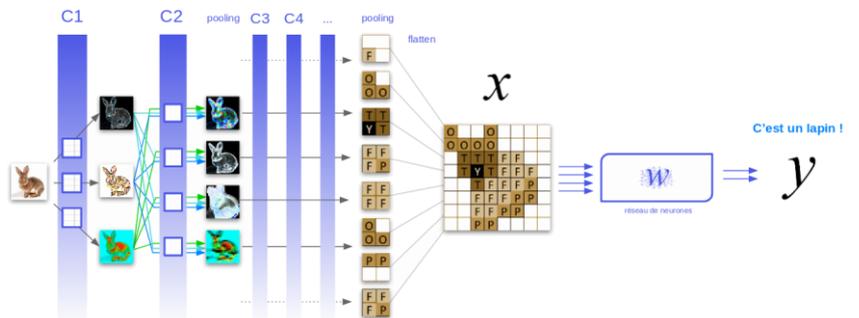
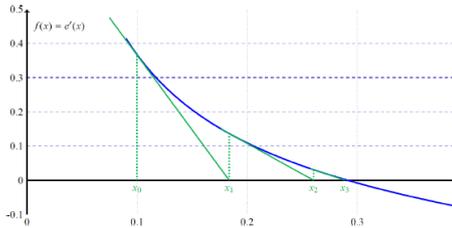


Cycle 8: Mettre en œuvre une démarche de résolution numérique

Chapitre 1 : Introduction à l'intelligence artificielle



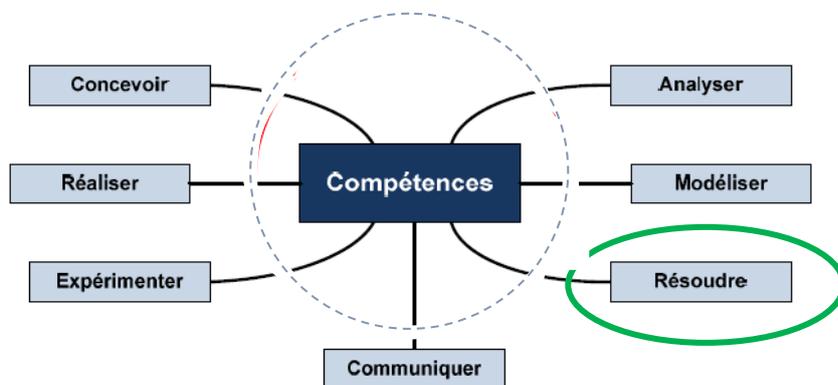
Problématique

Quels sont les concepts de base de l'intelligence artificielle ?

Savoir

C. Résoudre:

- C3 : mettre en œuvre une démarche de résolution numérique



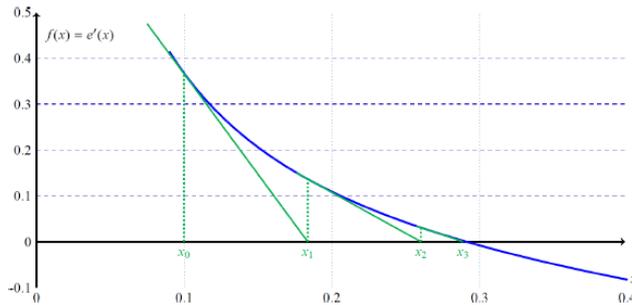


Introduction à l'intelligence artificielle

1. Rappels sur les démarches de résolution numériques vues en PTSI

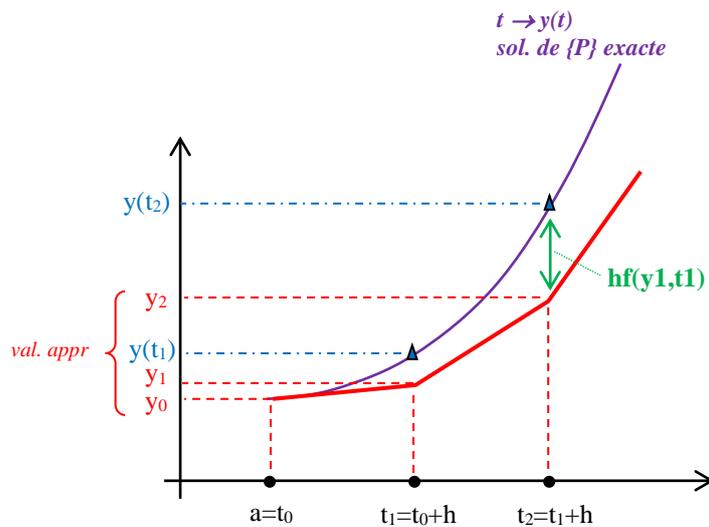
En tant que futurs ingénieurs scientifiques, vous devez maîtriser les principales démarches et outils d'aides aux calculs. Au programme de CPGE figurent 2 démarches importantes que vous avez vues en informatique :

- Recherche du **zéro d'une fonction $f(x)=0$** par les méthodes de **DICHOTOMIE** et **NEWTON**



Cf cours informatique PTSI

- Résolution des **équations différentielles** d'ordre 1 et 2 par **EULER**



Cf cours informatique PTSI

Cette année, en informatique et en sciences de l'ingénieur, nous allons découvrir d'autres démarches de résolution numériques basés sur **l'intelligence artificielle**.



Robotics & Autonomous



Industrial Automation



Predictive Maintenance



Patient Monitoring



Electricity Use Forecasting



Automated Driving



Introduction à l'intelligence artificielle

1. L'IA est un des grands défis de demain...

Selon les prévisions de McKinsey, à l'horizon 2030, l'IA devrait contribuer à l'économie mondiale à hauteur de 13 000 milliards de dollars.

