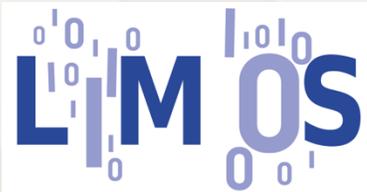


Introduction à l'IA ; Quelques d'exemples d'applications aux agrosystèmes.

CIR Agro-écosystèmes durables dans un
contexte de changement global

Pr. Sébastien SALVA



Quelques références

Cours IA (Philippe Beaune, Gauthier Picard, Laurent Vercouter) École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne

<https://www.emse.fr/~picard/cours/>

<https://interstices.info/lintelligence-artificielle-hier-aujourdhuiet-demain/>

Livre blanc "Les grands défis de l'IA générative » (<https://dataforgood.fr/iagenerative/>)

Cours et TP Fidle <https://fidles.cnrs.fr> (cours plus approfondis et exemples)

[Les usages de l'intelligence artificielle 2021](#) (O. Ezratti)

Notion d'intelligence artificielle

née au cours des années 1950, avec de jeunes chercheurs tels que John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon.

À la même époque, le mathématicien anglais Alan Turing posait la question centrale qui attend toujours une réponse : « *Une machine peut-elle penser ?* ».



Définitions IA ?

empirique	théorique
Systems that think like humans	Systems that think rationally
<p>"The exciting new effort to make computers think ... <i>machines with minds</i>, in the full and literal sense." (Haugeland, 1985)</p> <p>"[The automation of] activities that we associate with human thinking, activities such as decision-making, problem solving, learning ..." (Bellman, 1978)</p>	<p>"The study of mental faculties through the use of computational models." (Chamiak and McDermott, 1985)</p> <p>"The study of the computations that make it possible to perceive, reason, and act." (Winston, 1992)</p>
Systems that act like humans	Systems that act rationally
<p>"The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people." (Kurzweil, 1990)</p> <p>"The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better." (Rich and Knight, 1991)</p>	<p>"Computational Intelligence is the study of the design of intelligent agents." (Poole <i>et al.</i>, 1998)</p> <p>"AI ...is concerned with intelligent behavior in artifacts." (Nilsson, 1998)</p>
<p>Figure 1.1 Some definitions of artificial intelligence, organized into four categories.</p>	

▶ *AIMA 2nd edition, p. 2*

Notion d'intelligence artificielle

développée en se fondant sur trois grands types de modèles :

- les modèles symboliques,
- les modèles statistiques,
- les modèles connexionnistes.

Quelques Thématiques

- IA symbolique
- IA Distribuée (syst. Multi-agents)
- Approches statistiques
- Approches connexionnistes : Réseaux de neurones
- Représentation des Connaissances et Raisonnement Automatique
- Apprentissage
 - Supervisé, non supervisé, par renforcement, profond

Quelques Thématiques

Titre des sessions à IJCAI 2024

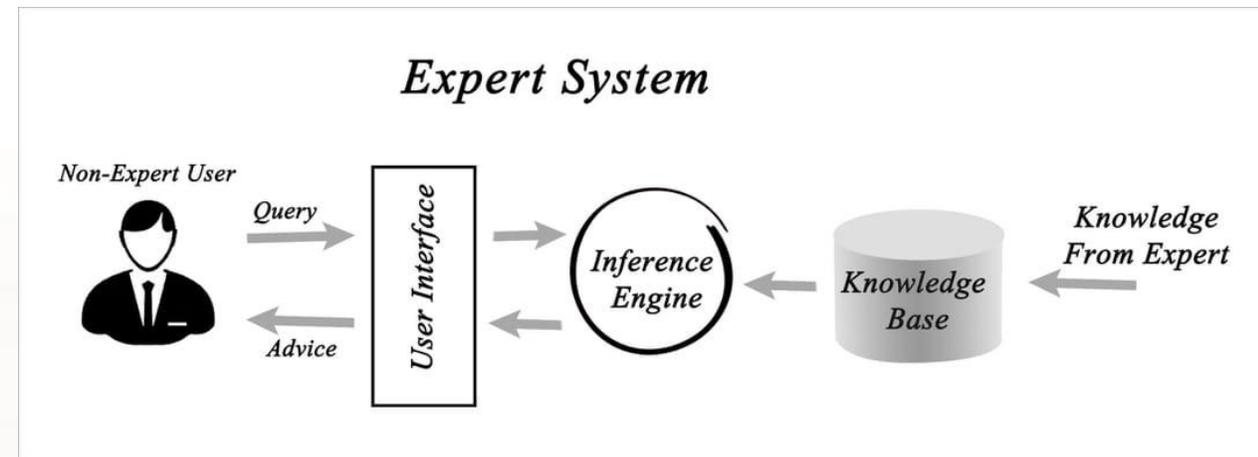
- Agent-based and Multi-agent Systems
- AI Ethics, Trust, Fairness
- Computer Vision
- Constraint Satisfaction and Optimization
- Data Mining
- Game Theory and Economic Paradigms
- Humans and AI
- Knowledge Representation and Reasoning
- **Machine Learning**
- **Natural Language Processing**
- Planning and Scheduling
- Robotics
- Uncertainty in AI
- AI for Good
- AI, Arts & Creativity
- Human-Centred AI

Raisonnement automatique

IA symbolique

Algorithmes généraux fondés sur un ensemble de règles logiques appliquées à des structures symboliques

- Limité à des domaines précis, algorithmes construits depuis connaissance métier
- a donné lieu aux systèmes experts ou systèmes à bases de connaissances, avec de nombreuses réalisations pratiques limitées dans l'industrie, le domaine bancaire ou la médecine.



Raisonnement automatique

IA symbolique

- IA symbolique a été particulièrement active au cours des années 1980

Ex d'outils:

- LIPS,
- Prolog,
- Drools (bases de faits, règles à base de prédicats, => nouvelle bases, inférence de règles, déduction, etc.)

Les modèles statistiques

Modèles qui permettent d'exprimer la variabilité inhérente au monde réel

Phase d'apprentissage qui consiste ici à mémoriser des distributions de probabilité à l'aide d'algorithmes souvent complexes mais dont les propriétés sont parfaitement connues.

modèle statistique bien répandu est celui des [réseaux bayésiens](#).

- graphes constitués de nœuds représentant les concepts d'un domaine et d'arcs représentant des relations de causalité probabilisées entre deux concepts
- réseau bayésien permet de mener un raisonnement probabiliste sur des faits multiples grâce à des mécanismes de propagation de probabilités à travers le réseau. Il est ainsi très intéressant dans des problèmes à choix multiples tel que le diagnostic, notamment médical.

