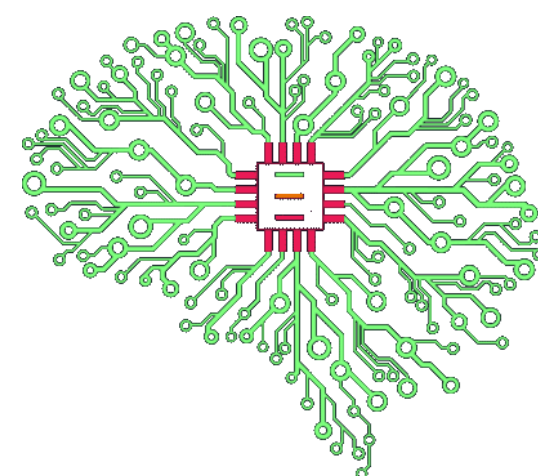
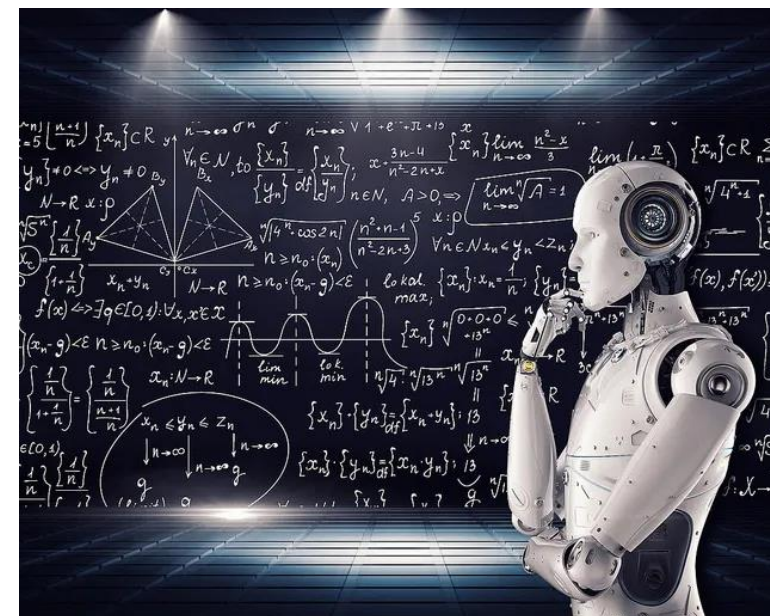
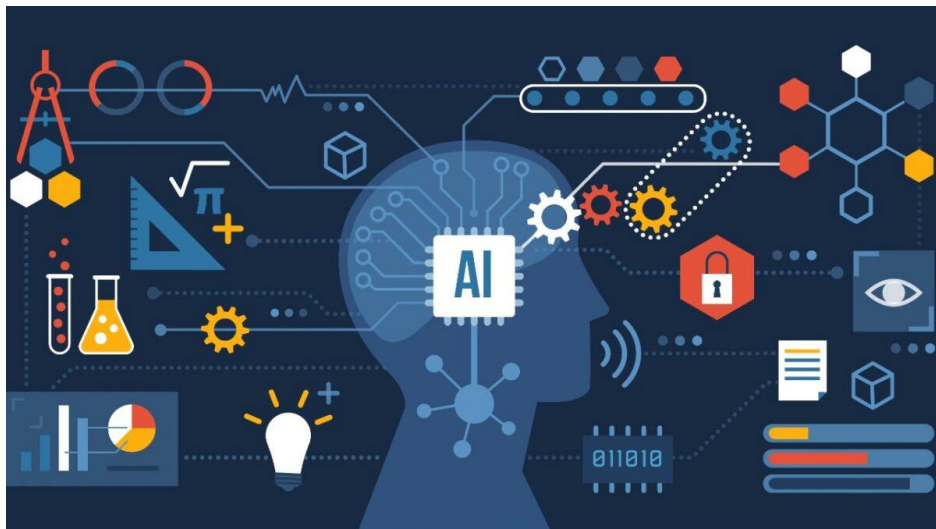


INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Introduction



INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Introduction

Compétences attendues :

- ✓ Analyser les principes d'intelligence artificielle. $\Leftrightarrow I$
- ✓ Choisir une démarche de résolution d'un problème d'ingénierie numérique ou d'intelligence artificielle. $\Leftrightarrow I$
- ✓ Résoudre un problème en utilisant une solution d'intelligence artificielle. $\Leftrightarrow I$

L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Définitions

Définition de l'Intelligence Artificielle

L'intelligence artificielle (IA) est « l'ensemble des théories et des techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence ».

En première approche, l'IA peut être assimilée à un ensemble d'algorithmes permettant de réaliser des tris, des classifications...

L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Définitions

Définition de l'Intelligence Artificielle

Domaines d'applications de l'IA :

- La finance
- La médecine
- Le militaire
- La robotique
- Le contrôle d'accès
- Le journalisme
- Les réseaux sociaux
- Les messageries mails
- La reconnaissance de caractères ou la traduction
- ...

L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Définitions

Exemple de reconnaissance d'objets

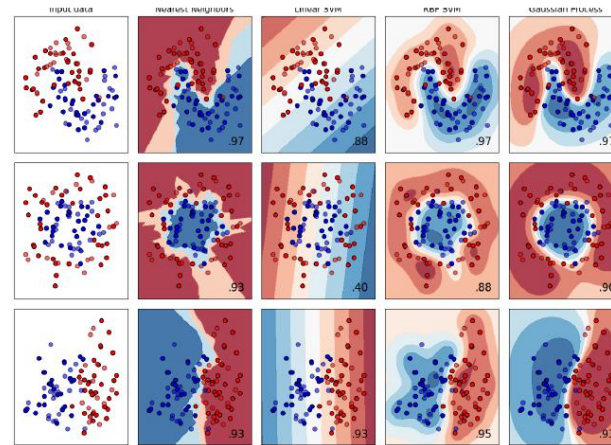


L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

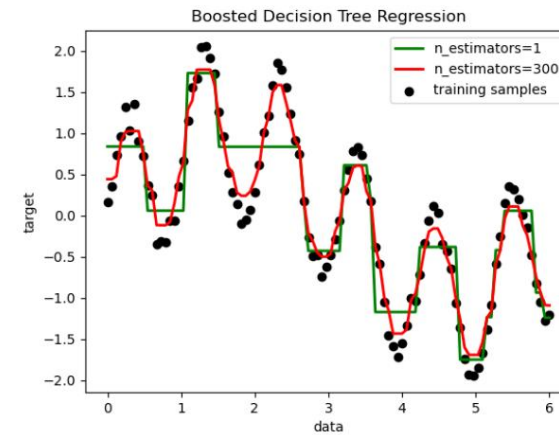
Définitions

Les problèmes types de l'IA

- **La classification**
→ Identifier à quelle catégorie un objet appartient
(*apprentissage supervisé*)
- **La segmentation**
→ Regrouper de manière automatique des objets dans des ensembles
(*apprentissage non supervisé*)