Ceci s'explique par le fait que l'IA est en train de **transformer l'ingénierie dans la quasi-totalité des industries et des domaines d'application**. Au-delà de la conduite autonome, l'IA est également utilisée dans des modèles qui **prédisent les pannes des machines** en alertant sur les besoins de maintenance, mais aussi pour **l'analyse des données de santé** et de capteurs, par exemple dans les systèmes de surveillance des patients, ou encore dans des systèmes robotiques qui apprennent par l'expérience.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

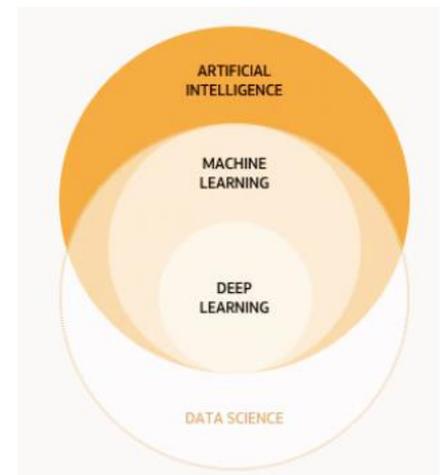
UN DES DÉFIS SCIENTIFIQUES ET SOCIÉTAUX MAJEURS DE DEMAIN



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

En termes simples, l'intelligence artificielle (IA) fait référence **à des systèmes ou des machines qui imitent l'intelligence humaine pour effectuer des tâches et qui peuvent s'améliorer en fonction des informations collectées grâce à l'itération**.

L'intelligence artificielle est liée au processus et à la **capacité de réflexion et d'analyse de données approfondies au maximum**. Bien que l'IA évoque des images de robots ultra-performants ressemblant à des humains et envahissant le monde, l'IA n'est pas destinée à nous remplacer. Elle **visse à améliorer de manière significative les capacités et les contributions humaines**. Cela en fait un atout économique très précieux.



Au sein de la « sphère » IA se trouve 2 grandes familles de démarches de résolution numériques :

- **l'apprentissage automatique (Machine Learning)**
- **et l'apprentissage profond (Deep Learning) via les réseaux de neurones.**

3. Historique rapide

Si l'intelligence artificielle est en plein essor aujourd'hui, ses débuts remontent à la fin des années 50. En 1955, le mathématicien John McCarthy (prix Turing 1971) définit l'IA comme **"La science dont le but est de faire réaliser par une machine des tâches que l'homme accomplit en utilisant son intelligence."** Mais cette définition ne propose pas alors la notion d'apprentissage.



Figure 1 - John McCarthy

Pendant de longues années, les IA ne sont en effet que des « systèmes experts », algorithmes entièrement programmés et reproduisant les mécanismes cognitifs d'un expert (joueur d'échec, médecin, scientifique, ...). Ils sont capables de répondre à des questions, en effectuant un raisonnement à partir de faits et de règles connues. Lourds et compliqués à programmer, ces systèmes ont été pour la plupart abandonnés.



Figure 2 - Yann Le Cun

Aujourd'hui, le chercheur français Yann Le Cun (prix Turing 2019), définit l'intelligence artificielle comme **« la capacité, pour une machine, d'accomplir des tâches généralement assurées par les animaux et les humains : percevoir, raisonner et agir »**. Elle est inséparable de la capacité à **APPRENDRE**, telle qu'on l'observe chez les êtres vivants. »

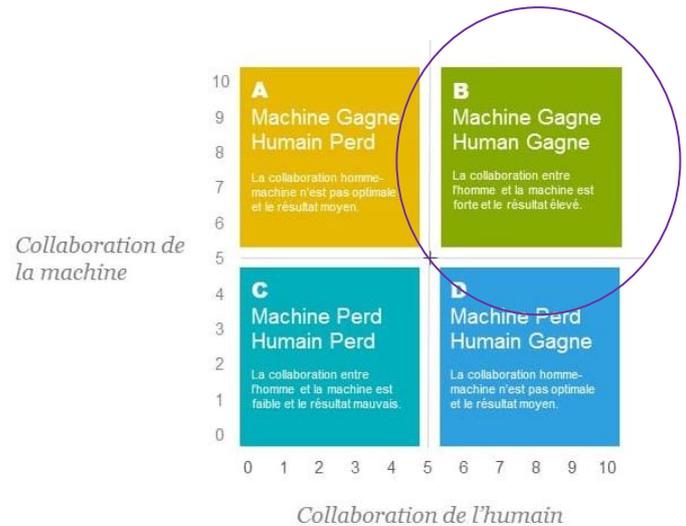


Introduction à l'intelligence artificielle

4. L'IA au service de l'homme...

L'objectif de l'IA intégrée à nos démarches scientifiques d'analyses, de prises de décisions...etc est d'être dans un carré gagnant, montrant une parfaite collaboration entre l'homme et la machine.

Voici un article intéressant montrant la force de l'IA dans un domaine si précieux pour l'homme, celui de la **santé**.



L'IA va t-elle réduire les inégalités devant la médecine



RXThinking est une IA chinoise qui aide les médecins dans leurs diagnostics. Une occasion inespérée de s'interroger sur les conséquences pour l'homme de cette nouvelle forme d'intelligence.

