

Intelligence Artificielle

Introduction à l'IA

Jean-Guy Mailly (FI), Leila Moudjari (FA)

Master 1 MIAGE – 2025-2026

TD: Audren Boulic-Bouadjio, Leila Moudjari, Paul Saves

- Comprendre ce qu'est l'IA, de manière générale
- Connaître (et savoir reconnaître) différents sous-domaines de l'IA et leurs champs d'applications
- Savoir modéliser des problèmes d'IA simples
- Comprendre les algorithmes de base de différents sous-domaines de l'IA
- Savoir sélectionner les bonnes techniques d'IA pour résoudre un problème
- Résoudre des problèmes simples (en Python, directement ou en utilisant les bibliothèques logicielles appropriées)

Découpage du cours

Partie 1

- Résolution de problèmes de recherche et raisonnement en présence de contraintes
- Intervenants : J.G. Mailly (jean-guy.mailly@ut-capitole.fr) et L. Moudjari

Partie 2

- Apprentissage supervisé et non-supervisé
- Intervenants : M. Garouani et B. Gaudou

Matériel

- Slides de cours et TP disponibles sur Moodle
- Quelques livres de références



Partie 1

- 1h30 exam papier (12/02/2026)
- 1h30 TP (13/02/2026)

Partie 2

- À définir avec les intervenants de la partie 2

Brainstorming

- En quelle année a-t-on commencé à parler d'IA en tant que discipline scientifique ?

- En quelle année a-t-on commencé à parler d'IA en tant que discipline scientifique ?

1956

1964

1972

1988

2001

2010

Brainstorming

- En quelle année a-t-on commencé à parler d'IA en tant que discipline scientifique ?

1956 ✓ 1964 ✗ 1972 ✗ 1988 ✗ 2001 ✗ 2010 ✗

Brainstorming

- En quelle année a-t-on commencé à parler d'IA en tant que discipline scientifique ?

1956 ✓ 1964 ✗ 1972 ✗ 1988 ✗ 2001 ✗ 2010 ✗

- Quelles sont des applications de l'IA dans votre quotidien ?

Brainstorming

- En quelle année a-t-on commencé à parler d'IA en tant que discipline scientifique ?

1956 ✓ 1964 ✗ 1972 ✗ 1988 ✗ 2001 ✗ 2010 ✗

- Quelles sont des applications de l'IA dans votre quotidien ?
 - évidemment, ChatGPT, Gemini, Copilot et autres systèmes basés sur les LLMs (*Large Language Models*)
 - traduction automatique
 - reconnaissance d'images (face recognition sur vos téléphones, personnes sur des photos, ou tumeurs sur des images médicales !)
 - systèmes de recommandation (Netflix, Amazon, etc)
 - recherche d'itinéraire en voiture, à pieds ou en transports en commun
 - Etc

Brainstorming

- En quelle année a-t-on commencé à parler d'IA en tant que discipline scientifique ?

1956 ✓ 1964 ✗ 1972 ✗ 1988 ✗ 2001 ✗ 2010 ✗

- Quelles sont des applications de l'IA dans votre quotidien ?
 - évidemment, ChatGPT, Gemini, Copilot et autres systèmes basés sur les LLMs (*Large Language Models*)
 - traduction automatique
 - reconnaissance d'images (face recognition sur vos téléphones, personnes sur des photos, ou tumeurs sur des images médicales !)
 - systèmes de recommandation (Netflix, Amazon, etc)
 - recherche d'itinéraire en voiture, à pieds ou en transports en commun
 - Etc
- Quels sont les sous-domaines/techniques en IA que vous connaissez ?

Brainstorming

- En quelle année a-t-on commencé à parler d'IA en tant que discipline scientifique ?

1956 ✓ 1964 ✗ 1972 ✗ 1988 ✗ 2001 ✗ 2010 ✗

- Quelles sont des applications de l'IA dans votre quotidien ?
 - évidemment, ChatGPT, Gemini, Copilot et autres systèmes basés sur les LLMs (*Large Language Models*)
 - traduction automatique
 - reconnaissance d'images (face recognition sur vos téléphones, personnes sur des photos, ou tumeurs sur des images médicales !)
 - systèmes de recommandation (Netflix, Amazon, etc)
 - recherche d'itinéraire en voiture, à pieds ou en transports en commun
 - Etc
- Quels sont les sous-domaines/techniques en IA que vous connaissez ?
 - Apprentissage (Machine Learning) et réseaux de neurones
 - Traitement du langage naturel
 - Raisonnement automatisé, programmation par contraintes
 - Planification
 - Théorie des jeux
 - Etc.

