimensions avec des outils d'analyse optiques qui sont capable de déterminer des erreurs de précision des machines-outils.
- Raccourcir la durée des maintenance non-planifiées : une des grandes sources de coût sont les maintenances non prévues de machine outils ou d'autres équipement sur la chaîne de production, ces maintenances entrainement un arrêt de la ligne concernée jusqu'a rétablissement

à un état opérationnel de l'équipement, une des applications de l'intelligence artificielle est la prévision des pannes et des équipement qui doivent passer en maintenance en utilisant les données des machines pour voir une évolution dans les performances et/ou la précision. Un algorithme de machine learning correctement entraîné sera capable de détecter les signes d'un équipement qui fatigue ou un problème de fonctionnement et ainsi manager le reste de la ligne de production pour permettre la mise en maintenance de l'équipement en ayant l'impact le plus minime possible sur le reste de la production.

- Améliorer les phases de transitions entre les différentes parties d'une chaîne de production : transporter des pièces entre les différentes parties de la chaîne est un point d'optimisation important, aujourd'hui beaucoup d'usines utilisent des robots transporteurs entre chaque partie de la production d'un produit mais il est encore possible d'optimiser la coordination entre les robots pour réduire la durée transitoire.
- Augmenter la vitesse de production : Le machine learning permet d'identifier les points de congestion dans un processus industriel et de mettre au point des solutions pour les éradiquer ou minimiser ce qui a pour résultat d'augmenter la vitesse de production, ce qui est bien plus économique que d'agrandir les chaînes de production.
- Design de produit : l'intelligence artificielle peut être utilisée pour optimiser les propriétés physiques des produits réalisés ou leurs propriétés de fonctionnement, en se basant sur une version simulée du produit les coûts de conception étaient déjà grandement réduits (pas besoin de fabriquer le produit pour faire des tests) mais avec l'avènement de l'intelligence artificielle ces derniers sont encore plus faibles grâce à des performances encore plus fortes qui minimisent les cycles de développements.

## Siemens

Siemens<sup>7</sup> utilise le deep learning dans les différents processus de ses usines d'acier, et en Mars 2016 lance Mindsphere : « Mindsphere a été conçu en tant qu'éco-système ouvert que les entreprises industrielles peuvent utiliser comme base pour leurs propres services digitaux, comme par exemple pour le domaine de la maintenance préventive, la gestion des données de consommation et l'optimisation de ressources. Les fabricants de machines et constructeurs d'usines peuvent utiliser la plateforme pour surveiller des flottes de machines proposant des services partout dans le monde, réduire leur temps d'indisponibilité et conséquemment offrir de nouveaux business models. »<sup>8</sup>

---

7. « Siemens est un groupe international d'origine allemande spécialisé dans les secteurs de l'énergie, de la santé, de l'industrie et du bâtiment. Il a été fondé en 1847 par Werner von Siemens. Le groupe, dont le siège est à Munich, est le premier employeur privé d'Allemagne, et la plus grande société d'ingénierie (en termes d'effectifs) en Europe » Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Siemens>

8. Traduction extraite de : <https://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/2016/digitalfactory/pr2016030171dfen.htm>

Siemens a aussi commencé en 2017 une recherche pour réaliser un système d'analyse de donnée en temps réel utilisant un casque de réalité virtuelle pour visionner un modèle 3D d'une vraie turbine à gaz (le type de turbine utilisé dans les centrales électriques, centrales nucléaires), une intelligence artificielle reçoit les informations de centaines de capteurs sur la turbine réelle et les interprète pour les transposer sur la version "digitale", cela permet d'effectuer des vérifications sans interrompre le fonctionnement de la machine et même trouver de possibles problèmes ou signes de fatigues mécaniques.

Ce type de produit novateur et inédit sur le marché associé à un stockage des données dans le cloud permettra une maintenance des machines complexes à distance où que ce soit dans le monde.

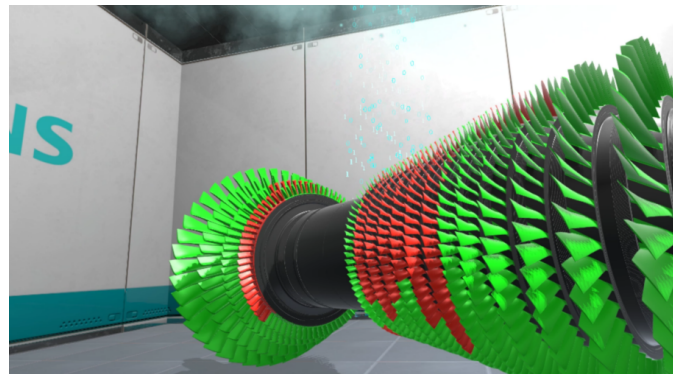


FIGURE 2.2 – simulation en réalité virtuelle d'une turbine à gaz - siemens.com

Click2Make est encore une autre technologie en développement chez Siemens qui pourrait changer radicalement le paysage des fabricants industriels en transformant des grandes lignes de fabrication en cellule de production et proposant du "production-as-a-service" :

- Un client fait une demande pour manufacturer un produit
- Le système effectue une offre.
- Chaque cellule de production contient une liste de ses capacités machines et humaines qui l'envoie au système.
- Le système réunit les ressources nécessaires pour la fabrication de la manière la plus optimisée possible et avec le coût le plus bas.

De plus Click2Make semble convenir particulièrement à l'impression 3D qui est en croissance constante depuis plusieurs années et permet même aujourd'hui d'imprimer des pièces avec des matériaux et alliages complexes tel que le titane avec les étriers de freins Bugatti réalisés via ce procédé.



## Fanuc

Fanuc est une entreprise japonaise leader dans les robots industriels et les machines CNC<sup>9</sup> valué à plus de 40 milliards de dollars, cette entreprise a aussi des usines de "fabrication dans le noir" c'est à dire des usines complètement autonomes qui ne nécessitent pas d'intervention humaine dans les lignes de production, les matières premières sont fournies en entrée et les produit sont disponible en sortie. Ce type d'usine permet de consommer beaucoup moins d'électricité car en l'absence d'être humain des les batiments il n'y pas besoin de lumière, climatisation ou chauffage et permet aussi de continuer à produire la nuit ou le weekend.

Cette entreprise a développé un robot capable d'apprendre une tâche lui même au bout d'une nuit d'entraînement en utilisant le reinforced deep learning. Les robot industriels ont été (et le sont toujours pour certains langages) programmés avec des langages fait pour les PLC ou Programmable Logic Controller tel que GRAFCET, LADDER et consorts. développer ces programmes nécessite un expert dans le domaine et est donc un coût, avec l'avènement de l'intelligence artificielle ce coût viendra à disparaître tout en rendant ces robots bien plus flexibles au changement qu'avec un programme fixe.

Le robot utilise un enregistrement vidéo de lui même pour alimenter le réseau de neurones, il répète l'action voulu jusqu'a se rapprocher de la précision demandé, de plus l'architecture de la technologie permet de combiner plusieurs machine pour combiner leur entraînement et accélérer l'apprentissage de la tâche, on pourrais imagine qu'une tâche nécessitant 8h d'entraînement avec une seule machine pourrait en prendre que deux avec la combinaisons de quatres machines, les robots avec des tâches simples et répétitives tel que les robot de mise sous emballage sont les cibles privilégiés pour tester et améliorer cette technologie.

Contrairement à la programmation "standard" le robot acquiere un savoir plus général tel que comment manipuler des catégorie d'objet qui ont des caractéristiques en commun, ce nouveau type de connaissances alliées au cloud et à l'internet des objects va redéfinir l'industrie, mais cela reste un domaine de la recherche et du développement de Fanuc car appliquer le deep learning n'est pas une chose aisée, les applications se rapproche des performances qui se rapprochent de celle que celle d'une intelligence artificielle à apprentissage générique (une IA qui n'est pas isolée à un seul domaine d'apprentissage tel que la reconnaissance d'image) et les chercheurs avancent encore à taton, malgré les résultats probants l'industrie ne va pas encore voir se démocratiser les robot "augmenté" par l'IA.

---

9. Computer Numerical Control, Commande Numérique par Ordinateur en Français

## Deuxième partie

L'humain se concentre sur les tâches qui  
nécessite d'avoir des traits humains

## 3 l'Intelligence Artificielle ne peut pas remplacer l'humain pour toutes les tâches

### 3.1 Intelligence Artificielle Forte

L'intelligence artificielle forte est l'intelligence telle qu'elle existe chez l'homme, une somme de procédés cognitifs avancés mais même aujourd'hui le fonctionnement du cerveau et de l'intelligence reste mystérieuse et donc la faisabilité d'une IA forte est sans cesse remise en question.

#### Prérequis

puisque la définition de l'Intelligence elle même reste flou, il est difficile de donner une liste exacte et correcte des critères pour qu'une IA forte puisse exprimer une intelligence semblable à celle de l'homme mais il une liste de critères semble être indéniablement nécessaires pour remplir les critères et la majorité des chercheurs en intelligence artificielle semble s'être mis d'accord sur la liste de critères suivantes :

- Capacité de raisonnement et de jugement :

«Le raisonnement est un processus cognitif permettant de poser un problème de manière réfléchi en vue d'obtenir un ou plusieurs résultats. L'objectif d'un raisonnement est de mieux cerner (comprendre) un fait ou d'en vérifier la réalité, en faisant appel alternativement à différentes « lois » et à des expériences, ceci quel que soit le domaine d'application : mathématiques, système judiciaire, physique, pédagogie, etc.»<sup>1</sup>

c'est en somme la capacité à trouver de manière générique la solution à un problème appliqué ou abstrait associé à la capacité à utiliser les connaissances nécessaires pour pouvoir résoudre ledit problème.

