

Licence (Parcours d'excellence)

Systeme Intelligents et Recherche Opérationnelle
(SIRO)

Semestre 1

Module : Intelligence Artificiel 1

Année 2024-2025

Objectifs

Semestre 1

Intelligence artificiel 1

1. Identifier ses défis et ses opportunités de l'IA;
2. Décrire scientifiquement un projet d'IA;
3. Appréhender les principes du Machine Learning ;
4. Manipuler les fonctions de base d'un modèle prédictif ;
5. Transformer vos jeux de données ;
6. Optimiser les performances d'un modèle.

Semestre 2

Intelligence artificiel 2

1. Expliquer les principes de base des réseaux de neurones artificiels ;
2. Mettre en place un modèle de Deep Learning ;
3. Adapter les paramètres d'un modèle de Deep Learning afin de l'améliorer.
4. Optimiser les modèles DL.

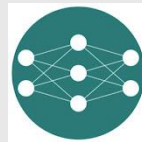
Prérequis & Outils

Semestre 1

Intelligence artificiel 1

1. **Prérequis** : Python pour la Data Science, Algèbre linéaire, probabilités et statistiques.
2. **Outils** : scikit-learn, Jupyter Notebook ou Google Colab.

3.  **YouTube**



[Machine Learnia](#)



[Science4All](#)

Semestre 2

Intelligence artificiel 2

1. **Prérequis** : ML, PM et Modèles de la RO.

Plan

Semestre 1

Intelligence artificiel 1

- Intelligence artificielle : Défis et opportunités.
- Initiation à Machine Learning
- Machine Learning et RO
- Mini Projets

Semestre 2

Intelligence artificiel 2

- Intelligence artificielle : perspectives
- Initiation au Deep Learning
- Deep Learning et RO
- Mini Projets

Intelligence artificiel 1

- Intelligence artificielle : Défis et opportunités.
 - ☐ l'IA au quotidien
 - ☐ Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?
 - ☐ Historique de l'IA
 - ☐ Défis et opportunités associés à l'IA
- Initiation à Machine Learning
 - ☐ Principes du Machine Learning
 - ☐ Fonctions de base d'un modèle prédictif
 - ☐ Jeux de données
 - ☐ Algorithmes de ML et applications
- Machine Learning et RO
 - ☐ Optimisation d'un modèle ML
 - ☐ Processus de couplage ML et RO
- Mini Projets

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.



Intelligence artificielle : Défis et opportunités.



Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

L'IA pour qui ?



Smart Cities



Loisirs



Santé



Education



Collectivités



Télécom



Véhicules
autonomes



Banques et Finances



Marketing



Distribution



Industrie



Environnement



Energie



AgriTech



Légal / conformité

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

- Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?

Définition de l'intelligence artificielle :

"L'intelligence artificielle, c'est toute technologie informatique qui permet de résoudre des problèmes complexes qu'on aurait cru réservés à l'intelligence humaine."

- Cédric Villani

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

• Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?

Types d'IA

IA Faible



Purement réactive

- › Pas de mémoire, pas d'expérience, perception du monde à un instant donné.



Mémoire limitée

- › Mémoire, expérience du passé, suivi de l'évolution de la représentation du monde.

IA Forte



Représentation de l'esprit

- › Comprend la représentation du monde et a conscience des objets s'y trouvant.

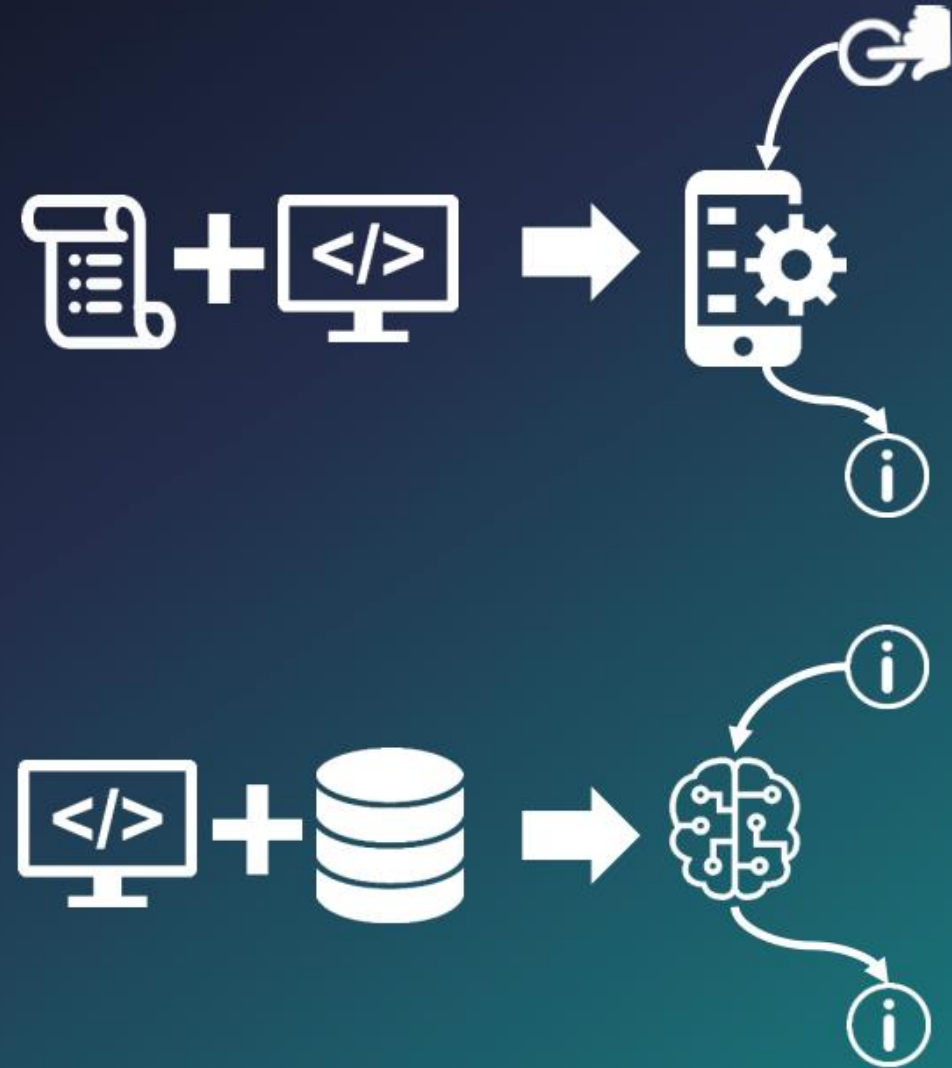


Conscience propre

- › Construit sa propre représentation du monde. Conscience de soi.

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

Qu'est-ce
que
l'intelligence
artificielle ?



Reconnaitre
Détecter
Segmenter
Prédire
Corréler
Créer

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

Le Momentum de L'IA

Nouvelles architectures de modèles

Monde académique en ébullition
Sortie de nouvelles approches tous les ans



Accessibilité technique

Nombreux framework disponibles
Nombreuses implémentations
packagées

Puissance de calcul

GPU, TPU, NPU
Neural computer

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.



PREDICTION



CLUSTERING



CORRELATION



**DETECTION/
CLASSIFICATION**



SEQUENTIALISATION



GENERATION

Les 6 grands types d'utilisation de l'IA

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.