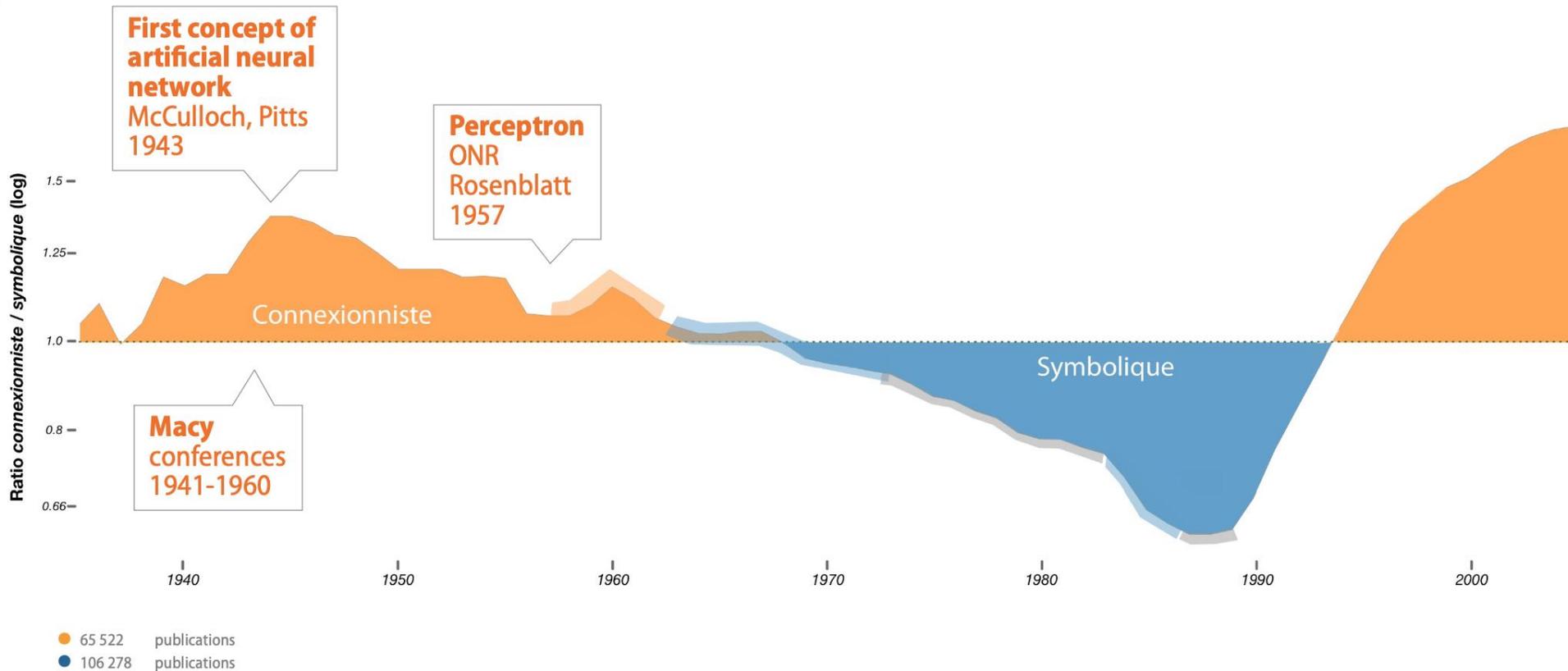
Les modèles statistiques

Modèles statistiques intégrant la variabilité temporelle, ou modèles stochastiques, comptent parmi les plus utilisés en IA.

Le modèle stochastique le plus courant est le [modèle de Markov caché](#), ou MMC (*Hidden Markov Model*, ou HMM en anglais).

- MMC utilisés avec succès dans domaines tels que la parole, l'interprétation d'images, la reconnaissance de l'écriture, l'interprétation de signaux (radar, sonar, biologiques, etc.) ou la robotique.

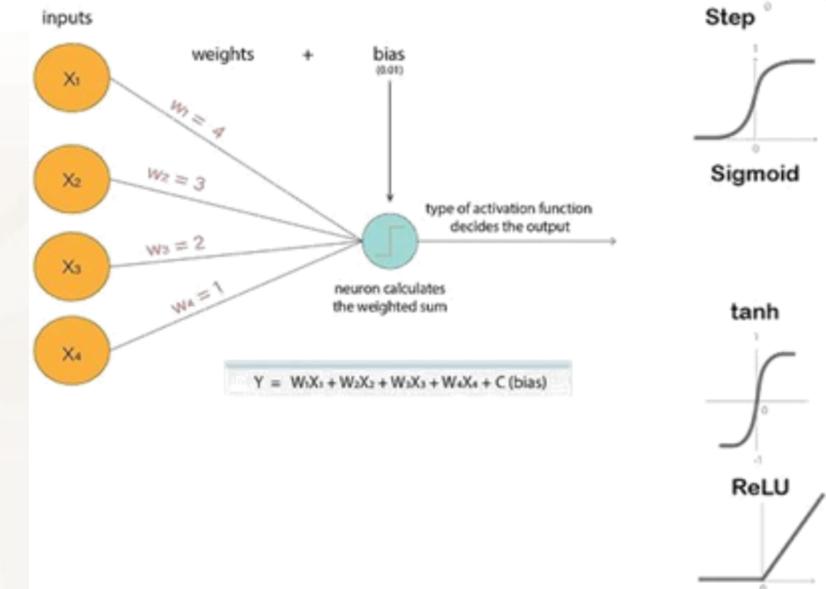
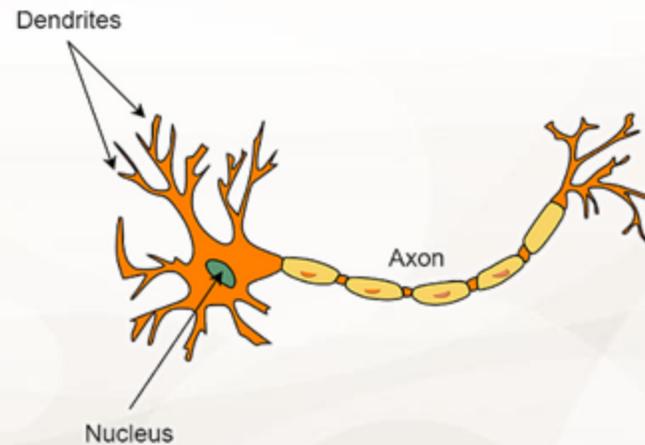
Les modèles neuronaux ou connexionnistes



Cardon, JP Cointet, A Mazieres, 2018 [LRDN]

Les modèles neuronaux ou connexionnistes

- L'entité de base est un modèle du neurone, un système étant formé par l'interconnexion d'un grand nombre de tels « neurones »
- Modélisation très rudimentaire du fonctionnement du neurone

