

# CHAPITRE 1 :

## INTRODUCTION ET ÉTHIQUE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

### 1. Définition de l'Intelligence Artificielle

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine de l'informatique qui vise à **concevoir des machines capables de réaliser des tâches nécessitant normalement l'intelligence humaine**.

Ces tâches comprennent :

- l'apprentissage à partir de l'expérience,
- le raisonnement logique,
- la résolution de problèmes complexes,
- la perception (vision, audition),
- la compréhension et la génération du langage naturel,
- la prise de décision autonome.

Contrairement aux programmes classiques, qui exécutent des instructions fixes, **les systèmes d'IA peuvent adapter leur comportement** en fonction des données qu'ils reçoivent et de l'expérience acquise.

---

### 2. Objectifs de l'Intelligence Artificielle

Les principaux objectifs de l'IA sont :

1. **Automatiser des tâches complexes**  
Exemple : diagnostic médical, reconnaissance faciale, traduction automatique.
  2. **Aider l'humain à prendre de meilleures décisions**  
Exemple : analyse financière, recommandations personnalisées.
  3. **Simuler le raisonnement humain**  
L'IA cherche à reproduire la manière dont l'homme réfléchit, apprend et s'adapte.
  4. **Résoudre des problèmes impossibles à traiter par des algorithmes classiques**  
Notamment lorsque :
    - les données sont massives,
    - les règles sont inconnues ou trop complexes,
    - l'environnement change en permanence.
-

### 3. Les grandes approches de l'IA

Il existe **deux grandes approches fondamentales**.

---

#### 3.1 L'IA symbolique (ou déterministe)

L'IA symbolique repose sur :

- la logique formelle,
- des règles explicites du type :  
**SI condition ALORS action.**

Les connaissances sont **codées manuellement par des experts**.

##### Fonctionnement

- Le système applique des règles logiques
- Il déduit des conclusions à partir de faits connus

##### Exemples

- Systèmes experts médicaux
- Diagnostic de pannes
- Jeux logiques
- Automatisation industrielle

##### Avantages

- Raisonnement **transparent et explicable**
- Décisions faciles à justifier

##### Limites

- **Pas d'apprentissage automatique**
  - Rigidité
  - Peu adaptée aux environnements complexes et dynamiques
- 

#### 3.2 L'IA connexionniste (ou statistique)

L'IA connexionniste s'inspire du **cerveau humain** et repose sur des **réseaux de neurones artificiels**.

La machine apprend **à partir des données**, sans règles explicites.

##### Techniques principales

- Machine Learning
- Deep Learning
- Traitement du langage naturel (NLP)
- IA générative

### Exemple

Comme un enfant qui apprend à reconnaître un chat :

- on lui montre des exemples,
- il apprend les caractéristiques,
- il généralise.

### Avantages

- Apprentissage automatique
- Capacité d'adaptation
- Très performante sur des problèmes complexes

### Limites

- Fonctionnement opaque (« boîte noire »)
  - Besoin de grandes quantités de données
  - Coût de calcul élevé
- 

## 4. Historique de l'IA

- **1950** : Test de Turing
  - **1956** : naissance officielle de l'IA (John McCarthy)
  - **1960–1980** : systèmes experts
  - **1980–1990** : Machine Learning
  - **2000–aujourd'hui** : Big Data, Deep Learning, IA générative
- 

## 5. Éthique de l'Intelligence Artificielle

L'IA prend aujourd'hui des décisions ayant un **impact moral important** :

- santé,
- justice,
- emploi,
- sécurité,
- vie privée.

L'éthique de l'IA vise à déterminer **ce qui est juste, acceptable et responsable**.

---

## 5.1 Le conséquentialisme (utilitarisme)

Une action est morale si **ses conséquences maximisent le bien-être collectif**.

- Objectif : sauver le plus grand nombre
- Exemple : véhicule autonome choisissant l'action qui sauve le plus de vies

⚠ Limite : peut ignorer la valeur individuelle.

---

## 5.2 Le déontologisme (éthique du devoir)

Une action est morale si elle **respecte des règles universelles**, indépendamment des conséquences.