PREDICTION



CLUSTERING



CORRELATION



**DETECTION/
CLASSIFICATION**



SEQUENTIALISATION



GENERATION

Les 6 grands types d'utilisation de l'IA

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

• Historique de l'IA



1956 • Artificial Intelligence

Le terme "intelligence artificielle" fait son apparition



1966 - 1972 • Shakey the Robot (Stanford)

Le premier robot mobile raisonne sur ses propres actions



Années 1980 • Réseau de neurones convolutifs

Un nouveau concept émerge et avec lui le deep learning



1997 • Deep Blue (IBM)

Le superordinateur bat le champion Garry Kasparov aux échecs



2005 • Stanley (Stanford)

La première voiture autonome est conçue



2011 • Watson (IBM)

Le système de réponses aux questions remporte Jeopardy



2015 • AlphaGo (Google DeepMind)

Le programme d'IA bat un joueur professionnel au jeu de go



2018 • AlphaFold (Google DeepMind)

Un problème scientifique majeur sur la structure des protéines est résolu



2020 • GPT-3 (OpenAI)

Un nouveau modèle de langage génère du texte et du code informatique



2021 • DALL-E (OpenAI)

Des images sont générées à partir de descriptions textuelles



2022 • Minerva (Google)

Des problèmes mathématiques et scientifiques sont résolus



2022 • GATO (Google DeepMind)

Une IA généraliste effectue des tâches diverses et multimodales



2022 • ChatGPT (OpenAI)

Un robot conversationnel est rendu accessible au grand public

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

- **Historique de l'IA**

- **Années 1950-60** : Naissance de l'IA avec des pionniers comme Alan Turing. Introduction de concepts comme le « test de Turing » pour évaluer l'intelligence d'une machine.
- **Années 1980-90** : Avancées dans le raisonnement logique et les systèmes experts, mais limitations dues à la puissance de calcul limitée
- **Années 2000 et au-delà** : Essor du Machine Learning et du Deep Learning, grâce à l'augmentation de la puissance de calcul et des données disponibles. Expansion des applications dans les entreprises et les technologies grand public.

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

- **Défis et opportunités associés à l'IA**



Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

- **Défis et opportunités associés à l'IA**
 - **Défis**



Manque de données de haute qualité

Impact sur la performance



Biais algorithmique et manque de transparence

Résultat discriminatoire ou injuste (prise de décision)



Éthique et confidentialité

Collecte, utilisation et protection de la données.



Coûts et impact écologique

Consomme beaucoup de ressources énergétiques



Acceptation sociale

Mal comprise, perçue comme menace pour l'emploi



Interprétabilité

Difficile de comprendre la décision de l'I.A.



Complexité de la mise en oeuvre

Besoin d'experts en IA pour la mettre en place



Maintenance et mise à jour

Rester performant et compétitif



Dépendance technologique

En cas de panne, l'entreprise est paralysée

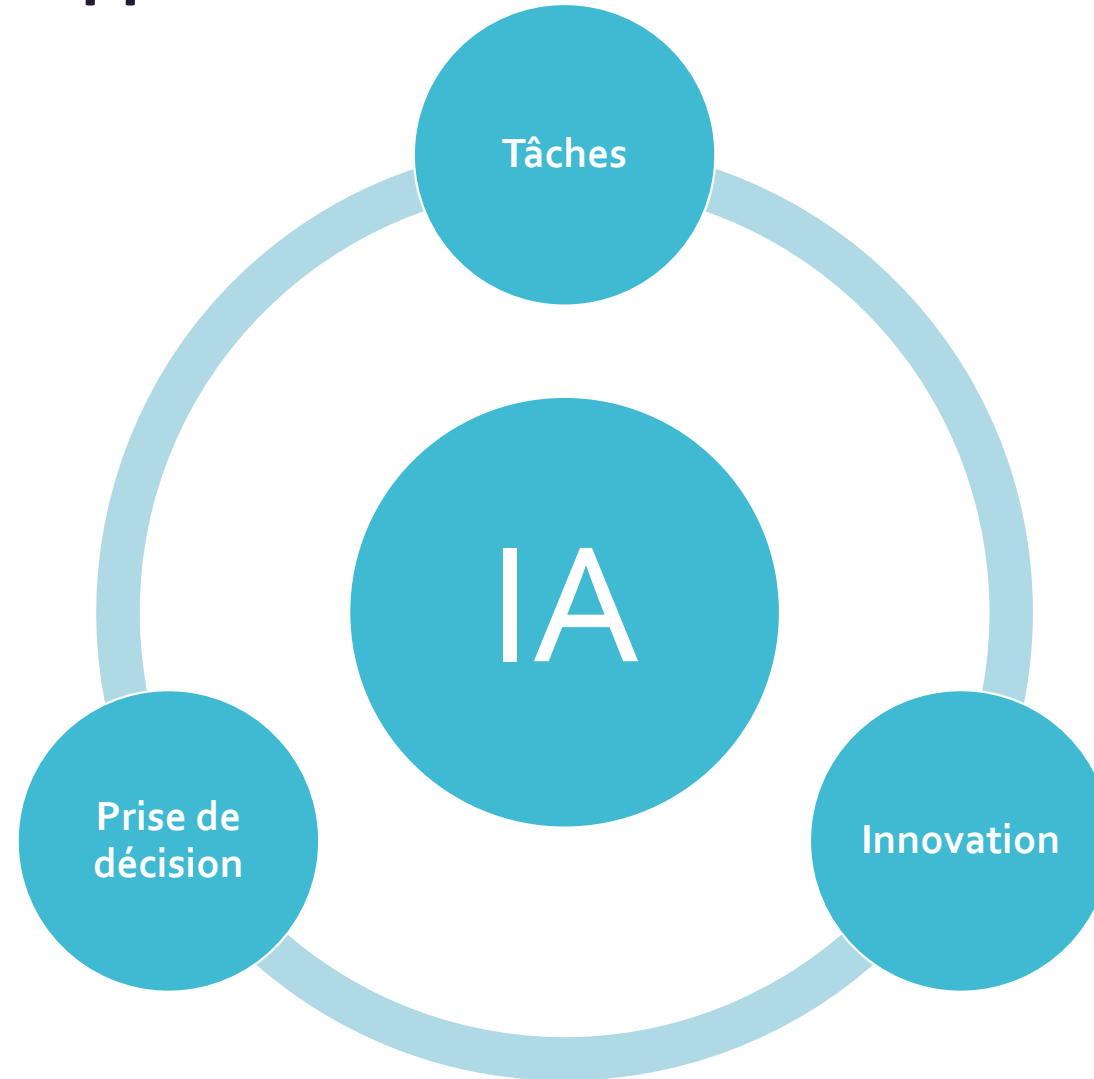


Sécurité

Vulnérable aux attaques et aux manipulations

Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

- **Défis et opportunités associés à l'IA**



Intelligence artificielle : Défis et opportunités.