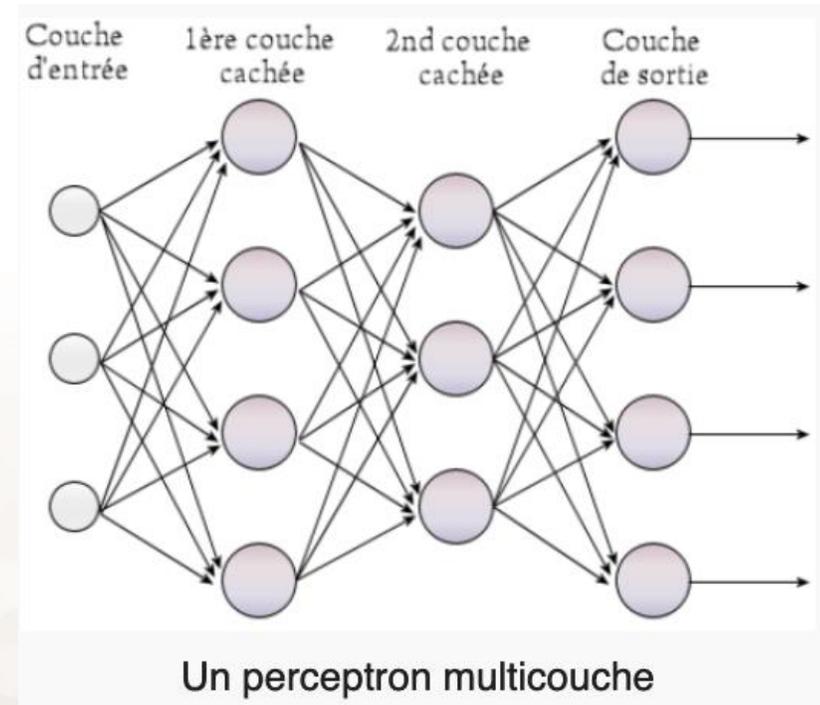


Les modèles neuronaux ou connexionnistes

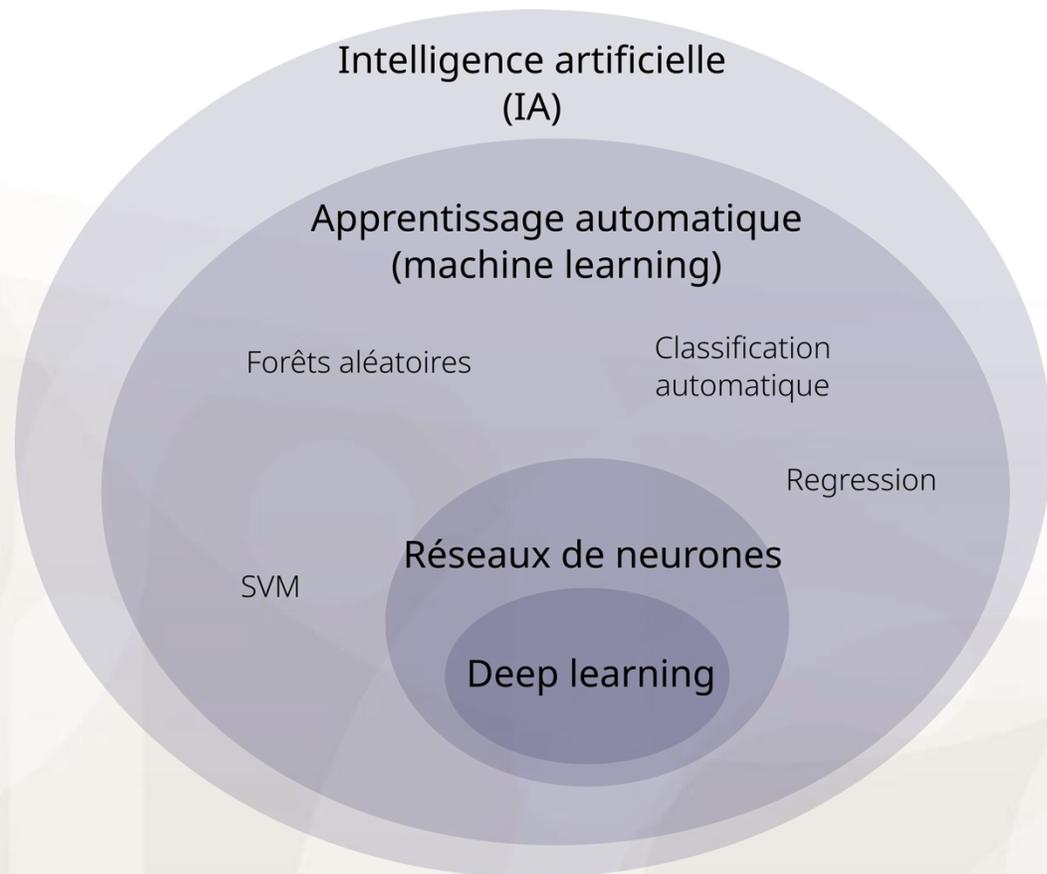
Diverses architectures ont été proposées :

réseaux à couches, réseaux récurrents, etc.

Perceptron, RNN, CNN, LSTM, GRU, VAE, GAN, U-net, etc.



Apprentissage (machine learning)



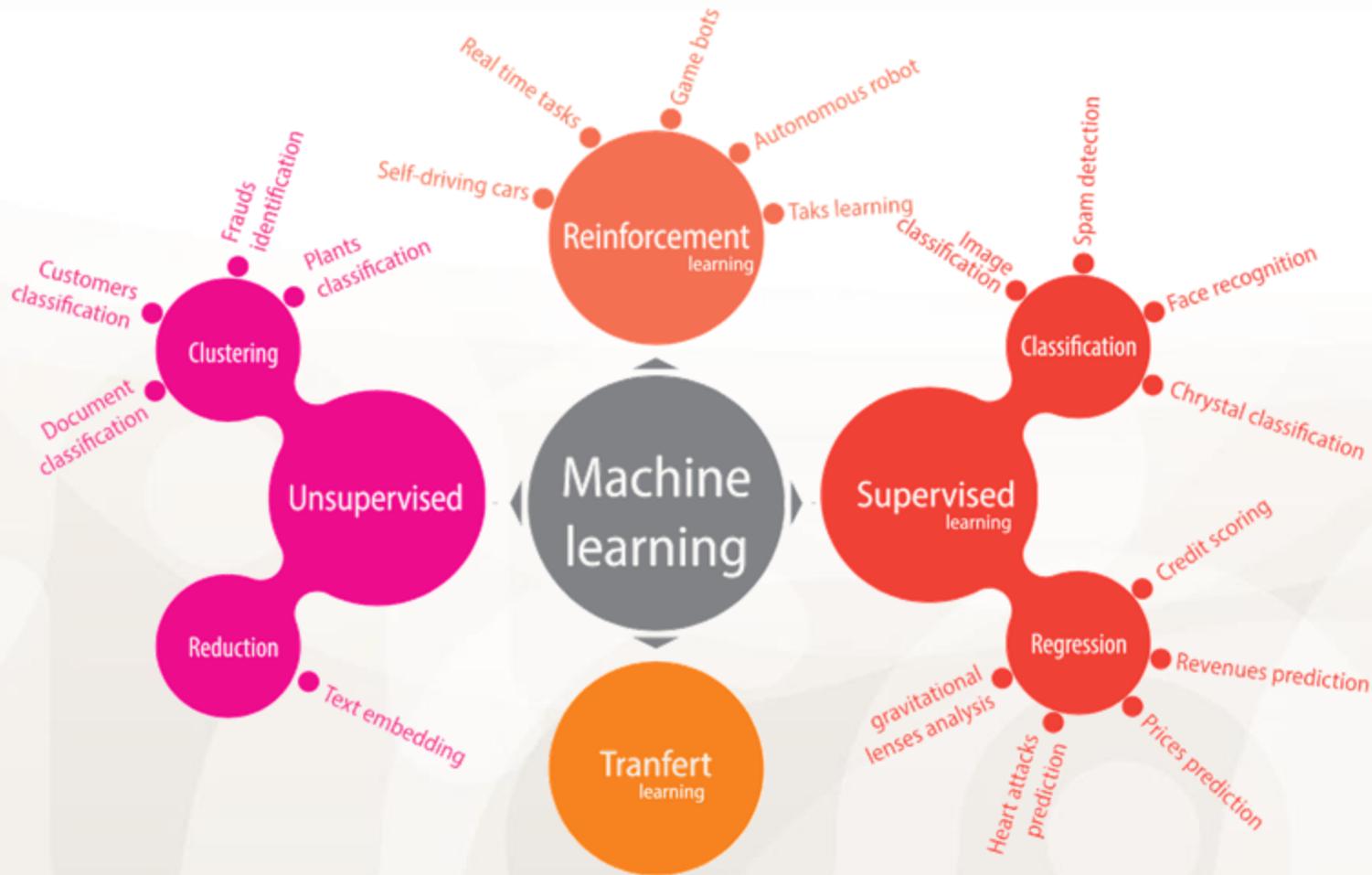
*Champ d'étude de l'intelligence artificielle qui se fonde sur des approches mathématiques et statistiques pour donner aux ordinateurs la **capacité** d'« **apprendre** » à partir de **données***

https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_automatique

Apprentissage (machine learning)

- Dès 1959, [Arthur Samuel](#), un des pionniers de l'IA, introduit le terme d'« [apprentissage automatique](#) » (*Machine Learning*).
- Vers 2010, des résultats spectaculaires dans de nombreux domaines :
 - jeu de Go, interprétation d'images, reconnaissance de la parole, traitement de la langue naturelle écrite, diagnostic, ont eu un grand retentissement médiatique.

Apprentissage (machine learning)



Catégories :

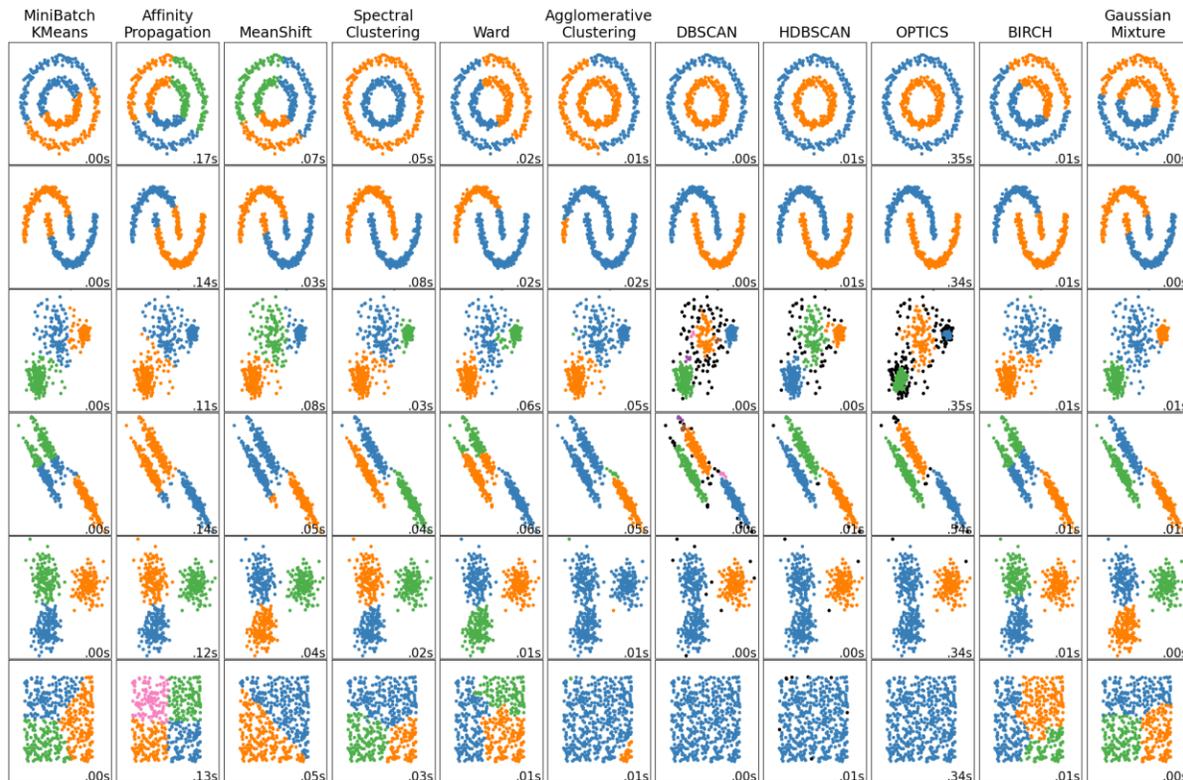
- supervisé,
- non supervisé,
- renforcement,
- Transfert