Passé par la Silicon Valley et Baidu (le Google chinois), les fondateurs de RXThinking ont mis au point une intelligence artificielle destinées à accompagner les médecins lors des phases de diagnostics. Elle fonctionne comme un instrument de navigation. L'IA commence par aller puiser dans un gigantesque volume de données disponibles (400 millions de dossiers accessibles) avant d'orienter le praticien vers telles ou telles pistes afin de l'aider à effectuer son diagnostic. Le médecin garde pleinement la main tandis que l'IA se comporte comme un assistant. Avec le temps, ses diagnostics s'avèrent de plus en plus précis.

Sa vertu est de faire profiter chaque patient d'un niveau de service médical élevé, au sein d'une société profondément inégalitaire et dans laquelle les écarts de qualité des soins de santé sont flagrants. Elle permet aussi aux médecins et praticiens de se focaliser davantage sur le patient lui même, laissant des tâches longues et fastidieuses être effectuées par une intelligence artificielle.



Introduction à l'intelligence artificielle

5. L'IA et l'éthique ...

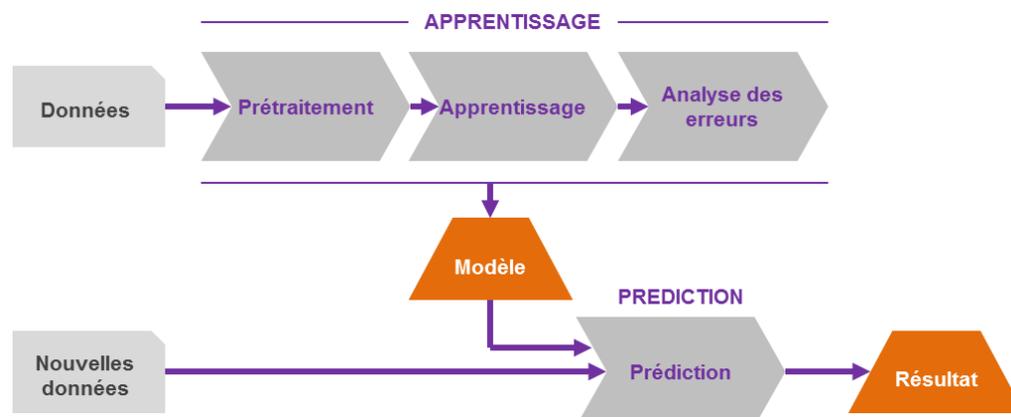
L'IA et les systèmes d'aide sont confrontés aux **biais conscients et inconscients du jugement humain** : les données des jeux d'entraînement, les algorithmes et certains choix conceptuels à l'origine des systèmes d'IA peuvent **refléter et amplifier les préjugés et les inégalités sociales, culturelles**.

Il en existe des exemples : *reconnaissance vocale qui n'entend pas les femmes, modèles de langage naturel qui font des associations stéréotypées, limite floue entre reconnaissance faciale dans un but de sécurité et atteinte à la vie privée...*

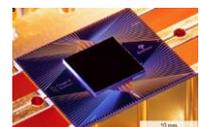
Lorsque l'apprentissage automatique est intégré dans des systèmes sociaux complexes tels que la justice, les diagnostics de santé, les admissions académiques, l'embauche et la promotion, **il peut renforcer les inégalités existantes**.

6. L'IA rendue possible avec les progrès en chimie des composants et l'arrivée d'internet...

Nous verrons plus tard que l'IA repose sur une phase très importante pour que la machine devienne intelligente, celle de l'**APPRENTISSAGE**. Pour entraîner la machine, on utilise **un très grand nombre d'exemples** qui permet d'ajuster les paramètres d'algorithme permettant à la machine de s'enrichir. Une fois cette phase réalisée, le système peut alors fournir lui-même un résultat quelles que soient les données d'entrée. C'est ce qu'on appelle la **capacité de généralisation**. C'est ce que l'on appelle le **machine learning**.



Le succès de l'approche « machine learning » n'a pas été immédiat car le **processus d'entraînement demande une puissance de calcul importante** et son efficacité n'a été probante qu'avec les progrès du matériel informatique à partir des années 2000.



Le deuxième frein au démarrage de l'apprentissage automatique est la **nécessaire quantité importante de données** pour les phases d'apprentissage et de test. L'explosion de l'usage d'**internet** sur cette même période a permis de dépasser cette contrainte. Aujourd'hui on parle de **BIG DATA**.



Introduction à l'intelligence artificielle

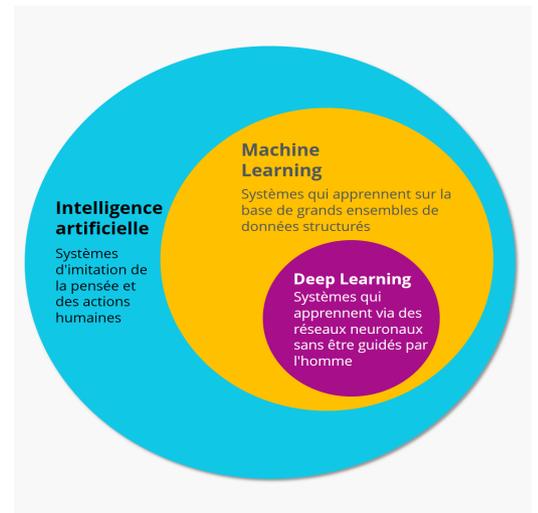
7. Les différents types d'intelligences artificielles au programme en CPGE

Le **Machine Learning** (apprentissage automatique) et le **Deep learning** (apprentissage profond) sont les deux concepts les plus importants qui rendent l'intelligence artificielle possible. On confond bien souvent ces deux termes, alors qu'ils désignent deux méthodes bien distinctes employées dans des champs d'application différents.

