



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

Table des matières	1
I L'Intelligence Artificielle remplace l'humain pour les tâches répétitives	4
1 L'Intelligence Artificielle aujourd'hui	5
1.1 Intelligence Artificielle Faible	5
1.1.1 Shallow Learning	6
1.1.2 Deep Learning	7
2 Applications de l'Intelligence Artificielle	9
2.1 Le secteur de la Finance	9
2.2 Le secteur de la médecine	11
2.2.1 AtomNet	11
2.2.2 Babylon	12
2.3 Le secteur industriel	13
2.3.1 Siemens	14
2.3.2 Fanuc	16
II L'humain se concentre sur les tâches qui nécessite d'avoir des traits humains	17
3 l'Intelligence Artificielle ne peut pas remplacer l'humain pour toutes les tâches	18
3.1 Intelligence Artificielle Forte	18
3.1.1 Prérequis	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
III Vers une synergie homme-machine	32
4 Automatiser les tâches sans valeurs ajoutée	33
5 Utiliser l'IA comme un assistant de productivité	34

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 :

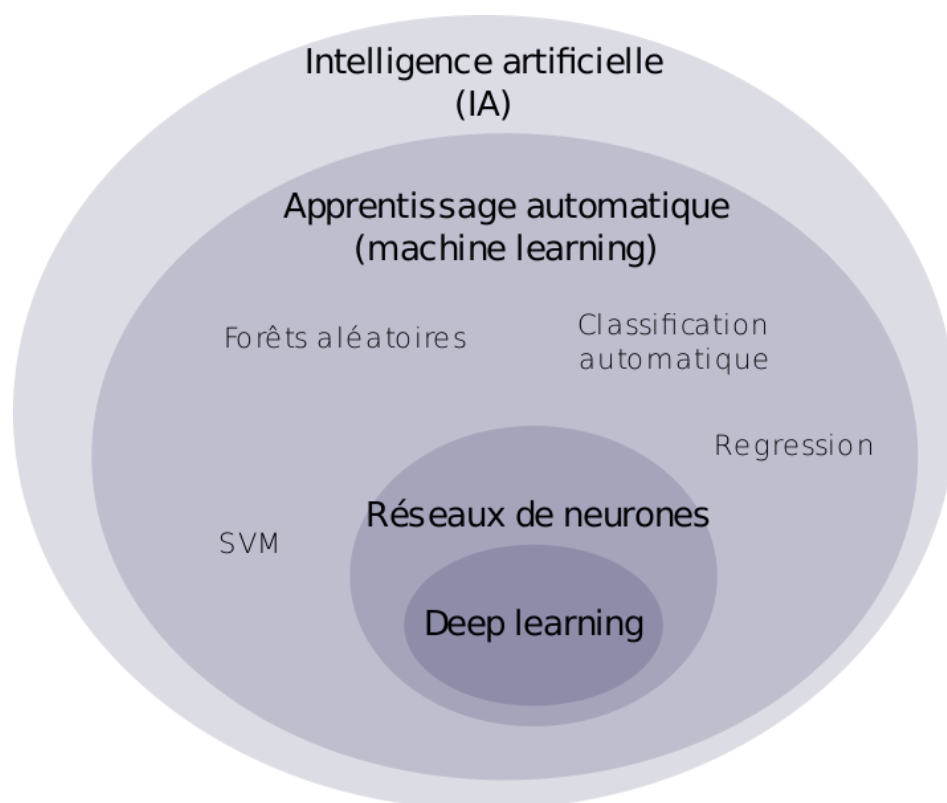


FIGURE 1.1 – Les différents domaines de l'Intelligence Artificielle

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 :

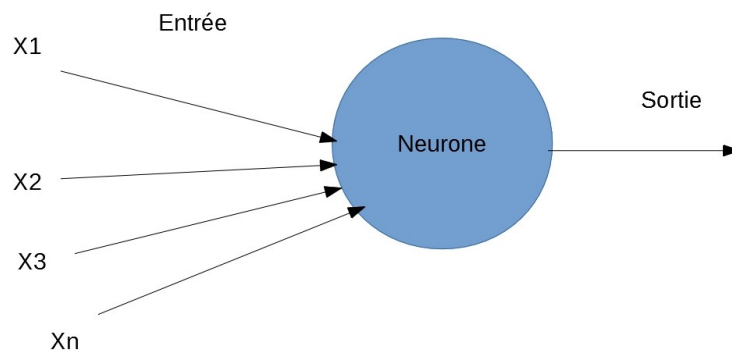


FIGURE 1.2 – Neurone Biologique et Neurone Artificiel

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 :

