



Cours Machine Learning (ML) & Intelligence Artificielle (IA)

Abderrahim Sebri

► To cite this version:

Abderrahim Sebri. Cours Machine Learning (ML) & Intelligence Artificielle (IA). Licence. France. 2022. hal-03906387

HAL Id: hal-03906387

<https://hal.science/hal-03906387v1>

Submitted on 19 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Cours Machine Learning - IA

Support de Cours pour Machine Learning (ML) & Intelligence Artificielle (IA)

Dr. SEBRI Abderrahim
Université de SAVOIE - FRANCE

Année Universitaire
2022-2023

SOMMAIRE

A propos du Document.....	3
Préambule.....	4
1. Définitions.....	5
2. L'information & Types des Données.....	5
3. Topologies des Système de Machine Learning.....	7
3.1. Introduction.....	7
3.2. Topologies des Système de Machine Learning.....	7
4. Catégories de Machine Learning	8
4.1. Architecture Usuelle de Machine Learning.....	8
4.2. Topologies des Système de Machine Learning.....	9
4.3. Machine Learning - Supervisé.....	10
4.3.1. Calcule et Régression.....	10
4.3.2. Analyse des Données	10
4.3.3. Classification	10
4.3.4. Algorithmes pour l'Apprentissage Supervisé.....	11
4.4. Machine Learning – Non-Supervisé	13
4.5. Machine Learning – Artificial Neural Networks.....	14
4.5.1. Introduction – Artificial Neural Networks.....	14
4.5.2. Architecture – Artificial Neural Networks	15
4.6. Machine Learning – Deep Learning.....	16

A propos du Document

Utilisation du document	
Un historique des versions de ce document est conservé en cas de modifications importantes de la portée nécessitant des mises à jour ou des modifications.	
Détaille	
Dernière Mise à Jour	Cours Machine Learning & Intelligence Artificielle (IA)
Version du document :	Final
Contact	Dr. SEBRI Abderrahim
Description du Document	
<p>Le document intitulé «Machine Learning & Intelligence Artificielle (IA) », proposé aux étudiants de 3ème année Licences Spécialité Ingénierie des Systèmes Informatique, Système Informatique et Informatique de Gestion comportant deux Sections ayant pour objectif de :</p> <p>Section Cours : Comprendre les notions du Machine Learning & Intelligence Artificielle (IA):</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Concept et Architecture des Systèmes Machine Learning & Intelligence Artificielle (IA)❖ Nature des Données et Structurations des Données,❖ Méthodologies d'utilisation des Systèmes d'Informations de Machine Learning & Intelligence Artificielle (IA)❖ Comprendre les Outils de la mise en place des Systèmes Machine Learning & Intelligence Artificielle (IA) et les différents types de Framework utilisées	

Préambule

L'intelligence artificielle (IA) d'aujourd'hui a largement dépassé l'informatique quantique des données en étude qualitative et prédictive et sélective des données. Cela est dû au fait que d'énormes ressources informatiques sont facilement accessibles à l'homme du commun. Les développeurs en profitent maintenant pour créer de nouveaux modèles d'apprentissage automatique et pour réaliser les modèles existants pour de meilleures performances et de meilleurs résultats. La disponibilité facile du calcul de haute performance a entraîné une augmentation soudaine dans la demande des professionnels de l'informatique des compétences en apprentissage automatique et intelligence Artificielle.

Dans ce didacticiel, vous apprendrez en détail sur :

- ☐ **Quel est l'architecture usuelle d'un système de l'apprentissage automatique ?**
- ☐ **Quel est le cœur de l'apprentissage automatique ?**
- ☐ **Quels sont les différents types d'apprentissage automatique ?**
- ☐ **Quels sont les différents algorithmes disponibles pour développer des modèles d'apprentissage automatique ?**
- ☐ **Quels sont les outils disponibles pour développer ces modèles ?**
- ☐ **Quels sont les choix de langage de programmation ?**
- ☐ **Quelles plates-formes prennent en charge le développement et le déploiement d'applications Machine Learning ?**
- ☐ **Quels IDE (Integrated Development Environment) sont disponibles ?**
- ☐ **Comment faire évoluer rapidement vos compétences dans ce domaine important ?**

Les domaines de la science des données, de l'apprentissage automatique dite « **Machine Learning** » et de l'intelligence artificielle se chevauchent beaucoup, mais ils ne sont pas interchangeables et sont pratiquement liées dans plusieurs domaines d'étude des données diverses.

Lorsqu'on étudie la science des données (Data Science), on confronte souvent des questions du type :

- ❖ **"Quelle est la définition de l'apprentissage automatique ?"**
- ❖ **"Quelle est la différence entre l'Intelligence Artificielle et l'apprentissage automatique ?"**
- ❖ **"Que signifie l'intelligence artificielle ?"**

J'ai répondu suffisamment de fois sur les différences entre les domaines de sciences des données pour que ma réponse soit facilement éligible :

Les domaines se chevauchent beaucoup et il y a suffisamment d'exemples des domaines et des cas d'études dans la plupart des professionnels de ces domaines ont une compréhension intuitive de la façon ; dont un travail particulier pourrait être classé en science des données, en apprentissage automatique (ML) ou en intelligence artificielle (IA), même s'il est difficile à mettre en mots.

Donc dans ce cours, je propose une définition trop simplifiée de la différence entre les trois champs :

- ❖ **La science des données produit des idées**
- ❖ **L'apprentissage automatique produit des prédictions**
- ❖ **L'intelligence artificielle produit des actions**

I. Définitions

L'apprentissage automatique est un sous-domaine de l'informatique qui a évolué à partir de l'étude de la reconnaissance des formes et de la théorie de l'apprentissage informatique dans l'intelligence artificielle.