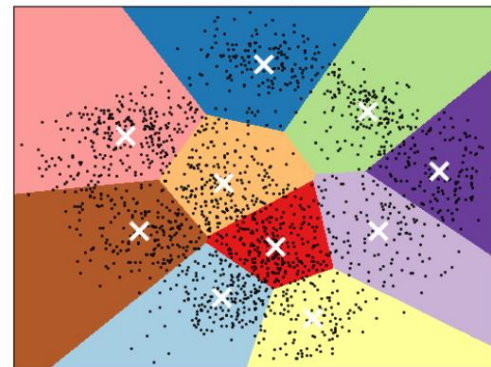


(a) Classification

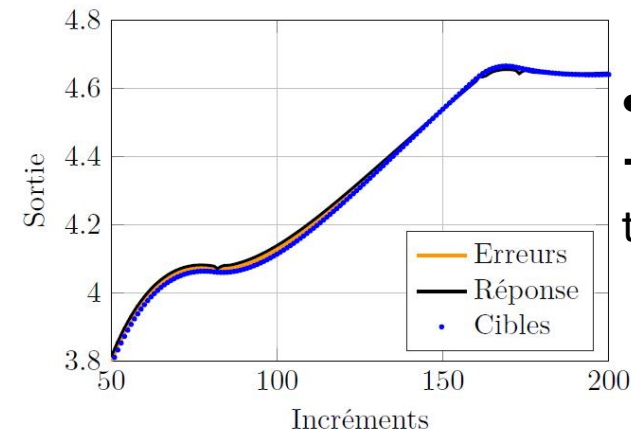


(b) Régression

K-means clustering on the digits dataset (PCA-reduced data)
Centroids are marked with white cross



(c) Clustering



(d) Prédiction

- **La régression**
→ Prédire un paramètre à valeur continue associée à un objet.

- **La prédiction**
→ Prédire des données temporelles

L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Définitions

Définition des données

Les données → algorithmes d'IA → différentes formes :

- Des données quantitatives continues (ex: température).
- Des données quantitatives discrètes (ex : nombre de pièces d'un logement).
- Des données qualitatives (ex : couleurs, des notes à un test d'opinion, ...).

Traiter ces données → il faut les organiser :

- Les données structurées (dans une base de données).
- Les données semi-structurées (dans un fichier .csv ou xml).
- Les données non structurées (image, texte ou vidéo).

L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Définitions

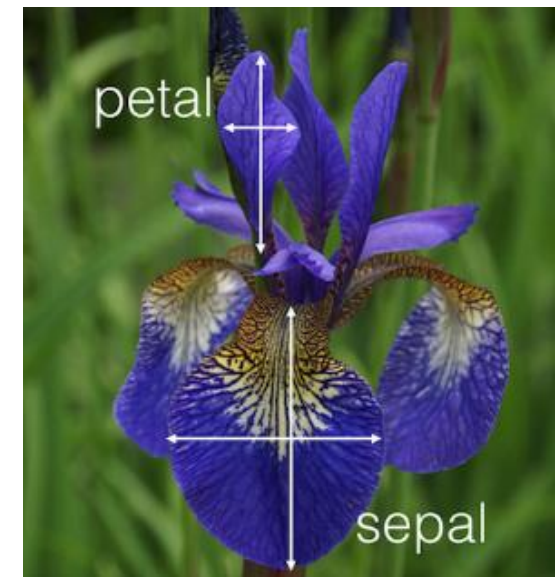
Définition des observations

On appelle observation (ou individu ou objet) une « ligne de donnée » qui va être utilisée par un algorithme d'apprentissage. Une observation est composée de caractéristiques qui varient pour chacun des observations.

Exemple :

Base de données regroupant des photos d'Iris :

→ 150 observations → 4 caractéristiques : longueur et largeur du sépale ainsi que longueur et largeur du pétale.



L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Définitions

Définition de Big Data

Mégadonnées ou données massives.

Big data → ressources d'informations → caractéristiques (volume, vitesse et variété)

→ technologies et méthodes analytiques particulières pour générer de la valeur (traitements parallélisés)

Que fait-on avec ces données ?

→ Chercher un lien entre ces données.

→ *lien connu* → *apprentissage supervisé.*

→ *lien non connu* → *apprentissage non supervisé ou clustering*

L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Apprentissage Automatisé – Machine Learning

Définition de l'apprentissage automatisé ou Machine Learning

L'apprentissage automatique est un champ de l'intelligence artificielle dont l'objectif est d'analyser un grand volume de données afin de déterminer des motifs et de réaliser un modèle prédictif.

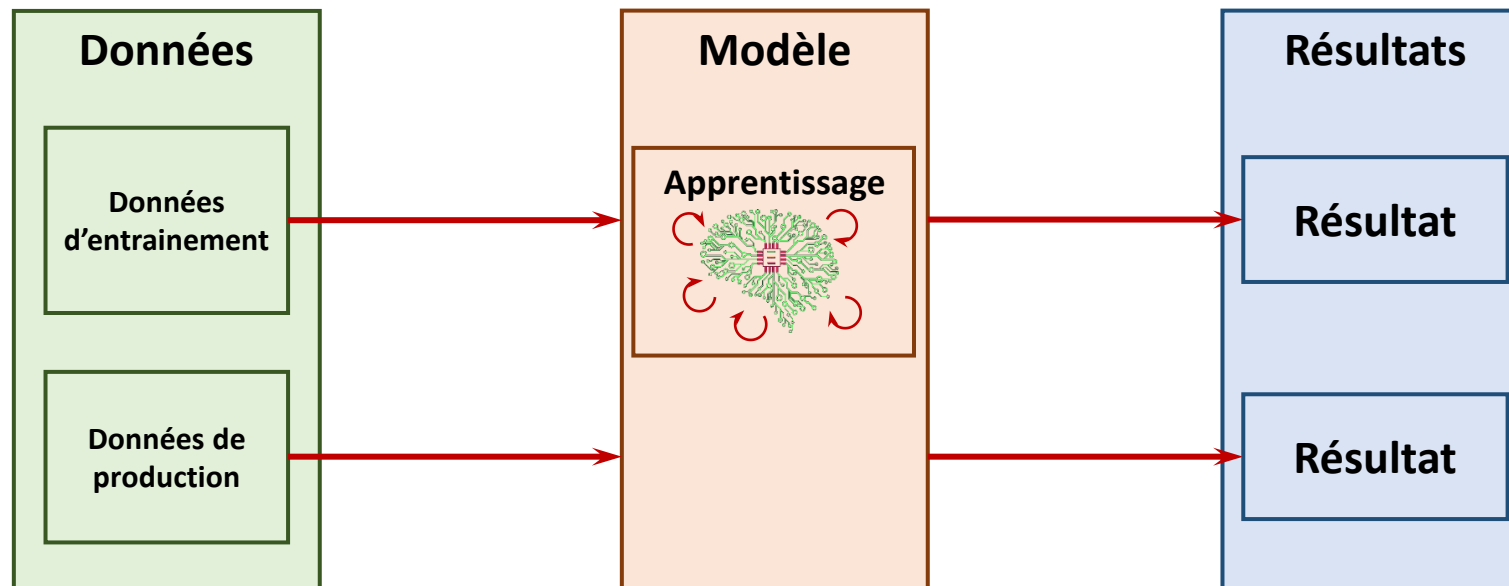
L'apprentissage → 2 phases :

