

# Algorithmique pour l'IA

## Intelligence artificielle - Artificial Intelligence

### Tentative de définition

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

Cette appellation englobe donc un **ensemble de concepts et de technologies**, plus qu'elle ne désigne une discipline autonome constituée. Des instances, telle la CNIL, notant le peu de précision de la définition de l'IA, l'ont présentée comme « le grand mythe de notre temps ».

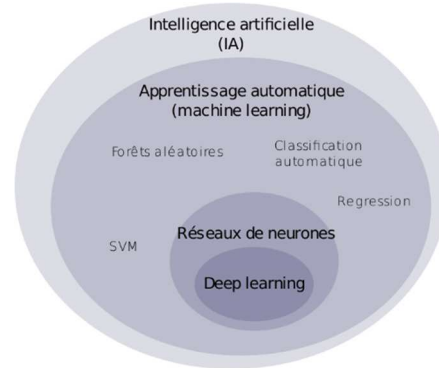
CNIL = Commission nationale de l'informatique et des libertés

### Classification

Au sein des techniques de l'intelligence artificielle, on distingue des domaines imbriqués comme l'**apprentissage automatique (machine learning)** et l'apprentissage profond (*deep learning*).

### Applications

Les domaines d'application de l'IA sont innombrables et investissent tous les champs de l'activité humaine.



## Apprentissage automatique – Machine learning

### Définition

L'**apprentissage automatique** ou **apprentissage artificiel** ou **apprentissage statistique** est un champ d'étude de l'intelligence artificielle qui se fonde sur des approches mathématiques et statistiques pour donner aux ordinateurs la capacité d'« apprendre » à partir de données, c'est-à-dire **d'améliorer leurs performances à résoudre des tâches sans être explicitement programmés pour chacune**.

On parle d'apprentissage *statistique* car l'apprentissage consiste à créer un modèle dont l'erreur *statistique moyenne* est la plus faible possible.

### Mise en œuvre

L'apprentissage automatique comporte généralement **deux phases** :

1. la phase dite « **d'apprentissage** » ou « **d'entraînement** » qui consiste à esquisser un modèle permettant de résoudre une tâche pratique<sup>(\*)</sup> à partir de données, appelées **observations**, qui sont disponibles et en **nombre fini**.

<sup>(\*)</sup> Traduire un discours, estimer une densité de probabilité, reconnaître la présence d'un chat dans une photographie, participer à la conduite d'un véhicule autonome...

2. la seconde phase correspond à la mise en production : le modèle étant déterminé, de **nouvelles données** peuvent alors être soumises afin d'obtenir le résultat correspondant à la tâche souhaitée.

### Classification

Selon les informations disponibles durant la phase d'apprentissage, l'apprentissage est qualifié de différentes manières.

- Si les **données** sont **étiquetées** (c'est-à-dire que la réponse à la tâche est connue pour ces données), il s'agit d'un **apprentissage supervisé**.
- Si le modèle est appris de manière incrémentale en fonction d'une récompense reçue par le programme pour chacune des actions entreprises, on parle d'**apprentissage par renforcement**.
- Dans le cas le plus général, **sans étiquette**, on cherche à déterminer la structure sous-jacente des données et il s'agit alors d'**apprentissage non supervisé**.

## Apprentissage supervisé vs non supervisé

Dans l'**apprentissage supervisé**, il s'agit d'apprendre à classer un nouvel objet parmi un ensemble de classes prédéfinies : on connaît les classes *a priori*.

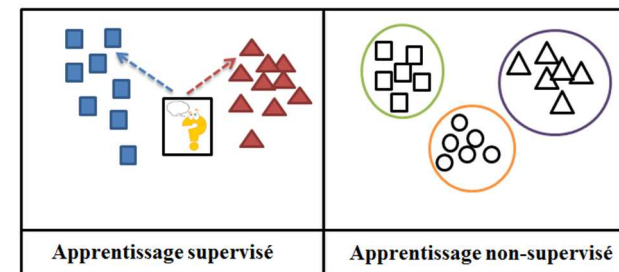
Dans l'**apprentissage non supervisé**, le nombre et la définition des classes ne sont pas donnés *a priori*. Il s'agit d'extraire des classes ou des groupes d'individus présentant des caractéristiques communes. La qualité d'une méthode de classification est mesurée par sa capacité à découvrir certains motifs cachés.

### Apprentissage supervisé

- ✓ On dispose d'éléments déjà classés  
Exemple : articles en rubrique cuisine, sport, culture...
- ✓ On veut classer un nouvel élément  
Exemple : lui attribuer un nom parmi cuisine, sport, culture...

### Apprentissage non supervisé

- ✓ On dispose d'éléments non classés  
Exemple : une fleur
- ✓ On veut les regrouper en classes  
Exemple : si deux fleurs ont la même forme, elles sont en rapport avec une même plante correspondante.



Différence entre les deux types d'apprentissage

## Apprentissage supervisé – *Supervised learning*

**Définition** - Apprentissage supervisé (ou analyse discriminante)

Un expert (ou *oracle*) doit préalablement réaliser un **étiquetage des données d'apprentissage** (par exemple des images) selon des **classes** (ou catégories) prédéterminées (chien, chat, lion...). Le système apprend ensuite à classer des données nouvelles selon ce **modèle** de classification ou de classement.