- ❖ L'apprentissage automatique explore la construction et l'étude d'algorithmes capables d'apprendre et de faire des prédictions sur les données. De tels algorithmes fonctionnent en construisant un modèle à partir d'exemples d'entrées afin de faire des prédictions ou des décisions basées sur des données, plutôt que de suivre des instructions de programme strictement statiques ou dynamiques.
- ❖ L'apprentissage automatique est étroitement lié aux statistiques informatiques et les chevauche souvent ; une discipline également spécialisée dans l'analyse, la prévision et la prédiction. Il a des liens étroits avec l'optimisation mathématique, qui fournit des méthodes, une théorie et des domaines d'application sur les modèles de la Machine Learning.
- ❖ L'apprentissage automatique est utilisé dans une gamme de tâches informatiques où la conception et la programmation d'algorithmes explicites sont irréalisables.
- ❖ Les exemples d'applications incluent plusieurs domaines d'études des données dont l'analyse des données comme le filtrage, la reconnaissance optique de caractères (OCR), les moteurs de recherche et la vision par ordinateur. L'apprentissage automatique est parfois confondu avec l'exploration de données, bien qu'il se concentre davantage sur l'analyse exploratoire des données "peuvent être considérés comme deux facettes d'un même domaine".
- ❖ Lorsqu'elles sont utilisées dans des contextes industriels, les méthodes d'apprentissage automatique peuvent être appelées analyse prédictive ou modélisation prédictive.

2. L'information & Types des Données

La théorie de l'information étudie la transmission, le traitement, l'utilisation et l'extraction de l'information. De manière abstraite, l'information peut être considérée comme la résolution de l'incertitude.

« L'information » est pensée comme un ensemble de base des données structurés ou non-structurés, dont le but est d'envoyer, de traiter ou d'analyser ces données puis de faire reconstruire des nouvelles bases de données par le récepteur avec une faible probabilité d'erreur.

La théorie de l'information est étroitement associée à un ensemble de disciplines pures et appliquées qui ont été étudiées et réduites à la pratique de l'ingénierie sous diverses rubriques à travers le monde au cours du dernier demi-siècle ou plus : systèmes adaptatifs, systèmes anticipatoires, intelligence artificielle, systèmes complexes, la science de la complexité, la cybernétique, l'informatique, l'apprentissage automatique, ainsi que les sciences des systèmes de nombreuses descriptions. La théorie de l'information est une théorie mathématique large et profonde, avec des applications tout aussi larges et profondes, parmi lesquelles se trouve le domaine vital de la théorie du codage et du cryptage. La théorie de l'information est également utilisée dans la recherche d'informations, la collecte de renseignements, les analyses des données, les statistiques et même dans la composition des données prévisionnelles ou prédictives

En effet l'information est traduite par un ensemble de données qui puissent avoir plusieurs types et dont on distingue deux natures : Données Structurées et non Structurées

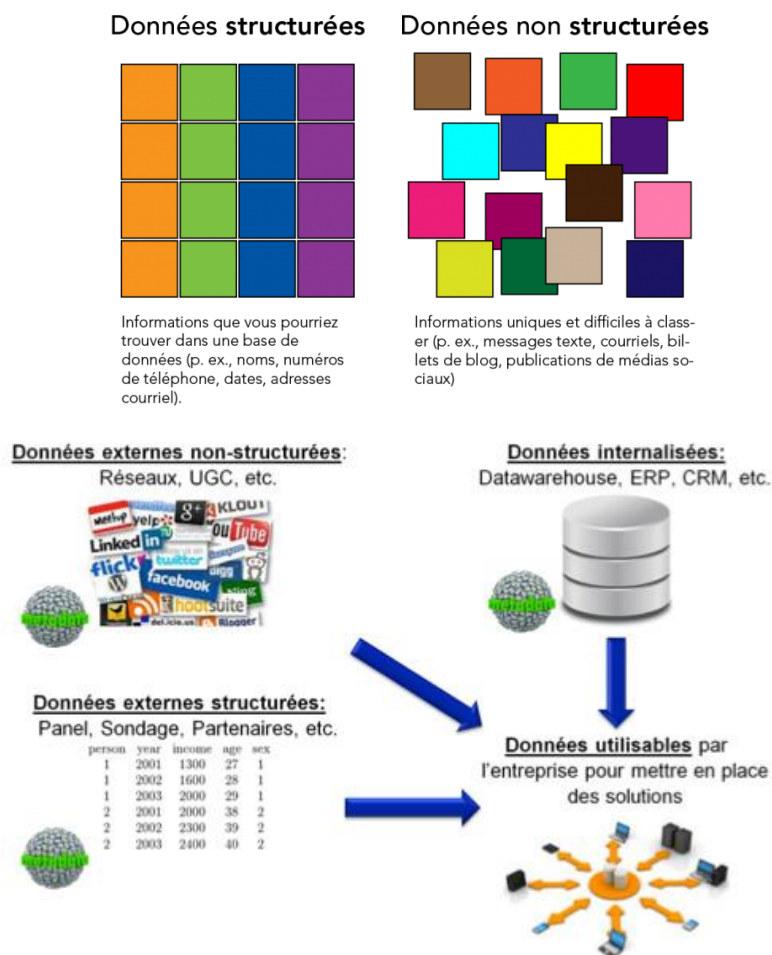
Qu'est-ce que les données structurées ?

Les données structurées sont des informations qui ont été formatées et transformées en un modèle de données bien défini. Les données brutes sont mappées dans des champs prédéfinis qui peuvent ensuite être extraits et lus facilement via SQL. Les bases de données relationnelles SQL, constituées de tables avec des lignes et des colonnes, sont le parfait exemple de données structurées.

Le modèle relationnel de ce format de données utilise la mémoire puisqu'il minimise la redondance des données. Cependant, cela signifie également que les données structurées sont plus interdépendantes et moins flexibles. En revanche, la signification des données structurées est des données qui suivent des modèles de données prédéfinis et sont faciles à analyser. Des exemples de données structurées incluraient des noms de clients classés par ordre alphabétique et des numéros de carte de crédit correctement organisés.