- Entraînement (ou apprentissage) → estimation du modèle à partir de données d'observations.
- Mise en production du modèle (inférence) → nouvelles données → traitées → obtenir le résultat souhaité.

L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Apprentissage Automatisé – Machine Learning

Définition de l'apprentissage automatisé ou Machine Learning

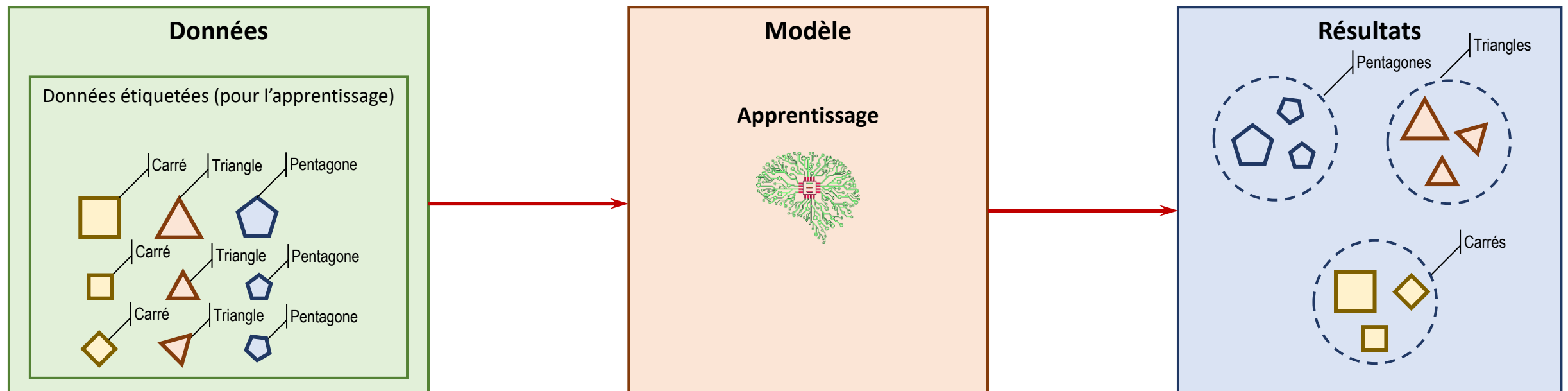


L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Apprentissage Automatisé – Machine Learning

Définition de l'apprentissage supervisé - Apprentissage

Tâche d'apprentissage au cours de laquelle l'algorithme (ou fonction de prédiction) va, à partir d'un ensemble de données **étiquetées**, déterminer un lien entre un ensemble les données et les étiquettes.



L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Apprentissage Automatisé – Machine Learning

Définition de l'apprentissage supervisé - Inférence

Tâche au cours de laquelle l'algorithme (ou fonction de prédiction) va, à partir d'un ensemble de données **non étiquetées**, prédire l'étiquette.

Exemple :

Soit un ensemble d'images en noir et blanc représentant des chiffres de 0 à 9.

L'algorithme doit dans un premier temps apprendre le lien entre l'image et le chiffre.

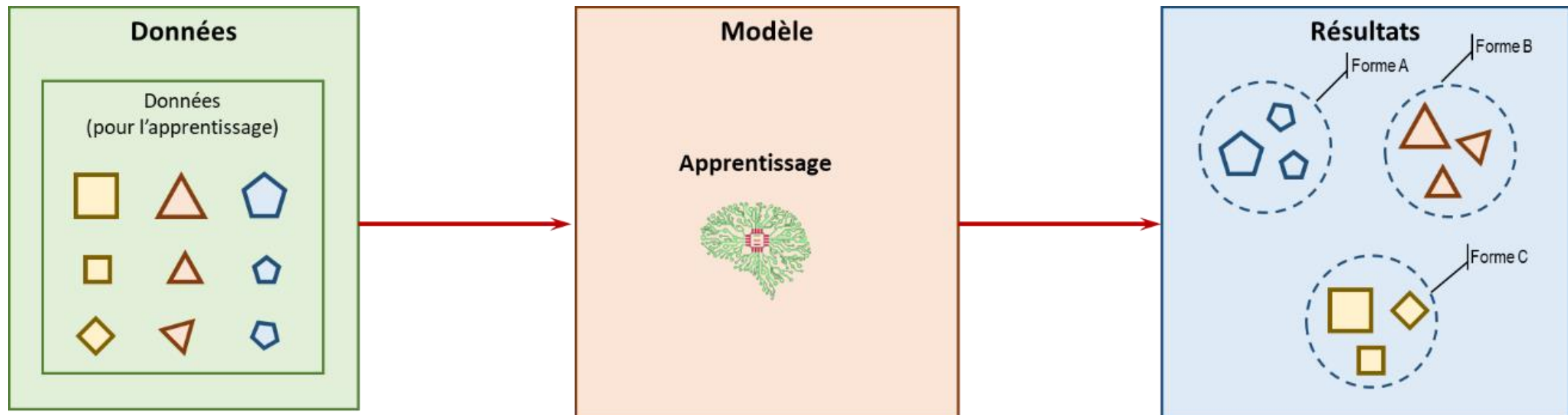
Dans un second temps, l'algorithme devra déterminer le chiffre en fonction d'une image seule.