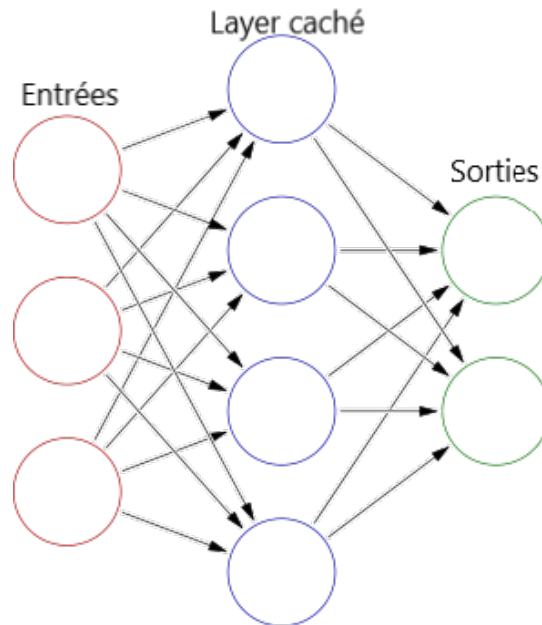


FIGURE 1.3 – Réseau de neurones avec 2 couches cachées

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 :

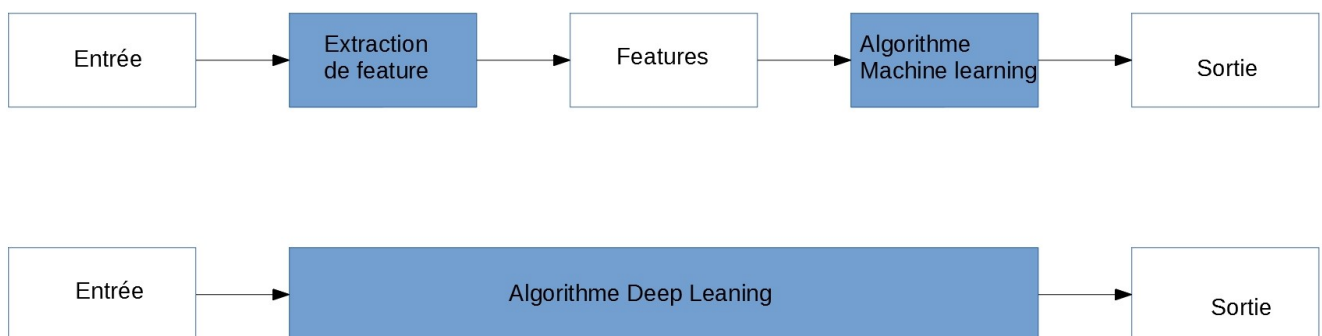


FIGURE 1.4 – Différences entre Shallow Learning et Deep Learning

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

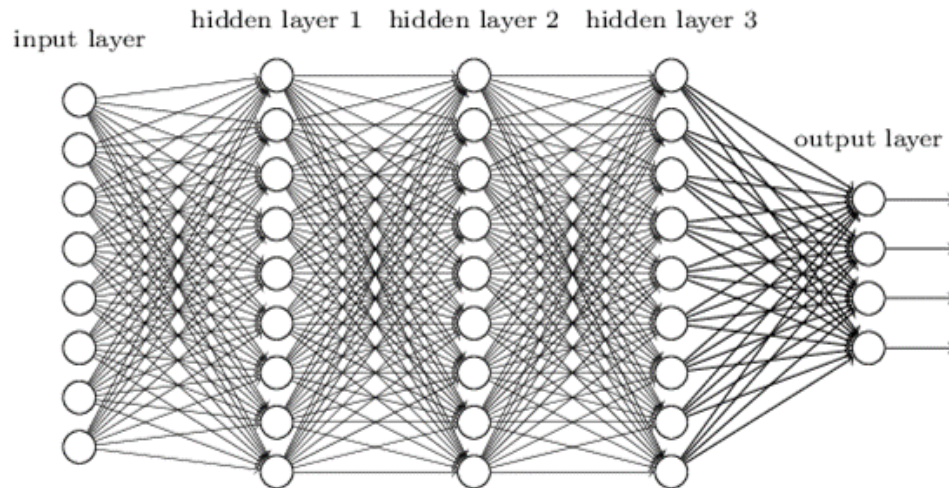


FIGURE 1.5 – Réseaux de neurones à 3 couches cachées

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 :