Qu'est-ce que l'Intelligence Artificielle ?

Définition simple : L'Intelligence Artificielle (IA) regroupe l'ensemble des techniques permettant à une machine d'imiter des formes d'intelligence humaine : comprendre, apprendre, raisonner, décider, créer.

Pourquoi “intelligente” ? Une IA peut :

- analyser des données
- reconnaître des images, des sons, des mots
- comprendre du texte
- prendre des décisions
- générer du contenu (texte, code, images, musique)
- etc.

Dès sa fondation, l'IA est intrinsèquement interdisciplinaire

- philosophie (pensée rationnelle, utilitarisme, logique, éthique, . . .)
- mathématiques (définition et étude formelle des algorithmes, décidabilité, complexité, probabilités, . . .)
- économie (décisions rationnelles dans un context multi-agent/social)
- neurosciences (s'inspirer du cerveau humain)
- psychologie (s'inspirer de la pensée humaine)
- génie informatique (conception de machines et logiciels pour les méthodes d'IA)
- linguistique (compréhension du langage humain)
- . . .

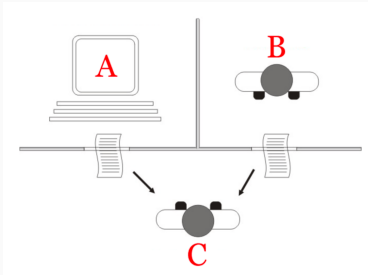
Forme moderne de l'IA : L'IA grand public repose principalement sur :

- Le Machine Learning : apprendre à partir de données
- Le Deep Learning : réseaux de neurones profonds
- Le Reinforcement Learning : apprentissage par interaction et feedback (récompense / pénalité)
- Les modèles de langage (LLM) : comprendre et générer du texte

Exemples concrets

- ChatGPT, Gemini, DeepSeek, Mistral, etc.
- Siri/Alexa
- Netflix (recommandation)
- Véhicules autonomes

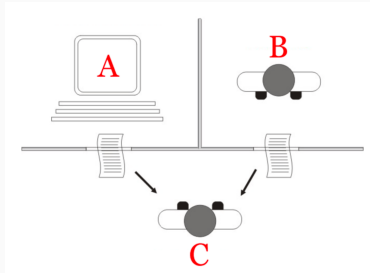
Un peu d'histoire : Le test de Turing (1950)



Expérience de pensée : l'*Imitation Game*

- Une personne (C) interagit avec A et B sans savoir qui est une machine, et qui est un humain
- A et B prétendent être des humains
- Si C n'arrive pas à distinguer l'humain de la machine, alors la machine est considérée comme intelligente

Un peu d'histoire : Le test de Turing (1950)



Expérience de pensée : l'*Imitation Game*

- Une personne (C) interagit avec A et B sans savoir qui est une machine, et qui est un humain
 - A et B prétendent être des humains
 - Si C n'arrive pas à distinguer l'humain de la machine, alors la machine est considérée comme intelligente
-
- Cette définition (basée sur l'*imitation de l'humain*) a souvent été remise en question depuis des décennies, mais a fourni une première base de réflexion pour les chercheurs en IA (cf le chatbot ELIZA, 1966, <https://fr.wikipedia.org/wiki/ELIZA>)
 - Une bonne définition de l'IA nécessite une bonne définition de l'intelligence... Et c'est plus une question pour les philosophes que pour les informaticiens :)

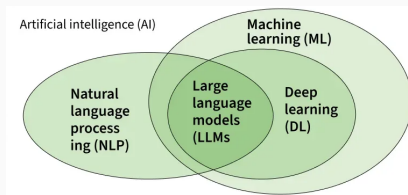
Différents défis ont jalonné l'évolution de l'IA. Ces défis, souvent formalisés sous forme de benchmarks ou de compétitions, ont permis d'évaluer, de comparer et de stimuler les avancées des modèles et des méthodes en IA.