- **Défis et opportunités associés à l'IA**
 - **Opportunités**



Automatisation des tâches répétitives



Accélération du processus de développement



Amélioration de la qualité du code



Personnalisation des expériences utilisateur



Optimisation des performances



Analyse des données volumineuses



Sécurité informatique



Automatisation des tests et de la validation



Aide à l'apprentissage



Innovation continue

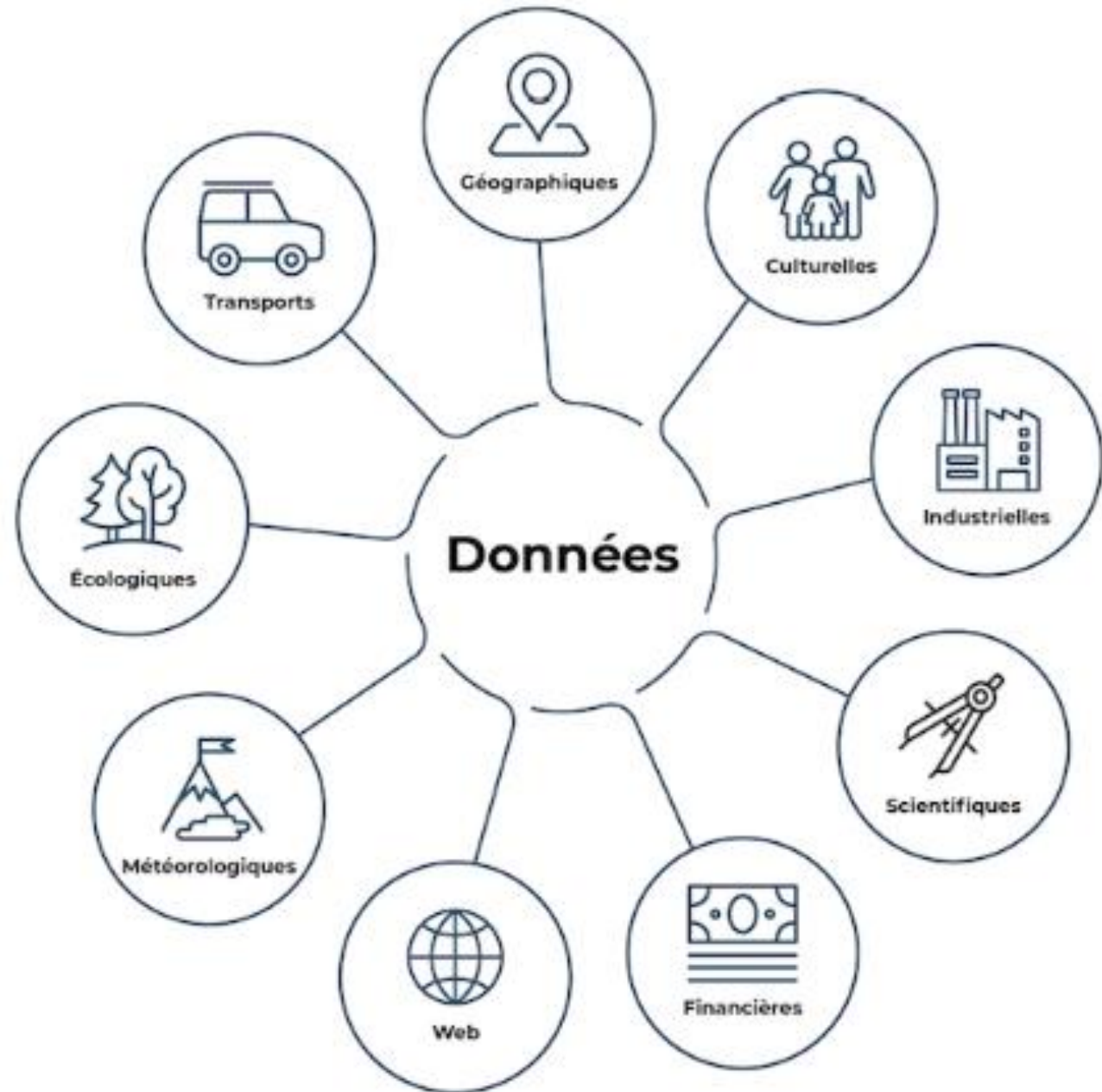


Développement durable



Accessibilité

Intelligence artificielle : Défis et opportunités



Artificial Intelligence (AI)

Human Intelligence Exhibited by Machines

Amazon purchase prediction

Smart Email Categorization

Machine Learning (ML)

An Approach to Achieve Artificial Intelligence

Google Maps speed of traffic Facebook facial recognition

Netflix video recommendation

Deep Learning (DL)

A Technique for Implementing Machine Learning

Self-Driving Cars

Speech Recognition

Robotics

Data Science

Scientific methods, algorithms
and systems to extract
knowledge or insights from
big data

Data Analysis

Process of inspecting, cleansing,
transforming and modeling data

Data Analytics

Discovery, interpretation, and
communication of meaningful patterns
in data

Data Mining

1950's

1980's

2010's

Big Data

Artificial Intelligence (AI)

Human Intelligence Exhibited by Machines

Amazon purchase prediction

Smart Email Categorization

Machine Learning (ML)

An Approach to Achieve Artificial Intelligence

Google Maps speed of traffic Facebook facial recognition

Netflix video recommendation

Deep Learning (DL)

A Technique for Implementing Machine Learning

Self-Driving Cars

Speech Recognition

Robotics

Data Science

Scientific methods, algorithms
and systems to extract
knowledge or insights from
big data

Data Analysis

Process of inspecting, cleansing,
transforming and modeling data

Data Analytics

Discovery, interpretation, and
communication of meaningful patterns
in data

Data Mining

1950's

1980's

2010's

Big Data

Intelligence artificielle : Défis et opportunités

Un **algorithme**, c'est une suite d'instructions qui permet d'aboutir à un résultat donné. Ainsi, en général un algorithme permet de résoudre un problème donné en suivant une séquence d'étapes. Par exemple, une recette de cuisine est un algorithme.

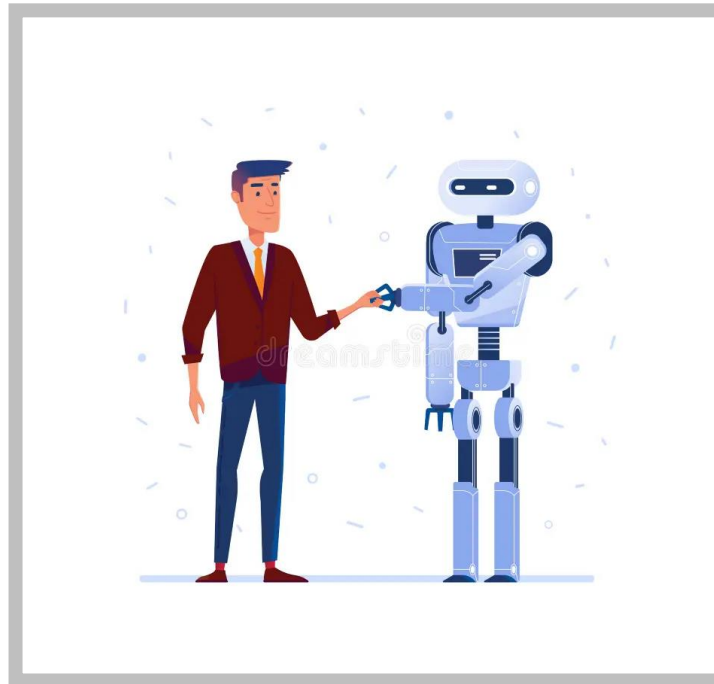
Au chapitre précédent, nous avons défini l'intelligence artificielle comme :

"toute technologie informatique qui permet de résoudre des problèmes complexes qu'on aurait cru réservés à l'intelligence humaine."