- Capacité à conceptualiser ses connaissances :

Il s'agit d'avoir une IA capable de vider tout "contenu" d'une connaissance et d'en garder que l'idée abstraite, la conceptualisation des connaissances est essentielle dans l'apprentissage et un des principes qui explique le fossé qui sépare le cerveau humain de l'intelligence artificielle faible.

- Capacité de communication dans un langage naturel :

La capacité à parler une langue humaine de manière fluide tout en comprenant les spécificité du langage mais aussi la sémantique du langage, la communication dans un langage naturel est souvent associée à l'intelligence humaine et principalement utilisé pour mesurer l'intelligence (test de turing par exemple) à cause des processus nécessaires tel que la représentation

---

1. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Raisonnement>

mentale, l'empathie, la métacognition.

— Capacité de planification :

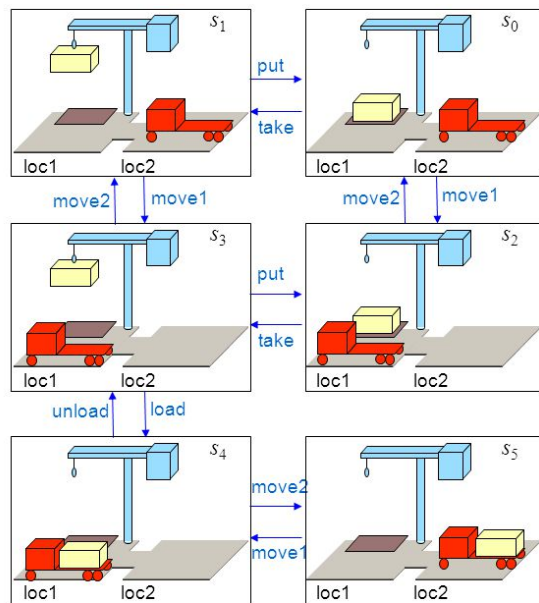
«En intelligence artificielle, la planification automatique (automated planning en anglais) ou plus simplement planification, vise à développer des algorithmes pour produire des plans typiquement pour l'exécution par un robot ou tout autre agent. Les logiciels de planification qui incorporent ces algorithmes s'appellent des planificateurs. La difficulté du problème de planification dépend des hypothèses de simplification qu'on tient pour acquis, par exemple un temps atomique, un temps déterministe, une observabilité complète, etc.»<sup>2</sup>

La planification automatique se base sur 3 paramètres d'entrée :

- état de départ
- actions possibles
- objectif

### Example

- $\Sigma = (S, A, E, \gamma)$ 
  - ◆  $S = \{\text{states}\}$
  - ◆  $A = \{\text{actions}\}$
  - ◆  $E = \{\text{exogenous events}\}$
  - ◆ State-transition function  
 $\gamma: S \times (A \cup E) \rightarrow 2^S$
- Example:
  - ◆  $S = \{s_0, \dots, s_5\}$
  - ◆  $A = \{\text{move1, move2, put, take, load, unload}\}$
  - ◆  $E = \{\}$
  - ◆  $\gamma$ : see the arrows



Dock Worker Robots (DWR) example

Dana Nau: Lecture slides for Automated Planning  
Licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>

5

FIGURE 3.1 – Planification automatique avec un automate

la difficulté de la planification automatique avec une intelligence artificielle forte est dû au caractère non-déterministe de la majorité des actions que cette dernière doit réaliser, contrairement à un automate où toutes ses actions sont déterministes, de plus la liste des actions possible n'est plus réellement fixe.

2. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Planification\\_\(intelligence\\_artificielle\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Planification_(intelligence_artificielle))

### 3.2 L'expérience de pensée "Chinese Room"

En 1980 John Searle, philosophe américain, publie son article "Minds, Brains, and Programs" dans la revue scientifique "Behavioral and Brain Sciences" qui donna lieu à de grands débats dans le domaine philosophique mais surtout dans le domaine de l'intelligence artificielle, la source de ces débats est une expérience de pensée qui se nomme "Chinese Room".

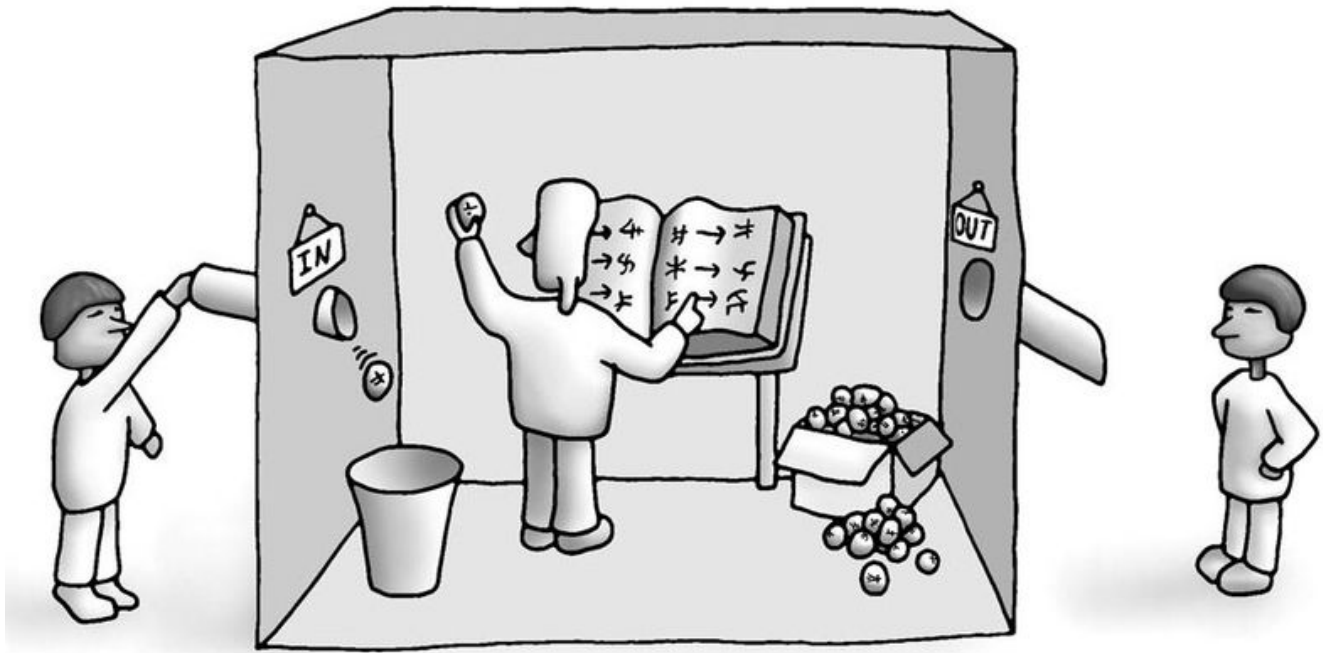


FIGURE 3.2 – Chinese room experiment - wikicommons

Cette expérience est définie comme suit :

il y a, enfermé dans une pièce sans aucun moyen de contact vers l'extérieur, une personne anglophone qui ne comprend pas le chinois et dans cette pièce des boîtes remplies de symboles chinois ainsi qu'un manuel d'instructions. Cette personne reçoit des symboles chinois envoyé par une personne parlant chinois qui sont en réalité des questions, dans le manuel d'instruction est indiqué quoi renvoyer en fonction de ce que la personne anglophone reçoit, la personne renvoie des symboles qui sont des réponses à la question reçue, la personne parlant le chinois pense ainsi parler à une personne qui connaît la langue alors que ce n'est pas le cas.

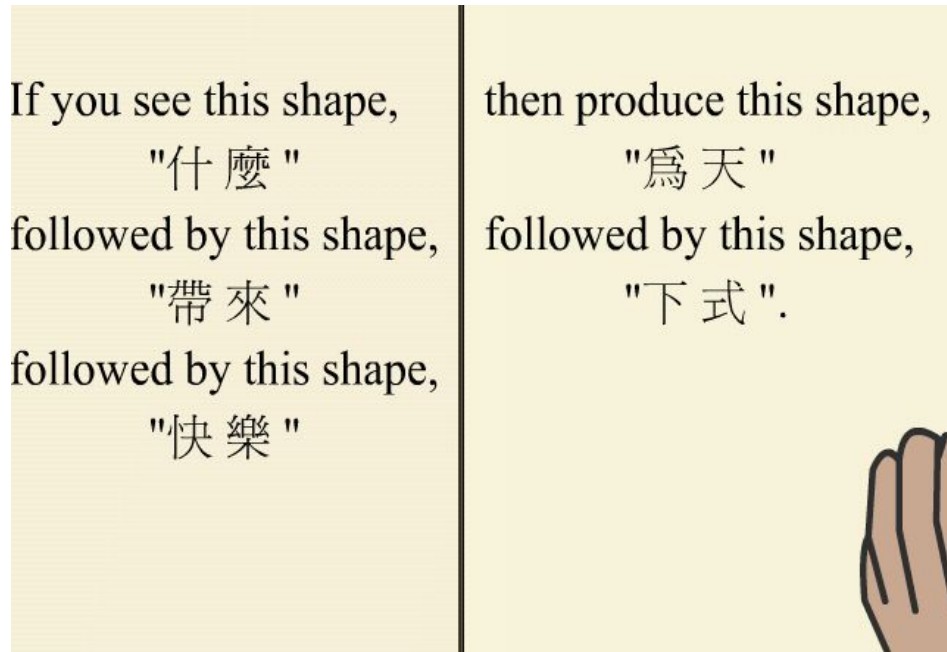


FIGURE 3.3 – Extrait du manuel d'instruction - David L. Anderson

l'argument de cette expérience est que même si la machine répond aux questions qui semble laisser penser la présence de capacité à penser (une IA forte) elle ne fait en réalité que manipuler des symboles sans les interpréter (IA faible).