- Inspiré par Kant
- La règle prime sur le résultat

Exemple : respect absolu de la confidentialité médicale.

---

## 5.3 L'éthique des vertus

Inspirée d'Aristote.

Une action est morale si elle reflète les **qualités humaines** :

- bienveillance,
- sagesse,
- prudence,
- justice.

# CHAPITRE 2

## FONDEMENTS DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

---

### 1. Les grandes familles d'algorithmes en Intelligence Artificielle

Les **algorithmes** sont au cœur de l'intelligence artificielle.

Un algorithme est une **suite d'étapes logiques** permettant de résoudre un problème.

En IA, on distingue plusieurs **grandes familles d'algorithmes**, chacune adaptée :

- à un type de données,
- à un objectif précis,
- à un environnement donné.

Les principales familles sont :

- apprentissage supervisé,
- apprentissage non supervisé,
- apprentissage semi-supervisé,
- apprentissage par renforcement,
- algorithmes heuristiques,
- métaheuristiques,
- réseaux de neurones et Deep Learning,
- IA symbolique.

☞ **Le choix de l'algorithme dépend toujours du problème à résoudre.**

---

### 2. L'espace de recherche

#### 2.1 Définition

Lorsqu'on cherche à résoudre un problème avec l'IA, on commence par le **modéliser**.

Un problème est représenté par un **espace de recherche** (ou espace d'états).

☞ **Un espace de recherche est :**

- l'ensemble de tous les **états possibles** d'un problème,
- l'ensemble des **actions** permettant de passer d'un état à un autre.

Chaque état représente une **situation** possible du problème.

---

## 2.2 États importants

Dans un espace de recherche, on distingue :

- **État initial** : point de départ du problème,
- **État but (final)** : solution recherchée,
- **États intermédiaires** : situations entre le départ et le but.

L'espace de recherche est souvent représenté par :

- un **graphe**,
  - ou un **arbre de recherche**.
- 

## 2.3 Processus de recherche

Pour explorer l'espace de recherche, on utilise deux listes :

- **OPEN** : liste des nœuds à explorer,
- **CLOSED** : liste des nœuds déjà explorés.

**Étapes générales :**

1. Mettre l'état initial dans OPEN.
  2. Tant que OPEN n'est pas vide :
    - choisir un nœud selon une stratégie,
    - tester s'il s'agit de l'état but,
    - sinon, générer ses successeurs,
    - ajouter les nouveaux états à OPEN,
    - déplacer le nœud exploré dans CLOSED.
  3. Arrêt :
    - solution trouvée,
    - ou OPEN vide (pas de solution).
- 

## 3. Les algorithmes aveugles (non informés)

Les **algorithmes aveugles** explorent l'espace de recherche **sans aucune information sur la position du but**.

Ils sont simples, mais souvent coûteux.

---

### 3.1 BFS – Breadth First Search (parcours en largeur)

## Principe

- BFS explore l'arbre **niveau par niveau**.
- Il développe tous les nœuds de profondeur  $i$  avant ceux de  $i+1$ .
- Il utilise une **file FIFO** (First In, First Out).

## Fonctionnement

1. On commence par l'état initial.
2. On explore tous ses voisins.
3. Puis les voisins des voisins, etc.

## Propriété importante

✓ **BFS garantit de trouver la solution la plus courte**  
(en nombre d'actions), si elle existe.

## Avantages

- Solution optimale,
- Exploration systématique,
- Facile à comprendre et à implémenter.

## Inconvénients

- ✗ Consommation mémoire très élevée,
- ✗ Lent si l'espace de recherche est grand.

☞ BFS est adapté lorsque :

- la solution est proche de la racine,
- l'optimalité est importante.

---

## 3.2 DFS – Depth First Search (parcours en profondeur)

### Principe

- DFS explore **un chemin en profondeur** avant de revenir en arrière.
- Il utilise une **pile LIFO** (Last In, First Out).
- Il applique le **backtracking** (retour en arrière).

### Fonctionnement

1. On choisit un successeur.
2. On continue jusqu'à une impasse.
3. On revient en arrière pour explorer une autre branche.