Que sont les données non structurées ?

Les données non structurées sont définies comme des données présentes sous forme brute absolue. Ces données sont difficiles à traiter en raison de leur organisation et de leurs formatages complexes. La gestion des données non structurées peut prendre des données sous de nombreuses formes, y compris les publications sur les réseaux sociaux, les chats, l'imagerie satellite, les données de capteurs IoT, les e-mails et les présentations, pour les organiser de manière logique et prédéfinie dans un stockage de données.



Ce Pendant le concept des données se conclut dans les dimensions d'applications des données structurées ou non-structurées ; dont on distingue plusieurs types avec des caractéristiques variant selon le domaine d'application choisi.

- ❑ **Capacité de stockage** : Entre 2000 et 2006, la capacité des disques a augmenté par 10x alors que le prix par Gb a chuté du même ratio. Une augmentation de 100x à prix constant.
- ❑ **Capacité d'analyse** : La loi de Moore en action pendant environ 35 ans et Plus récemment, la capacité d'analyse augmente grâce à l'ajout de cœurs dans les unités centrales
- ❑ **Augmentation exponentielle de la quantité de données non structurées** : Email, chat, blog, web, musique, photo, vidéo, etc.
- ❑ **Augmentation de la capacité de stockage et d'analyse** : L'utilisation de plusieurs machines en parallèle devient accessible
- ❑ **Les technologies existantes ne sont pas conçues pour ingérer ces données** : Base de données relationnelles (tabulaires), mainframes, tableurs (Excel), etc.
- ❑ **De "nouvelles" technologies et techniques d'analyse sont nécessaires**

3. Topologies des Système de Machine Learning

3.1. Introduction

Le **Machine Learning**, **Data Mining** et **Intelligence Artificielle**, Qu'est-ce que c'est ?

Quelle sont les Types des Systèmes **Machine Learning** ?

Principalement c'est une question de vocabulaire :

- ❖ **Reconnaissance des formes (pattern recognition)**
- ❖ **Analyse de données**
- ❖ **Apprentissage automatique (machine Learning)**
- ❖ **Fouille de données (data Mining)**
- ❖ **Intelligence artificielle**
- ❖ **Analyse statistique**
- ❖ ...



3.2. Topologies des Système de Machine Learning

Comme Définition c'est la science qui étudie l'ensemble de techniques permettant l'extraction de connaissances sous la forme de modèles à partir de grandes masses de données. Ces modèles peuvent être de nature

- ❖ **Descriptive** : permettant d'expliquer le comportement actuel des données
- ❖ **Prédictive** : comportement futur des données.

Dont ces modèles analyse une grosse quantité de données qui n'est jamais analysée et permettent de mettre en place des mécanismes d'analyse automatique. Le développement des applications d'apprentissage automatique ou d'IA d'aujourd'hui a commencé par l'utilisation des techniques statistiques traditionnelles mathématiques. Il existe plusieurs autres techniques statistiques de ce type qui sont appliquées avec succès dans le développement de programmes dits d'Intelligence artificielles. Nous disons "soi-disant" parce que les programmes d'apprentissage automatique ou d'IA que nous avons aujourd'hui sont beaucoup plus complexes et utilisent des techniques bien au-delà des techniques statistiques utilisées par les premiers programmes d'apprentissage automatique ou d'IA.

Ici, nous n'avons répertorié que quelques techniques primaires qui suffisent pour vous lancer dans d'apprentissage automatique et l'IA sans vous effrayer de l'immensité que l'IA exige. Si vous développez des applications d'IA basées sur des données limitées, vous utiliserez ces techniques statistiques.

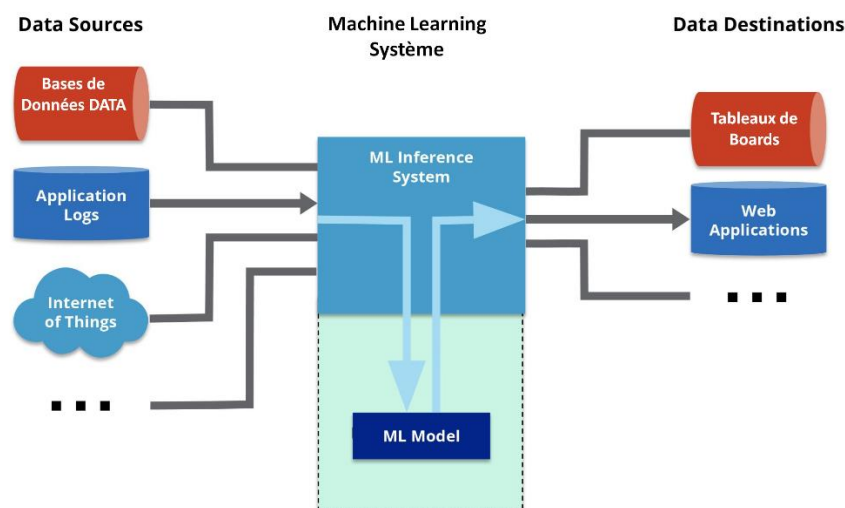
Cependant, aujourd'hui, les données sont abondantes. Pour analyser le type de données volumineuses que nous possédons, les techniques statistiques ne sont pas d'une grande aide car elles ont leurs propres limites. Des méthodes plus avancées telles que le **Deep Learning** sont ainsi développées pour résoudre de nombreux problèmes complexes. Par conséquent, on devra savoir que d'apprentissage automatique demeure une base de données illimités, organisés et Structurés.