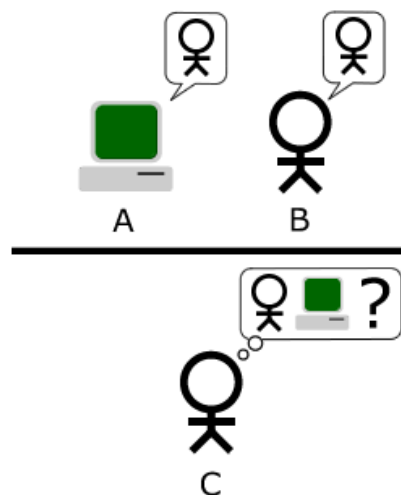


FIGURE 3.4 – Interprétation basique du test de Turing

l'objectif de cette expérience est d'invalider la capacité du test de Turing à établir si une intelligence artificielle a la capacité de penser, le test de Turing est une expérience à l'aveugle où une personne converse avec un interlocuteur qui est soit une vraie personne ou un humain si le sujet avec qui l'IA converse n'est pas capable de détecter qu'il ne parle pas avec un humain mais une machine cette dernière réussit le test or l'expérience Chinese Room essaie de démontrer justement

que la capacité à converser ne va pas forcément prouver l'intelligence et la capacité à penser car il suffit de manipuler les symboles d'une manière assez complexe pour tromper l'interlocuteur humain.

En conclusion, l'expérience de pensée Chinese room montre qu'avec le type d'ordinateur que nous avons aujourd'hui il n'est point possible de réaliser d'intelligence artificielle forte et que nous ne pouvons théoriquement que réaliser des IA qui simulent l'intelligence.

### 3.3 simuler l'intelligence n'est pas encore à la portée de l'IA

Dans la partie précédente nous avons vu grâce à l'expérience de pensée Chinese Room que communiquer dans un langage naturel de manière indifférentiable d'un humain n'est pas forcément l'expression d'une intelligence mais qu'en est-il réellement de la performance de l'IA dans la compréhension et l'utilisation du langage humain ?

De plus le langage, pour la majorité des métiers, n'est qu'un outils pour communiquer. La reconnaissance d'image, la reconnaissance vocal ne sont que des parties apparentes de ce que doivent résoudre les IA en terme de problèmes métiers, des choses assez triviales pour nous autres humains, il faut donc se pencher sur les capacités actuelles de l'IA et la vitesse de son évolution pour établir les domaines et type de compétences qui pourrait être assimilé assez facilement par l'IA.

#### Les Assistants Personnels



FIGURE 3.5 – Les quatres Assistants Personnels les plus connus - THE WALL STREET JOURNAL

Les Assistants Personnels sont les IA les plus accessibles pour les consommateurs, leur succès commercial permet aux entreprises tel que Google, Amazon, Microsoft et Apple d'investir énormément dans la Recherche et développement.

Pour tout les modèles disponible il faut enoncer une phrase d'activation pour que l'IA passe en mode écoute, puis donner une commande. Selon les modèles, l'IA est capable de comprendre le contexte lié de plusieurs questions qui se suivent comme par exemple le nom du président d'un

pays puis son âge, une grande de panoplie de commandes sont disponible tel que demander des informations sur des commerces et restaurant, accéder à la domotique connecté de sa maison, lancer des application et s'inscrire à des fils d'actualité.

Pour ce type de tâches les Assistants Personnels sont encore perfectibles, la société Loup ventures<sup>3</sup> a effectué une recherche qui se base sur 800 question dans les catégories suivantes :

- Local : ce qui est autour de l'utilisateur (magasins, restaurants et événements)
- Commerce : commander des produits
- Navigation
- Information : informations de generales ou adapté à l'utilisateur
- Commandes : ajouter un rappel, lancer une application, etc.

voici les résultats de l'expérience :

Query Results				
	Answered Correctly		Understood Query	
	Apr-17	Jul-18	Apr-17	Jul-18
Google Assistant	74.8%	85.5%	99%	100%
Siri	66.1%	78.5%	95%	99%
Cortana	48.8%	52.4%	97%	98%
Alexa	n/a	61.4%	n/a	98%

*Source: Loup Ventures*

FIGURE 3.6 – Performances des Assistants Personnels

On peut voir que les différents Assistants se sont amélioré de 10% à 20% d'une année sur l'autre, de plus le set de questions posées à été changé pour refléter les nouvelles capacités des Assistant il ne s'agit pas de ce fait d'une amélioration linéaire. Malgré ces résultats les performances sont assez faibles omissions faite du Google Assistant et pourtant d'un point de vue humain les question sont extrêmement simple, en effet toute les questions ne sont que des commandes ou des demandes d'agregation d'informations, il n'y a qu'une interaction faible avec l'IA qui se révèle être extrêmement basique. Tout les Assistants Personnels sont limités par le nombre de scénarios auxquels ils peuvent réagir et en effet certaines catégories donnent des résultat bien meilleur que les autres.

3. Loup Ventures est une société d'investissement en capital risque crée en 2017 et basé à Minneapolis et new work qui investit dans les technologies de demain.  
<https://loupventures.com/>



## Queries Answered Correctly by Category

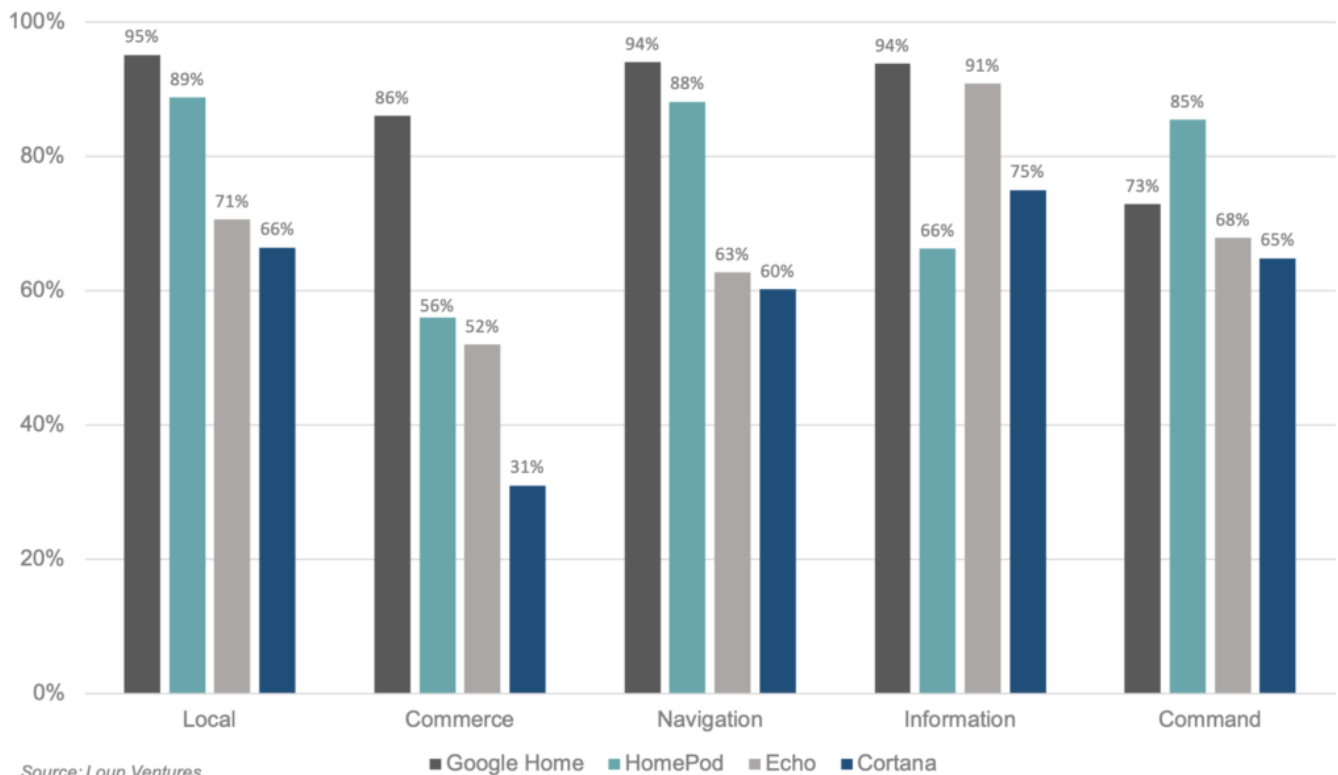


FIGURE 3.7 – Résultats par catégories

Cependant un problème majeur fait son apparition : la disparité de performance entre les accents et les différents langages, en effet tous les tests de performance utilisent l'anglais américain, le Washington Post ainsi que deux laboratoires de recherche ont étudié les différences de précision des assistants virtuels en fonction des accents et langues utilisés, une perte de précision est visible dès lors qu'un accent autre que l'anglais américain de la Côte Ouest est utilisé pour Google Home et autre qu'un accent du Sud pour Amazon Echo.

L'utilisation de plusieurs langues dans une même requête à l'assistant est aussi source d'erreur, par exemple avec le Google Assistant il est bien spécifié dans l'aide que ce dernier ne peut comprendre plusieurs langues en même temps. Or aujourd'hui beaucoup d'échanges utilisent des mots anglais, si je demande le synopsis d'un film avec un titre anglais la prononciation anglaise risque d'induire l'assistant en erreur ce qui est très problématique dans le domaine professionnel où les termes techniques sont majoritairement en anglais indépendamment de la langue pratiquée.