Ces approches ont toutes deux pour résultat de donner aux ordinateurs la capacité de prendre des décisions intelligentes. Cependant, le Deep learning est une sous-catégorie du Machine Learning, car il s'appuie sur un apprentissage sans surveillance.

On parle d'**intelligence artificielle faible**, par opposition à une intelligence artificielle forte qui serait à même, dans de nombreux domaines et circonstances, de prendre des décisions intelligentes semblables à celles de l'humain.

Les deux technologies ont impérativement besoin de **disposer de grandes quantités de données**, qui leur servent de base d'apprentissage. Les similitudes s'arrêtent là.



7.1. Le Machine Learning

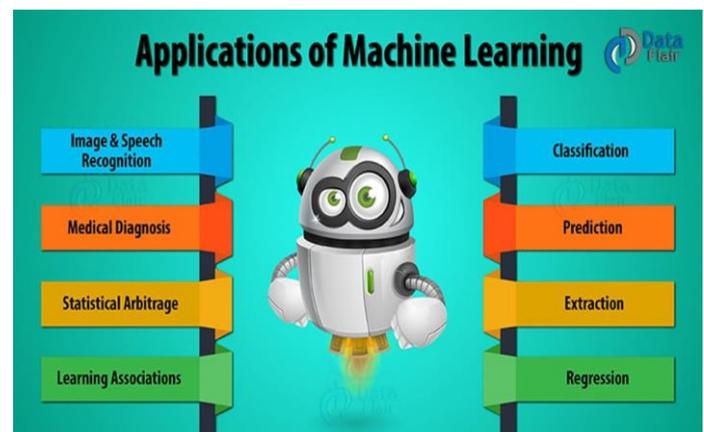
Le **Machine Learning** (= *apprentissage automatique*) est une branche de l'intelligence artificielle qui concerne la **conception, l'analyse, le développement et l'implémentation** de **modèles**, permettant à une machine d'apprendre à partir des données par un processus systématique afin de remplir une tâche.

Le **Machine Learning** est la technologie la plus ancienne et la plus simple. Elle s'appuie sur un algorithme qui adapte lui-même le modèle à partir des retours faits par l'humain. La mise en place de cette technologie implique l'existence de **données organisées**. Le système est ensuite alimenté par des données structurées et catégorisées lui permettant de comprendre comment classer de nouvelles données similaires. En fonction de ce classement, le système exécute ensuite les actions programmées. Il sait par exemple identifier si une photo montre un chien ou un chat et classer le document dans le dossier correspondant.

Après une première phase d'utilisation, l'algorithme est optimisé à partir des feedbacks du développeur, qui informent le système des classifications erronées et lui indiquent les bonnes catégories.

Avec le machine learning l'ordinateur peut :

- *trier les objets de notre monde (Classification),*
- *de prédire des événements (Prédiction),*
- *d'identifier des règles sous-jacentes à des données,*
- *d'analyser des séries temporelles (Régressions),*
- *d'interpréter des textes (Analyse des sentiments sur les réseaux sociaux...)*
- *d'analyser des images*
- *diagnostics médicaux...*



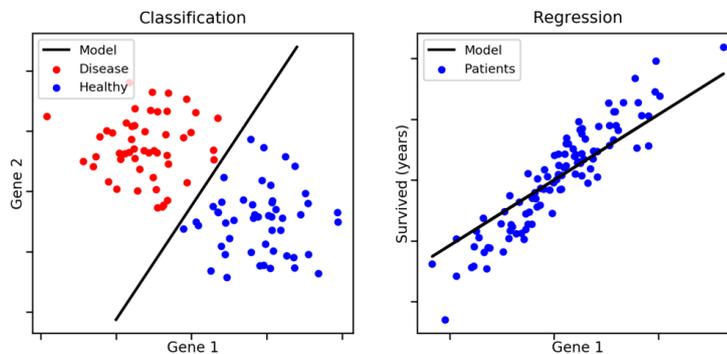
Introduction à l'intelligence artificielle

En machine learning, il existe 3 types principaux d'apprentissages.

- **L'apprentissage supervisé** : L'apprentissage supervisé (*supervised learning*) est une tâche d'apprentissage automatique consistant à apprendre une fonction de prédiction à partir d'**exemples annotés**. On distingue les problèmes de **régression** des problèmes de **classement**. Ainsi, on considère que les problèmes de prédiction d'une variable quantitative sont des problèmes de régression tandis que les problèmes de prédiction d'une variable qualitative sont des problèmes de classification.