On peut maintenant compléter cette définition de l'intelligence artificielle, qui est :

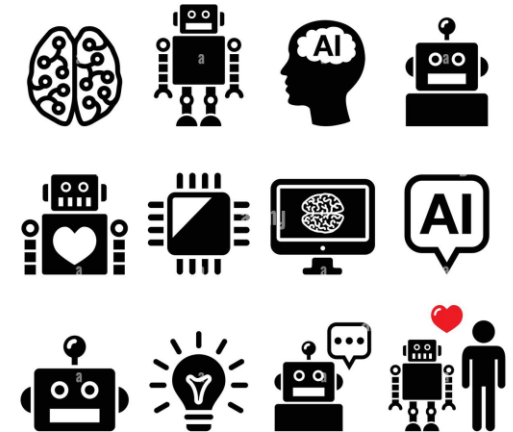
toute technologie informatique algorithmique qui permet de résoudre des problèmes complexes qu'on aurait cru réservés à l'intelligence humaine, en simulant des capacités humaines comme la perception et le raisonnement.

Principes du Machine Learning



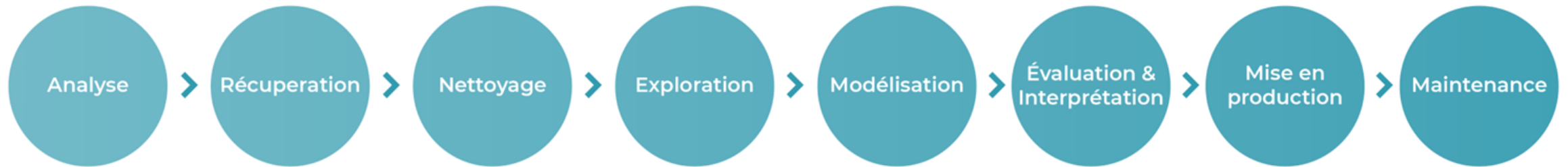
Robotique

IA



l'intelligence artificielle au- delà des mythes

- Mythe n° 1 : « ***L'IA fonctionne comme le cerveau humain*** » : Bien qu'inspirées du cerveau humain, les IA ne sont pas une copie ou une simulation du cerveau humain.
- Mythe n° 2 : « ***Les programmes d'IA sont conscients et auraient des émotions*** » : Les produits d'IA n'ont pas d'émotions humaines, même s'ils peuvent parfois en simuler.
- Mythe n° 3 : « ***Les programmes d'IA pourraient développer leur propre volonté*** » : Les systèmes d'IA n'ont pas de volonté indépendante. Leur comportement et leurs objectifs dépendent de la façon dont ils sont conçus par nous humains.



Etapes d'un projet d'intelligence artificielle

Chez vous



Reregardez sur Machine Learnia

[La carte de l'IA | Partie 1](#)

[La carte de l'IA | Partie 2](#)

Réaliser des Mind mapping

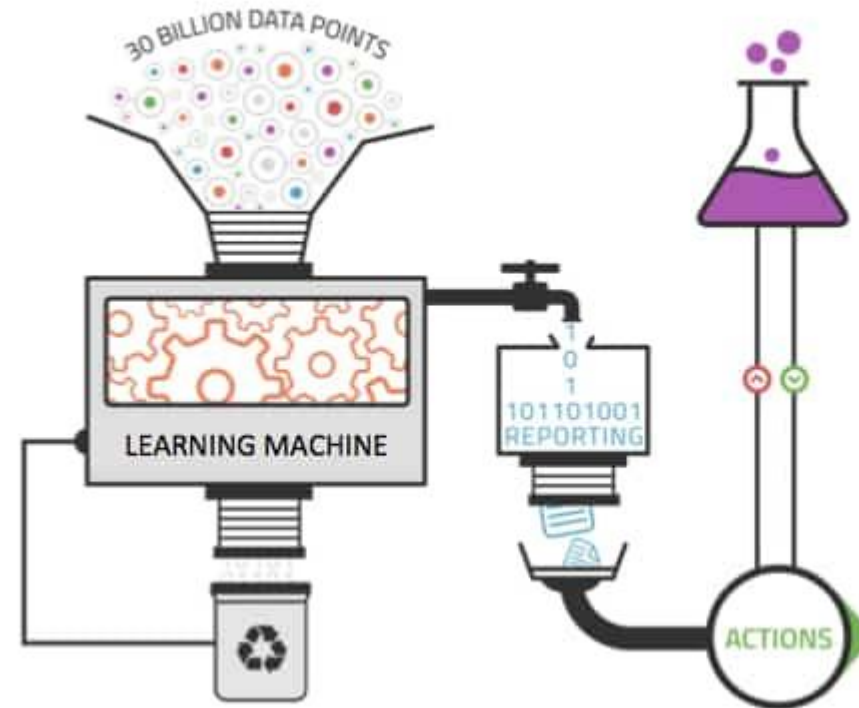
Initiation à Machine Learning



Fondamentaux du Machine Learning

Définition

L'apprentissage automatique nous permet de construire des systèmes informatiques qui apprennent tout seuls à partir des données qu'ils utilisent. Encore mieux : ils sont capables d'améliorer leur performance au cours du temps, en s'enrichissant de nouvelles données.



Principe du modèle : Le machine learning utilise des modèles mathématiques pour résoudre des problèmes spécifiques, tels que l'estimation du prix d'un bien immobilier. Ces modèles sont construits en se basant sur des données et s'améliorent avec le temps en intégrant de nouvelles informations.

Fondamentaux du Machine Learning

Définition

L'apprentissage automatique consiste alors à programmer des algorithmes permettant d'apprendre automatiquement des données et d'expériences passées, un algorithme cherchant à résoudre au mieux un problème considéré.

« How can we build computer systems that automatically improve with experience, and what are the fundamental laws that govern all learning processes? »» Tom Mitchell, 2006

Fondamentaux du Machine Learning

Définition

Looking for a **model** of the world from observations in order to **make predictions** and to **understand**

Chercher un **modèle** du monde réel à partir d'observations dans l'objectif de faire des **prévisions** ou de **mieux décrire**.

Changes in a system that allows it to realize the **same** type of tasks than during **training** with a ever **better performance**.

L'apprentissage est un **changment** du système dans le but de réaliser les **mêmes tâches** que celle de la **période d'apprentissage** mais avec une **meilleure performance**.

Fondamentaux du Machine Learning Multidisciplinaire

L'apprentissage automatique (**Machine Learning (ML)**) est à la croisée de plusieurs disciplines :

Les statistiques : pour l'inférence de modèles à partir de données.

Les probabilités : pour modéliser l'aspect aléatoire inhérent aux données et au problème d'apprentissage.

L'intelligence artificielle : pour étudier les tâches simples de reconnaissance de formes que font les humains (comme la reconnaissance de chiffres par exemple), et parce qu'elle fonde une branche du ML dite symbolique qui repose sur la logique et la représentation des connaissances.

L'optimisation : pour optimiser un critère de performance afin, soit d'estimer des paramètres d'un modèle, soit de déterminer la meilleure décision à prendre étant donné une instance d'un problème.

L'informatique : puisqu'il s'agit de programmer des algorithmes et qu'en ML ceux-ci peuvent être de grande complexité et gourmands en termes de ressources de calcul et de mémoire.