L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Apprentissage Automatisé – Machine Learning

Définition de l'apprentissage non supervisé – Clustering

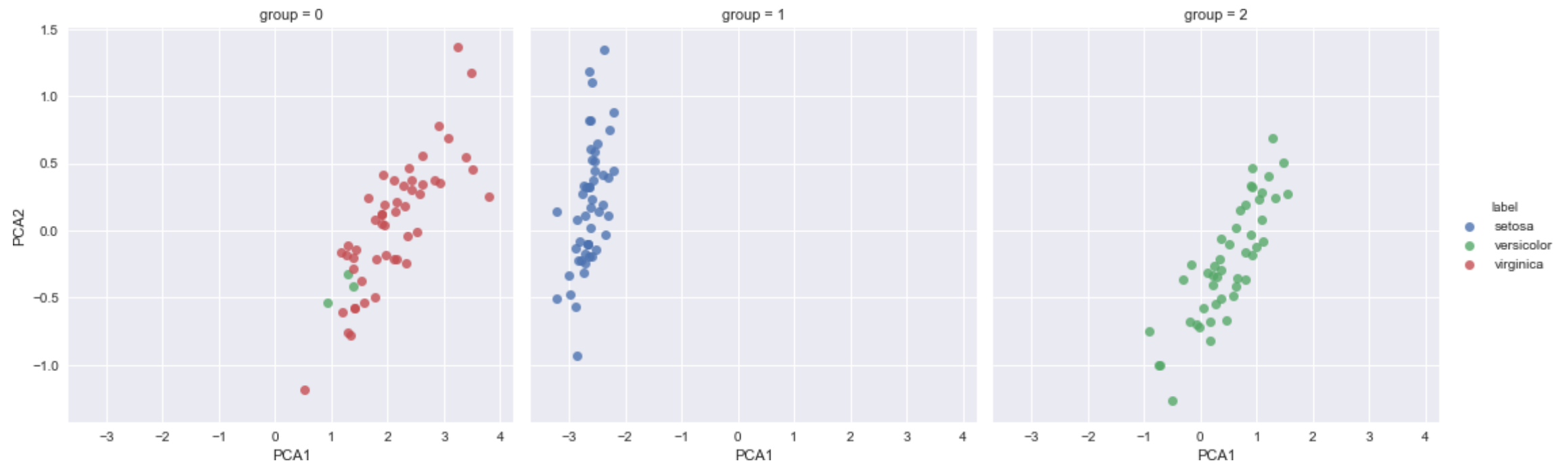
Tâche d'apprentissage au cours de laquelle l'algorithme (ou fonction de prédiction) va, à partir d'un ensemble de données **non étiquetées**, déterminer un lien entre les données (et les regrouper).



L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Apprentissage Automatisé – Machine Learning

Classification d'Iris en utilisant un algorithme d'apprentissage non supervisé



On remarque que sur 150 images d'Iris, uniquement avec les mesures des pétales, l'algorithme a réussi à retrouver les 3 différentes espèces, sans les connaître, à 3 erreurs près.

L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Apprentissage Automatisé – Machine Learning

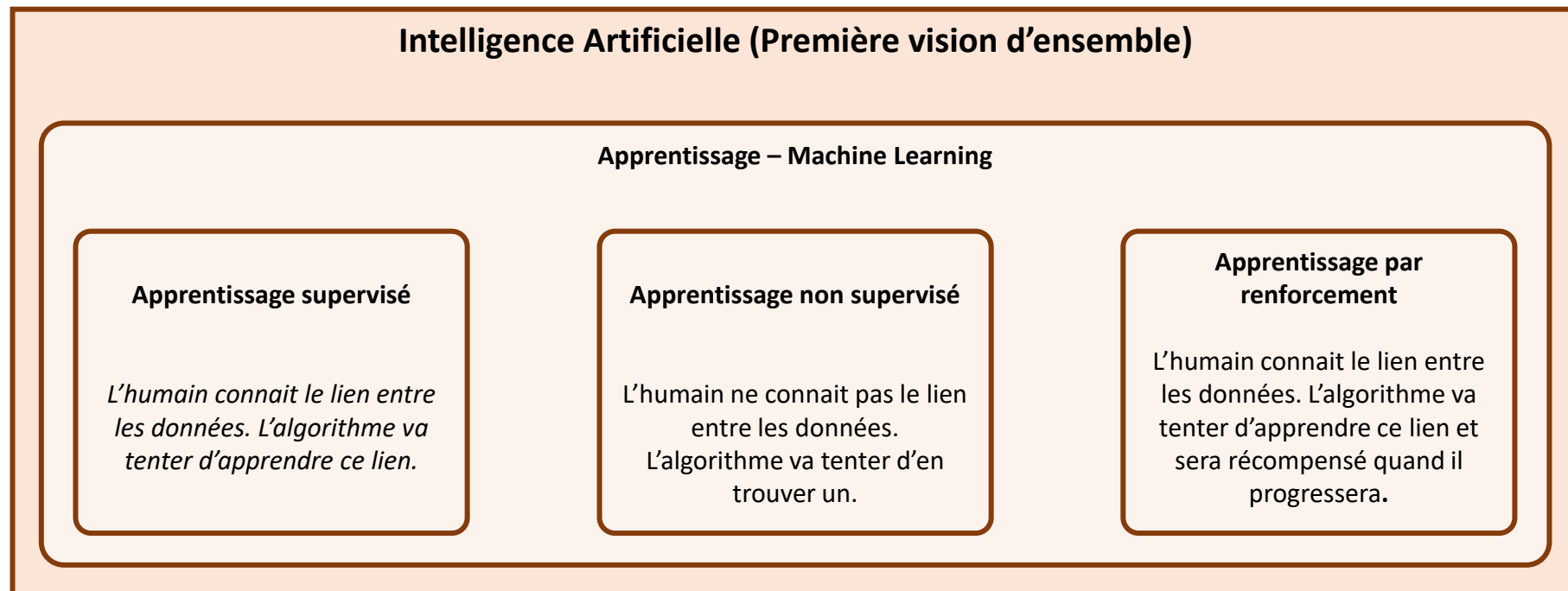
Définition de l'apprentissage par renforcement

Si au cours de l'apprentissage supervisé, un mécanisme de récompense est mis en œuvre pour améliorer les performances du modèle, on parle d'apprentissage par renforcement.