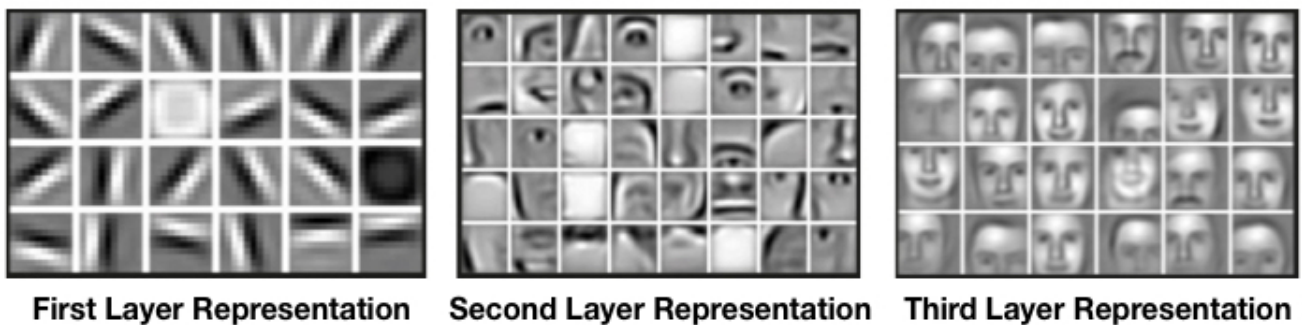


FIGURE 1.6 – Représentations intermédiaires - Andrew Ng

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.

Par Exemple Wealthfront¹ a basé ses offres sur des algorithmes complexes financier pour créer des services, et à partir de 2016, la troisième génération de ses services utilisent 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 présent, de plus la société Wealthfront garde des conseiller 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 cible une clientèle plus jeune attiré par le fait même d'utiliser de la technologie pour la gestion de leur finance, le côté un peu technophile de la génération des "millenials".

Un des autres champ 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 pouvait 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-positif 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 anonymisés pour trouver un pattern sortant du lot et pouvant être une fraude. Une autre information importante est aussi utilisé : la géolocalisation de la transaction, selon les propres mot 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.». ² 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-#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.
- Recherche 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.

2.2.1 AtomNet

AtomNet est une technologie développé par la société AtomWise, il s'agit d'une intelligence artificielle utilisant un réseau de neurone convolutif³ 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». ⁴

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 types d'atomes, 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

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

2.2.2 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.

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" :

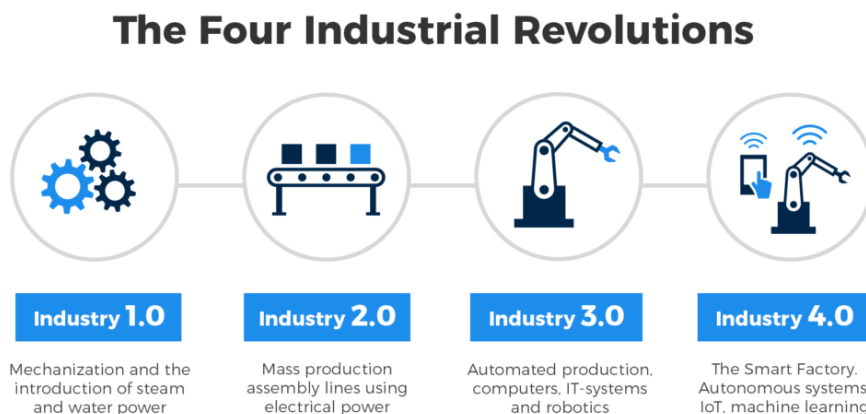


FIGURE 2.1 – Les quatres révolutions de l'industrie - spectralengines.com

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 operationnel 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.

2.3.1 Siemens

Siemens⁵ utilise le deep learning dans les différents processus de ses usines d'acier, en Mars 2016 Siemens 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.»⁶

Siemens a aussi commencé en 2017 une recherche pour réaliser un système d'analyse de données

5. «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>

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

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.