Fondamentaux du Machine Learning

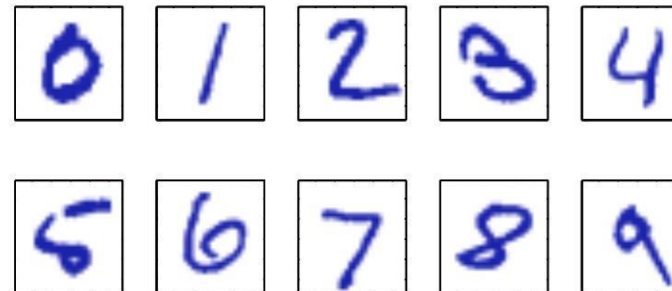
Exemple 1: prédiction d'achat

- Supposons qu'une entreprise veuille connaître le montant total dépensé par un client ou une cliente à partir de ses factures.
- Il suffit d'appliquer un algorithme classique, à savoir une simple addition : un algorithme d'apprentissage n'est pas nécessaire.
- Supposons maintenant que l'on veuille utiliser ces factures pour déterminer quels produits le client est le plus susceptible d'acheter dans un mois.
- Bien que cela soit vraisemblablement lié, nous n'avons manifestement pas toutes les informations nécessaires pour ce faire.
- Cependant, si nous disposons de l'historique d'achat d'un grand nombre d'individus, il devient possible d'utiliser un algorithme de machine learning pour qu'il en tire un modèle prédictif nous permettant d'apporter une réponse à notre question.

Fondamentaux du Machine Learning

Exemple 2: Reconnaissance de caractère

- Comment reconnaître des Caractères manuscrits ?
- par énumération de règles
- si intensité pixel à la position ...alors c'est un "3"
- → long et fastidieux, difficile de couvrir tous les cas
- en demandant à la machine d'apprendre
- lui laisser faire des essais et apprendre de ses erreurs
- → apprentissage machine (machine-learning)



Fondamentaux du Machine Learning

Pourquoi utiliser le machine learning ?

Le machine learning peut servir à résoudre des problèmes

- que l'on ne sait pas résoudre (comme dans l'exemple de la prédiction d'achats ci-dessus) ;
- que l'on sait résoudre, mais dont on ne sait formaliser en termes algorithmiques comment nous les résolvons (c'est le cas par exemple de la reconnaissance d'images ou de la compréhension du langage naturel) ;
- que l'on sait résoudre, mais avec des procédures beaucoup trop gourmandes en ressources informatiques (c'est le cas par exemple de la prédiction d'interactions entre molécules de grande taille, pour lesquelles les simulations sont très lourdes).

Fondamentaux du Machine Learning

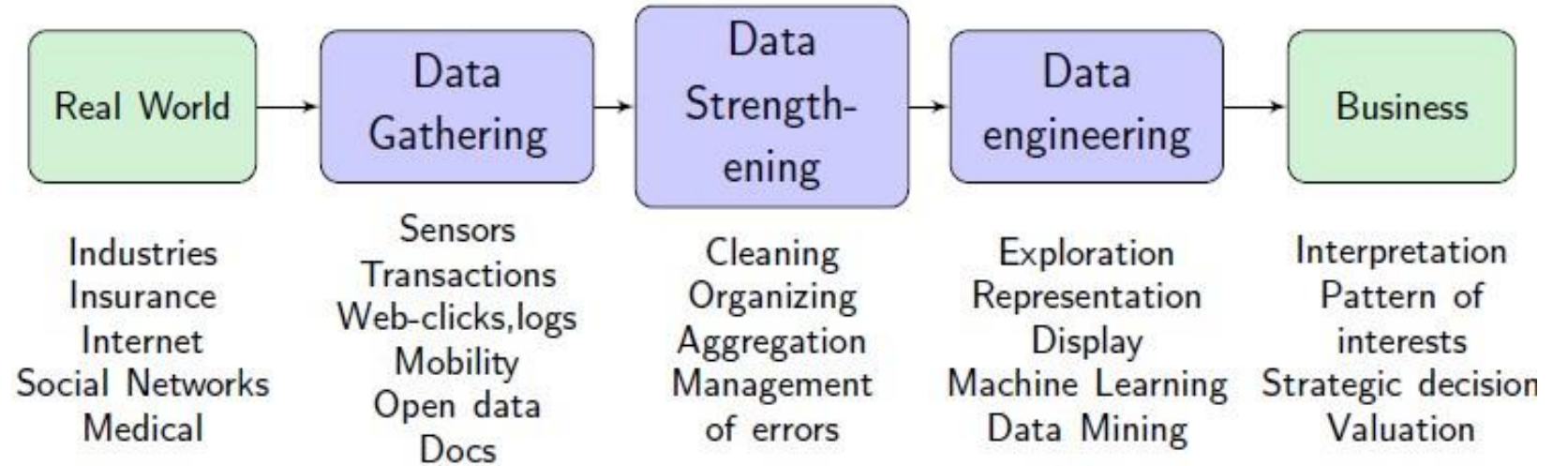
Ingrédients du machine learning

Le machine learning repose sur deux piliers fondamentaux :

- d'une part, les données, qui sont les exemples à partir duquel l'algorithme va apprendre ;
- d'autre part, l'algorithme d'apprentissage, qui est la procédure que l'on fait tourner sur ces données pour produire un modèle. On appelle entraînement le fait de faire tourner un algorithme d'apprentissage sur un jeu de données.

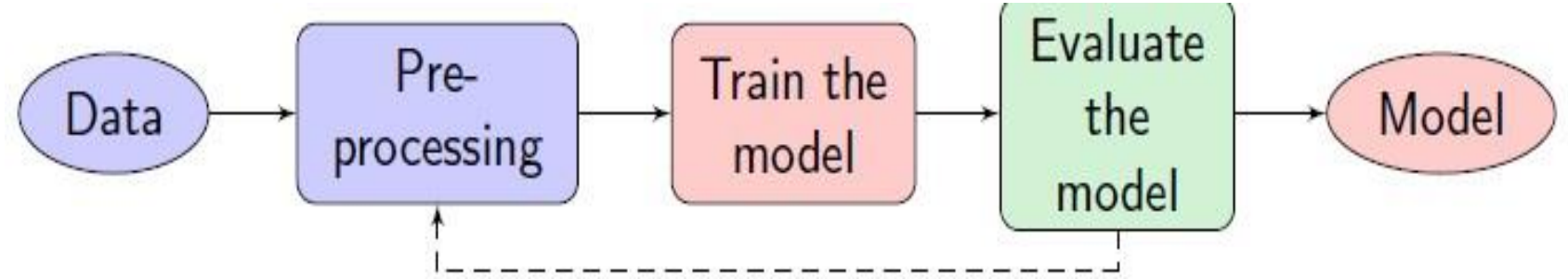
Fondamentaux du Machine Learning

Implémenter un projet ML



Fondamentaux du Machine Learning

Procéssus d'ingénierie des données



- Understand and specify project goals
- Pre-processing/visualize/analyze data
- Which ML problem is it?
- Design a solving approach
- Evaluate its performance
- Go to to 2) if needed

Fondamentaux du Machine Learning

Différentes méthodes d'apprentissage

Différentes méthodes d'apprentissage :

- **Apprentissage supervisé** : L'algorithme apprend à partir d'exemples avec des "étiquettes" pour faire des prédictions (ex : prix d'une maison en fonction de ses caractéristiques).
- **Autres méthodes** (non couvertes ici) : D'autres types d'apprentissage, comme l'apprentissage non supervisé et par renforcement, offrent des approches différentes en fonction des types de données et d'objectifs.

Fondamentaux du Machine Learning

Différentes méthodes d'apprentissage

Apprentissage supervisé

- Dans l'apprentissage supervisé, le modèle est entraîné avec des données étiquetées, ce qui signifie que chaque exemple de la base de données est associé à une "étiquette" ou un résultat connu.
- L'objectif est d'apprendre une relation entre les caractéristiques d'entrée et les étiquettes de sortie pour pouvoir prédire les résultats sur de nouvelles données.
- Exemples :
 - **Classification** : Le modèle classe les données en catégories. Exemple : détecter les spams dans les emails (spam/non-spam).
 - **Régression** : Le modèle prédit une valeur numérique. Exemple : prédire le prix d'une maison en fonction de ses caractéristiques (surface, localisation, etc.)..