L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Apprentissage Automatisé – Machine Learning

Synthèse des différents types d'apprentissage

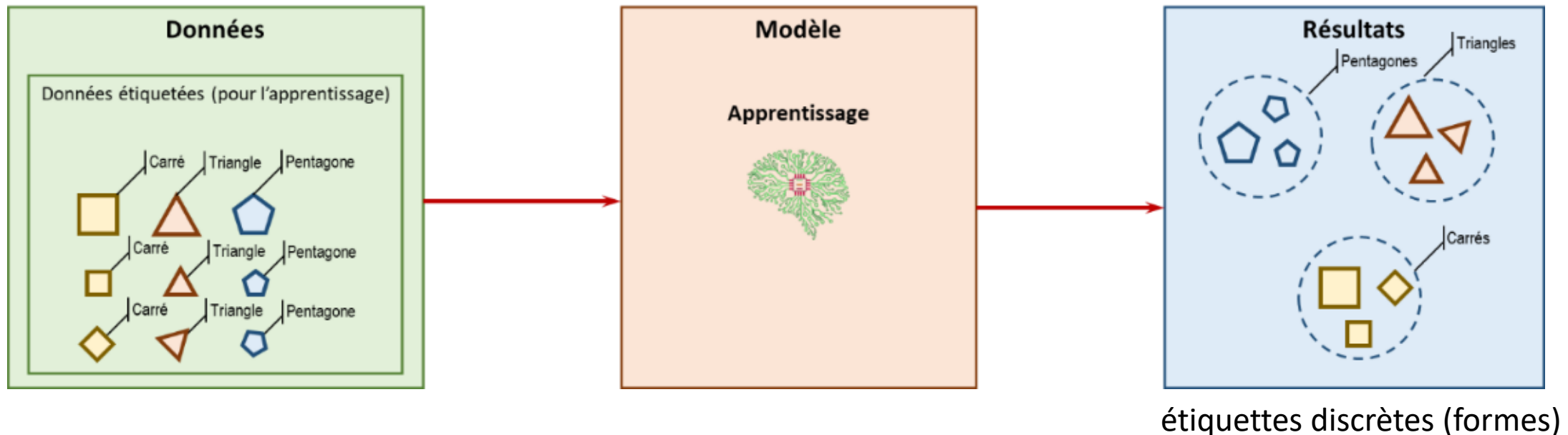


L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Autres définitions

Définition de la classification

En apprentissage automatique : problème de classification \rightarrow problèmes \rightarrow étiquettes discrètes



L'intelligence Artificielle, Qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert ?

Autres définitions

Définition d'une régression

En apprentissage automatique : Régression → problèmes → étiquettes continues

Mécanismes d'apprentissages

Validation du modèle

Définition de la valeur prédictive positive

Quels critères et outils vont nous permettre de considérer que notre apprentissage est « bon » ?

Valeur prédictive positive :

$$\textit{Justesse} = \frac{\textit{Nombre de prédictions vraies}}{\textit{Nombre de prédictions totales}}$$

Mécanismes d'apprentissages

Validation du modèle

Définition des matrices de confusion

Matrice de confusion → Déterminer la qualité d'une classification

Abcisses → valeurs prédites

Ordonnées → valeurs réelles

Exemple : Classification des Iris selon 3 familles :

Diagonale → Iris → espèce → correctement prédite

3 versicolor → classées parmi les virginica

2 virginica → classifiées dans les versicolor

		setosa	versicolor	virginica
Valeurs réelles	setosa	50	0	0
	versicolor	0	47	3
	virginica	0	2	48
		setosa	versicolor	virginica
		Valeurs prédites		

Mécanismes d'apprentissages

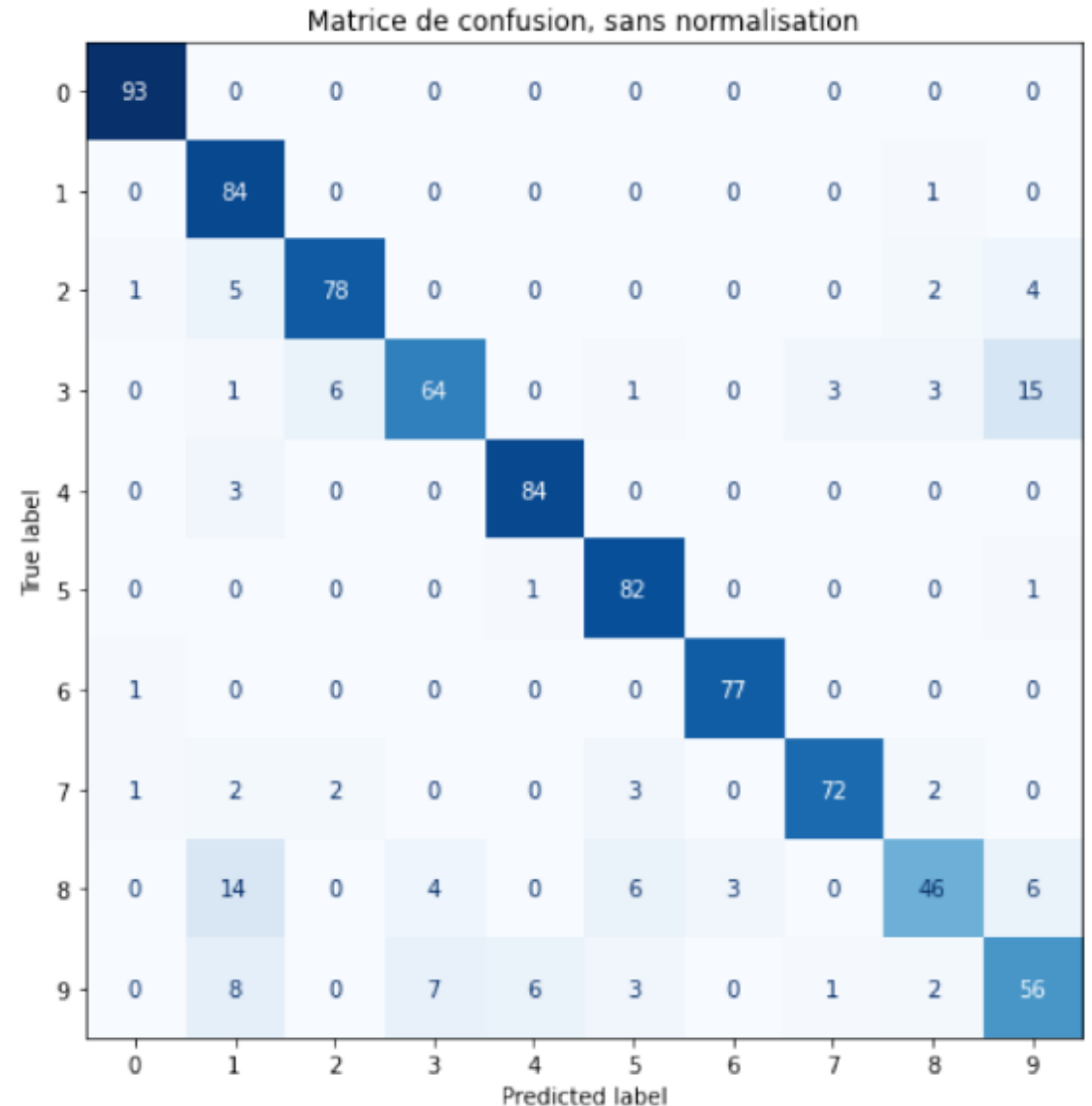
Validation du modèle

Définition des matrices de confusion

Exemple : Matrice de confusion → Reconnaissance d'un chiffre manuscrit

→ Erreurs de prédiction → classes 3, 8 et 9

→ Les plus fréquentes → couples 3-8, 3-9 et 8-9



Mécanismes d'apprentissages

Critères de validation des problèmes de régression

Définition de l'erreur moyenne quadratique (mean squared error) :