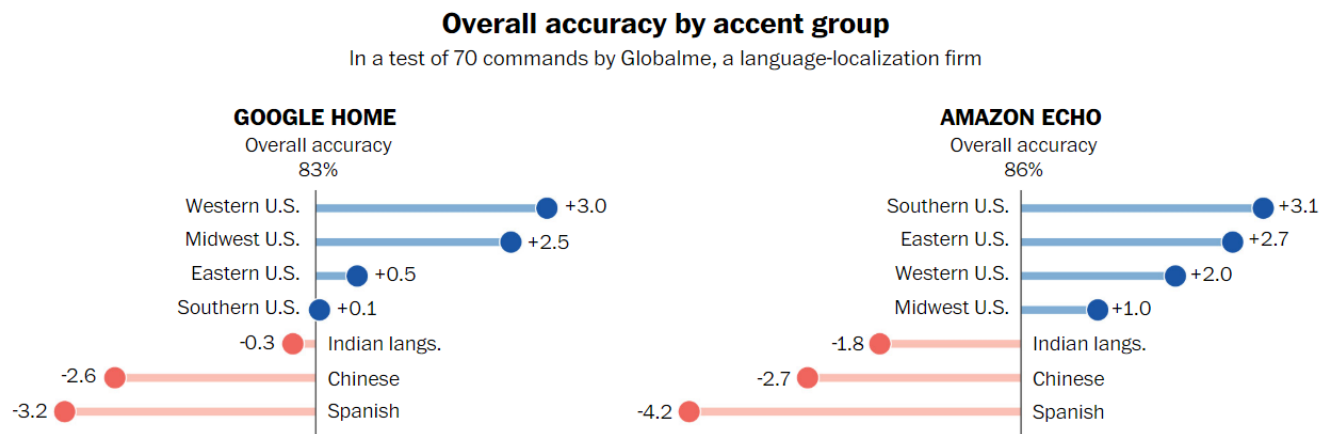


FIGURE 3.8 – Précision en fonction des accents - The Washington Post

Les résultats sont intéressants et montrent qu'il est important de ne pas seulement se baser sur des tests qui ont été faits exclusivement en anglais, le taux de précision "international" étant 6% à 10% plus bas que la réalité et parfois même 30% plus faible quand il s'agit de quelqu'un parlant anglais mais n'ayant pas l'anglais comme langue native!<sup>4</sup>

**En Conclusion** les Assistants Personnels tels que Google Assistant, Amazon Echo, Siri et Cortana sont les IA ayant la reconnaissance vocale la plus avancée, mais les résultats sont toujours perfectibles et il ne s'agit pas d'échanges conversationnels mais toujours de requêtes ayant pour but une action simple ou une aggrégation de données basiques, nous sommes très loin de pouvoir réussir le test de Turing et encore plus de réussir à simuler l'intelligence telle que lors de l'expérience Chinese Room.

## L'IA Watson d'IBM

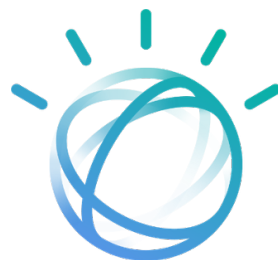


FIGURE 3.9 – Avatar de l'ordinateur Watson - IBM

L'IA Watson a fait de grandes vagues lors de sa présentation au public pour le jeu télévisé Jeopardy!, sans cesse mise en avant, cette IA a subi une publicité continue de la part de la société.

4. The Washington Post : « People with nonnative accents, however, faced the biggest setbacks. In one study that compared what Alexa thought it heard versus what the test group actually said, the system showed that speech from that group showed about 30 percent more inaccuracies »

Watson est une IA qui a évolué depuis jeopardy en 2011, à cette époque l'IA fonctionnait par entraînement supervisé avec des données fortement méticuleusement traitées avant de les utiliser dans des ensembles de questions/réponses très précis, les résultats étaient là mais le coût (il était nécessaire d'avoir des développeurs pour pouvoir utiliser la plateforme Watson) bien trop élevé. En 2016 Watson est complètement refait à neuf et utilise des [APIs](#) séparant en services les fonctionnalités de l'IA Watson.

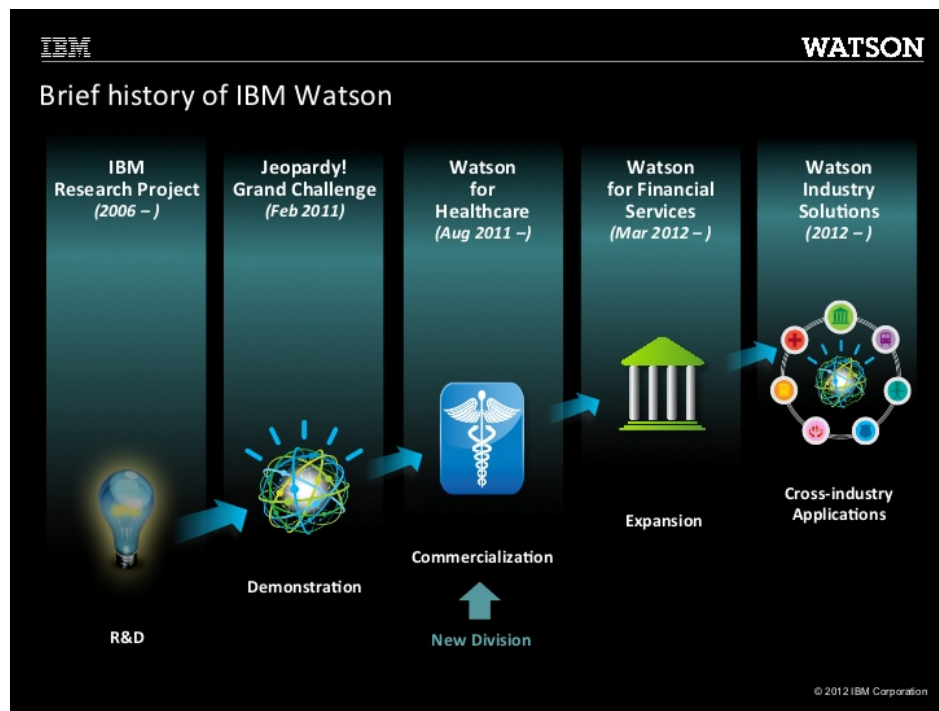


FIGURE 3.10 – Évolution de l'IA Watson - IBM

Watson a été présenté comme une IA très puissante dans le domaine de la santé et notamment celui de la recherche contre le cancer. En 2013 IBM s'associe avec le Memorial Sloan-Kettering Cancer Centre<sup>5</sup> pour rassembler des connaissances en cancérologie et les rendre accessibles à l'international sous le service «Watson for oncology»<sup>6</sup>.

Watson est aussi utilisé dans le robot Pepper développé par Softbank Robotics : «Pepper est le premier robot humanoïde au monde capable d'identifier les visages et les principales émotions humaines. Pepper a été conçu pour interagir avec les humains de la façon la plus naturelle possible à travers le dialogue et son écran tactile.»<sup>7</sup>

5. le Memorial Sloan-Kettering Cancer Centre est un hôpital pour le traitement du cancer situé à New York, il a été fondé en 1884 sous le nom de New York Cancer Hospital.

source : [https://en.wikipedia.org/wiki/Memorial\\_Sloan\\_Kettering\\_Cancer\\_Center](https://en.wikipedia.org/wiki/Memorial_Sloan_Kettering_Cancer_Center)

6. <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/ibm-watson-for-oncology>

7. source: <https://www.softbankrobotics.com/emea/fr/pepper>

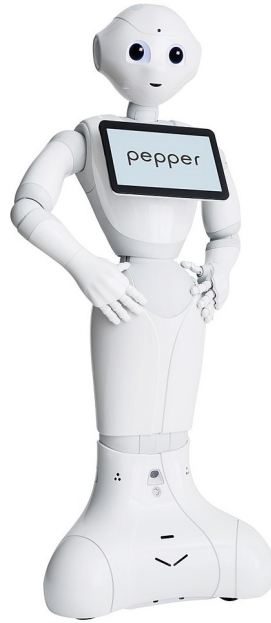


FIGURE 3.11 – Robot Pepper- Softbank Robotics Europe

Pepper en tant que projet commercial pilote est un succès avec plus de 12 000 robots vendu en Europe, le robot étant surtout utilisé en tant que réceptionniste dans les entreprises.<sup>8</sup> Malgré Watson et Pepper, le succès semble relatif voir même plus négatif qu'IBM ne semble laisser paraître, en effet en Février 2017 le MD Anderson Cancer Center<sup>9</sup> qui avait décidé en 2013 d'utiliser Watson pour assister les praticiens pour les traitements du cancer, a stoppé le projet indiquant une absence de résultat dû à plusieurs facteurs :<sup>10</sup>

- Le projet de départ était estimé à 5 millions de dollars, lors de l'arrêt du projet, MD Anderson avait dépensé 62 millions de dollars sur l'Oncology Expert Advisor utilisant entre autres des fonds de donateurs pas encore reçus.
- Le projet a été approuvé sans l'accord de la direction du département informatique tel que le procédure standard l'exige, de plus il y a eu un manque de transparence dans la majorité des tâches administratives et financières du projet : il s'agit de gros problèmes de management qui ont conduit à l'échec du projet.
- OEA n'est pas compatible avec le logiciel EHR<sup>11</sup> utilisé par MD Anderson, EPIC, alors

8. <https://www.forbes.com/sites/parmyolson/2018/05/30/softbank-robotics-business-pepper-boston-dynamics/#60bc31464b7f>