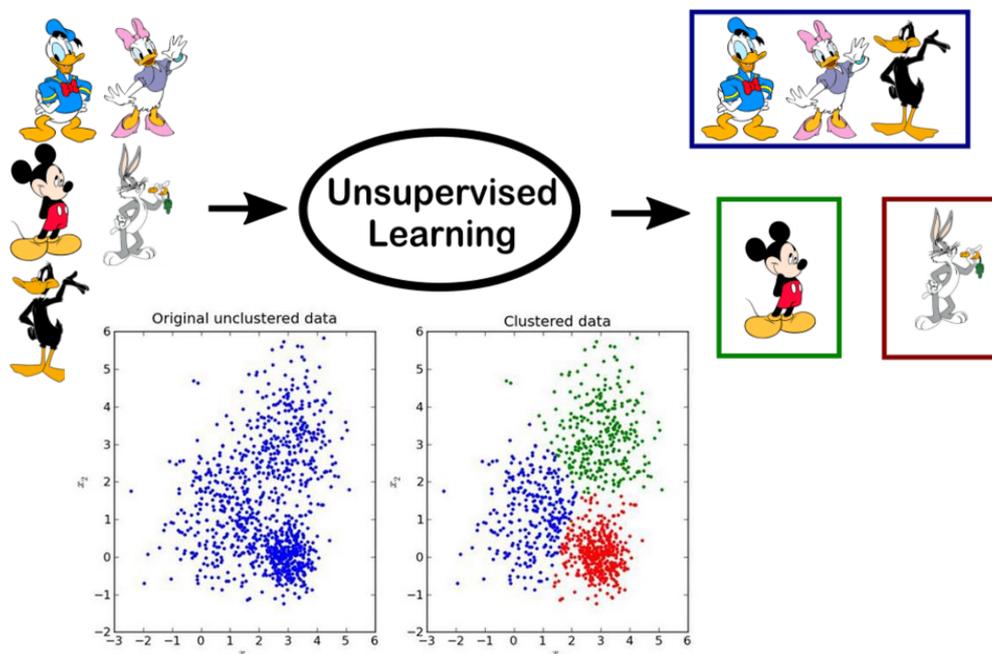
Les modèles d'apprentissage supervisé demandent beaucoup de travail préparatoire aux data scientists. Les **jeux de données en entrée doivent être étiquetés**, tandis qu'il faut **indiquer les paramètres de sortie, les résultats attendus**. Il faut également ajuster la précision pendant le processus d'apprentissage.

*Avec l'apprentissage supervisé, la machine peut apprendre à faire une certaine tâche en étudiant des **exemples** de cette tâche. Par exemple, elle peut apprendre à reconnaître une photo de chien après qu'on lui ait montré des millions de photos de chiens = CLASSIFICATION. Ou bien, estimer le prix d'un appartement après qu'on lui est montré des millions de prix d'appartements fonctions de variables d'entrées données (surface, localisation...) = REGRESSION.*



Regardez cette 1^{ère} vidéo intéressante : <https://www.youtube.com/watch?v=EUD07IiviJg>

- **L'apprentissage non supervisé** : Quand on ne dispose pas de variable à prédire, et que le nombre de classes et leur nature n'ont pas été prédéterminés, on parle d'apprentissage non supervisé ou **Clustering**. L'algorithme doit découvrir par lui-même la structure plus ou moins *cachée* des données et séparer les données en différents groupes (clusters) homogènes (notion de similarité).



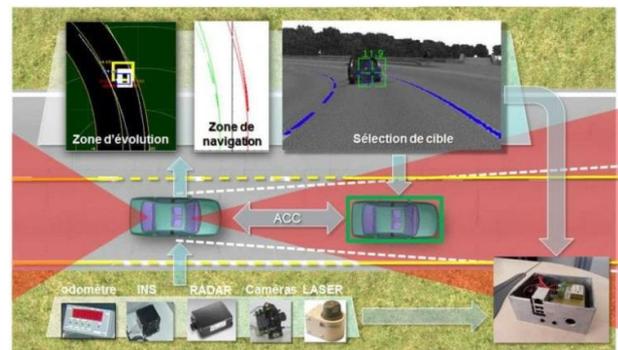
Introduction à l'intelligence artificielle

- L'apprentissage par renforcement** : Le but du "Reinforcement Learning" est d'apprendre en permanence, à partir d'expériences, ce qu'il convient de faire en différentes situations. Cela permet au système d'**optimiser progressivement son modèle d'entraînement à partir d'expériences** de façon à optimiser une récompense quantitative. Pour simplifier, il ne s'agit pas de donner la réponse correcte au système mais de lui indiquer si sa sortie est meilleure ou moins bonne.

Exemple : conduite autonome ou algo Alpha Go



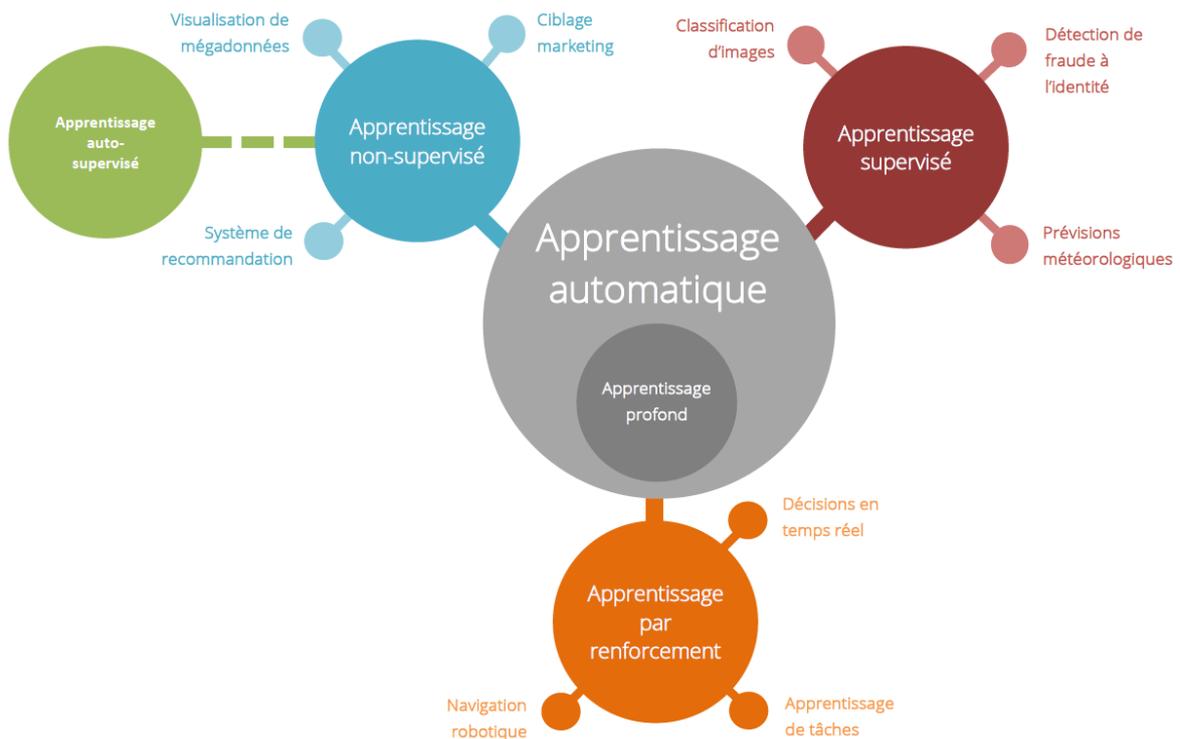
Figure 7 - L'algorithme AlphaGo utilise l'apprentissage par renforcement pour battre le champion Lee Sedol en 2016