- Battre des humains normaux, puis des champions, dans des jeux difficiles (les échecs, DeepBlue en 1997, puis le Go, AlphaGo en 2017)
- Résoudre un problème ouvert dans une autre discipline (AlphaFold a mené au prix Nobel de Chimie 2024)
- Améliorer les résultats sur des benchmarks reconnus par la communauté scientifique et participer à des compétitions associées (par exemple WordNet, ImageNet)
- Résolution de problèmes linguistiques comme les tests de Winograd : « Les conseillers municipaux ont refusé d'accorder une autorisation aux manifestants parce qu'ils [craignaient/prônaient] la violence. », la machine doit indiquer qui est « ils » en fonction des choix proposés entre [...]

- IA Forte (ou IA générale) : quête d'un système qui aurait une intelligence suffisante pour résoudre tout type de problème avec un résultat au moins aussi bon (voire meilleur) que celui des humains
- IA Faible (ou IA spécialisée) : création de systèmes qui peuvent résoudre une tâche (ou un ensemble de tâches restreint) avec un résultat au moins aussi bon (voire meilleur) que celui des humains

- IA Forte (ou IA générale) : quête d'un système qui aurait une intelligence suffisante pour résoudre tout type de problème avec un résultat au moins aussi bon (voire meilleur) que celui des humains
- IA Faible (ou IA spécialisée) : création de systèmes qui peuvent résoudre une tâche (ou un ensemble de tâches restreint) avec un résultat au moins aussi bon (voire meilleur) que celui des humains
- Les systèmes d'IA qui existent aujourd'hui appartiennent tous à la deuxième catégorie
- Une éventuelle IA Forte, si elle existe un jour, nécessitera de combiner différentes techniques d'IA

Est-ce que les LLMs peuvent tout faire ?



Les récents progrès des LLMs et leur utilisation dans de nombreuses applications grand public impressionnent et il peut sembler qu'ils peuvent résoudre tous les problèmes

- Passer un examen de mathématiques, de chimie, de droit, etc
- Programmer/debugger du code
- Aider les étudiants à comprendre un cours, préparer leurs examens et à tricher
- Débattre sur des sujets complexes
- Comprendre le besoin et l'intention de l'utilisateur
- Fournir des renseignements
- ...

Les LLMs peuvent tout faire ? Non !

Malgré ces progrès impressionnants, il reste beaucoup de situations où utiliser un LLM n'est pas adapté ou pas suffisant, surtout si on ne comprend pas vraiment comment il fonctionne (rien de magique !)

- Le résultat n'est pas certifiable/explicable (remarque : le travail d'un humain ne l'est pas forcément non plus !)
- Hallucinations : génération de contenus qui paraissent plausibles, mais qui sont factuellement incorrects ou sans lien avec la requête formulée
- Pas de raisonnement ou de planification, au mieux une imitation du raisonnement qui est décrit dans ses données d'entraînement
- Risque de biais dans les données d'entraînement (d'autant plus avec les LLMs fermés proposés par de nombreuses entreprises)
- Alignement éthique coûteux (*reinforcement learning with human feedback*)
- ...

Les LLMs peuvent tout faire ? Non !

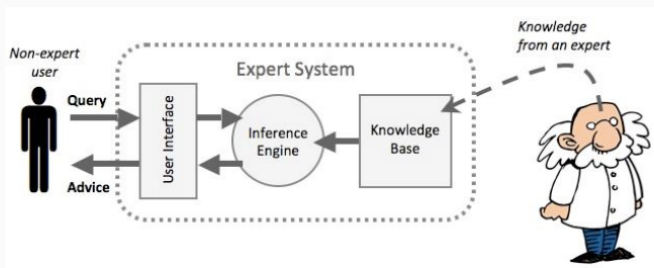
Malgré ces progrès impressionnants, il reste beaucoup de situations où utiliser un LLM n'est pas adapté ou pas suffisant, surtout si on ne comprend pas vraiment comment il fonctionne (rien de magique !)