Le processus se passe en deux phases.

1. Lors de la première phase (hors ligne, dite d'*apprentissage*), il s'agit de déterminer un modèle à partir des données étiquetées.
2. La seconde phase (en ligne, dite de *test*) consiste à prédire l'étiquette d'une nouvelle donnée, connaissant le modèle préalablement appris.

Fondamentalement, l'apprentissage supervisé revient à apprendre à une machine à construire une fonction  $f$  telle que  $Y = f(X)$ ,  $Y$  étant un (ou plusieurs) résultat(s) d'intérêt calculé en fonction de données d'entrées  $X$  à la disposition de l'utilisateur.

$Y$  peut être une grandeur :

- continue (une température par exemple), et on parle alors de **régression** ;
- discrète (une classe, chien ou chat par exemple), et on parle alors de **classification**.

### Applications

- Vision par ordinateur
- Reconnaissance de formes
- Reconnaissance de l'écriture manuscrite
- Reconnaissance vocale
- Traitement automatique de la langue
- Bio-informatique
- Reconnaissance optique de caractères

D'autres usages typiques d'apprentissage automatique peuvent être :

- d'estimer la météo du lendemain en fonction de celle du jour et des jours précédents,
- de prédire le vote d'un électeur en fonction de certaines données économiques et sociales,
- d'estimer la résistance d'un nouveau matériau en fonction de sa composition,
- de déterminer la présence ou non d'un objet dans une image.

Autre exemple, en fonction de points communs détectés avec les symptômes d'autres patients connus (les *exemples*), le système peut catégoriser de nouveaux patients, au vu de leurs analyses médicales, et estimer le risque de développer telle ou telle maladie.

Algorithme étudié en seconde année :

**algorithme des k-voisins** ou **k-NN** ou **KNN** (**k-nearest neighbors algorithm**)

## Apprentissage non supervisé – *Clustering*

**Définition** - Apprentissage non supervisé

Le système ou l'opérateur ne dispose que d'exemples, de **données non d'étiquetées**, et le **nombre de classes et leur nature n'ont pas été prédéterminées**.

Aucun expert n'est requis.

**L'algorithme doit découvrir par lui-même la structure plus ou moins cachée des données.**

Le **partitionnement de données**, **data clustering** en anglais, est un algorithme d'apprentissage non supervisé.

Le système doit ici - dans l'espace de description (l'ensemble des données) - cibler les données selon leurs attributs disponibles, pour les classer en groupes **homogènes** d'exemples.

La similarité est généralement calculée selon une **fonction de distance** entre paires d'exemples. C'est ensuite à l'opérateur d'associer ou de déduire du sens pour chaque groupe.

Contrairement à l'apprentissage supervisé où l'apprentissage automatique consiste à trouver une fonction  $f$  telle que  $Y = f(X)$ , où  $Y$  est un résultat connu et objectif (par exemple  $Y =$  « présence d'une tumeur » ou « absence de tumeur » en fonction de  $X =$  image radiographique), dans l'apprentissage non supervisé, on ne dispose pas de valeurs de  $Y$ , uniquement de valeurs de  $X$  (dans l'exemple précédent, on disposerait uniquement des images radiographiques sans connaissance de la présence ou non d'une tumeur).

L'apprentissage non supervisé pourrait découvrir deux "clusters" ou groupes correspondant à "présence" ou "absence" de tumeur, mais les chances de réussite sont moindres que dans le cas supervisé où la machine est orientée sur ce qu'elle doit trouver).

**Puisque les données ne sont pas étiquetées, il est impossible à l'algorithme de calculer de façon certaine un score de réussite.**

L'apprentissage non supervisé est généralement moins performant que l'apprentissage supervisé, il évolue dans une zone « grise » où il n'y a pas généralement pas de « bonne » ou de « mauvaise » réponse mais simplement des similarités mathématiques discernables ou non. L'apprentissage non supervisé présente cependant l'intérêt de pouvoir travailler sur une base de données de  $X$  sans qu'il soit nécessaire d'avoir des valeurs de  $Y$  correspondantes, or les  $Y$  sont généralement compliqués et/ou coûteux à obtenir, alors que les seuls  $X$  sont généralement plus simples et moins coûteux à obtenir (dans l'exemple des images radiographiques, il est relativement aisé d'obtenir de telles images, alors qu'obtenir les images avec le label « présence de tumeur » ou « absence de tumeur » nécessite l'intervention longue et coûteuse d'un spécialiste en imagerie médicale).

En général, des systèmes d'apprentissage non supervisé permettent d'exécuter des tâches plus complexes que les systèmes d'apprentissage supervisé, mais ils peuvent aussi être plus imprévisibles. Même si un système d'IA d'apprentissage non supervisé parvient tout seul, par exemple, à faire le tri entre des chats et des chiens, il peut aussi ajouter des catégories inattendues et non désirées, et classer des races inhabituelles, introduisant plus de bruit que d'ordre.

Algorithme étudié en seconde année :

**algorithme des k-moyennes** (**k-means**)