Caméras, radars, lidar, GPS : les multiples "yeux" de la voiture autonome pour se repérer dans son environnement et identifier les obstacles.

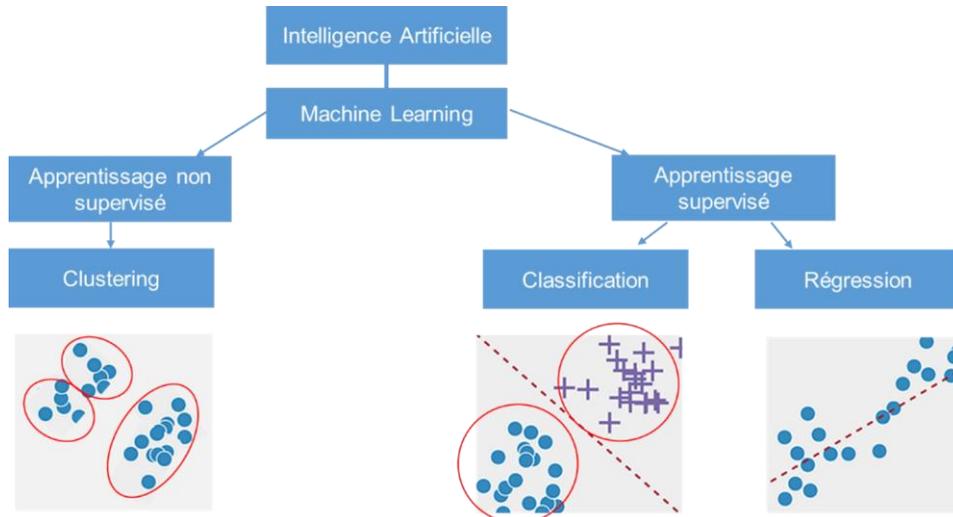
ÊTRE ENTRAÎNÉS POUR APPRENDRE

SYNTHÈSE des 3 types d'apprentissages :



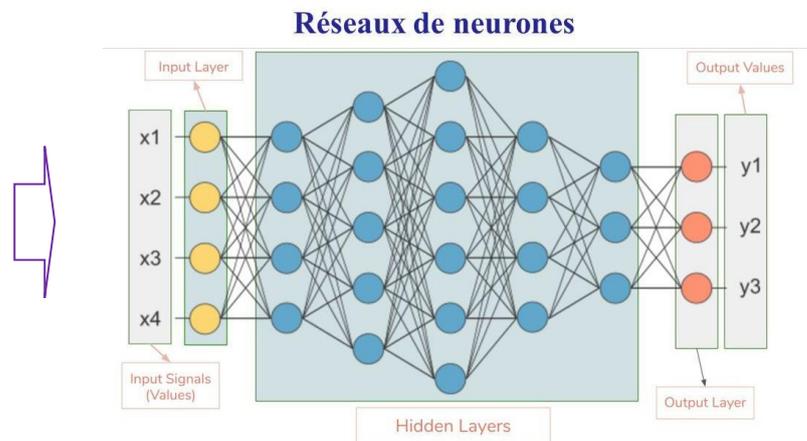
Introduction à l'intelligence artificielle

Détails des apprentissages supervisé et non supervisé :



7.2. Le Deep Learning

Le **Deep learning** (apprentissage profond) n'a **pas besoin de données structurées**. Le système fonctionne à partir de plusieurs couches de **réseaux neuronaux**, qui combinent différents algorithmes en s'inspirant du cerveau humain.



Cette approche est particulièrement adaptée pour les **tâches complexes**, lorsque tous les aspects des objets à traiter ne peuvent pas être catégorisés en amont. Le système du Deep learning **identifie lui-même les caractéristiques discriminantes**. Dans chaque couche, il recherche un nouveau critère spécifique de l'objet, qui sert de base pour **décider de la classification retenue** pour l'objet à la fin du processus.

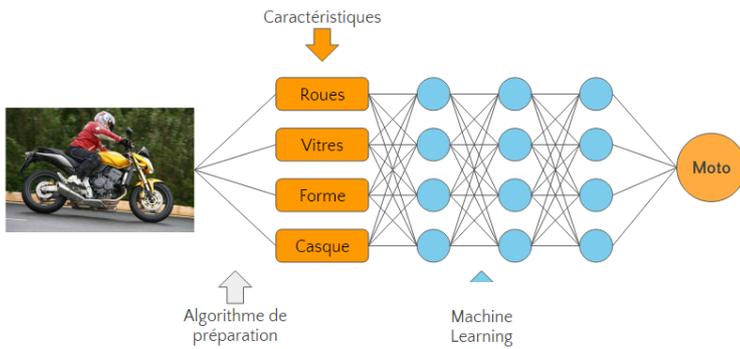
Important : avec le Deep learning, le système identifie lui-même les caractéristiques discriminantes des données, sans avoir besoin d'une catégorisation préalable. Le système n'a pas besoin d'être entraîné par un développeur. Il évalue lui-même le besoin de modifier le classement ou de créer des catégories inédites en fonction des nouvelles données.