- Le résultat n'est pas certifiable/explicable (remarque : le travail d'un humain ne l'est pas forcément non plus !)
- Hallucinations : génération de contenus qui paraissent plausibles, mais qui sont factuellement incorrects ou sans lien avec la requête formulée
- Pas de raisonnement ou de planification, au mieux une imitation du raisonnement qui est décrit dans ses données d'entraînement
- Risque de biais dans les données d'entraînement (d'autant plus avec les LLMs fermés proposés par de nombreuses entreprises)
- Alignement éthique coûteux (*reinforcement learning with human feedback*)
- ...

On est encore loin de l'IA Forte

- *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence* (1956)
 - Une vingtaine de pioniers se réunissent lors d'un workshop pour échanger sur leurs travaux sur les « machines pensantes »
 - Les « pères » de l'IA : John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon, Ray Solomonoff, Allen Newell, Herbert Simon,...
 - Adoption du nom *Artificial Intelligence*
 - Premiers succès
 - Jeux (e.g. jeu de dame)
 - Démonstration automatique de théorèmes mathématiques
 - Premier « hiver » : résultats décevants liés à des limites de puissance de calcul/stockage et au manque de données
- <https://www.lesechos.fr/2017/08/1973-le-premier-hiver-arrive-sur-lia-181211>

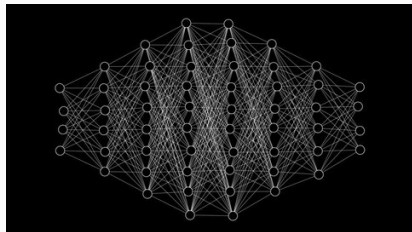
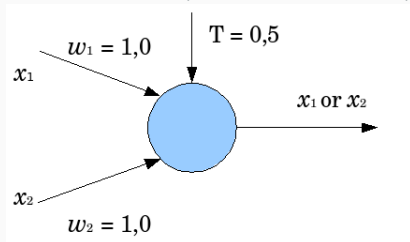
Un peu d'histoire : les systèmes experts (~1970s-1980s)

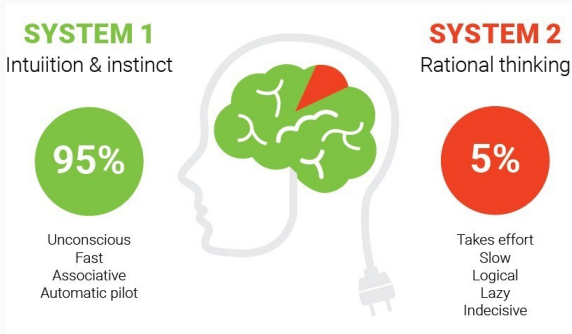


- Principe :
 - On travaille avec un expert (e.g. médecin) pour encoder ses connaissances dans une base de connaissances
 - L'utilisateur (non-expert) interroge la base de connaissances via un moteur d'inférence (e.g. pour avoir un diagnostic correspondant à ses symptômes)
- Applications avec impact industriel : configuration de produits, planification, diagnostic
- Deuxième « hiver » : modèles formels pas assez expressifs (incertitude), trop d'efforts pour la conception et la maintenance

Un peu d'histoire : développement de l'apprentissage machine

- 1943 : Premiers réseaux de neurones (McCulloch et Pitts)
- 1958 : Perceptron, modèle avec processus d'apprentissage (Rosenblatt)
- 1969 : Étude sur les limitations des perceptrons (Minsky et Papert)
- 1986 : Perceptrons multi-couches (Rumelhart)
- 1989 : réseau de neurones convolutif (traitement d'images et du langage)
- Depuis 2011 : apprentissage profond
 - Combinaison avec le big data et les GPU (vision et NLP)
 - IBM Watson gagne à Jeopardy (2011)
 - AlphaGo (2015)
 - AlphaStar/DeepMing bat des joueurs de StarCraft 2 (2019)
 - LLM (ChatGPT en 2022, etc)