Types d'Approches :

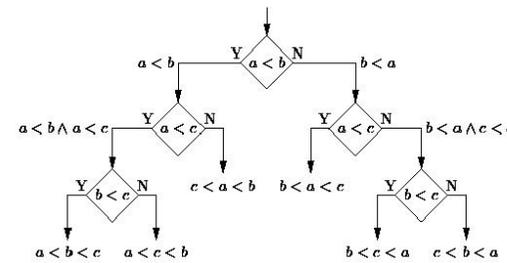
- Classification,
- Clustering,
- Reduction de données
- Regression

Apprentissage

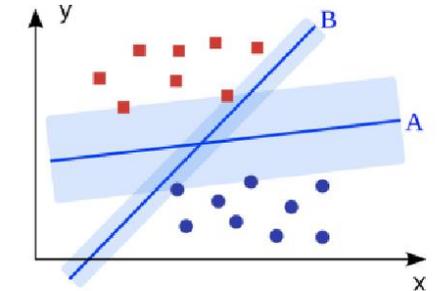
Quelques modèles de Clustering:



Quelques modèles de classification



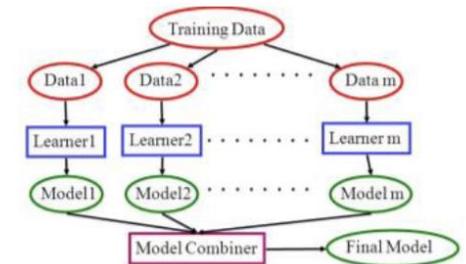
arbres de décision



Support Vector Machines

$$P(c_j | d_i) = \frac{P(c_j) \prod_{k=1}^{|d_i|} P(w_{d_{ik}} | c_j)}{\sum_{r=1}^{|C|} P(c_r) \prod_{k=1}^{|d_i|} P(w_{d_{ik}} | c_r)}$$

classification Bayésienne naïve

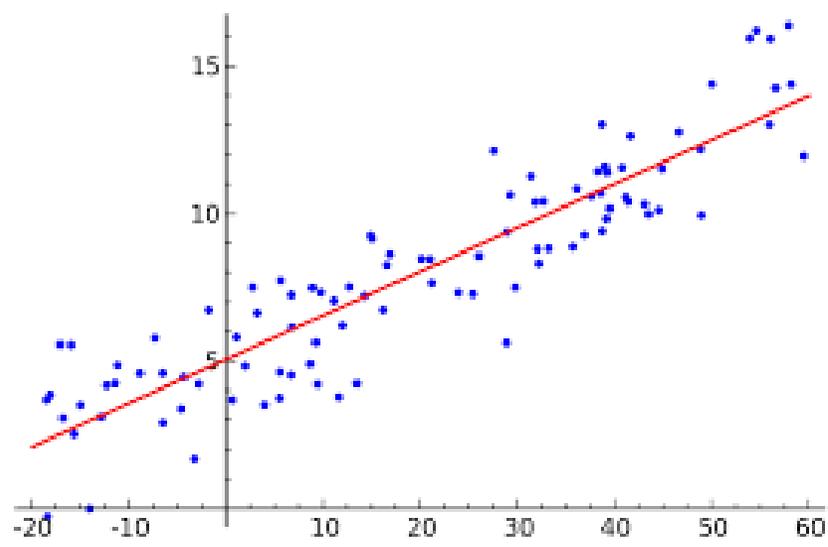


Ensemble Methods

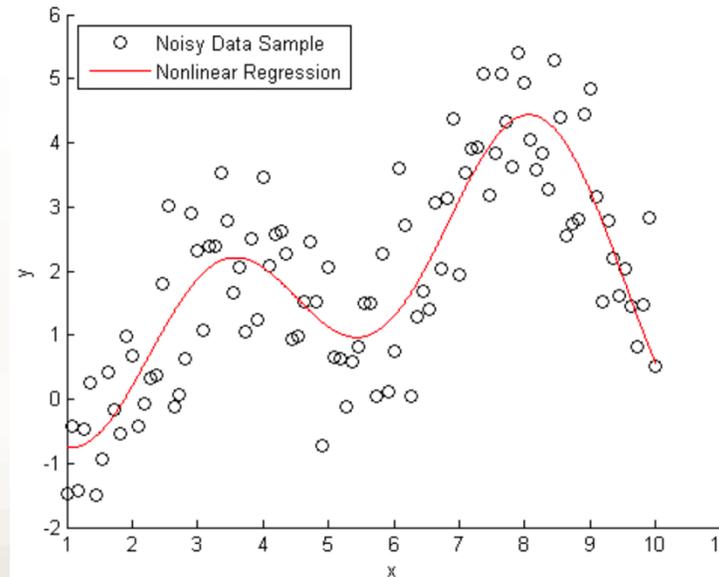
<https://scikit-learn.org/1.5/modules/clustering.html>

Apprentissage

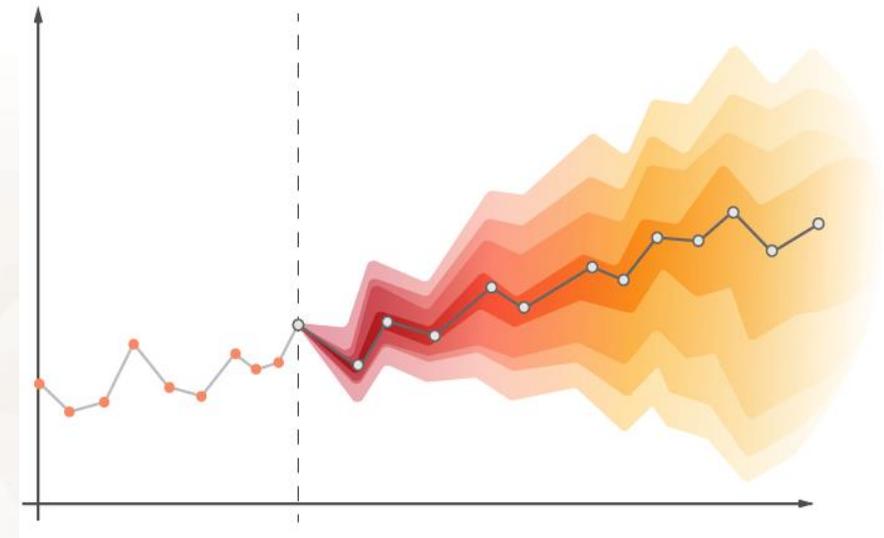
Regression: trouver la relation d'une variable par rapport à une ou plusieurs autres
Très utile pour faire des prédictions !