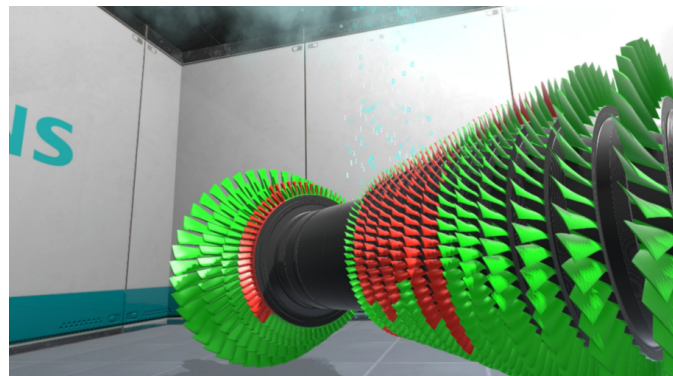


FIGURE 2.2 – simulation en réalité virtuelle d'une turbine à gaz - siemens.com

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.

2.3.2 Fanuc

Fanuc est une entreprise japonaise leader dans les robots industriels et les machines CNC⁷ 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'à 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.

7. 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.

3.1.1 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.»¹

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 :

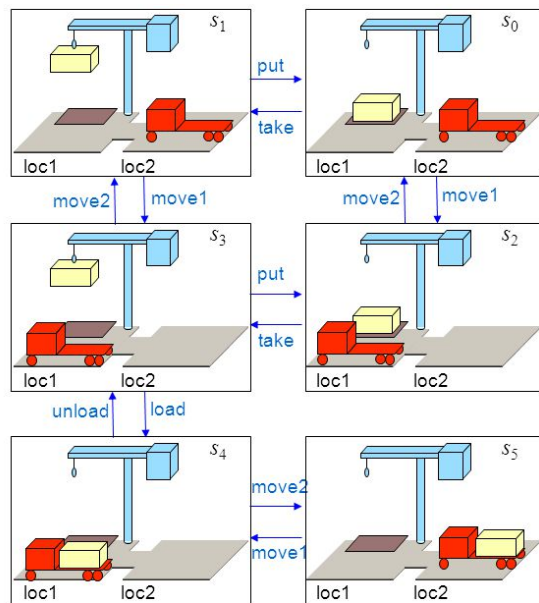
«En intelligence artificielle, la planification automatique (automated planning en anglais) ou plus simplement planification, vise à développer des algorithmes pour produire des plans typiquement pour l'exécution par un robot ou tout autre agent. Les logiciels de planification qui incorporent ces algorithmes 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.»²

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:
 - ◆ $S = \{s_0, \dots, s_5\}$
 - ◆ $A = \{\text{move1}, \text{move2}, \text{put}, \text{take}, \text{load}, \text{unload}\}$
 - ◆ $E = \{\}$
 - ◆ γ : 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))

Freins majeur de la création d'Intelligence Artificielle Forte

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".