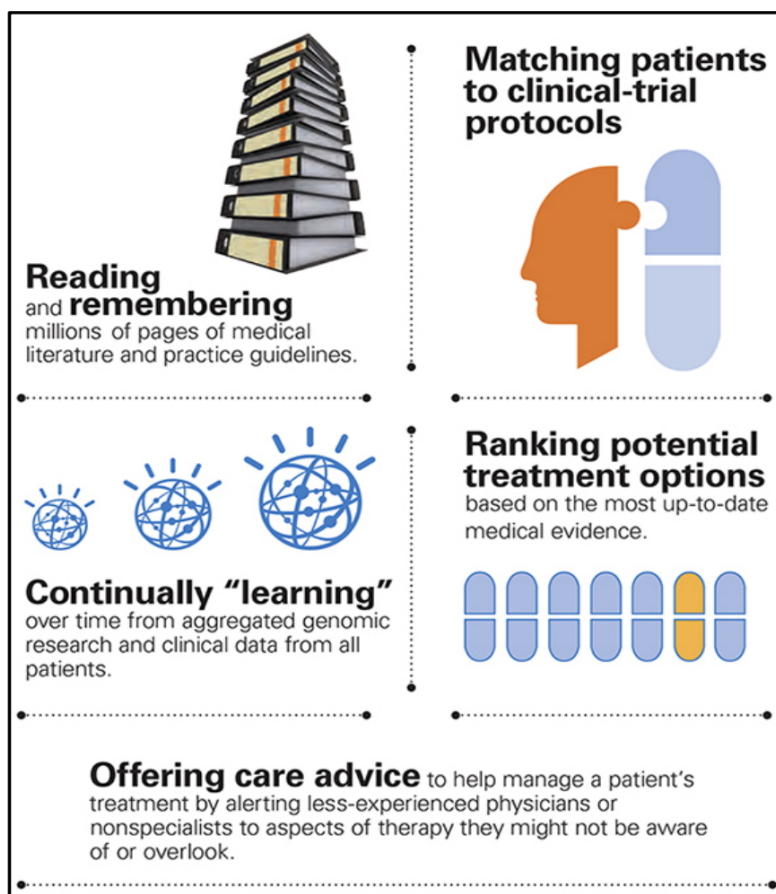
9. <https://www.mdanderson.org/>

10. Source : Rapport d'Audit publié par le University of Texas Audit Office <https://www.utsystem.edu/sites/default/files/documents/UT%20System%20Administration%20Special%20Review%20of%20Procurement%20Procedures%20Related%20to%20UTMDACC%20Oncology%20Expert%20Advisor%20Project/ut-system-administration-special-review-procurement-procedures-related-utmdacc-oncology-expert-advis.pdf>

11. EHR = Electronic Health Record, il s'agit du dossier médical digital d'un patient.

qu'IBM avait la connaissance du changement de logiciel et a même lancé une collaboration avec EPIC pour être compatible et 14 centres de recherche dans lequel utiliser leur partenariat, MD Anderson ne faisait pas partie de ces 14 établissements<sup>12</sup> ce qui a pour effet de rendre tout le projet OEA inutilisable.

- IBM a présenté AOE comme une solution miracle, avec tout le travail de publicité et de marketing pour pousser cette narrative, alors qu'ils n'ont pas été capable de comprendre et répondre correctement au besoin des cancerologues : en effet une des lignes directrices du produit AOE est la capacité à centraliser et analyser des centaines voir milliers de publication scientifiques sur la recherche sur le cancer pour aider le cancerologue sur le choix de traitements or comme le dit David Howard<sup>13</sup> «le problème n'est pas la saturation de publications scientifiques que les praticiens n'ont pas le temp de lire mais le peu de publications de qualité et réellement utile à ce dernier».



Source: MD Anderson Cancer Center, Annual Report 2013

FIGURE 3.12 – les caractéristiques de l'Oncology Expert Advisor

12. <https://www.healthcareitnews.com/news/epic-watson-work-interoperability>

13. <https://www.healthnewsreview.org/2017/02/md-anderson-cancer-centers-ibm-watson-project-fails-journal>

**En Conclusion** l'IA n'est qu'une solution, et la structure qui l'entoure est tout aussi importante car la mise en place de logiciel utilisant la puissance de l'Intelligence Artificielle n'est pas aisée car il faut identifier les besoins et les contraintes, ce que l'on cherche à résoudre de manière bien plus précise qu'avec des algorithmes traditionnels, le projet de l'Oncology Expert Advisor au sein du centre MD Anderson est l'exemple parfait d'une mauvaise structure (mauvaise gestion de projet) ainsi qu'une mauvaise interprétation du besoin de la part d'IBM qui a surtout cherché à se faire de la publicité plutôt qu'à réellement résoudre des problèmes.

## Deepmind



DeepMind Technologies est une entreprise britannique fondée en 2010 qui a été rachetée par Alphabet Inc, la maison mère de Google.

«L'objectif de DeepMind est de "résoudre l'intelligence". Pour atteindre ce but, l'entreprise essaie de combiner "les meilleures techniques de l'apprentissage automatique et des neurosciences des systèmes pour construire de puissants algorithmes d'apprentissage généraliste". L'entreprise souhaite non seulement doter les machines d'intelligence artificielle performante, mais aussi comprendre le fonctionnement du cerveau humain. » <sup>14</sup>

L'entreprise utilise des IA capables d'apprendre à jouer à des jeux vidéo ou l'extrêmement complexe jeu de Go, en effet une IA avec une intelligence proche de l'homme serait capable d'apprendre à jouer à n'importe quel jeu en se basant seulement sur des stimuli visuel et/ou tactile. Deepmind utilise la perception visuelle dans ses IA, le but est d'utiliser les données les plus brutes possible, au contraire de beaucoup d'IA où la génération de feature est extrêmement poussée rendant l'IA dépendante du raffinement des features définies, ainsi que les connaissances acquises lors de l'entraînement sur les jeux joués précédemment.

Pour réussir un tel exploit DeepMind utilise l'Apprentissage Profond Renforcé :

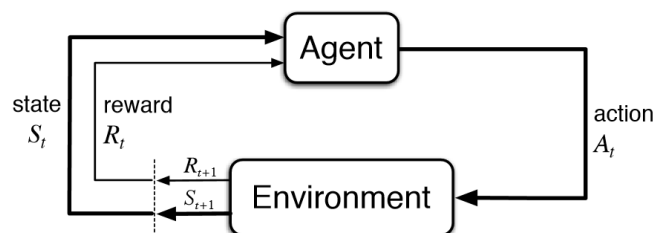


FIGURE 3.13 – apprentissage profond renforcé - towardsdatascience

14. <https://fr.wikipedia.org/wiki/DeepMind>

L'apprentissage profond renforcé ou Reinforced Deep Learning est un dérivé de l'apprentissage renforcé appartenant au domaine du machine learning concernant comment un agent intelligent <sup>15</sup>, agent intelligent autonome plus précisément, peut atteindre un objectif de manière itérative en interagissant avec l'environnement avec la meilleure performance possible.

Contrairement au deep learning qui se base sur un set de données d'entraînement puis est utilisé sur de nouvelles données, un algorithme d'apprentissage profond s'entraîne et s'améliore continuellement en utilisant les données qui lui sont fournis.

Une des autres différences entre le Deep Learning et le Reinforced Learning (qu'il soit composé d'un réseau de neurone ou non) est la différence des résultats, dans le cas du Reinforced Learning le résultat obtenu en fonction des décisions prises est partiellement aléatoire ou du moins ne peut être déterminé dans un ensemble finis et prédéfinis à l'avance comme c'est le cas avec un algorithme de deep learning, de plus le résultat attendu peut ne pas se présenter immédiatement et arriver qu'après un nombre aléatoire d'action puisque l'agent intelligent autonome qui utilise l'apprentissage renforcé agit sur l'environnement qui est lui-même la source de ses entrées, ses actions peuvent l'éloigner du résultat attendu contrairement au deep learning où la rétropropagation <sup>16</sup> impacte la manière dont les entrées sont traitées mais pas les entrées elles-mêmes, on peut faire de manière abstraite un rapprochement entre logique et machine learning où le Deep Learning serait la logique combinatoire et l'apprentissage renforcé la logique séquentielle.

Le Reinforced Learning se rapproche de part son fonctionnement de la réflexion humaine en faisant des inférences à partir d'informations partielles, l'illustration simple de ce principe dans la vraie vie est celle du vent et des feuilles qui bougent : on observe des feuilles d'arbres qui bougent et par inférence sans même vérifier s'il y a du vent on en déduit qu'il y a présence de vent.

**En Conclusion** Deepmind utilise des technologies très avancées mais ne fait au final qu'office de vitrine de publicité de la recherche et du développement de DeepMind Inc et Google plutôt que d'avoir un produit commercialisable.