Au fur et à mesure que nous avancerons dans ce didacticiel, nous comprendrons ce qu'est l'apprentissage automatique et comment il est utilisé pour développer des applications d'IA aussi complexes. Certains des exemples de techniques d'apprentissage automatique qui sont utilisées pour développer des applications d'IA à cette époque et qui sont toujours en pratique sont répertoriés ici dont l'apprentissage automatique est généralement classé sous les rubriques suivantes :

- ❖ **Classification, Regroupement et Régression**
- ❖ **Analyse des données ou Algorithmes de l'aide à la décision**
- ❖ **Calcule Mathématique, Théories des probabilités ou Complexe**

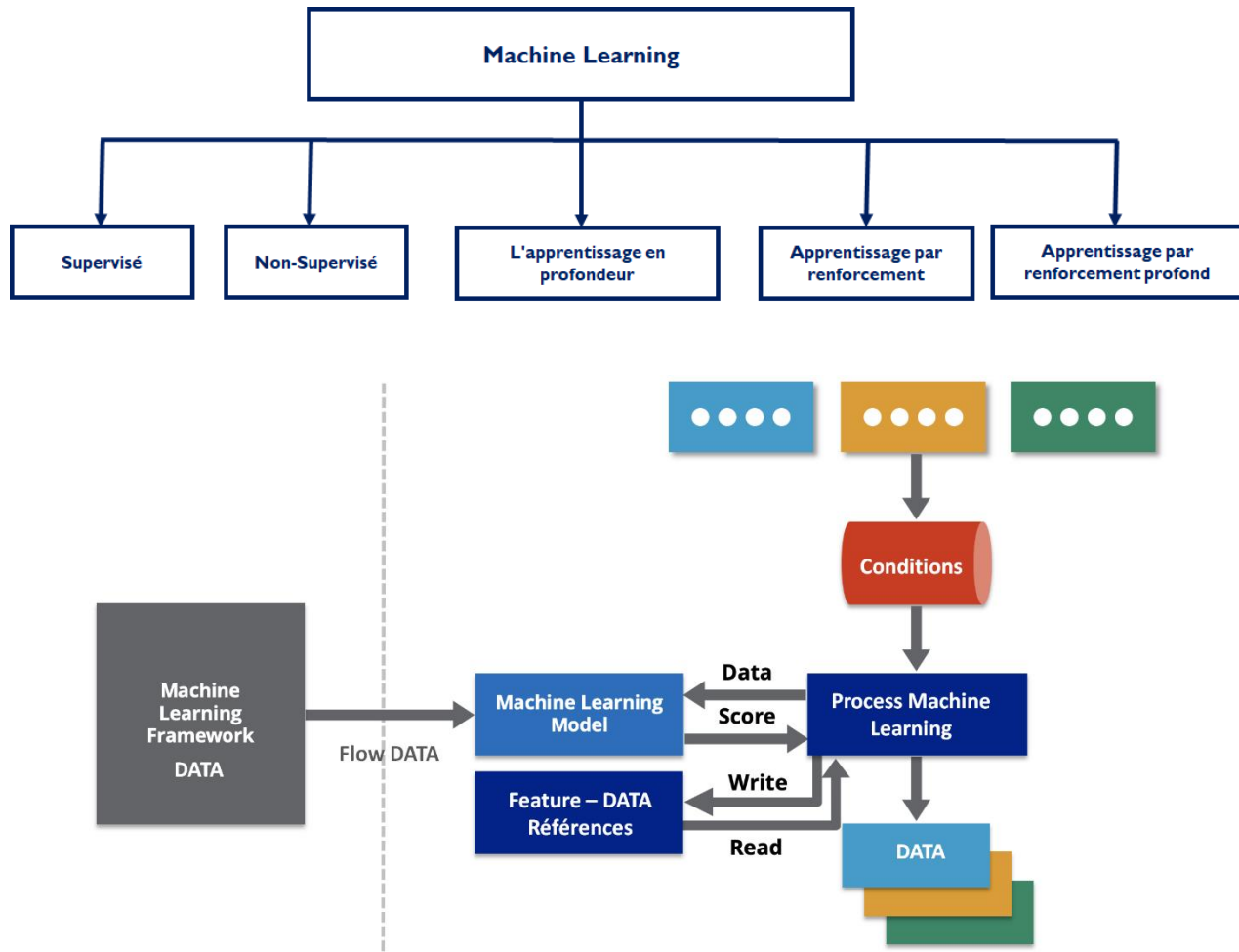
4. Catégories de Machine Learning

4.1. Architecture Usuelle de Machine Learning



4.2. Topologies des Système de Machine Learning

L'apprentissage automatique a évolué de gauche à droite, comme indiqué dans le diagramme ci-dessus.



- ☐ Initialement, les chercheurs ont commencé par l'apprentissage supervisé. C'est le cas de la prévision des prix des logements évoquée plus haut.
- ☐ Vient ensuite l'apprentissage non supervisé, où la machine est amenée à apprendre par elle-même sans aucune supervision.
- ☐ Les scientifiques ont découvert en outre qu'il peut être judicieux de récompenser la machine lorsqu'elle fait le travail de la manière attendue. C'est alors qu'est venu l'apprentissage par renforcement.
- ☐ Très vite, les données disponibles de nos jours sont devenues si énormes que les techniques conventionnelles développées jusqu'à présent n'ont pas réussi à analyser les métadonnées et à nous fournir les prédictions.
- ☐ Ainsi, est venu l'apprentissage en profondeur où le cerveau humain est simulé dans les réseaux de neurones artificiels (ANN) créés dans nos ordinateurs binaires.

- La machine apprend désormais par elle-même grâce à la puissance de calcul élevée et aux énormes ressources mémoire disponibles aujourd'hui.
- On observe maintenant que le **Deep Learning** a résolu de nombreux problèmes auparavant insolubles.
- La technique est maintenant plus avancée en donnant des incitations aux réseaux d'apprentissage en profondeur sous forme de récompenses et il y a enfin l'apprentissage en profondeur par renforcement.