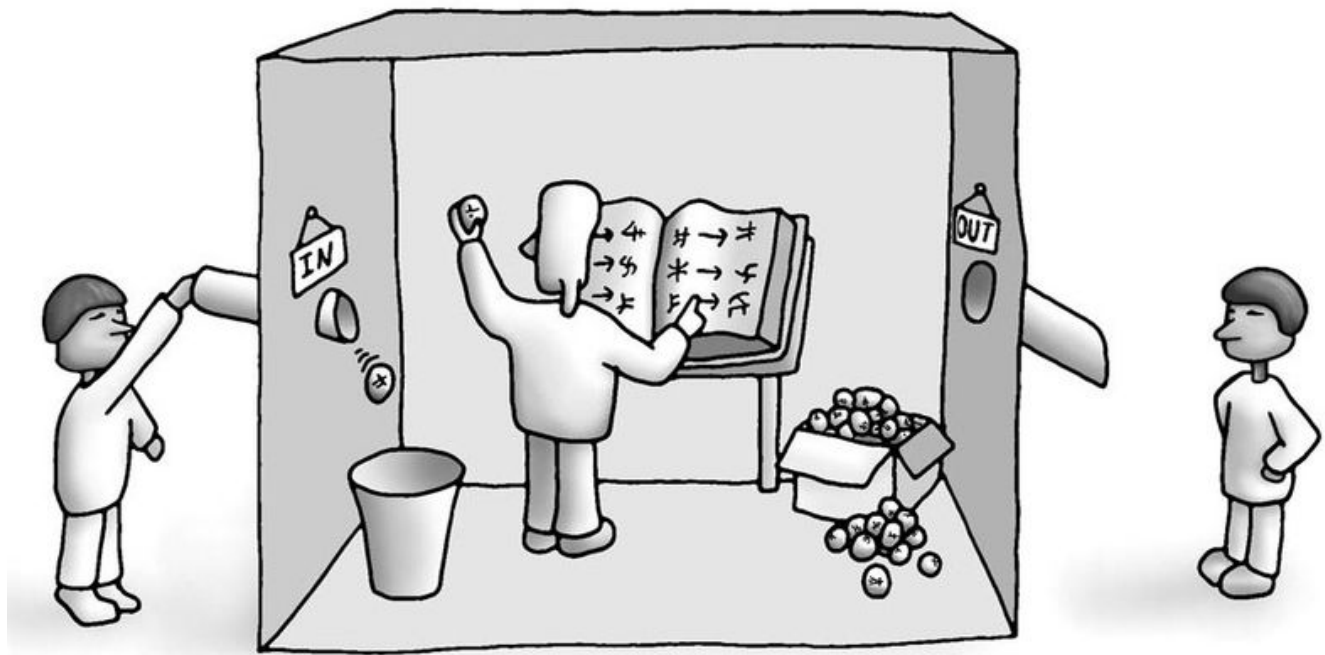


FIGURE 3.2 – Chinese room experiment - wikicommons

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 envoyés 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.

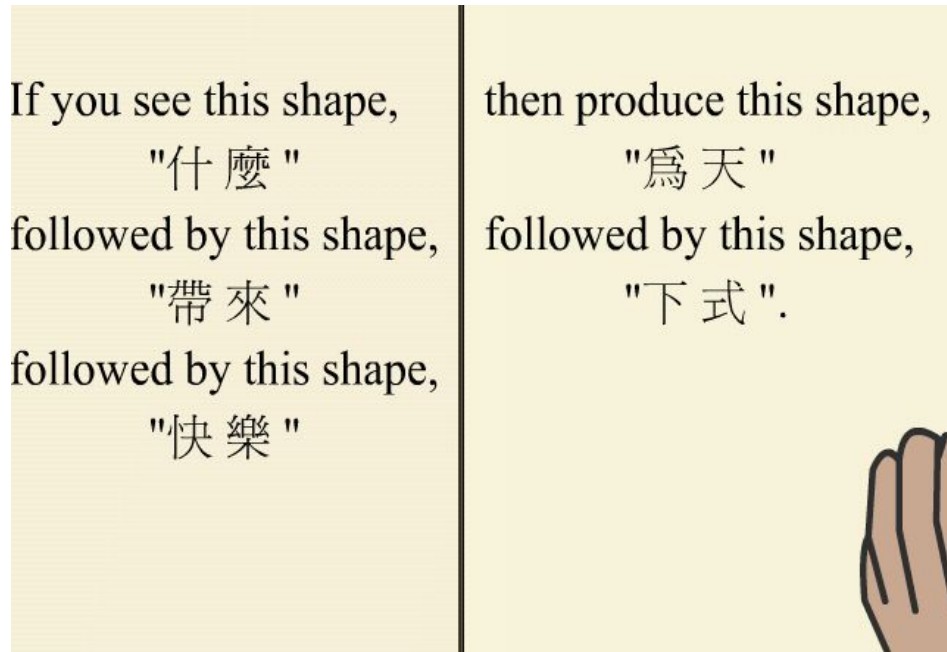


FIGURE 3.3 – Extrait du manuel d'instruction - David L. Anderson

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).

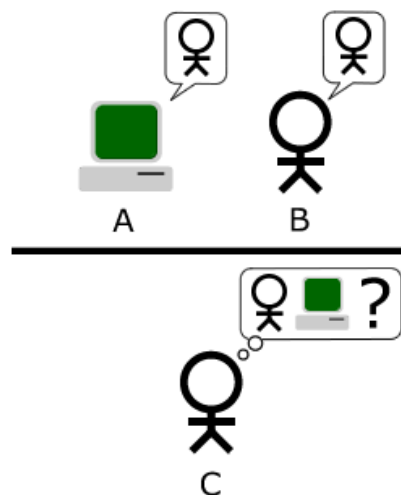


FIGURE 3.4 – Interprétation basique du test de Turing

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 ventures³ 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