Linéaire



Non linéaire



Prédiction

<https://scikit-learn.org/1.5/modules/clustering.html>

(<https://medium.com/analytics-vidhya/time-series-forecasting-c73dec0b7533>)

Apprentissage

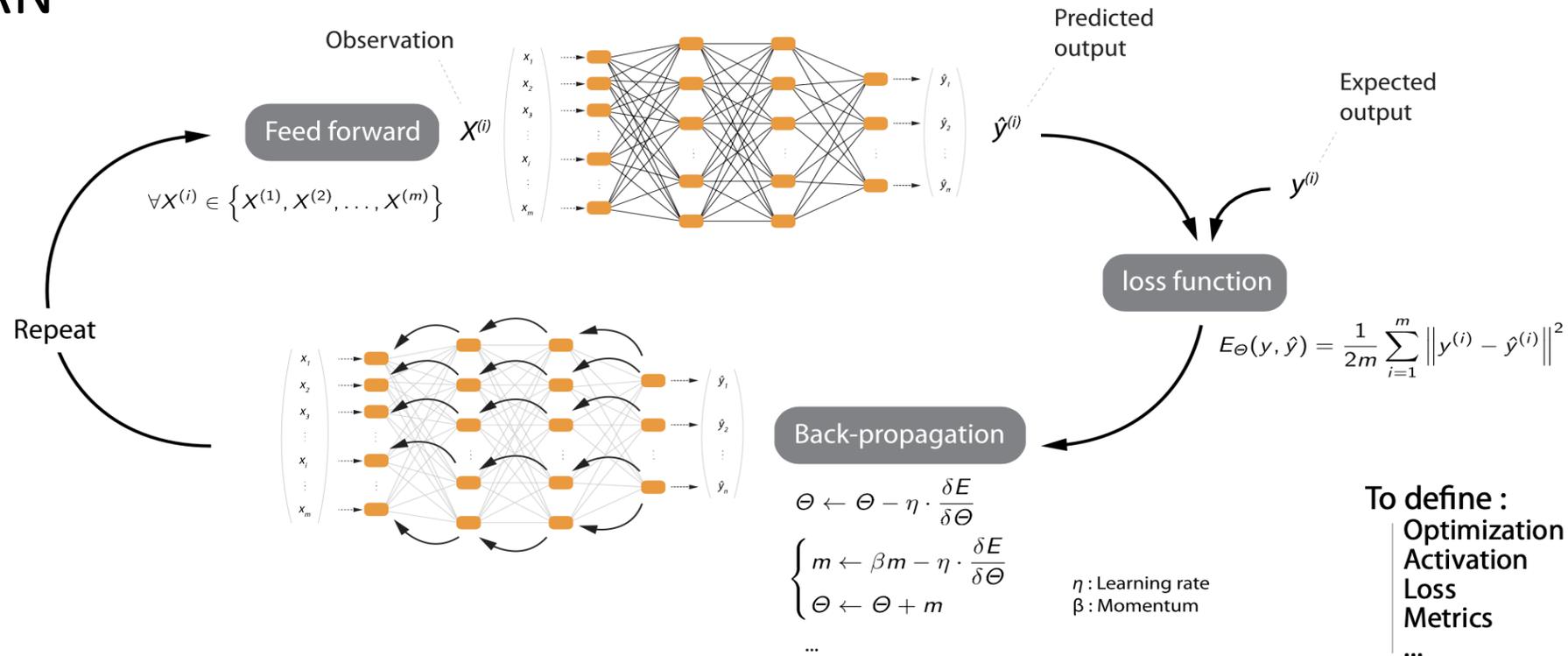
Un processus d'apprentissage a pour objectif de faire correspondre à un ensemble d'entrées, une sortie désirée

Apprentissage supervisé

- Le système dispose d'un échantillon d'entrées associées à une sortie désirée, souvent segmenté en Training set, Validation set et Testing set
- Entraînement du système sur le training set. Evaluation du modèle en cours avec validation set
- Validation du modèle final à partir du Testing set

Apprentissage

Phase d'entraînement sur RN



Apprentissage

Apprentissage non-supervisé

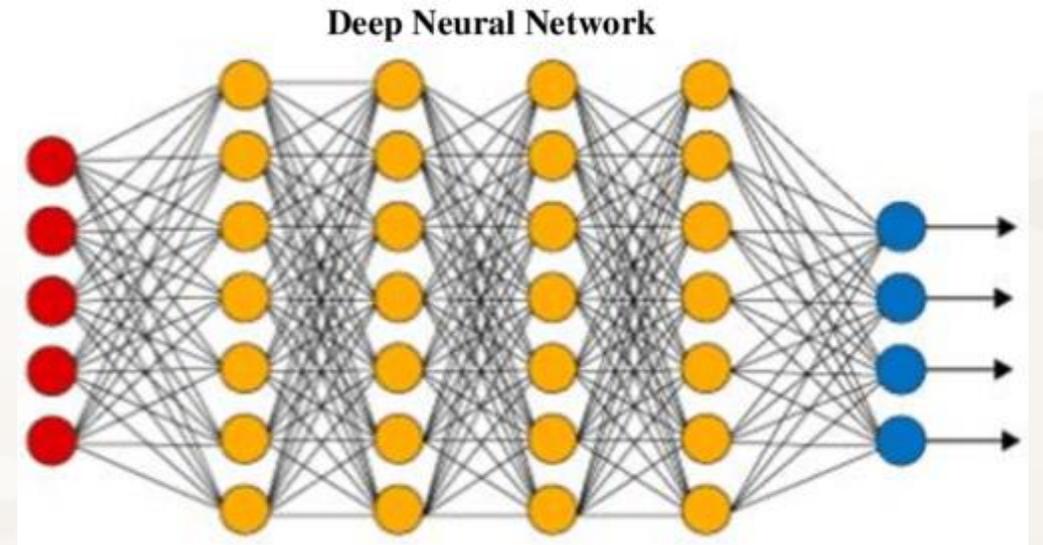
- Le système dispose d'un échantillon d'entrées sans sorties prévues
- Entraînement par une heuristique sur l'activité des entités

Apprentissage profond

Algorithme de [rétropropagation du gradient](#) d'erreur a permis le développement dans les années 1990 de modèles neuronaux comportant quelques couches cachées.

=> Deep learning ?

Depuis, le nombre de couches cachées a été considérablement augmenté, tout en conservant la capacité d'apprentissage à partir d'exemples. Cela a donné naissance aux réseaux neuronaux profonds, *Deep Neural Nets*, DNN



Apprentissage profond

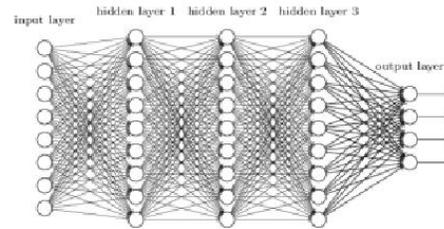
L'apprentissage profond (*Deep Learning*) nécessite à la fois trois conditions :

- des algorithmes performants (amélioration de la rétropropagation du gradient d'erreur),
- des moyens de calcul parfois considérables (avec des processeurs spécialisés et l'évolution technologique),
- la disponibilité de quantités importantes de données d'apprentissage, notamment les *Big Data*, ces données numériques que nous produisons tous quotidiennement de façon massive (messages vocaux et écrits, signaux GPS, informations climatiques, achats, transactions bancaires, publications scientifiques, journaux et revues, etc.).

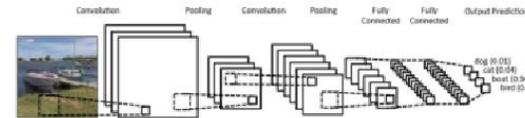
Apprentissage profond

Deep learning ?