4.3. Machine Learning - Supervisé

L'apprentissage supervisé est analogue à l'entraînement d'un enfant à marcher. Vous tiendrez la main de l'enfant, lui montrerez comment avancer son pied, marcherez vous-même pour une démonstration et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'enfant apprenne à marcher seul.

Principe : étant donné un ensemble de données étiquetées

$S = \{\langle x_i, y_i \rangle, i = 1, \dots, n\}$, apprendre une fonction qui associe les données aux étiquettes :

$$X \ni x \mapsto y \in Y$$

- ❖ $Y \equiv \mathbb{R}$: un problème de régression
- ❖ $Y \equiv \text{discrete set (e.g. } \{0, 1\})$: un problème de classification
- ❖ F peut correspondre à un espace de fonctions linéaires ou non-linéaires

4.3.1. Calcule et Régression

De même, dans le cas de l'apprentissage supervisé, vous donnez des exemples concrets connus à l'ordinateur. Vous dites que pour une valeur de caractéristique donnée x_1 , la sortie est y_1 , pour x_2 c'est y_2 , pour x_3 c'est y_3 , et ainsi de suite. Sur la base de ces données, vous laissez l'ordinateur déterminer une relation empirique entre x et y par **calcul mathématique, logique ou statistique**.

Une fois que la machine est entraînée de cette manière avec un nombre suffisant de points de données, vous demanderiez maintenant à la machine de prédire Y pour un X donné. En supposant que vous connaissiez la valeur réelle de Y pour ce X donné, vous pourriez en déduire si la prédiction de la machine est correcte.

4.3.2. Analyse des Données

Ainsi, vous testerez si la machine a appris en utilisant les données de test connues. Une fois que vous êtes convaincu que la machine est capable de faire les prédictions avec un niveau de précision souhaité (disons 80 à 90 %), vous pouvez arrêter de continuer à entraîner la machine.

4.3.3. Classification

Vous pouvez également utiliser des techniques d'apprentissage automatique pour les problèmes de classification. Dans les problèmes de classification, vous classez des objets de même nature dans un

seul groupe. Par exemple, dans un ensemble de 100 étudiants, vous pouvez les regrouper en trois groupes en fonction de leurs caractéristiques (Tri ou Filtrage des données)

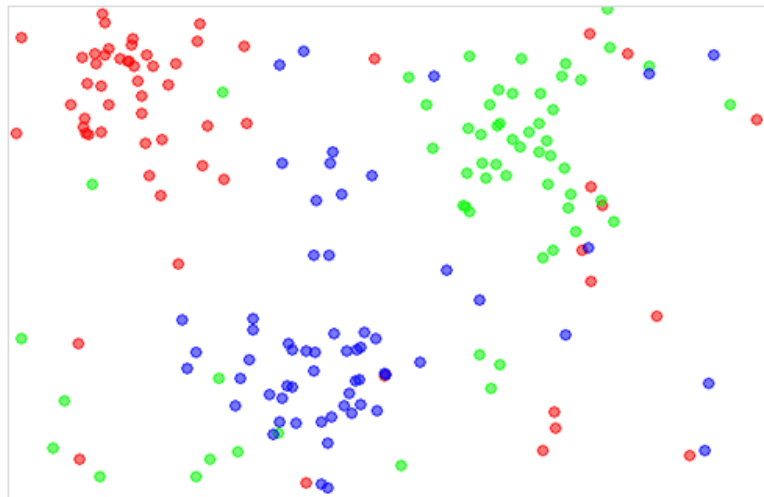
L'apprentissage supervisé est l'endroit où l'IA a vraiment bien reconnu. Cette technique a été appliquée avec succès dans plusieurs cas. Dont plusieurs algorithmes ont été développés pour l'apprentissage supervisé.

L'apprentissage supervisé est l'un des modèles d'apprentissage importants impliqués dans les machines d'entraînement. Ce chapitre parle en détail de la même chose.

4.3.4. Algorithmes pour l'Apprentissage Supervisé

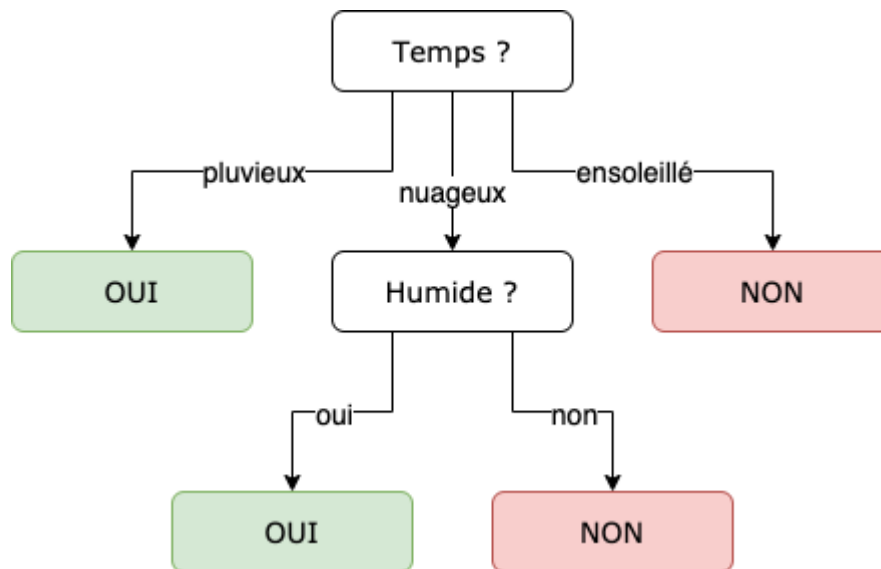
Il existe plusieurs algorithmes disponibles pour l'apprentissage supervisé. Certains des algorithmes d'apprentissage supervisé largement utilisés sont les suivants :

- ❖ **K-plus proches voisins** : simplement appelés KNN, sont une technique statistique qui peut être utilisée pour résoudre des problèmes de classification et de régression.