## Avantages

- ✓ Très peu de mémoire utilisée,
- ✓ Exploration rapide en profondeur,
- ✓ Implémentation simple (récursivité).

## Inconvénients

- ✗ Ne garantit pas la solution la plus courte,
- ✗ Peut s'enfoncer dans une branche inutile,
- ✗ Risque de boucle infinie sans liste visited.

☞ DFS est adapté lorsque :

- l'espace est très grand,
- la mémoire est limitée,
- on veut explorer tout le graphe.

---

## 4. Les algorithmes heuristiques (recherche informée)

Les algorithmes heuristiques utilisent une **fonction heuristique** notée  **$h(n)$** .

☞  **$h(n)$**  estime :

- la distance restante,
- ou le coût estimé,  
entre un nœud  $n$  et le but.

### Objectif

☞ **Explorer intelligemment** l'espace de recherche sans tout parcourir.

---

### 4.1 Qu'est-ce qu'une heuristique ?

Une heuristique est une **estimation intelligente**, non exacte.

☞ C'est comme une **intuition humaine**.

★ Exemple :

Si tu cherches un village en montagne, tu descends plutôt que de monter.

---



## 4.2 Heuristiques classiques

- **Distance de Manhattan**  
Utilisée pour déplacements horizontaux/verticaux (grille).
  - **Distance Euclidienne**  
Distance directe “à vol d’oiseau”.
- 

## 4.3 Greedy Best-First Search (GBFS)

### Principe

- Choisit le nœud avec la **plus petite valeur  $h(n)$** .
- Ignore le coût réel déjà parcouru.

### Avantages

- Très rapide.

### Inconvénients

- ✗ Pas toujours optimal,
  - ✗ Peut se tromper de chemin.
- 

## 5. L’algorithme A\*

A\* est l’algorithme heuristique **le plus important**.

### Principe

A\* combine :

- **$g(n)$**  : coût réel depuis l’état initial,
- **$h(n)$**  : estimation jusqu’au but.

$$\hookrightarrow f(n) = g(n) + h(n)$$

### Propriété clé

✓ A\* trouve **toujours la solution optimale**  
si l’heuristique est **admissible**.

### Heuristique admissible

↪  $h(n)$  **ne surestime jamais** le coût réel.

---

## 6. Métaheuristiques – Algorithme génétique

Les métaheuristiques sont utilisées pour des **problèmes d'optimisation complexes**.

### 6.1 Algorithme génétique (GA)

Inspiré de :

- la sélection naturelle (Darwin),
- l'hérédité (Mendel).

#### Concepts clés

- **Population** : ensemble de solutions,
- **Sélection** : choix des meilleures solutions,
- **Croisement** : combinaison de solutions,
- **Mutation** : modification aléatoire,
- **Élitisme** : conservation des meilleurs individus.

#### Avantage

- Très efficace pour des problèmes complexes (TSP).

#### Limite

- Ne garantit pas toujours la solution optimale.

---

## 7. Apprentissage automatique (Machine Learning)

Le Machine Learning est un **sous-domaine de l'IA**.

☞ Une machine apprend **sans être explicitement programmée**.

#### Types d'apprentissage

- **Supervisé** : données étiquetées,
- **Non supervisé** : données non étiquetées,
- **Par renforcement** : apprentissage par récompense.

---

## 8. Réseaux de neurones et Deep Learning

Les réseaux de neurones artificiels s'inspirent du cerveau humain.

## Composants

- neurones,
- poids,
- fonction d'activation,
- couches (entrée, cachées, sortie).

## Deep Learning

☞ Réseaux avec **plusieurs couches cachées**.

Exemples :

- CNN : vision par ordinateur,
- RNN / LSTM : données séquentielles,
- Transformers : NLP.

---

## 9. Vision par ordinateur, NLP et LLM

### Vision par ordinateur

Permet à une machine de **voir et interpréter des images**.

### NLP

Permet de comprendre et générer le langage humain.

### LLM (Large Language Models)

- GPT, BERT,
  - entraînés sur des milliards de mots,
  - capables de générer du texte cohérent.
-