Tandis que le Machine learning fonctionne à partir d'une base de données contrôlable, le Deep learning a besoin d'un **volume de données bien plus considérable**. Le système doit disposer de plus de 100 millions d'entrées pour donner des résultats fiables.

Par ailleurs, la technologie nécessaire pour le Deep learning est **plus sophistiquée et s'avère nettement plus coûteuse** que le machine learning : elle n'est donc pas intéressante, du moins à l'heure actuelle, pour une utilisation de masse par les entreprises.

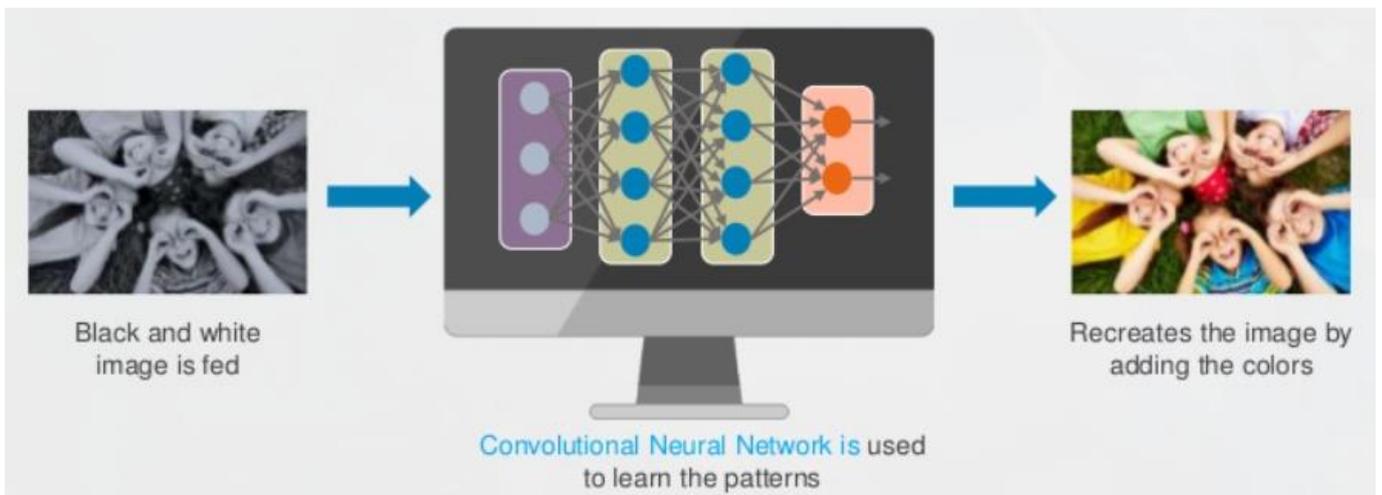
Introduction à l'intelligence artificielle

Des exemples d'applications :



Reads lip movements

Oxford and Google scientists created a neural network called LipNet that could read people's lips with 93% success. This can be used to add sounds to silent movies



Deep Learning helps in early detection of cancer cells and tumors, improves the time-consuming process of synthesizing new drugs, and invents sophisticated medical instruments



Introduction à l'intelligence artificielle

Sur quoi peut on vous interroger en SII aux concours ?



En SII de **CPGE**, vous devez avoir une **culture sur l'intelligence artificielle**. Dans le cadre de l'épreuve de **SiB et SiC**, il faut savoir expliquer la **différence entre un apprentissage supervisé ou non supervisé, expliquer en quelques lignes leurs principes**. *L'apprentissage par renforcement n'est pas au programme.*

Vous devez également savoir **expliquer le principe de l'apprentissage profond (Deep Learning)** et en quoi il est plus puissant que l'apprentissage automatique (machine learning) mais basé sur un nombre de données énorme.

Ensuite, **5 algorithmes d'apprentissage sont au programme en SII**, sur lesquels vous pourrez être interrogés plus en détails. C'est l'objet du chapitre suivant.

8. Quels algorithmes se cachent sous ces différents types d'apprentissages ?

Pour certains, l'affirmation suivante apparaît comme une évidence : un seul algorithme ne peut pas répondre à toutes les problématiques d'intelligence artificielle. **Suivant le type de données et les objectifs de votre IA, certains modèles ou algorithmes seront plus adaptés**. Par exemple, un algorithme de régression linéaire est plus facile à entraîner et à déployer que d'autres, mais il ne sera sans doute pas le meilleur pour réaliser des prédictions complexes.