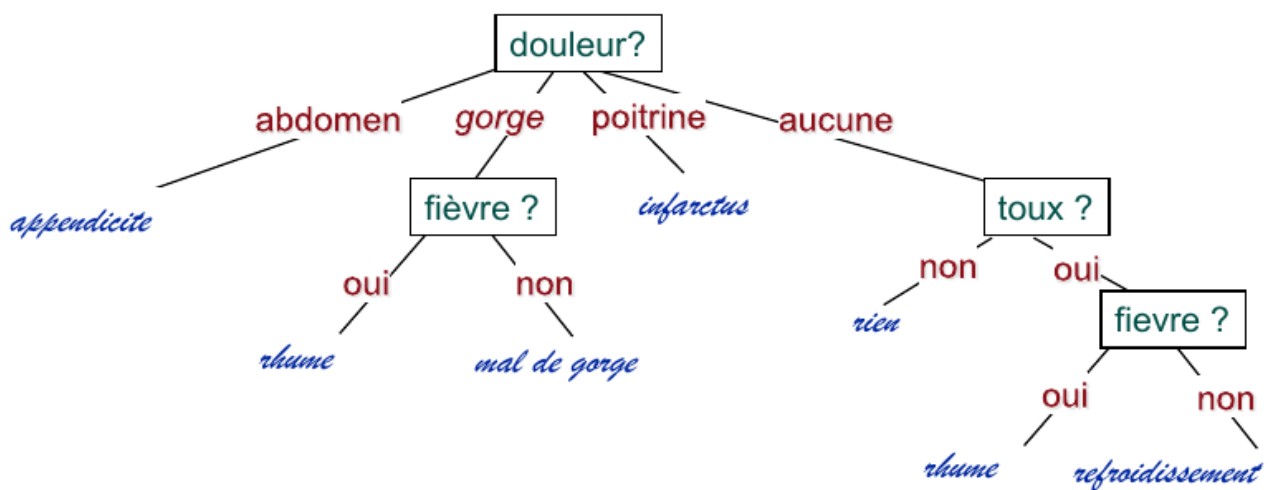


- ❖ **Arbres de décision** : Vous écririez un code pour classer vos données d'entrée en fonction de cet organigramme. L'organigramme est explicite et trivial. Dans ce scénario, vous essayez de classer un e-mail entrant pour décider quand le lire. En réalité, les arbres de décision peuvent être vastes et complexes. Il existe plusieurs algorithmes disponibles pour créer et parcourir ces arbres. En tant que passionné d'apprentissage automatique, vous devez comprendre et maîtriser ces techniques de création et de parcours d'arbres de décision.

Exemple Choix du Temps

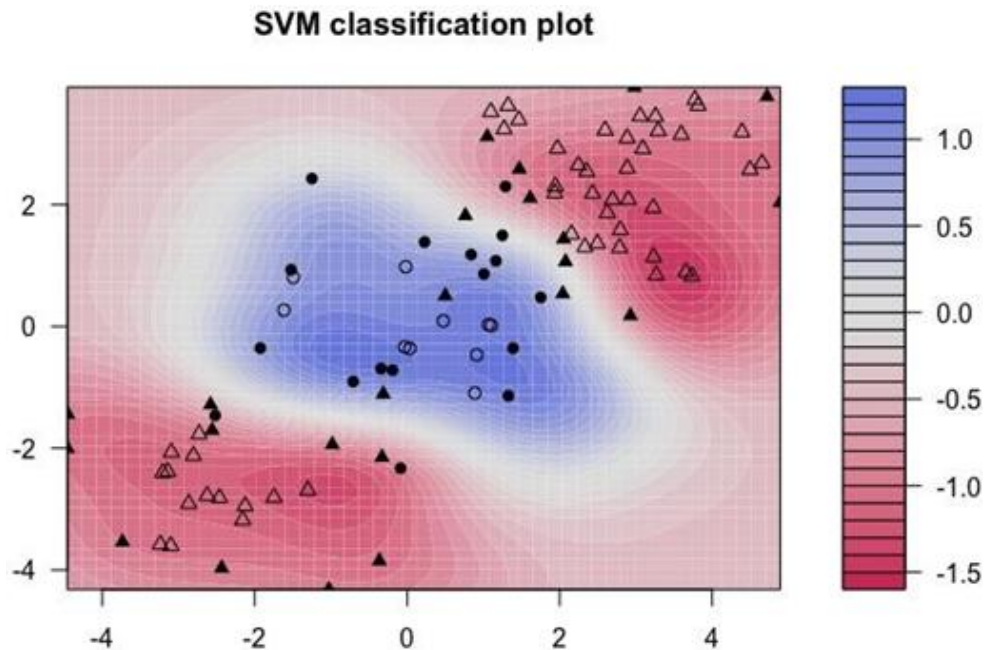


Exemple Douleur :



- ❖ **Naive Bayes:** est utilisé pour créer des classificateurs. Supposons que vous souhaitiez trier (classer) des fruits de différentes sortes dans une corbeille de fruits. Vous pouvez utiliser des caractéristiques telles que la couleur, la taille et la forme d'un fruit. Par exemple, tout fruit de couleur rouge, de forme ronde et d'environ 10 cm de diamètre peut être considéré comme une pomme. Ainsi, pour former le modèle, vous utiliserez ces fonctionnalités et testerez la probabilité qu'une fonctionnalité donnée corresponde aux contraintes souhaitées. Les probabilités de différentes caractéristiques sont ensuite combinées pour arriver à une probabilité qu'un fruit donné soit une pomme. Naive Bayes nécessite généralement un petit nombre de données d'entraînement pour la classification.
- ❖ **Prise en charge des machines vectorielles SVM :** Regardez la distribution de données suivante. Ici, les trois classes de données ne peuvent pas être séparées linéairement. Les

courbes limites ne sont pas linéaires. Dans un tel cas, trouver l'équation de la courbe devient un travail complexe.