Erreur moyenne quadratique → moyenne d'écart au carré

$$msq = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \|Y_i - \hat{Y}_i\|^2$$

Y_i → valeur réelle (étiquetée)

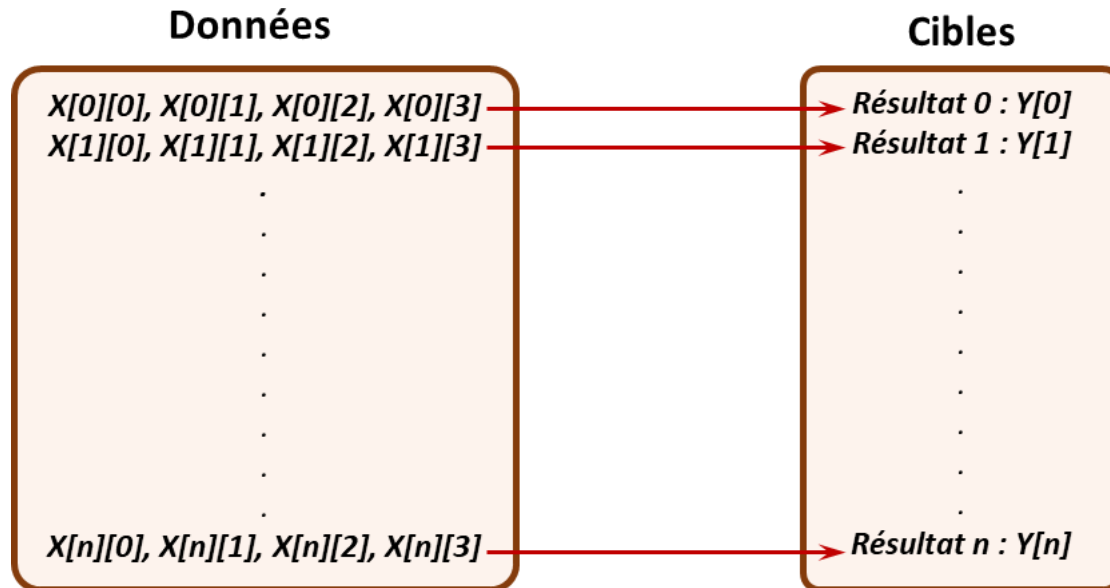
\hat{Y}_i → valeur estimée par l'algorithme

Mécanismes d'apprentissages

Séparation des données/Gestion des données ?

Types de données – Apprentissage supervisé

En apprentissage supervisé → nécessaire de connaître → données d'entrées + les sorties correspondantes (cibles)



Remarque :

- Si les sorties y_i sont des **scalaires réels** → problème de **régression simple (ou monovariante)**.
- Si les sorties y_i sont des **vecteurs de réels** → problème de **régression multiple (ou multivariante)**.

Mécanismes d'apprentissages

Séparation des données/Gestion des données ?

Types de données – Apprentissage non supervisé

L'apprentissage non-supervisé → absence de sortie y fournie lors de l'apprentissage du modèle prédictif.

Exemple : *Prédire la partie manquante d'une donnée : prédire les données futures pour une série temporelle.*

Mécanismes d'apprentissages

Séparation des données/Gestion des données ?

Séparation des données

Démarrage d'un apprentissage supervisé → séparer les données (entrées + cibles) en deux parties :

- Les données d'entraînement → Entraîner le modèle (*entre 60 et 80% des données de base*).
- Les données de test → Valider l'apprentissage (ou le modèle) (*entre 20 et 40% des données de base*).

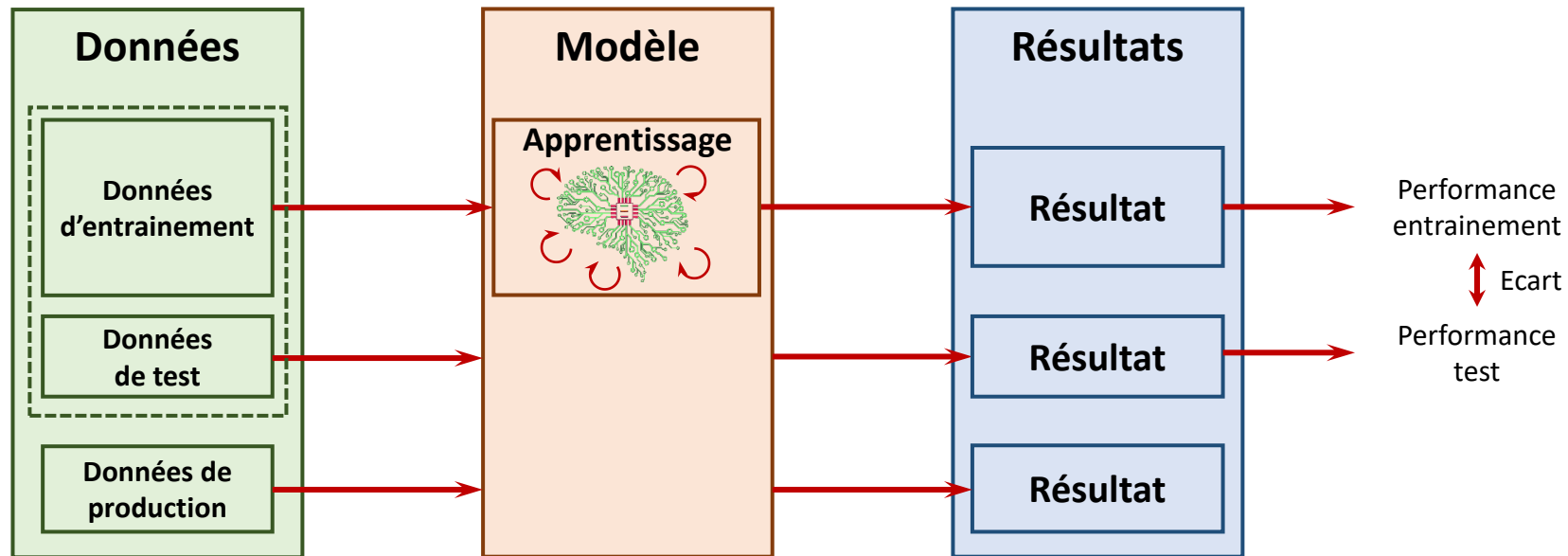
→ Déduire une performance du modèle sur le traitement des données d'entraînement.