---

15. «En intelligence artificielle, un agent intelligent (AI) est une entité autonome capable de percevoir son environnement grâce à des capteurs et aussi d'agir sur celui-ci via des effecteurs afin de réaliser des buts. Un agent intelligent peut également apprendre ou utiliser des connaissances pour pouvoir réaliser ses objectifs. Les agents intelligents sont souvent décrits schématiquement comme des systèmes fonctionnels abstraits similaires aux logiciels informatiques. Certaines définitions mettent en avant leur autonomie et vont donc préférer le terme agent intelligent autonome»  
source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Agent\\_intelligent](https://fr.wikipedia.org/wiki/Agent_intelligent)

16. « la rétropropagation du gradient est une méthode pour calculer le gradient de l'erreur pour chaque neurone d'un réseau de neurones, de la dernière couche vers la première. De façon abusive, on appelle souvent technique de rétropropagation du gradient l'algorithme classique de correction des erreurs basé sur le calcul du gradient grâce à la rétropropagation et c'est cette méthode qui est présentée ici. En vérité, la correction des erreurs peut se faire selon d'autres méthodes, en particulier le calcul de la dérivée seconde. Cette technique consiste à corriger les erreurs selon l'importance des éléments qui ont justement participé à la réalisation de ces erreurs. Dans le cas des réseaux de neurones, les poids synaptiques qui contribuent à engendrer une erreur importante se verront modifiés de manière plus significative que les poids qui ont engendré une erreur marginale.»  
Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Rétropropagation\\_du\\_gradient](https://fr.wikipedia.org/wiki/Rétropropagation_du_gradient)

### 3.4 La problématique de l'automatisation des métiers

Nous avons pu voir dans la partie précédente que l'intelligence artificielle même s'il s'agit d'un ensemble de technologies novatrices apporte son lot de problèmes inédit, trois problèmes sont déjà identifiable indépendamment des domaines :

- Le coût : le développement d'intelligences artificielles reste très coûteux car il est difficile de poser des limites fixes contrairement au développement d'algorithme ou il est bien plus facile de déterminer le coût technologique, de plus la demande dans le domaine du machine learning est bien plus forte que le nombre de candidats pouvant répondre à celle-ci ce qui augmente encore plus le budget nécessaire pour employer des personnes avec les compétences nécessaires.
- Gestion de Projet : étant un domaine encore récent, les projets incluant du machine learning sont plus complexes à gérer à cause de plusieurs facteurs. Tout d'abord contrairement à des logiciels standard il est beaucoup plus difficile de prédéterminer des problèmes qui pourrait ralentir le projet, bien plus que sur un projet "traditionnel" sans machine learning, «Les projet d'ingénierie continuent d'avancer généralement, mais pour des projets de machine learning il est possible que leur progression s'arrête complètement. il est possible et même commun, de passer une semaine à modéliser des données qui n'aurait aucune amélioration tangible quel qu'elle soit»<sup>17</sup> sans compter qu'à cela s'ajoute tout les risques existant dans tout projet.
- Les performance : malgré l'engouement important et l'effet buzzword de beaucoup des technologies présentée comme novatrice parqu'elle utilisent du machine learning, il est important de comprendre que l'utilisation d'intelligence artificielle n'est pas la solution à tout, où même pire un moyen de cacher une dette technique par du machine learning. aujourd'hui les performances restent assez nuancées et une conception de logiciel médiocre utilisant une IA restera moins performant qu'une solution de qualité utilisant des algorithmes simple. il y a bien évidemment des excpetions tel que pour le traitement des langages naturels ou la reconnaissance d'image, mais l'application à d'autres domaine demande beaucoup de rigueur.

Au delà des nouvelles problématiques apportées par l'intelligence artificielle dans la gestion de projet il faut aussi prendre du recul face à cette technologie, car elle ne pourra pas remplacer tout les métiers à cause des divers limitation exposée dans la première partie mais aussi à cause de limitation dû à la réticence humaine à faire confiance à des machines

---

17. Traduit de : <https://medium.com/@l2k/why-are-machine-learning-projects-so-hard-to-manage-8e9b9cf49641>



## Tout les métiers ne sont pas automatisables

ces chiffres semble indiquer une disparition imminente de tout ces métiers mais il est important de remettre ces informations dans leur contexte : automatisation ne veut pas dire le remplacement par l'intelligence artificielle. Un métier qui est automatisable ne veut pas forcément dire qu'il le sera notamment à cause des critères suivants :

- Existe-t-il des solutions en intelligence artificielle : il est facile de ne pas penser à ce point pourtant crucial, mais un métier peut parfaitement être automatisable sans pour autant qu'un service utilisant l'IA ait été mis au point.
- Est-ce qu'utiliser une intelligence artificielle en lieu et place d'un être humain est plus économique ? la réponse est difficile et diffère grandement entre chaque domaine de plus c'est à la discrétion de chaque acteurs dudit domaine de choisir ou pas, l'application de l'intelligence artificielle dans un domaine métier ne veut pas dire que tout les acteurs vont tous passer à l'IA.
- L'automatisation du métier vas-t-elle donner lieu à la même satisfaction client ? la performance de l'intelligence artificielle va directement avoir un impact sur ce dernier point, si l'on prend l'exemple d'une secrétaire en centre d'accueil, l'IA doit pouvoir remplir le même rôle que la secrétaire, et quand l'on se rend compte que même l'humain n'a pas 100% de précision il est bien difficile d'imaginer une IA qui sera capable de la même performance avec des données aussi peu fiable en entrée.

Il existe aussi des métiers qui ne sont pas automatisable où du moins ne le seront pas avant longtemps dû aux contraintes technologiques actuelles qui, à moins d'une révolution, ne changeront peut être jamais, la majorité desdits métiers rentre dans le domaine de la créativité, de l'empathie et bien évidemment le management technologique qui ne va que s'amplifier au fur et à mesure de l'automatisation des métiers progresse car il sera quand même nécessaire de gérer ces flottes d'intelligences artificielles.

**Créativité** L'intelligence artificielle aujourd'hui, sous la forme du machine learning et toutes ses sous-branches ne pourrait être réduite qu'à un algorithme du gradient qui cherche à trouver le minimum d'une fonction, la complexité des réseaux de neurones et leur flexibilité qui est due à leur aspect non déterministe se réduit à des fonctions mathématiques simples le maître mot étant l'optimisation itérative. La créativité quand à elle est plutôt à l'opposé du spectre, bien plus souvent proche de l'expérimentation et de l'égarement que du côté du chemin le plus court.

« We create solutions to problems we don't even know exist yet. We try new things for the sake of learning and reward. We break norms, think outside the box, and create art and culture »<sup>18</sup>

---

18. source : <https://drakecooper.com/ai-sill-cant-be-creative/#>

Celle-ci demande une capacité à comprendre les émotions, pas seulement être capable de les reconnaître mais de les comprendre pour faire fonctionner le processus de création, le design d'une voiture n'est pas juste une affaire d'aérodynamique, elle demande de l'humain pour plaire, une intuition empathique bien trop complexe pour être reproductible avec une intelligence artificielle.

Mais est-ce que la créativité restera toujours synonyme avec l'humain ? cette dernière reste limitée par des règles pas forcément directement tangible mais pourtant présente qui limite notre champ d'action, par exemple la culture et les origines ont un impact fort sur la vision du monde, tout comme le range sociale, des variables qui peuvent communes à un fort nombre d'individus. Nous apprenons comme les machines répétant nos actions et les modifiant jusqu'à atteindre notre objectif, nos expériences passées influent notre approche face à des situations nouvelles tout comme les IA utilisant l'apprentissage profond renforcé.

« because in reality, we, just as computers, inherently run on a set of basic rules, except instead of in 0s and 1s, our programming is in A, C, T, and Gs. It is these rules built up against one another that creates the complexity we define as creativity »<sup>19</sup>

Si la créativité à son essence n'est qu'un ensemble de règles très complexe, une intelligence artificielle serait capable de montrer des signes de créativité dès lors que nous serons capables de trouver ces règles mais nous pouvons soulever les points suivants :

- Aujourd'hui l'intelligence artificielle est tout d'abord utilisée pour répondre à des besoins auxquels ne peuvent pas répondre des algorithmes traditionnels en terme de performance et non en comparaison avec des êtres humains tel que la reconnaissance d'image et la reconnaissance vocale.
- Elle est aussi utilisée pour améliorer des processus existants : réduction des risques pour les assurances et les banques, réduction du taux de défaut sur des pièces en usine et amélioration du rendement, aide à la décision.

La créativité n'est donc absolument pas la priorité aujourd'hui sur un marché en pleine essor loin d'une maturité technologique mais le champ d'action de l'intelligence artificielle pourrait toucher les domaines de la créativité, qui se limiteront pour les années à venir à avoir un cas d'utilisation limité à un des deux points énumérés au-dessus.

---

19. source : <https://towardsdatascience.com/can-ai-be-creative-2f84c5c73dca>

## Empathie

## La résistance au changement forte avec l'IA

Un facteur qu'il faut prendre en compte pour comprendre quel impact aura l'intelligence artificielle sur le marché du travail et qui est aussi essentiel que l'évolution de la technologie elle-même : La résistance au changement :

« Attitude consciente ou inconsciente d'un individu ou d'une personne morale qui l'incite à refuser toute modification/ évolution de son état actuel. Elle reflète la peur de l'inconnu et le risque de se placer dans un état de dissonance cognitive. Motivée le plus souvent par la crainte de la perte d'acquis, la résistance au changement, si elle est généralisée au sein de la population cible, peut constituer un frein à l'introduction de nouveaux produits. »<sup>20</sup>

Cette problématique n'est pas nouvelle et concerne tout les domaines professionnels, chaque individus veut que l'on reconnaisse ses compétence dans son travail, ce dernier se base sur des méthodes et process éprouvé par lui et les autres, il s'agit d'un point de référence auquel se raccorder or lorsqu'un changement peut altérer ou faire entièrement disparaître ce point de référence cela peut donner lieu à des bouleversement, pour empêcher ça les individus vont résister seul voir même ensemble pour ne pas avoir de changement dans leur pratique.

la résistance au changement est particulièrement forte notamment avec la migration de logiciels métiers vers un nouveau système par exemple qui cause une baisse de productivité, ou même parfois de l'incompréhension par les utilisateurs du changement causé.

Dans le cas de l'intelligence artificielle la résistance aux changement au sein des entreprises vient de facteurs qui ne sont pas seulement sociaux, la peur de réduire l'emploi est toujours présente mais aussi tout simplement d'être surpassé par l'intelligence artificielle, selon le MIT en collaboration avec le BCG Henderson Institute<sup>21</sup> 47% des employés des entreprise interrogées pensent que l'intelligence artificielle va remplacer une majorité des employés dans les 5 ans à venir tandis que les dirigeants sont plus modéré et pense que 38% des employés d'une entreprise pourraient être remplacés dans le futur.