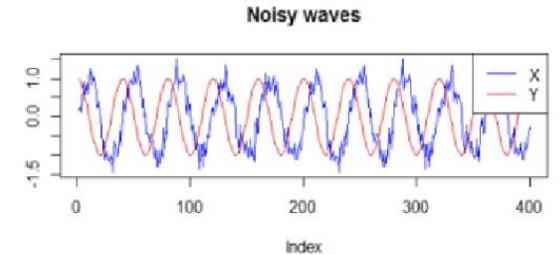
Exemples d'autres architectures



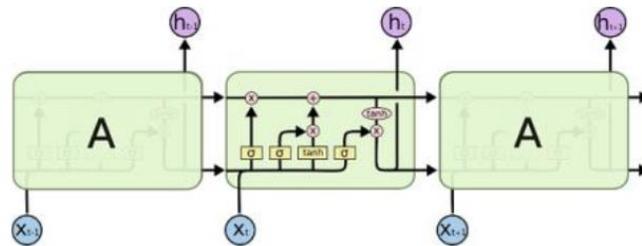
fully connected (FCN)
classification
et prédictions



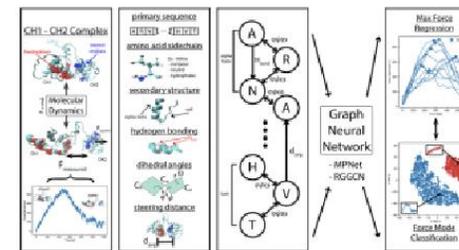
convolutifs (CNN)
spatial
reconnaissance d'images



récurrents (RNN)
temporels
ECG, finance, bruit



à mémoire (LSTM)
contexte - bidirectionnel
traduction, dialogue, recherche



à graphes (GNN)
chimie, optimisation
classification + génération

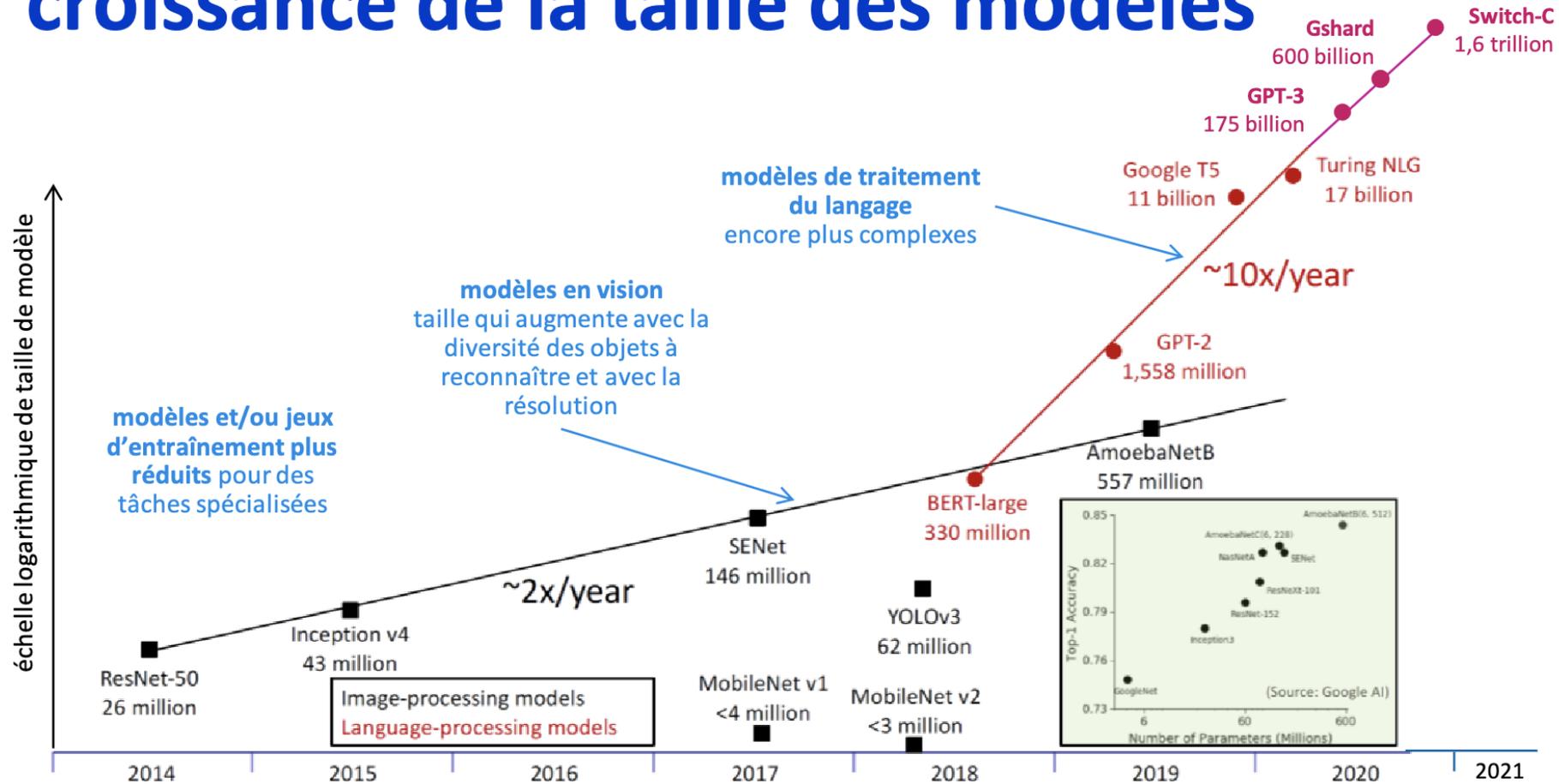


génératifs (GAN)
variations – augmentation
modification d'images et de textes

Mais aussi : graph neuronal network 2005; Denoising Diffusion Probabilistic Models, Differential Neural Computers (2016); Transformers 2017 ; Réseau de neurones à impulsions, etc.

Apprentissage profond

croissance de la taille des modèles



The Next Generation of AI Processors, Linley Gwennap, The Linley Group, avril 2020 + mises à jour Olivier Ezratty (112 slides)

IA générative (deep learning)

Domaine apparu au début des années 2020.

Utilisation de modèles neuronaux capables de créer des données nouvelles : images, vidéos, musiques, textes,

Notamment Large Language Models (LLM): à partir d'une invite, brève description textuelle (appelée aussi *prompt*).

IA générative (deep learning)

3 grands types de modèles génératifs :

- *Réseaux antagonistes (GAN)* : ce modèle comporte deux réseaux neuronaux placés en compétition. Un des deux réseaux crée une certaine production (image, texte ou autre type de donnée), et le second réseau a pour rôle de juger la production du premier.
- *Modèles de diffusion* : une alternative aux GAN pour la génération d'images, telle que l'on trouve dans les systèmes [DALL.E 2](#), *StableDiffusion*, [Imagen](#) ou *Midjourney*, apparus en 2022, est celle des modèles de diffusion probabiliste. Le formalisme sous-jacent est celui des [chaînes de Markov](#). L'idée est de détruire systématiquement la structure des données d'entrée par additions successives de bruit gaussien
- *Réseaux transformeurs* : ces réseaux apparus en 2017 ont révolutionné le traitement de la langue naturelle écrite.

IA générative

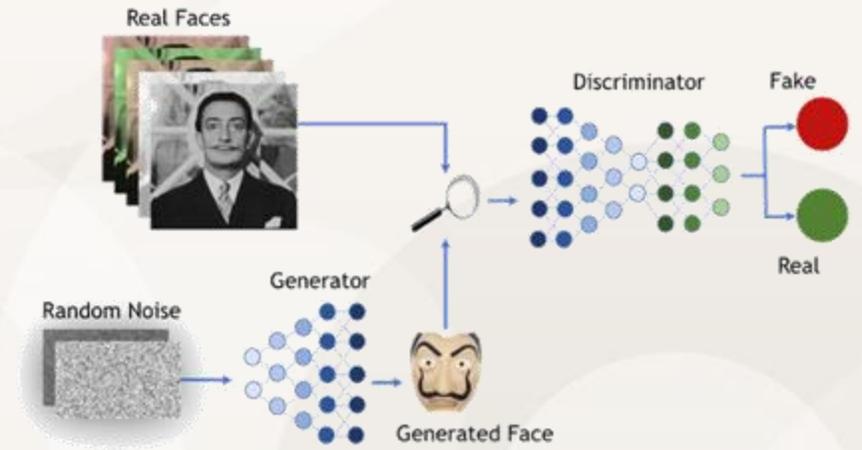
Réseaux de neurones génératifs (2014) : VAE, GAN, etc.