Fondamentaux du Machine Learning

Différentes méthodes d'apprentissage

Apprentissage non supervisé

- Dans l'apprentissage non supervisé, le modèle travaille avec des données sans étiquettes, c'est-à-dire sans résultats connus. L'objectif est de détecter des motifs ou des structures sous-jacentes dans les données.
- Ce type d'apprentissage est souvent utilisé pour découvrir des groupes ou des segments dans les données.
- Exemples :
 - **Clustering** : Le modèle regroupe les données en clusters ou segments ayant des caractéristiques similaires. Exemple : segmentation de clients en marketing.
 - **Réduction de dimensionnalité** : Simplifier les données en réduisant le nombre de variables tout en conservant le plus d'information possible. Exemple : utilisation de l'analyse en composantes principales (PCA) pour visualiser des données complexes.

Fondamentaux du Machine Learning

Différentes méthodes d'apprentissage

Apprentissage par renforcement

- Dans l'apprentissage par renforcement, un agent (le modèle) apprend à atteindre un objectif en interagissant avec un environnement. L'agent reçoit des récompenses pour les actions correctes et des pénalités pour les erreurs, ce qui le pousse à maximiser les récompenses.
- Cette méthode est particulièrement utilisée pour des tâches nécessitant une prise de décision séquentielle et des ajustements en fonction des actions précédentes.
- Exemples :
 - **Jeux** : Entraînement d'agents d'IA pour jouer à des jeux comme le Go ou les échecs.
 - **Robots autonomes** : Optimisation du comportement d'un robot pour naviguer dans un environnement ou accomplir des tâches spécifiques.

Fondamentaux du Machine Learning

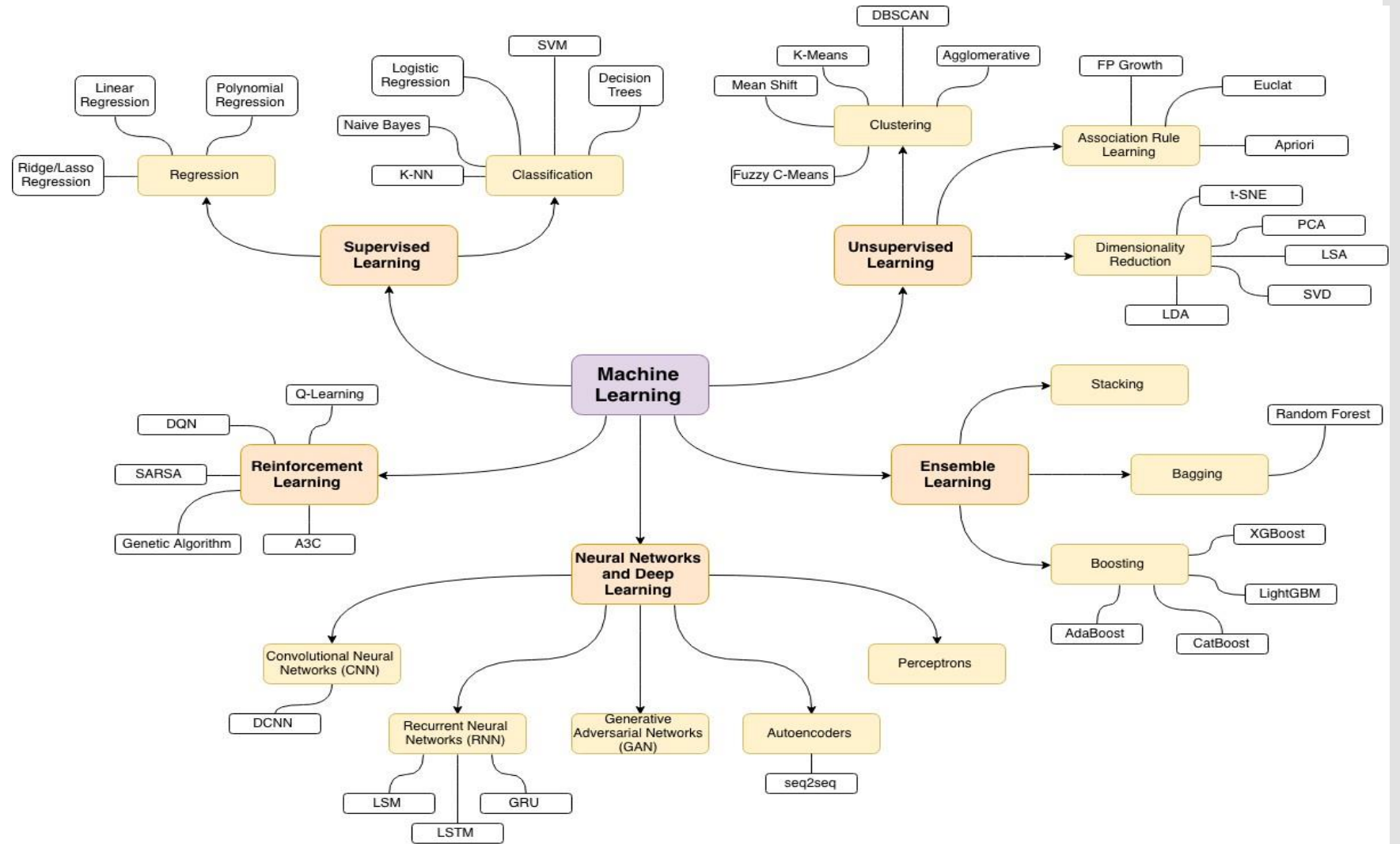
Différentes méthodes d'apprentissage

Comparaison des méthodes

Méthode	Étiquetage des données	Objectif principal	Exemples d'application
Apprentissage supervisé	Données étiquetées	Prédiction d'une valeur ou d'une catégorie	Classification des emails, prévision de prix
Apprentissage non supervisé	Données non étiquetées	Découverte de structures ou de groupes	Segmentation de clients, analyse des tendances
Apprentissage par renforcement	Récompenses et pénalités	Maximiser une récompense au fil du temps	Jeux vidéo, robots autonomes