4.4. Machine Learning – Non-Supervisé

Étant donné un énorme ensemble de données et sans estimer les catégories, il nous serait difficile d'entraîner la machine en utilisant l'apprentissage supervisé. Et si la machine pouvait rechercher et analyser les métadonnées s'étalant sur plusieurs giga-octets et téraoctets et nous dire que ces données contiennent tant de catégories distinctes ?

À titre d'exemple, considérons-les données de l'électeur législatif d'un pays comme Tunisie. En considérant certaines entrées de chaque électeur (c'est ce qu'on appelle des caractéristiques dans la terminologie de l'IA), laissez la machine prédire qu'il y a tant d'électeurs qui voteraient pour X parti politique et tant d'autres voteraient pour Y, et ainsi de suite. Ainsi, en général, nous demandons à la machine étant donné un énorme ensemble de points de données X, "Que pouvez-vous me dire sur X?". Ou cela peut être une question comme "Quels sont les cinq meilleurs groupes que nous pouvons faire à partir de X ?". Ou cela pourrait même ressembler à "Quelles sont les trois fonctionnalités les plus fréquentes dans X ?".

Principe : Étant donné un ensemble non étiqueté $S = \{x_i, i = 1 \dots N\}$: modélisation de X

Il y a plusieurs méthodes :

Partitionnement / clustering : Former des groupes homogènes à l'intérieur d'une population

- ❖ méthodes hiérarchiques
- ❖ méthodes agglomératives
- ❖ méthodes spectrales
- ❖ méthodes probabilistes

Estimation de densité

- ❖ Méthodes paramétriques
- ❖ Méthodes non paramétriques

Visualisation et exploration des données

- ❖ constructions de hiérarchies
- ❖ extraction des exemples / dimensions typiques

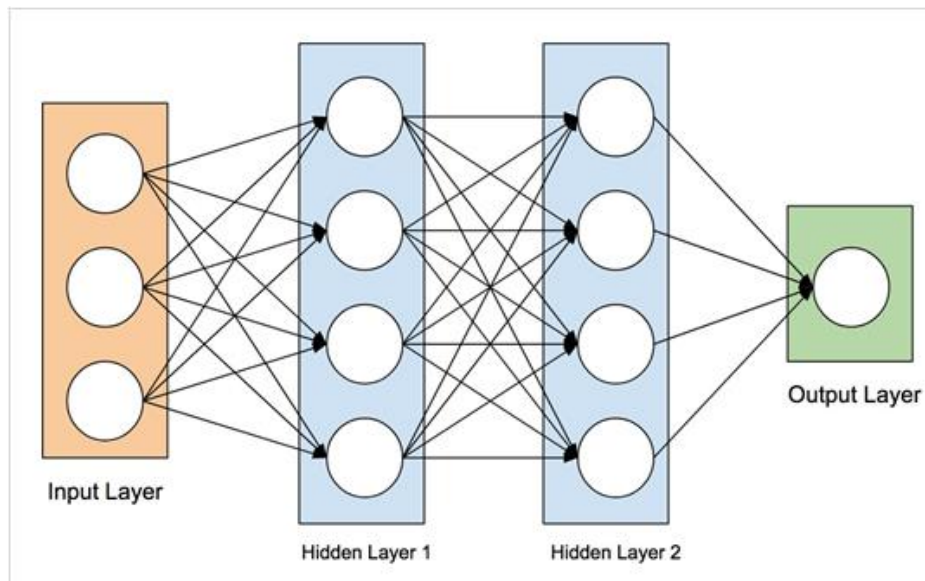
Combinaisons

- ❖ estimation paramétrique + partitionnement
- ❖ réduction dimension + partitionnement
- ❖ réduction dimension + visualisation