Gan (Generative Adversarial network)

→ image, videos, audio,

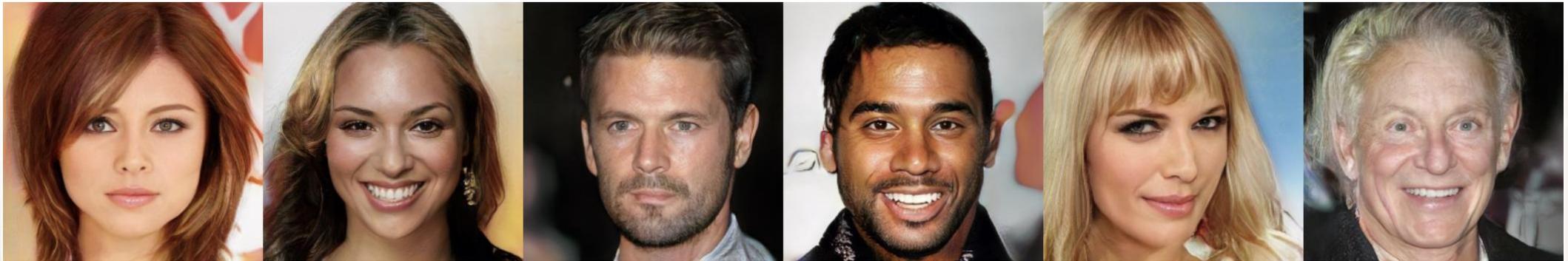
→ prédiction

→ Etc.



IA générative

Gan (Generative Adversarial network)



REAL OR FAKE ?

Progressive Growing of GANs for Improved Quality, Stability, and Variation <https://arxiv.org/pdf/1710.10196>

GAN pour prédiction : [Time-series Generative Adversarial Networks](http://papers.neurips.cc/paper/8789-time-series-generative-adversarial-networks.pdf)
(<http://papers.neurips.cc/paper/8789-time-series-generative-adversarial-networks.pdf>)

IA générative

Réseaux Transformeurs : ces réseaux apparus en 2017 ont révolutionné le traitement de la langue naturelle écrite.

Le besoin:

Avant leur apparition, les modèles de langue utilisés en IA étaient essentiellement basés soit sur des modèles statistiques ou RNN tels que *Long Short-Term Memories*. Cela permettait des applications de qualité, comme des robots de conversation ou des logiciels de traduction,

mais ces modèles butaient sur une limitation majeure. Le contexte pris en compte par ces modèles avait une profondeur limitée à un petit nombre n de mots précédents (n étant de l'ordre de 5).

IA générative

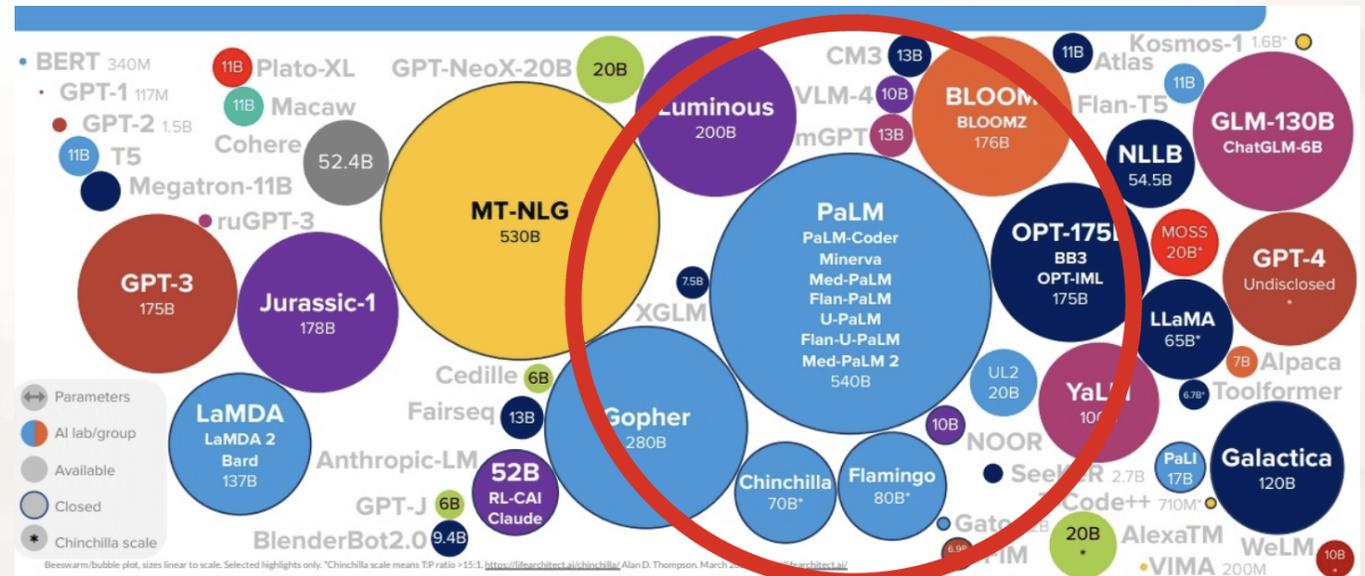
Transformeurs = augmenter considérablement cette profondeur, jusqu'à prendre en compte des milliers de mots et parallélisme de l'apprentissage

- => création de modèles de langue actuels de grande taille (*Large Language Models* ou LLM).
- **2018** *BERT* de Google (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*, Encodeur Bidirectionnel à partir de Transformeurs) et *GPT* d'Open AI

Large Language Models ou LLM

A large language model (LLM) is a type of generative AI.

- LLM = système purement statistique.
- Il donne simplement la réponse la plus probable à la question posée et ne dispose d'aucune connaissance de bon sens.



<https://cmte.ieee.org/futuredirections/2023/11/14/llms-hitting-2-trillions-parameters/>

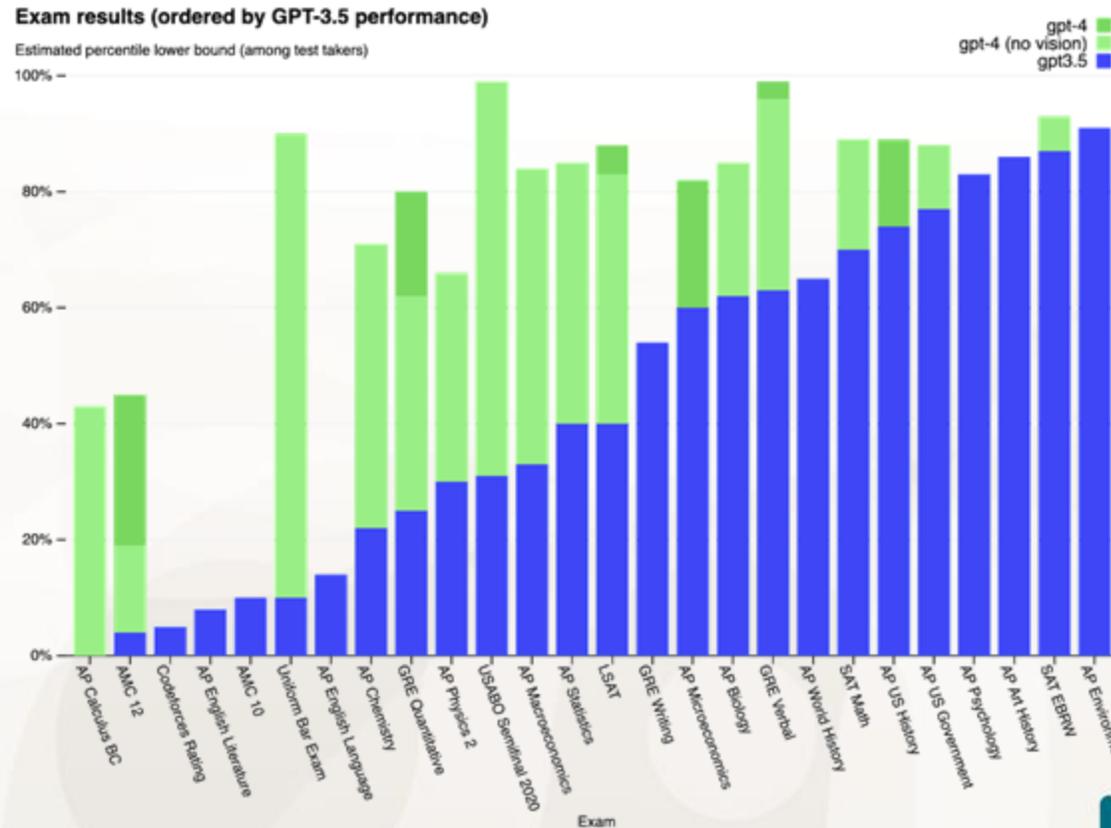
Large Language Models ou LLM

LLMs offer a multitude of applications. Examples:

- Chatbots: used to power chatbots and conversational AI systems, enabling more natural interactions with users.
- Web information extraction
- Generation of various textual documents
- Code generation: understand the linguistic structures of code and can automatically generate code segments.
- **Research in biology (protein design, genomics, transcriptomics, and proteomics)**
- Fraud detection
- Education and personalized learning (see <https://blog.duolingo.com/large-language-model-duolingo-lessons/>)
- Etc."