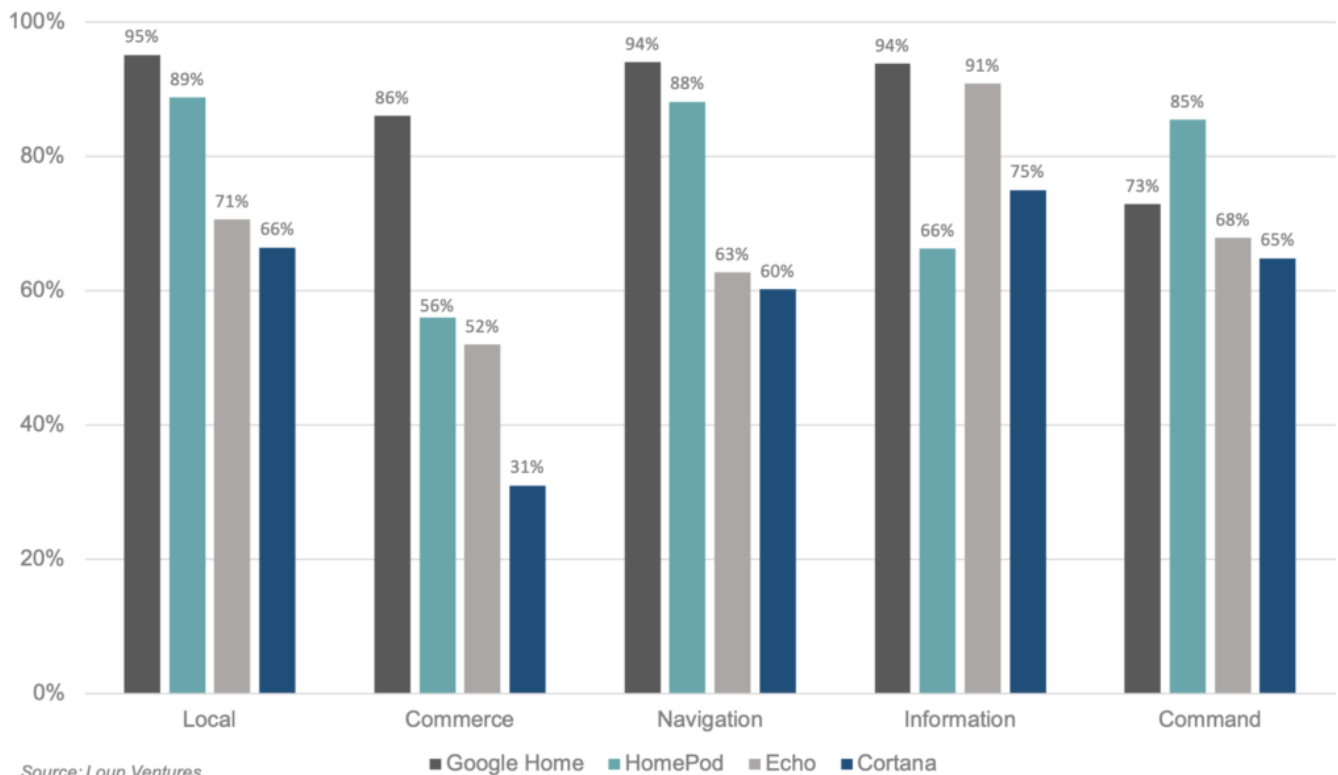


FIGURE 3.7 – Résultats par catégories

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.