Des facteurs technologiques rentrent aussi en jeu, il est difficile de déterminer précisément à quel besoin va répondre l'utilisation de l'intelligence artificielle dans un produit ce qui engendre une difficulté à promouvoir son utilisation, la difficulté de gestion de projet IA engendre une difficulté dans les entreprises avec une culture assez conservatrice à lancer ce type de projets à cause risque perçu comme trop grand.

Un exemple très intéressant de la résistance au changement et surtout de notre rapport actuel envers l'intelligence artificielle est la catastrophe du vol Air France 447.

---

20. source : <https://www.e-marketing.fr/Definitions-Glossaire/Resistance-changement-242953.htm#kvvZVz6t7urg5Tp7.97>

21. traduit de: <https://sloanreview.mit.edu/projects/artificial-intelligence-in-business-gets-real/>

le vol 447 était un vol Air France entre Rio et Paris sur un Airbus 330, un des modèles d'avion les plus avancé de l'époque, et qui s'est écrasé dans l'Océan atlantique le 1 juin 2009.

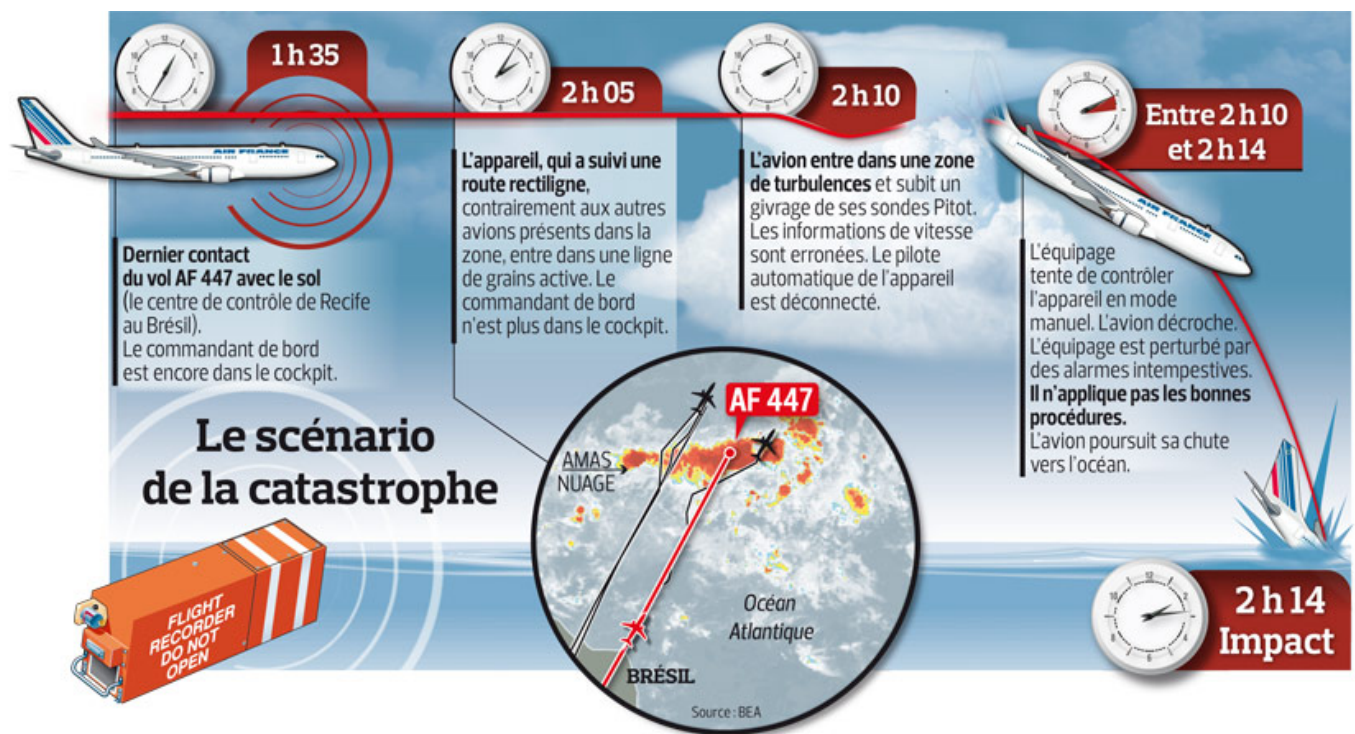


FIGURE 3.14 – La catastrophe du vol 447 - lefigaro.com

La partie qui nous intéresse plus particulièrement est le moment entre 2h10 et 2h14 et illustre une tragédie qui est directement dû à la résistance au changement et notre rapport avec la technologie. Lorsque les sondes Pitot, sondes qui mesurent la vitesse de l'avion et sont situées sous le nez de l'avion ont gelé, la vitesse calculée de l'avion est devenue erronée et donc le pilote automatique s'est désactivé, l'avion étant dans une cellule orageuse les pilotes humains n'avaient aucun repères pour avoir une idée de la vitesse de l'avion, c'est cette partie qui nous intéresse plus particulièrement : Le co-pilote pour s'assurer de garder de l'altitude sans connaître la vitesse actuelle a fait monter le nez de l'avion dans l'espoir de prendre de l'altitude ce qui a engendré une perte de portance jusqu'à que l'avion tombe littéralement.

lorsque les sondes Pitot ont dysfonctionné, le pilote automatique s'est désactivé mais l'ordinateur de bord n'a pas pour autant arrêté de fonctionner ou de donner des indications, en effet dans un avion de ligne moderne tel que l'airbus A330 où les commandes sont électriques, l'ordinateur de bord fonctionne en suivant des "lois" sur un airbus il y en a 4 :

- Loi NORM
- Loi ALT1
- Loi ALT2

La première, loi NORM ou normale est celle par défaut, de nombreuses sécurités sont activées

pour empêcher des mouvements brusques qui pourraient endommager l'avion ou même mettre en danger les occupants de l'avion ainsi que des protections en tangage, angle d'attaque et inclinaison latérale.

La seconde, loi ALT1 ou Alternative 1 s'active quand certains dysfonctionnements apparaissent comme par exemple une panne des gouvernes de profondeur ou panne des capteurs de volets.

La troisième, loi ALT2 ou Alternative 2 qui est celle qui nous intéresse particulièrement puisqu'il s'agit de celle qui s'est activée pour le vol 447, s'active quand il y a un désaccord entre les ADR (ordinateur calculant les informations tel que la vitesse entre autres) et dans le cas d'une panne des ADR, ce qui était considéré comme étant le cas avec le vol 447 puisque les sondes étant gelées les valeurs retournées étaient toutes erronées l'auto-pilote se désactive.

Lors d'un fonctionnement en loi normale il n'est pas possible de faire décrocher l'avion même en tirant au maximum sur le manche, l'ordinateur de bord capte les données de commandes et les corrige si elles ne respectent pas les règles lorsque les sondes Pitot sont dysfonctionnées, l'ordinateur de bord a désactivé le pilote automatique et est passé en loi alternative 2, une des spécificités de ce mode est que l'ordinateur de bord ne peut pas réactiver le pilote automatique.

Quelques instants après le décrochage de l'avion, les sondes Pitot se sont remises à fonctionner et l'ordinateur de bord a déclenché l'alarme de décrochage annoncée au pilote "STALL" plusieurs fois suivies d'un son aigue mais elles ont été ignorées par l'équipage de pilotage alors que cette alarme a retenti 75 fois, s'ils avaient réactivé le pilote automatique, celui-ci aurait fait les corrections nécessaires pour corriger la trajectoire funeste de l'avion.

L'ordinateur de bord de l'avion n'est pas une intelligence artificielle, mais ce cas montre la réticence des individus à collaborer avec la technologie :

« En tant qu'humain, nous répondons naturellement à une crise qui nous n'avons jamais expérimenté en utilisant nos connaissances et notre intuition mais l'intuition peut conduire à des conséquences désastreuses. »<sup>22</sup>

Aujourd'hui nous regardons l'intelligence artificielle comme une compétition au lieu de la considérer comme un collaborateur, une IA au sein du vol 447 aurait pu effectuer des milliers de simulations avec les mesures des instruments associées aux données de centaines de milliers de vols en quelques secondes et établir un plan de correction communiqué aux pilotes de manière claire.

---

22. Traduit de : <https://www.inc.com/thomas-koulopoulos/its-time-to-stop-calling-it-artificial-intelligence.html>

## Troisième partie

### Vers une synergie homme-machine

Alors que l'intelligence artificielle a un penchant "buzzword" utilisé par des entreprises pour mieux vendre leur produit en faisant l'association IA égal à plus de performances, et que les site et média d'informations montre du doigt l'intelligence artificielle comme le futur destructeur d'emploi, il est important de souligner que les êtres humains sont passé par de telles phases auparavant :

- La révolution agricole : En Europe, pendant le 18ième siècle moins de terres en jachère, « En 1840, 7 millions d'hectares c'est-à-dire 25% des terres européennes sont en jachère ; en 1900, il n'y a plus que 3 millions d'hectares en jachère, c'est-à-dire 10 % des terres. »<sup>23</sup> l'apparition de la moissonneuse et la batteuse à vapeur changent les méthodes agricoles vers une agriculture orienté capitalisme. Cette transformation a été globalement avantageuse pour tout le peuple, l'utilisation des machines étant rare à cause de leur prix, l'utilisation d'animaux de traits ne disparaîtra que très progressivement ne laissant pas sans capacité de travail les personnes qui dépendaient de leur utilisation dans l'agriculture (la mecanisation ne s'effectuera massivement qu'a partir de la fin de la seconde guerre mondiale).
- La révolution industrielle : c'est la transformation qui aura eu le plus grand impact, elle est decomposé en deux temp qui peuvent globalement être associé avec l'utilisation de la machine à vapeur puis l'apparition de l'electricité, du gaz ainsi que moteur à explosion, l'exode rural qui s'ensuit (fuir la campagne et son agriculture pour rejoindre la ville et ses usines) et dû à une jeunesse formé à l'agriculture qui ne voyait pas de futur dans l'agriculture et une opportunité dans l'industrie.

cette période montre que l'homme et les nations ont les capacités pour s'adapter aux paysages économiques en perpétuels changement, mais les challenges à surmonter avec l'intelligence artificielle sont différents puisqu'elle va et a déjà bousculée tout les domaines y compris l'agriculture et l'industrie, malgré cela pour que cette révolution soit aussi disruptives il y a de nombreux challenges à dépasser.

