

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 noeud 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 noeuds 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 noeud 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.

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

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.
-