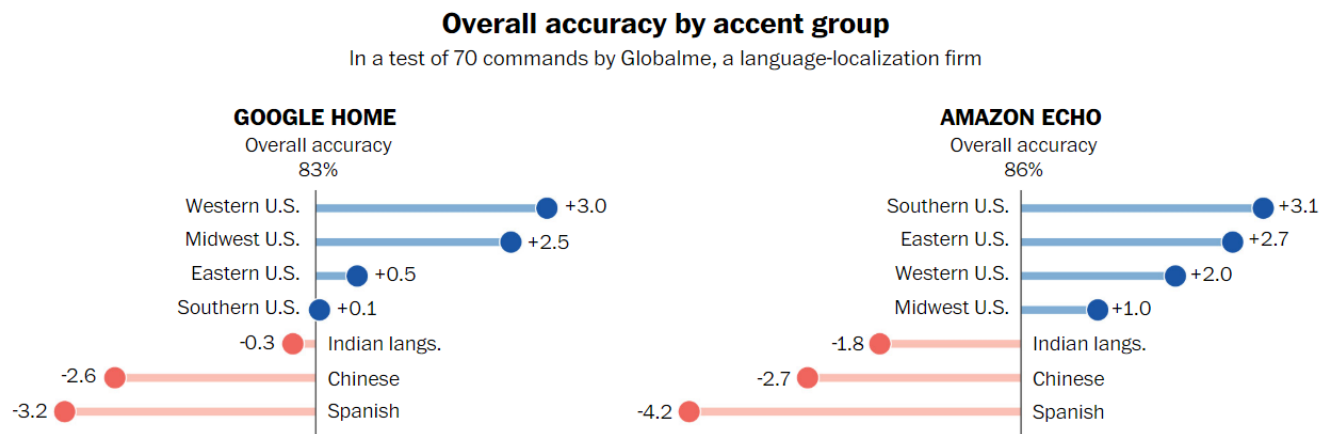


FIGURE 3.8 – Précision en fonction des accents - The Washington Post

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!⁴

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

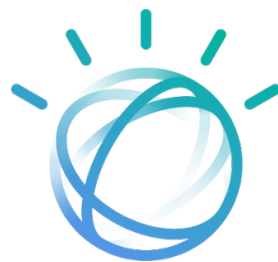


FIGURE 3.9 – Avatar de l'ordinateur Watson - IBM

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.

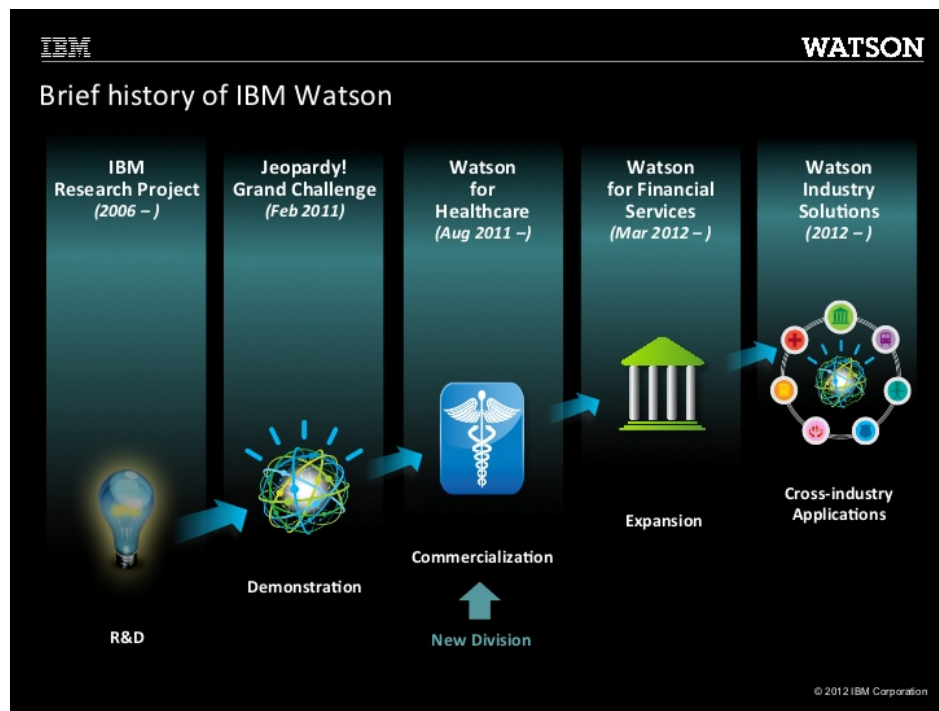


FIGURE 3.10 – Évolution de l'IA Watson - IBM

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 Centre⁵ pour rassembler des connaissances en cancérologie et les rendre accessibles à l'international sous le service «Watson for oncology»⁶.