Il existe beaucoup d'algorithmes d'apprentissage, mais **au programme de l'IA en SII ne figurent que 4 algorithmes d'apprentissage supervisé et l'algorithme des réseaux de neurones en apprentissage profond**:

- Régression linéaire
 - Régression polynomiale
 - Régression multiple
 - Classification avec les meilleurs k voisins
 - Réseaux de neurones
- } 4 algos d'apprentissage supervisé
- 1 algo d'apprentissage profond

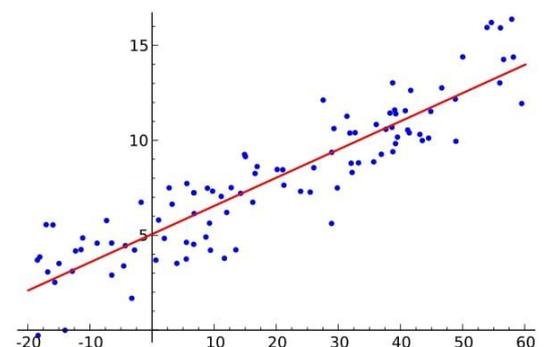
8.1. Régression linéaire

Sans aucun doute possible, les algorithmes de régression linéaire sont **les plus utilisés** par les équipes de data science. Il s'agit d'effectuer des **corrélations simples entre deux variables dans un jeu de données**.

Un ensemble d'entrées et les sorties correspondantes sont examinés et quantifiés pour montrer une relation, par exemple comment le changement d'une variable affecte une autre.

La popularité de la régression linéaire s'explique par sa **simplicité**. L'algorithme est facilement explicable, relativement transparent et il y a peu de paramètres à configurer. Bien connu dans la **pratique des statistiques**, ce type d'algorithmes est souvent utilisé pour prévoir des ventes ou des risques.

La régression linéaire est la meilleure solution lorsque vous cherchez à prédire une valeur.

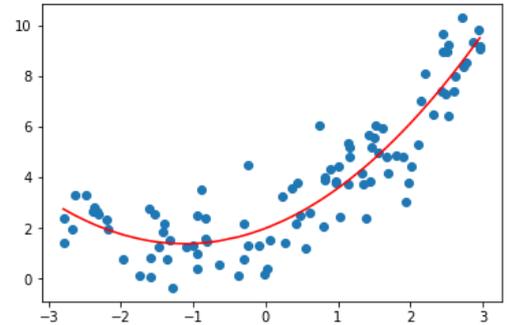




Introduction à l'intelligence artificielle

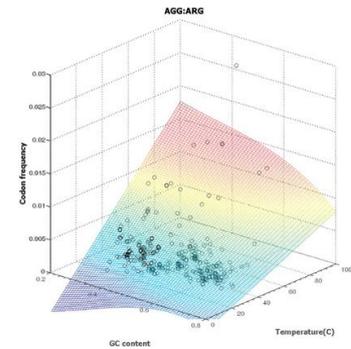
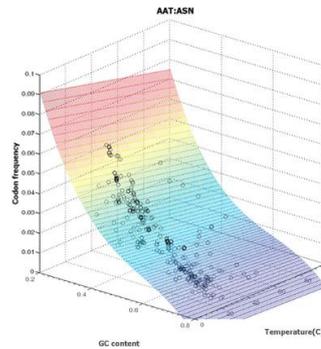
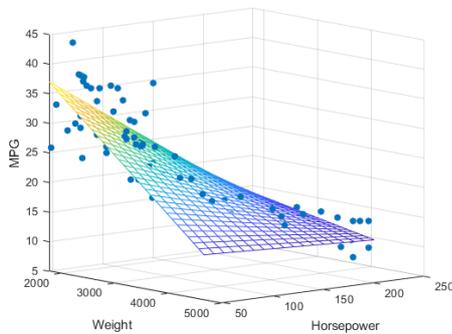
8.2. Régression polynomiale

Ce n'est qu'une adaptation de la régression linéaire en vue d'approcher des **données non linéaires par un modèle polynomial**.



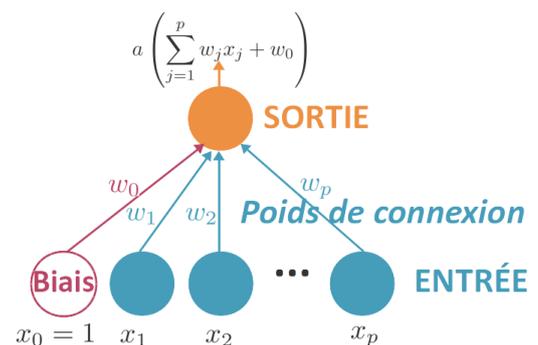
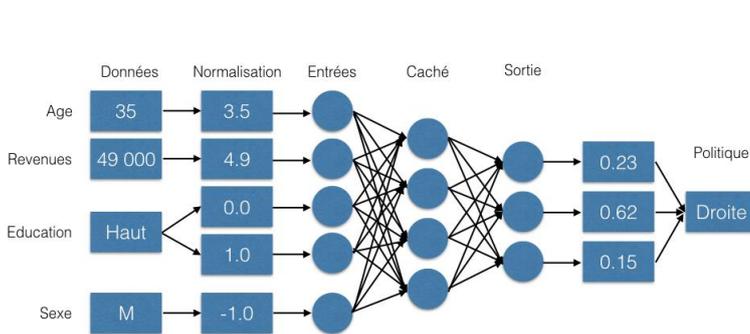
8.3. Régression multiple

La régression multiple travaille sur des modèles à **plusieurs variables** en entrée.



8.4. Les réseaux de neurones

Dernier algorithme au programme, celui des réseaux de neurones, issu du Deep Learning. Nous allons aborder le principe des réseaux de neurones avec quelques couches simples uniquement.



8.5. Les k voisins

La méthode des **K plus proches voisins (KNN)** a pour but de **classifier** des points cibles (classe méconnue) en fonction de leurs distances par rapport à des points constituant un échantillon d'apprentissage (c'est-à-dire dont la classe est connue a priori).

= **apprentissage non supervisé**.