→ Déduire une performance du modèle sur le traitement des données de test.

Mécanismes d'apprentissages

Séparation des données/Gestion des données ?

Séparation des données



Algorithmes d'apprentissage

Algorithme des k plus proches voisins (KNN)

Présentation

Algorithme des k plus proches voisins (kNN) → Réaliser des opérations de régression et de classification sur un ensemble de données.

- Estimer la classe d'une nouvelle donnée → norme entre cette nouvelle donnée et l'ensemble des données du jeu d'entraînement.
- Parmi les k plus proches voisins, on recherche la classe majoritaire et on attribue cette classe à la nouvelle donnée.

Algorithmes d'apprentissage

Algorithme des k plus proches voisins

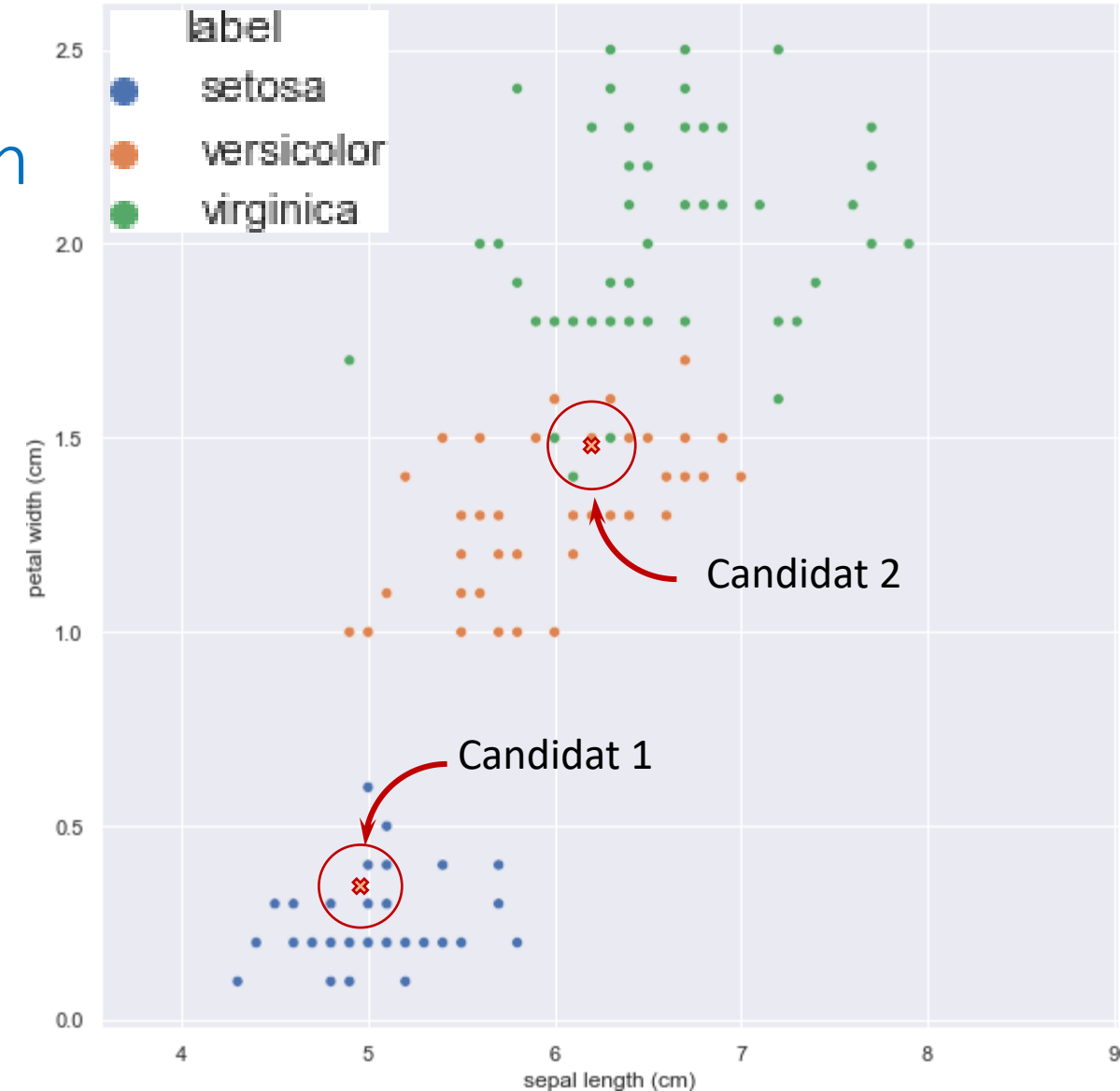
Présentation

Exemple :

Candidats 1 et 2 → deux Iris dont on connaît les caractéristiques mais pas l'espèce.

Candidat 1 → 5 plus proches voisins → setosa
→ Probable → setosa

Candidat 2 → 5 plus proches voisins → 3 virginica + 2 versicolor
→ Probable → virginica



Algorithmes d'apprentissage

Algorithme des k plus proches voisins (KNN)

L'algorithme

Première étape : Calculer la distance :

Distance euclidienne : Pour deux vecteurs x_1 et x_2 de taille N ,

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_{1,i} - x_{2,i})^2}$$

```
import math as m
def distance(x1:list, x2:list) -> float :
    distance = 0.
    for i in range(len(x1)):
        distance += (x1[i]-x2[i])**2
    return m.sqrt(distance)
```

Algorithmes d'apprentissage

Algorithme des k plus proches voisins (KNN)

L'algorithme

Deuxième étape : Détermination des plus proches voisins :

Données pour l'entraînement : *data_train*

Donnée à tester : *data_test*

- Calculer la distance entre la donnée à tester et les données d'entraînement
- Trier les données
- Retourner les *k* lignes les plus proches de *data_test*

```
def get_voisins(data_train:list, data_test, k:int) -> list :
    distances =[]
    for ligne in data_train :
        d = distance(ligne,data_test)
        distances.append([ligne,d])
    # Tri de la liste suivant la seconde colonne (distances)
    distances.sort(key=lambda t : t[1])
    voisins = []
    for i in range(k) :
        voisins.append(distance[i][0])
    return voisins
```