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.»⁷

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

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

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

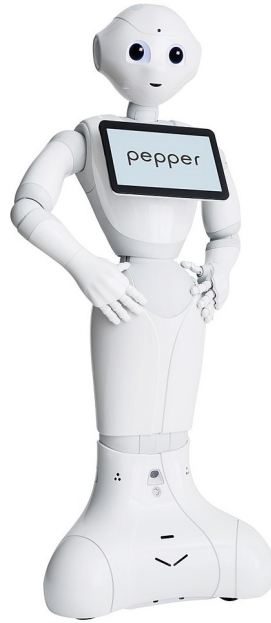


FIGURE 3.11 – Robot Pepper- Softbank Robotics Europe

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.⁸ 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 Center⁹ qui avait décidé en 2013 d'utiliser Watson pour assister les praticiens pour le traitements du cancer, a stoppé le projet indiquant une absence de résultat dû à plusieurs facteurs :¹⁰

- 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 EHR¹¹ utilisé par MD Anderson, EPIC, alors

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

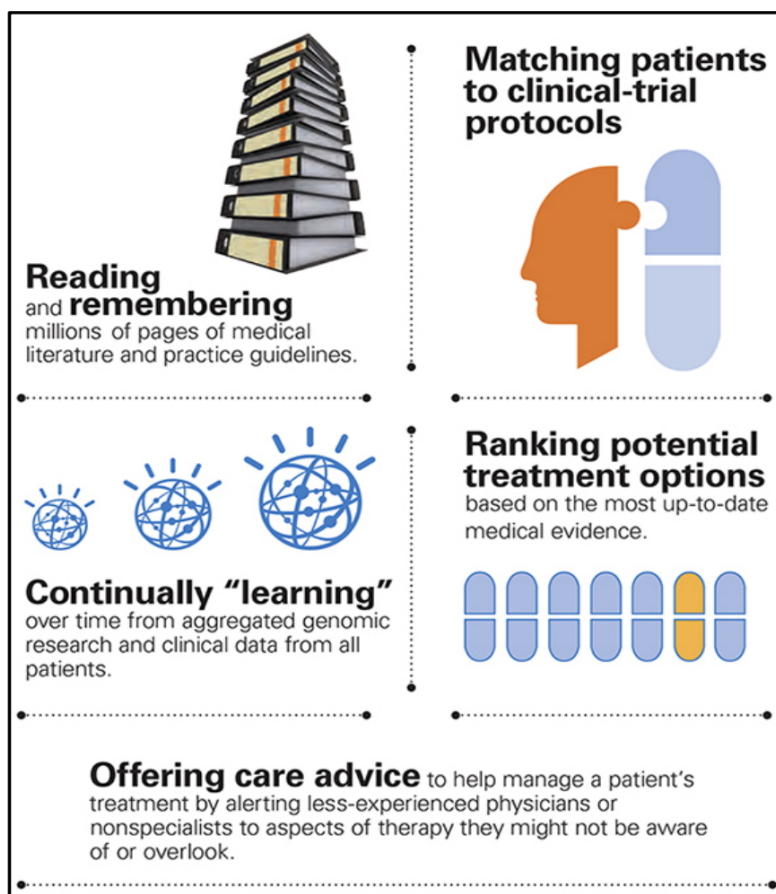
9. <https://www.mdanderson.org/>

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 établissements¹² 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 Howard¹³ «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 aisé car il faut identifier le 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 chercher à se faire de la publicité plutôt qu'à réellement résoudre des problèmes.

Deepmind



DeepMind Technologies est une entreprise britannique fondé en 2010 qui a été racheté 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. » ¹⁴

L'entreprise utilise des IA capables d'apprendre à jouer à des jeux vidéos 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 brut possible, au contraire de beaucoup d'IA où la génération de feature est extrêmement poussé rendant l'IA dépendante du raffinement des features définies, ainsi que les connaissances acquis lors de l'entraînement sur les jeux joués précédemment.

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

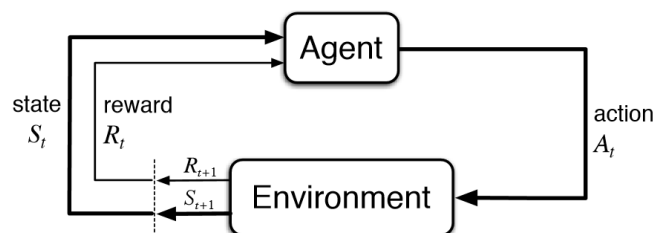


FIGURE 3.13 – apprentissage profond renforcé - towardsdatascience

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 ¹⁵, 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 ¹⁶ 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

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

3.4 La problématique de l'automatisation des métiers

Tout les métiers ne sont pas automatisables

La resistance au changement forte avec l'IA

Troisième partie

Vers une synergie homme-machine

4 Automatiser les taches sans valeurs ajoutée

5 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