Fondamentaux du Machine Learning

Implémenter un projet ML



Fondamentaux du Machine Learning

Choix du modèle ML

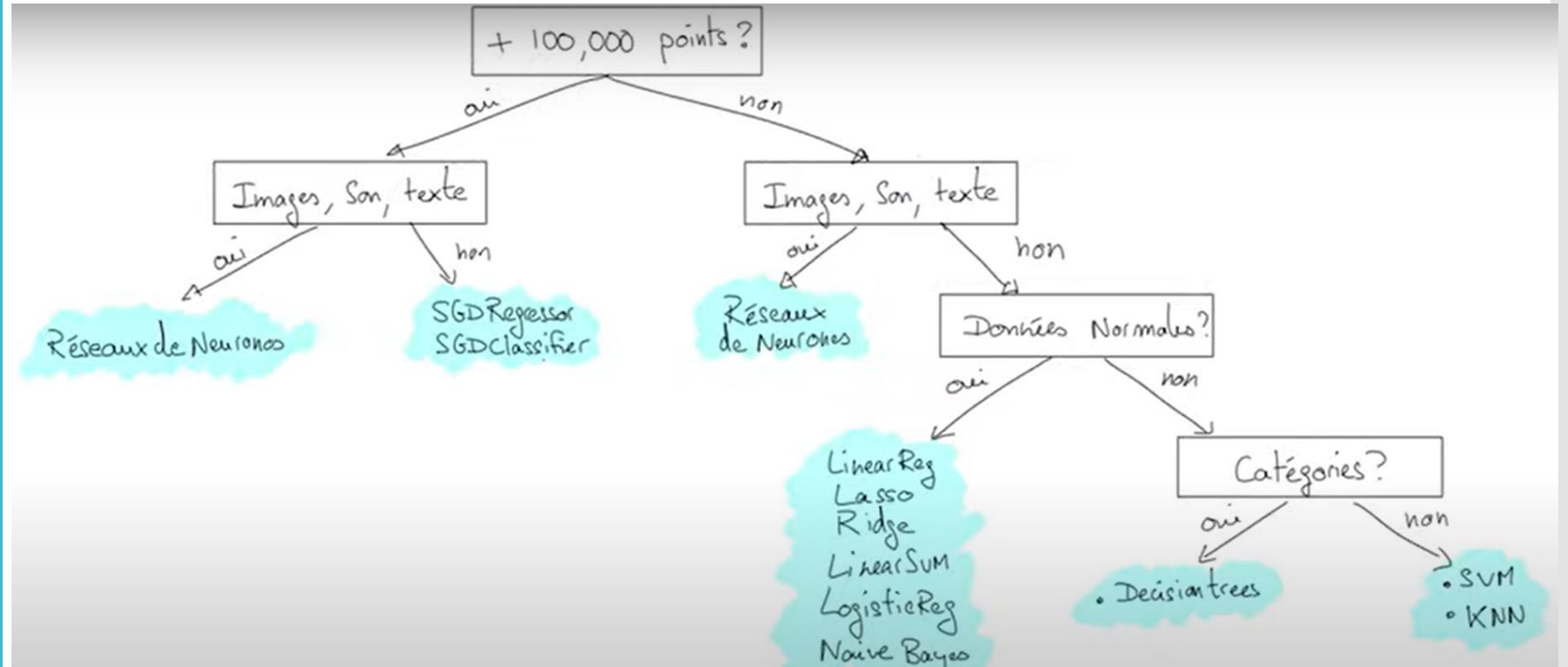
- Conseil 1 : Travaillez avec des modèles que vous maîtriser.
 - Conseil 2 : implémentez au début des modèle simple.
-
- Critère 1 : Type des données (Structurées / non Structurées)
 - Critère 2 : Quantité des données.
 - -100 000 N'importe quel modèle ML
 - +100 000 Descente de Gradient
 - Critère 3 : Normalité des données
 - Critère 4 : Variables quantitative / qualitative



Comment CHOISIR LE BON MODÈLE de Machine Learning ?

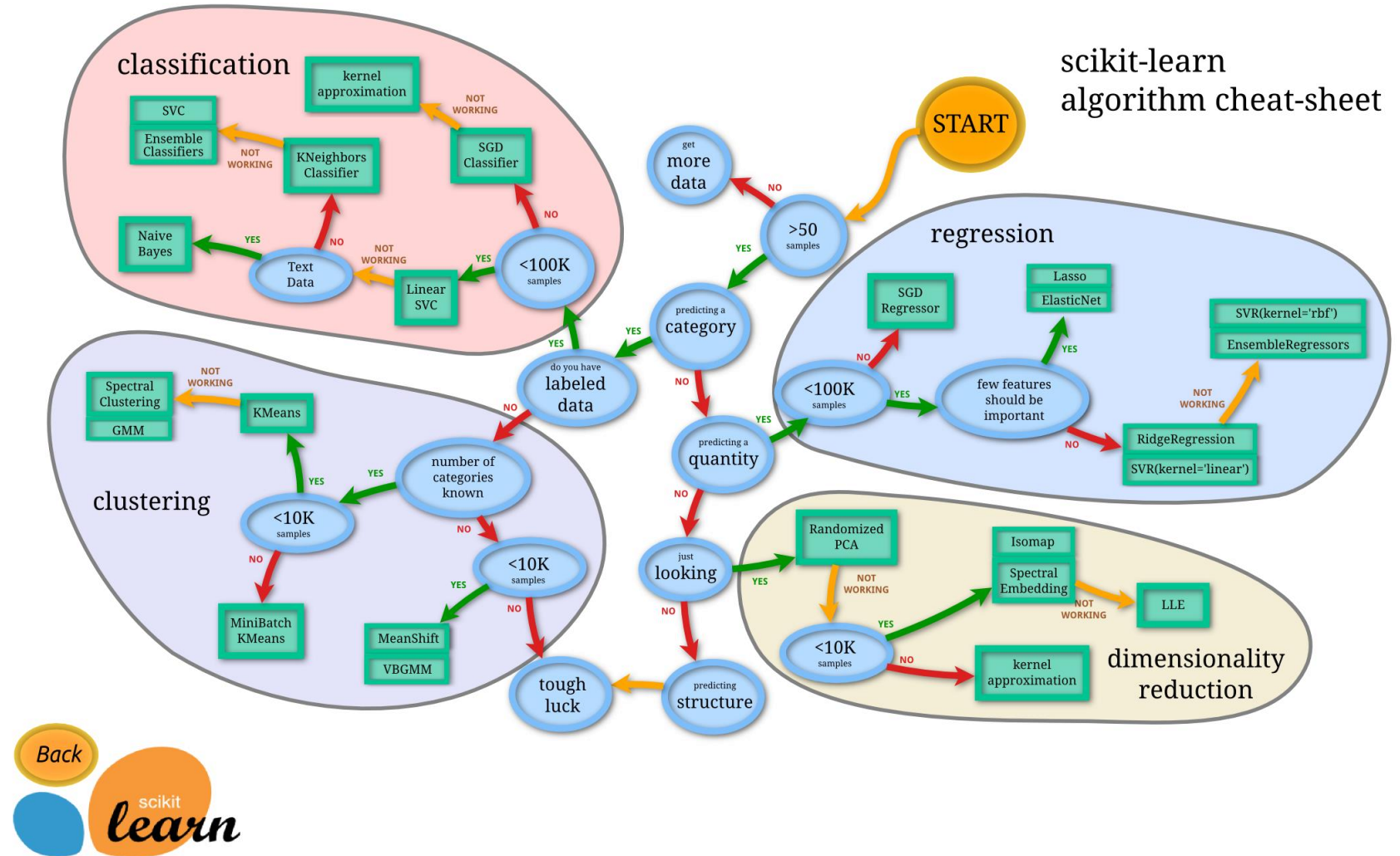
Fondamentaux du Machine Learning

Choix du modèle ML



Fondamentaux du Machine Learning

Choix du modèle ML



Évaluez la performance d'un modèle prédictif

1. Charger un dataset.
2. Entraîner le modèle.
3. Évaluer le modèle.

Dans tous les cas, le but principal d'un algorithme de Machine Learning est de minimiser l'erreur d'estimation. Cela dit, on peut estimer cet écart de nombreuses façons. Donc au lieu de se limiter à une seule méthode de calcul, on généralise l'idée en considérant n'importe quelle fonction qui puisse servir de mesure de cet écart. On appelle ces fonctions "fonctions de coût", ou cost functions en anglais.

Par exemple pour la régression linéaire dans scikit-learn, la fonction de coût est la MSE (Mean Squared Error) définie comme suit :

$$\text{MSE} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_k - \hat{y}_k)^2$$

- N : le nombre d'échantillons d'entraînement ;
- y_k : les valeurs cibles ;
- \hat{y}_k : les valeurs prédites par le modèle.