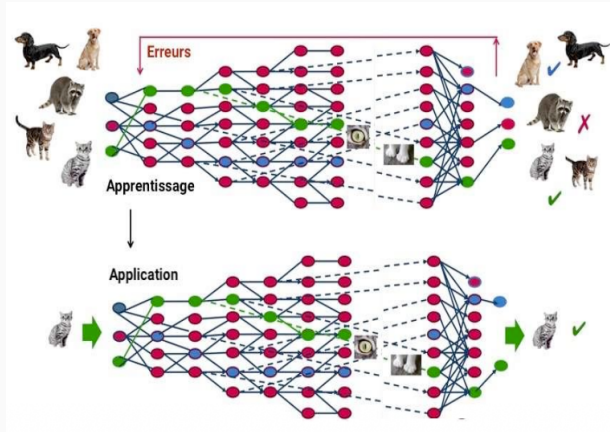




- Livre de Daniel Kahneman (traduit en français : *Système 1 / Système 2 : Les deux vitesses de la pensée*), 2011
- Propose une classification de la pensée en deux
 - Thinking fast (Système 1) : intuition, perception
 - Thinking slow (Système 2) : réflexion, raisonnement, interaction

Apprentissage automatique pour le Thinking Fast

- Question : y a-t-il un chien ou un chat dans cette image ?



- Un système bien entraîné fournit rapidement une réponse correcte dans la plupart des cas, mais peut se tromper de temps en temps
⇒ plus proche de la perception/intuition que de l'analyse

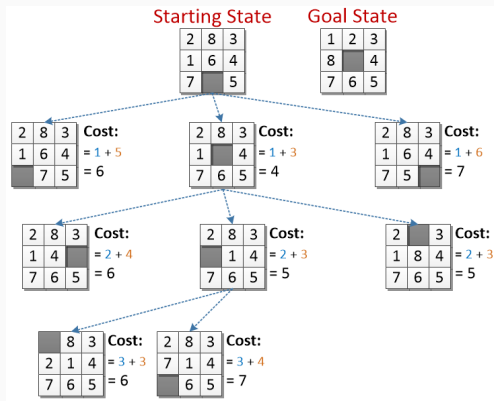
- Question : quelle valeur placer dans une case du Sudoku ?

	2		5		1		9	
8			2		3			6
	3			6			7	
		1				6		
5	4						1	9
		2				7		
	9			3			8	
2			8		4			7
	1		9		7		6	

- Il faut tester les valeurs possibles et vérifier si elles sont compatibles avec les règles du jeu
⇒ analyse du problème et des solutions potentielles

- On peut représenter des états du monde et leurs propriétés
 - Quels états permettent de résoudre le problème ? (état but)
 - Quels états peuvent succéder à un état donné ?
 - Quels actions/décisions permettent de passer d'un état à un autre ?
- Différentes techniques (qui partagent une base similaire)
 - Recherche arborescente
 - Recherche adversariale
 - Processus de Markov
- Applications : résolution de jeux (à un ou plusieurs joueurs), planification d'actions et robotique

Example : le Taquin



- États du monde : Chaque état représente la disposition des 8 tuiles et de la case vide
- État but : Atteindre la configuration finale souhaitée
- Actions : Déplacer la case vide vers le haut, bas, gauche, ou droite
- Chaque action engendre un nouvel état

- Dans certains cas, on ne s'intéresse pas à la suite d'action nécessaires à la résolution d'un problème, mais juste à la modélisation de ses solutions
 - Ex. l'ordre dans lequel on remplit les cases d'un sudoku n'est pas important, tant que la grille est correctement remplie
- Techniques : satisfaction de contraintes, réseaux bayésiens
- Applications : emplois du temps, processus industriels, diagnostic médical, raisonnement et aide à la décision explicable

Exemple : le Sudoku

	2		5		1		9	
8			2		3			6
	3			6			7	
		1				6		
5	4						1	9
		2				7		
	9			3			8	
2			8		4			7
	1		9		7		6	

- Variables : valeurs dans chaque case de la grille
- Contraintes : règles du jeu (pas deux fois la même valeur dans la même ligne, colonne ou secteur 3×3)
- Résolution par un solveur de contraintes qui garantit le respect des règles du jeu

Plusieurs approches/sous-domaines complémentaires

- Logique et raisonnement
- Apprentissage
- Traitement du langage naturel
- Reconnaissance d'images
- Jeux
- Agents autonomes et systèmes multi-agents
- Etc.

Histoire

- L'IA existe depuis les années 50
- Nombreux succès, mais aussi deux hivers !
- Succès récents : apprentissage automatique et LLMs...
- Mais des limites à repousser
 - Équité des systèmes d'IA
 - Explicabilité des résultats
 - ...