---

23. source : <https://www.philisto.fr/cours-49-transformations-economiques-de-l-europe-xixe-siecle.html>



## 4 Surmonter les problèmes inhérent au machine learning

Des problèmes empêcheront l'intelligence artificielle notamment à cause de l'utilisation du machine learning, technologie qui va rester d'actualité pendant de nombreuses années car nous avons qu'effleuré la surface et les possibilités de celle-ci. Tout d'abord le principe d'explicabilité, la difficulté de reproductibilité et enfin l'applicabilité métiers sont les trois principaux points bloquants pour une évolution positive de l'intelligence artificielle.

### 4.1 Explicabilité et interprétabilité

#### Définitions

Explicabilité :

« Une décision algorithmique est dite explicable s'il est possible d'en rendre compte explicitement à partir de données et caractéristiques connues de la situation. Autrement dit, s'il est possible de mettre en relation les valeurs prises par certaines variables (les caractéristiques) et leurs conséquences sur la prévision, par exemple d'un score, et ainsi sur la décision. »<sup>1</sup>

Interprétabilité :

« Une décision algorithmique est dite interprétable s'il est possible d'identifier les caractéristiques ou variables qui participent le plus à la décision, voire même d'en quantifier l'importance. »<sup>2</sup>

Une des raisons de la résistance au changement est l'incapacité à comprendre le fonctionnement interne d'une intelligence artificielle utilisant le machine learning, ce qui rend une entreprise dépendant de cette dernière avec une maîtrise relative entre les mains des data scientists.

Prenons l'exemple d'un algorithme standard, par exemple un arbre syntaxique abstrait dans un compilateur, il est aisé de comprendre le fonctionnement de chaque partie de l'arbre et l'impact dans le cas du changement de la valeur d'un nœud. Dans le cas d'un algorithme de reconnaissance d'image par machine learning il est bien plus difficile de comprendre les variables en jeu lors du changement d'un pixel par exemple, aujourd'hui l'explicabilité et l'interprétabilité du deep learning est nulle.

---

1. Source : <https://perso.math.univ-toulouse.fr/mllaw/home/statisticien/explicabilite-des-decisions-algorithmiques/>

2. Source : <https://perso.math.univ-toulouse.fr/mllaw/home/statisticien/explicabilite-des-decisions-algorithmiques/>

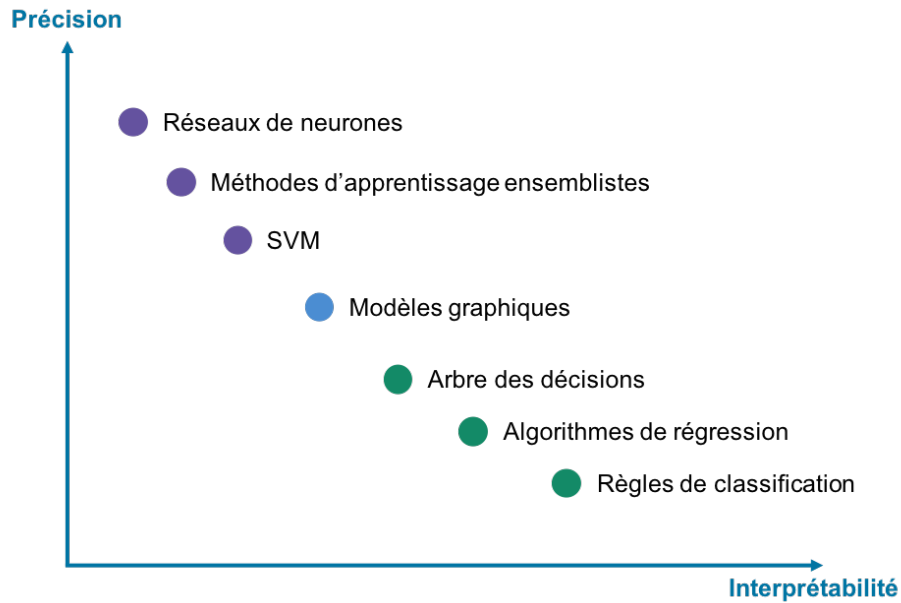


FIGURE 4.1 – Précision vs Interprétabilité - actuaia.com

En réalité plus un algorithme de machine learning est précis et fiable plus son interprétabilité devient faible, le système «devient une boîte noire», malheureusement par défaut les réseaux de neurones semblent être dans le bas du panier.

Une intelligence artificielle en capacité de répondre aux besoins d'explicabilité doit pouvoir répondre aux questions suivantes :

- Objectif d'une opération

## L'importance de l'explicabilité

---



Transparence  
des modèles



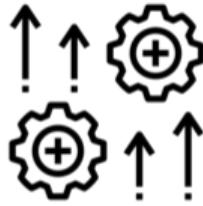
Générer de la  
confiance



Respecter la  
réglementation



Comprendre  
la prise des  
décisions



Améliorer la  
performance  
des modèles



Réduire les  
biais éthiques  
et moraux

FIGURE 4.2 – Enjeux de l'explicabilité - actuaia.com

### 4.2 Reproductibilité

L'explicabilité permettrait de faciliter la reproductibilité, tandis que sans celle-ci aujourd'hui les data scientists rencontrent une difficulté majeure : l'incapacité à reproduire les modèles de machine learning d'autres data scientists et chercheurs voire même l'incapacité à reproduire ses propres modèles.

### 4.3 Applicabilité Métier

Cette problématique concerne l'identification des besoins auxquels l'intelligence artificielle peut répondre, comme indiqué dans la partie précédente une des principales difficultés réside dans l'application concrète de celle-ci, à quel(s) besoin(s) peut répondre une intelligence artificielle qu'un algorithme "traditionnel" ne peut pas ?

## 5 Automatiser les taches sans grande valeur ajoutée

Nous avons vu dans la partie précédente que l'intelligence artificielle ne pourra pas remplacer l'intelligence artificielle dans tout les domaines qui demande de la créativité, de l'empathie et globalement la majorité des domaines qui demande des interactions complexes entre individus tel que la gestion de projet, l'analyse du besoin et la diplomatie. Il faut donc étudier quels métiers peuvent être automatisés dans le futur proche, voici une classification des caractéristiques d'un métier qui peut être automatisé :

- Taches simples et répétitives, répétition basique mais non absolue, des automates comme dans les industrie automobiles peuvent remplir le rôle, on parle ici de tâche répétitive mais non deterministes.
- Communication simple avec un être humain tel que le démarchage téléphonique, gestion de demande administrative (statut d'un dossier, demande de document), la reception / accueil où la gestion d'appel et d'agenda peut facilement être automatisé, le domaine comptable dans lequel il y a déjà des offres qui automatise fortement la comptabilité tel que QuickBooks et FreshBooks.
- Taches simples non répétitives comme les voitures taxi, les véhicules de livraison, l'objectif est d'aller d'un point A à un point B.

### 5.1 La valeur intrinsèque de métiers qui ne semblent pas en avoir

### 5.2 Re-spécialisation au sein des métiers automatisés

## 6 Utiliser l'IA comme un assistant de productivité

# Table des figures

1.1	Les différents domaines de l'Intelligence Artificielle . . . . .	5
1.2	Neurone Biologique et Neurone Artificiel . . . . .	6
1.3	Réseau de neurones avec 2 couches cachées . . . . .	7
1.4	Différences entre Shallow Learning et Deep Learning . . . . .	7
1.5	Réseaux de neurones à 3 couches cachées . . . . .	8
1.6	Réprésentations intermediaires - Andrew Ng . . . . .	8
2.1	Les quatres révolutions de l'industrie - spectralengines.com . . . . .	13
2.2	simulation en réalité virtuelle d'une turbine à gaz - siemens.com . . . . .	15
3.1	Planification automatique avec un automate . . . . .	19
3.2	Chinese room experiment - wikicommons . . . . .	20
3.3	Extrait du manuel d'instruction - David L. Anderson . . . . .	21
3.4	Interprétation basique du test de Turing . . . . .	21
3.5	Les quatres Assistants Personnels les plus connus - THE WALL STREET JOURNAL	22
3.6	Performances des Assistants Personnels . . . . .	23
3.7	Résultats par catégories . . . . .	24
3.8	Précision en fonction des accents - The Washington Post . . . . .	25
3.9	Avatar de l'ordinateur watson - IBM . . . . .	25
3.10	Évolution de l'IA Watson - IBM . . . . .	26
3.11	Robot Pepper- Softbank Robotics Europe . . . . .	27
3.12	les caractéristiques de l'Oncology Expert Advisor . . . . .	28
3.13	apprentissage profond renforcé - towardsdatascience . . . . .	29
3.14	La catastrophe du vol 447 - lefigaro.com . . . . .	36
4.1	Précision vs Interprétabilité - actuaia.com . . . . .	41
4.2	Enjeux de l'explicabilité - actuaia.com . . . . .	42