Évaluez la performance d'un modèle

La fonction de coût guide l'entraînement du modèle, mais pour mesurer sa performance une fois entraîné, on calcule **un score de performance**. Ce score permet de quantifier la qualité des prédictions du modèle sur différents ensembles de données, tels que l'ensemble d'entraînement, de test ou de nouveaux échantillons, afin d'évaluer son efficacité.

Le calcul du score d'un modèle dépend de la tâche ML considérée. Un modèle de classification ne sera pas évalué de la même manière qu'un modèle de régression.

De manière nominale, dans le contexte d'une régression, on a les scores suivants :

- **Root Mean Square Error** (écart quadratique moyen) ou **RMSE** :

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_k - \hat{y}_k)^2}$$

- **Mean Absolute Error** (erreur absolue moyenne) ou **MAE** :

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |y_k - \hat{y}_k|$$

On obtient des scores en pourcentage en divisant par la valeur cible :

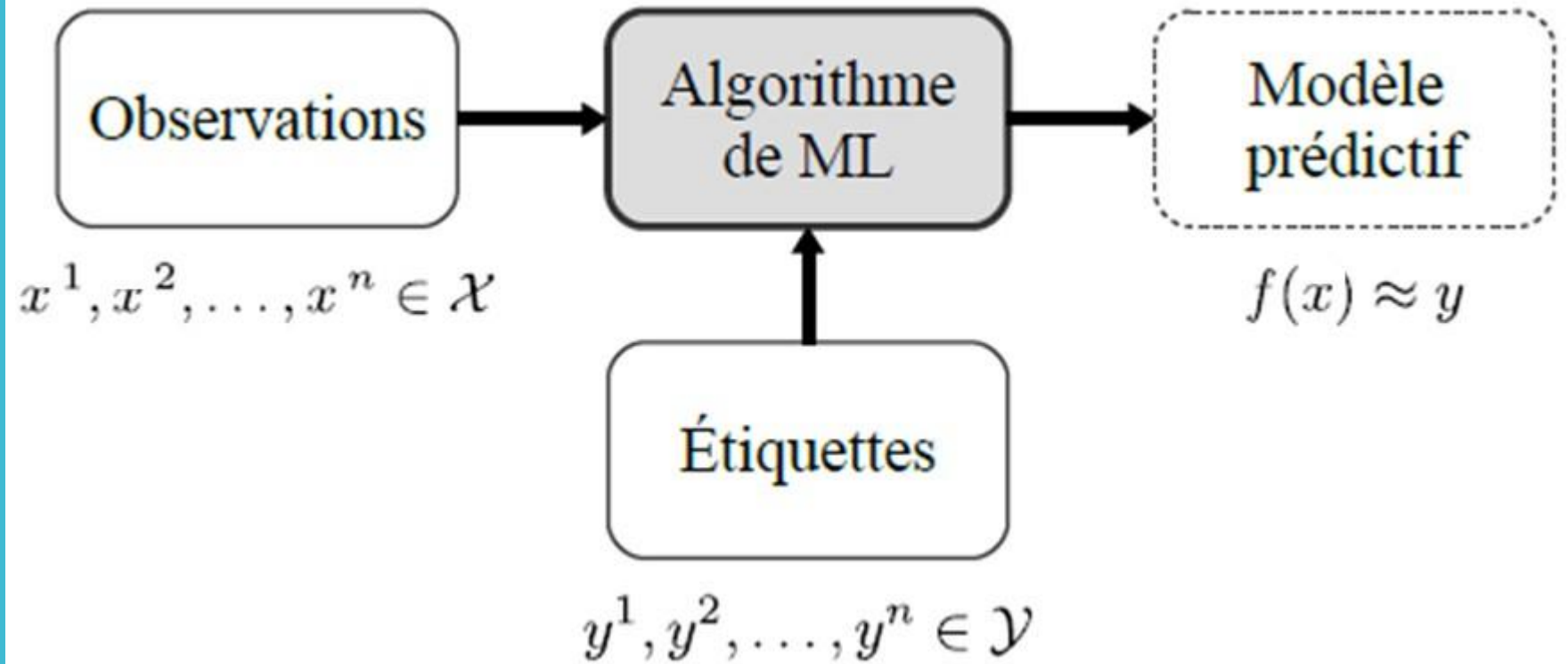
Mean Absolute Percentage Error (erreur absolue moyenne en pourcentage) ou **MAPE** :

$$\text{MAPE} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{|y_k - \hat{y}_k|}{|y_k|}$$

Apprentissage supervisé

- **Définition (Apprentissage supervisé) :** On appelle *apprentissage supervisé* la branche du machine learning qui s'intéresse aux problèmes pouvant être formalisés de la façon suivante :
- Etant données n observations $\{x^i\}_{i=1;\dots;n}$ décrites dans un espace X , et leurs *étiquettes* $\{y^i\}_{i=1;\dots;n}$ décrites dans un espace Y
- On suppose que les étiquettes peuvent être obtenues à partir des observations grâce à une fonction $\phi : X \rightarrow Y$ fixe et inconnue : $y_i = \phi(x^i) + \varepsilon_i$, où ε_i est un bruit aléatoire.
- Il s'agit alors d'utiliser les données pour déterminer une fonction $f : X \rightarrow Y$ telle que, pour tout couple $(x; \phi(x)) \in X \times Y$, $f(x) \cong \phi(x)$.

Apprentissage supervisé



Apprentissage supervisé - Classification

Classification binaire

- Dans le cas où les étiquettes sont *binaires*, elles indiquent l'appartenance à une *classe*. On parle alors de *classification binaire*.
- **Définition (Classification binaire):** Un problème d'apprentissage supervisé dans lequel l'espace des étiquettes est binaire, autrement dit $Y = \{0; 1\}$, est appelé un problème de *classification binaire*.
- Voici quelques exemples de problèmes de classification binaire :
 - Identifier si un email est un spam ou non ;
 - Identifier si un tableau a été peint par Picasso ou non ;
 - Identifier si une image contient ou non une girafe ;
 - Identifier si une molécule peut ou non traiter la dépression ;
 - Identifier si une transaction financière est frauduleuse ou non.

Apprentissage supervisé - Classification

Classification multi-classe

- **Définition (Classification multi-classe):** Un problème d'apprentissage supervisé dans lequel l'espace des étiquettes est discret et fini, autrement dit $Y = \{1; 2; \dots; C\}$, est appelé un problème de *classification multi-classe*. C est le nombre de classes.
- Voici quelques exemples de problèmes de classification multi-classe :
 - Identifier en quelle langue un texte est écrit ;
 - Identifier lequel des 10 chiffres arabes est un chiffre manuscrit
 - Identifier l'expression d'un visage parmi une liste prédéfinie de possibilités (colère, tristesse, joie, etc.) ;
 - Identifier à quelle espèce appartient une plante ;
 - Identifier les objets présents sur une photographie.

Apprentissage supervisé – Régression

Régression

- **Définition (Régression):** Un problème d'apprentissage supervisé dans lequel l'espace des étiquettes est $Y = R$ est appelé un problème de *régression*.
- Voici quelques exemples de problèmes de régression :
 - Prédire le nombre de clics sur un lien ;
 - Prédire le nombre d'utilisateurs et utilisatrices d'un service en ligne à un moment donné ;
 - Prédire le prix d'une action en bourse ;
 - Prédire l'affinité de liaison entre deux molécules ;
 - Prédire le rendement d'un plant de maïs.