4.5. Machine Learning – Artificial Neural Networks

4.5.1. Introduction – Artificial Neural Networks

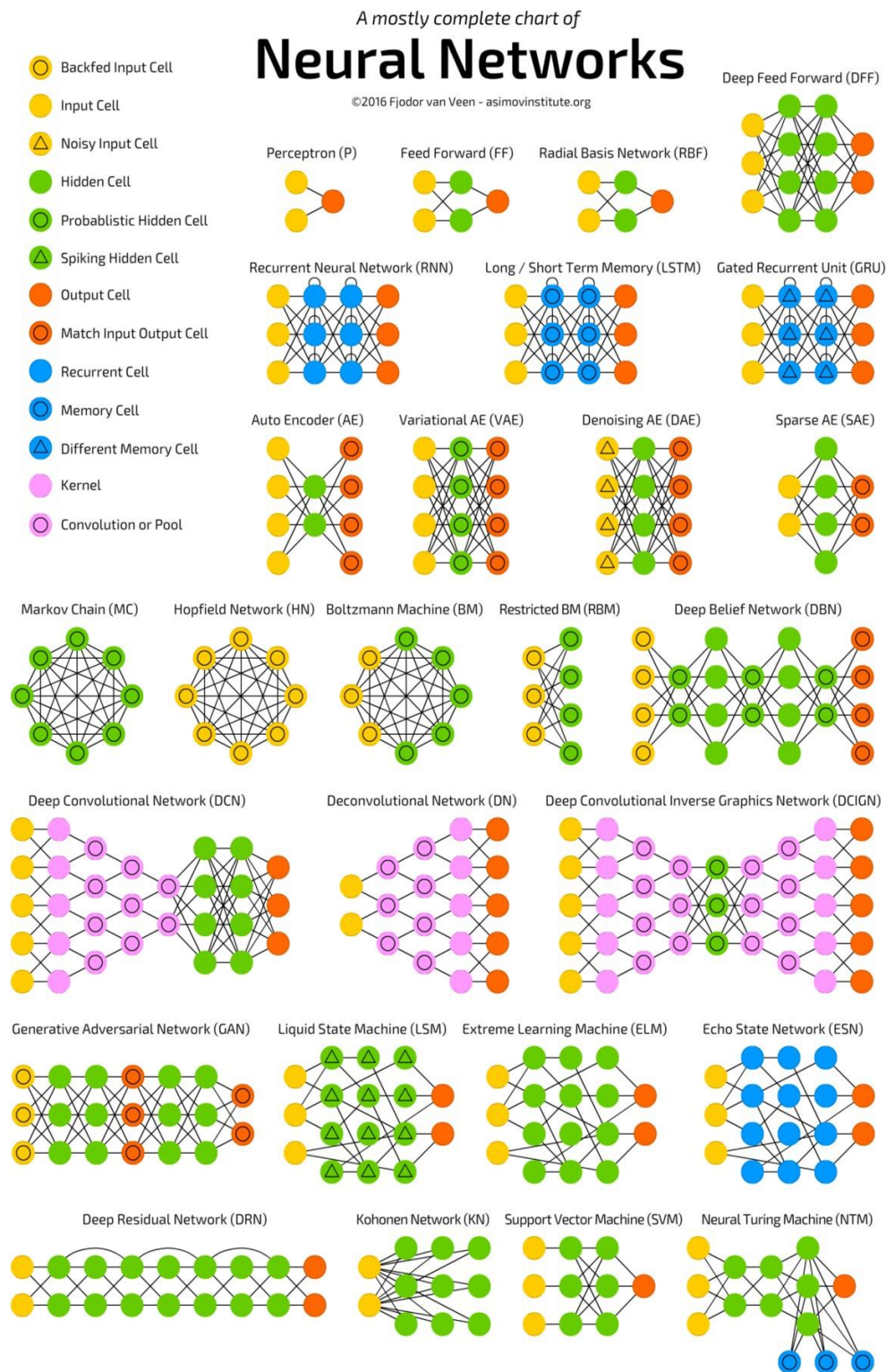
L'idée de réseaux de neurones artificiels est dérivée des réseaux de neurones du cerveau humain. Le cerveau humain est vraiment complexe. Étudiant attentivement le cerveau, les scientifiques et les ingénieurs ont proposé une architecture qui pourrait s'adapter à notre monde numérique d'ordinateurs binaires. Une telle architecture typique est illustrée dans le diagramme ci-dessous :



Il y a une couche d'entrée qui a de nombreux capteurs pour collecter des données du monde extérieur. Sur le côté droit, nous avons une couche de sortie qui nous donne le résultat prédit par le réseau. Entre ces deux, plusieurs couches sont cachées. Chaque couche supplémentaire ajoute une complexité supplémentaire à la formation du réseau, mais fournirait de meilleurs résultats dans la plupart des situations. Il existe plusieurs types d'architectures conçues dont nous allons discuter maintenant.

4.5.2. Architecture – Artificial Neural Networks

Le diagramme ci-dessous montre plusieurs architectures ANN développées sur une période de temps et sont en pratique aujourd'hui.



Chaque architecture est développée pour un type d'application spécifique. Ainsi, lorsque vous utilisez un réseau de neurones pour votre application d'apprentissage automatique, vous devrez soit utiliser l'une des architectures existantes, soit concevoir la vôtre. Le type d'application que vous choisirez finalement dépend des besoins de votre application. Il n'existe pas de directive unique vous indiquant d'utiliser une architecture réseau spécifique.

4.6. Machine Learning – Deep Learning

L'apprentissage en profondeur utilise ANN. Nous allons d'abord examiner quelques applications d'apprentissage en profondeur qui vous donneront une idée de sa puissance. L'apprentissage en profondeur a connu beaucoup de succès dans plusieurs domaines des applications d'apprentissage automatique.

Voitures autonomes : les voitures autonomes et autonomes utilisent des techniques d'apprentissage en profondeur. Ils s'adaptent généralement aux conditions de circulation en constante évolution et s'améliorent de plus en plus au fil du temps.

Reconnaissance vocale : Une autre application intéressante du Deep Learning est la reconnaissance vocale. Aujourd'hui, nous utilisons tous plusieurs applications mobiles capables de reconnaître notre parole. Siri d'Apple, Alexa d'Amazon, Cortana de Microsoft et Google Assistant - tous utilisent des techniques d'apprentissage en profondeur.

Applications mobiles : nous utilisons plusieurs applications Web et mobiles pour organiser nos photos. Détection de visage, identification de visage, marquage de visage, identification d'objets dans une image - tout cela utilise l'apprentissage en profondeur.

Après avoir examiné le grand succès des applications d'apprentissage en profondeur dans de nombreux domaines, les gens ont commencé à explorer d'autres domaines où l'apprentissage automatique n'était pas appliqué jusqu'à présent. Il existe plusieurs domaines dans lesquels les techniques d'apprentissage en profondeur sont appliquées avec succès et il existe de nombreux autres domaines qui peuvent être exploités. Certains d'entre eux sont discutés :

- ❖ **L'agriculture** est l'une de ces industries où les gens peuvent appliquer des techniques d'apprentissage en profondeur pour améliorer le rendement des cultures.
- ❖ **Le crédit à la consommation** est un autre domaine dans lequel l'apprentissage automatique peut grandement contribuer à la détection précoce des fraudes et à l'analyse de la capacité de paiement des clients.
- ❖ Les techniques d'apprentissage en profondeur sont également appliquées au domaine de la **médecine** pour créer de nouveaux médicaments et fournir une prescription personnalisée à un patient.

Les possibilités sont infinies et il faut continuer à regarder car les nouvelles idées et développements apparaissent fréquemment.