Algorithmes d'apprentissage

Algorithme des k plus proches voisins (KNN)

L'algorithme

Troisième étape : Prédiction :

→ Regarder quelle est la classe majoritaire parmi ces voisins

```
def prediction(data_train:list, data_test, k:int) -> list :  
    voisins = get_voisins(data_train, data_test, k)  
    sorties = [ligne[-1] for ligne in voisins]  
    predict = max(set(sorties), key=sorties.count)  
    return predict
```

Algorithmes d'apprentissage

Régression mono variable

La régression linéaire consiste à choisir des fonctions de prédiction f de la forme :

$$\forall x \in \mathbb{R} \quad f(x) = a.x \quad \text{où } a \text{ est une constante réelle}$$

La fonction de prédiction optimale est celle qui minimise l'erreur sur la base de données d'entraînement :

$$\hat{f} = \min_f \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f(x_i) - y_i)^2$$

Sous l'hypothèse d'une solution correspondant à une fonction linéaire de la forme de l'équation $\forall x \in \mathbb{R} \quad f(x) = a.x$, la constante \hat{a} est obtenue en résolvant le problème de minimisation :

$$\hat{a} = \min_a \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a.x_i - y_i)^2$$

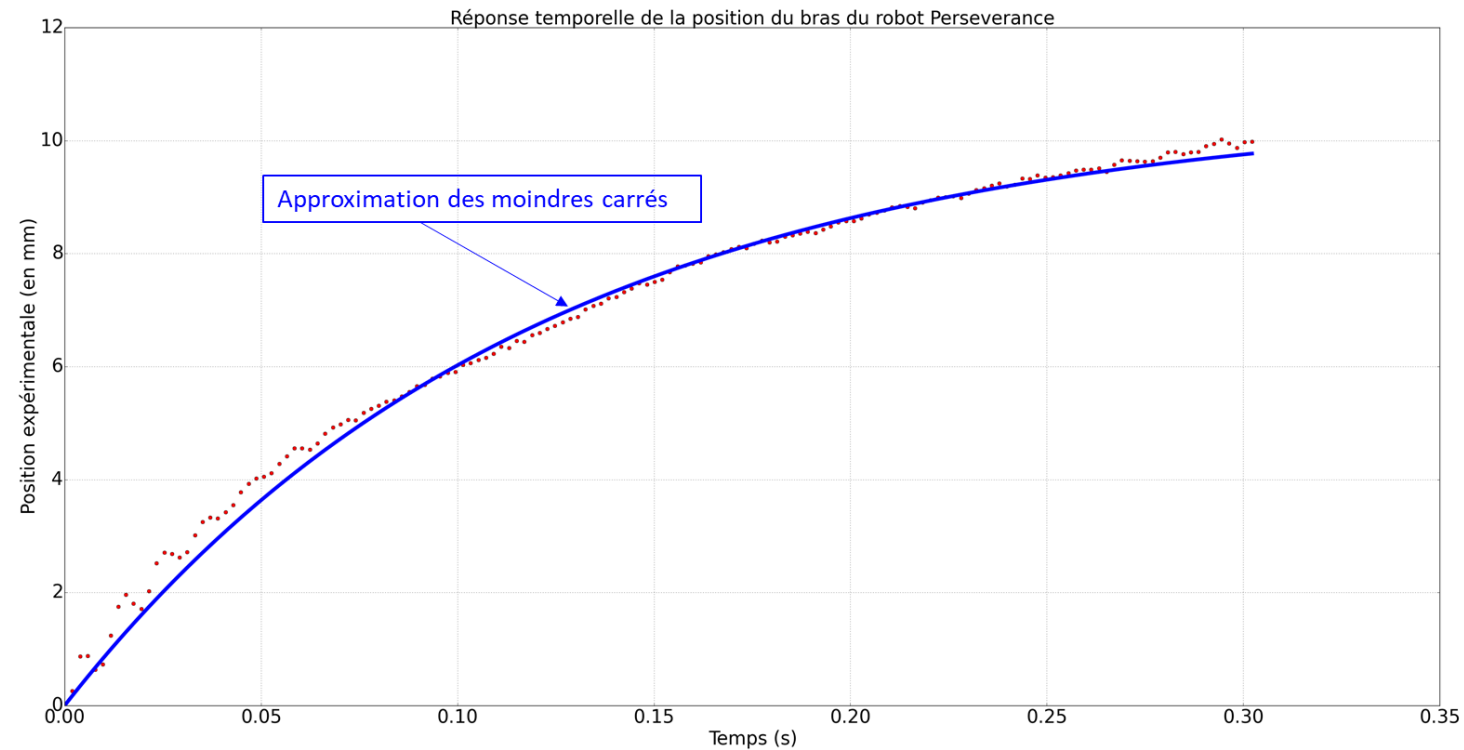
Algorithmes d'apprentissage

Régression mono variable

Remarque :

TD 4 AUTOMATIQUE (MPSI) : Robot Perseverance

→ Régression linéaire aux moindres carrés pour retrouver les paramètres caractéristiques du système du premier ordre.



Algorithmes d'apprentissage

Régression multi-variables

Entrées $x_i \rightarrow$ vecteurs de \mathbb{R}^d

Sorties $y_i \rightarrow$ vecteurs de \mathbb{R}^p

Le modèle linéaire liant les entrées x et les sorties y suppose l'existence d'un vecteur de paramètres $A \in \mathbb{R}^{d.p}$ tel que $y = x^T A$

\rightarrow Minimiser l'erreur de prédiction quadratique sur la base de données d'entraînement.

\rightarrow Calculer la matrice \hat{A} correspondant au modèle reproduisant les observations le plus fidèlement :

$$\hat{A} = \min_{A \in \mathbb{R}^{d.p}} \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \|y_i - x_i^T A\|^2$$

où $\min_{A \in \mathbb{R}^{d.p}} f(A)$ représente la valeur prise par A lorsque $f(A)$ atteint son minimum.

Algorithmes d'apprentissage

Régression multi-variables

$$\text{Soient } Y = \begin{pmatrix} y_1^T \\ y_2^T \\ \vdots \\ y_n^T \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{n.p} \text{ et } X = \begin{pmatrix} x_1^T \\ x_2^T \\ \vdots \\ x_n^T \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{n.d}$$

On peut montrer que :

$$\hat{A} = \min_{A \in \mathbb{R}^{d.p}} \frac{1}{n} \|Y - XA\|^2$$

La solution de ce problème a pour expression :

$$\hat{A} = (X^T X)^{-1} X^T Y$$