Large Language Models ou LLM

LLM et réussites d'examens



<https://openai.com/research/gpt-4>

Large Language Models or LLM

LLM hallucinations :

[“A Survey on Hallucination in Large Language Models: Principles, Taxonomy, Challenges, and Open Questions.”](#) (Huang, Lei, et al., 2023)

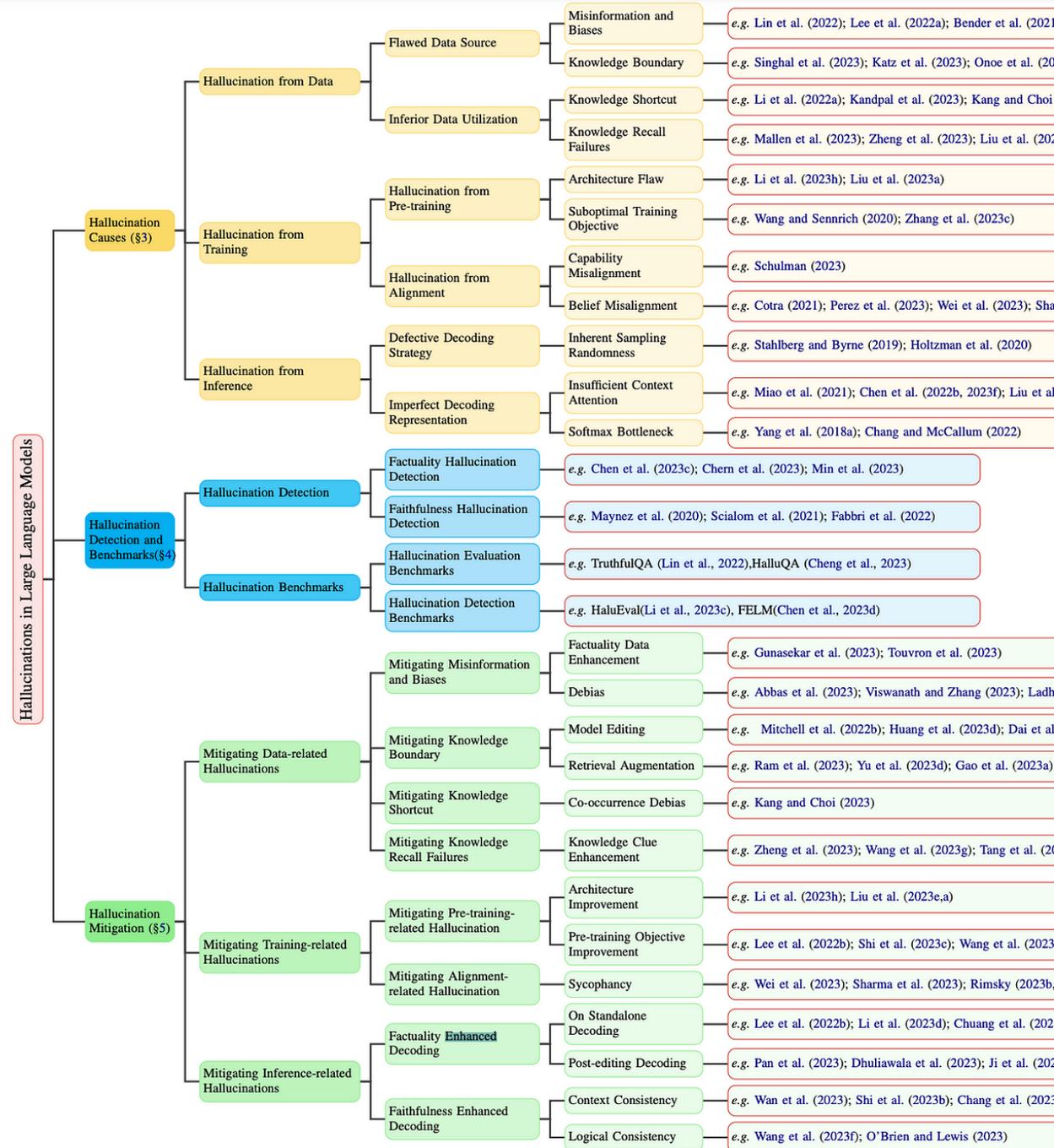
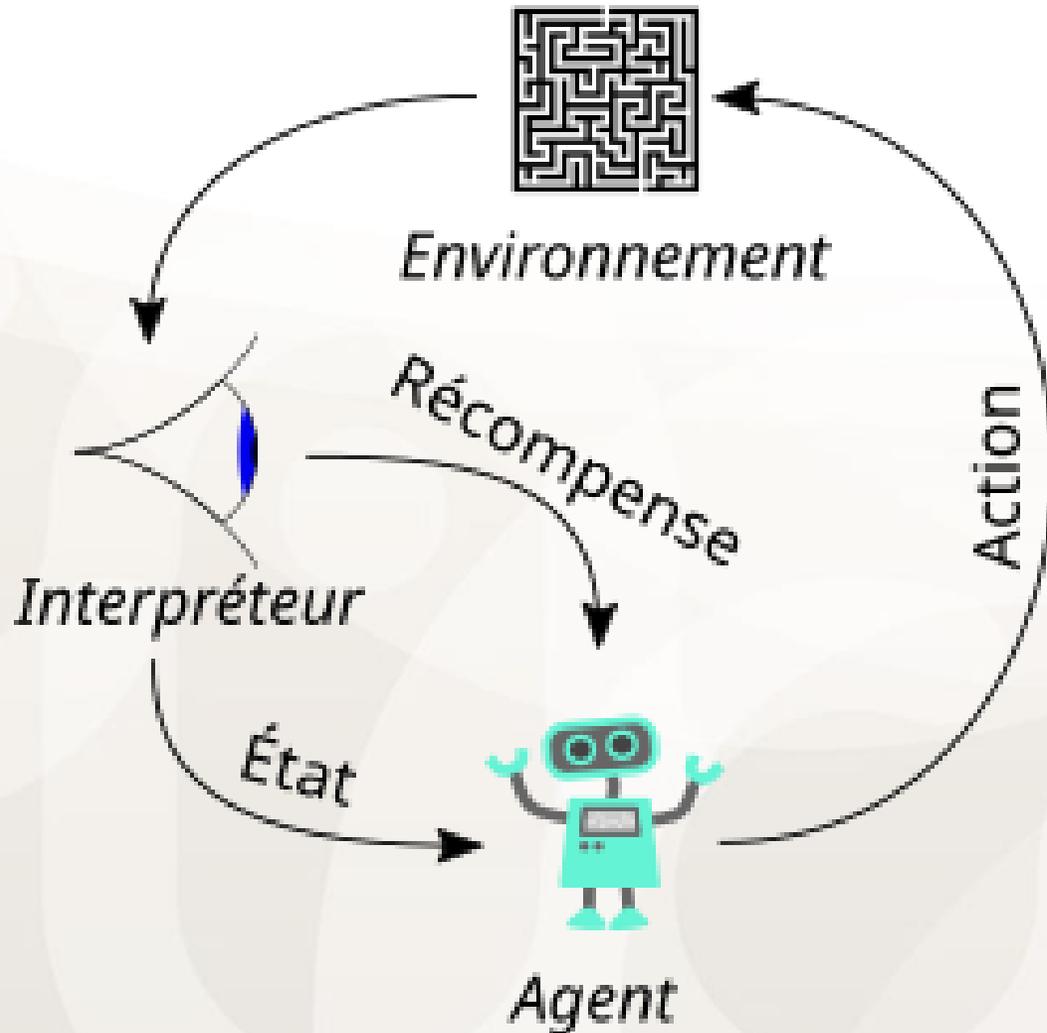


Figure 2: The main content flow and categorization of this survey.

Reinforcement learning

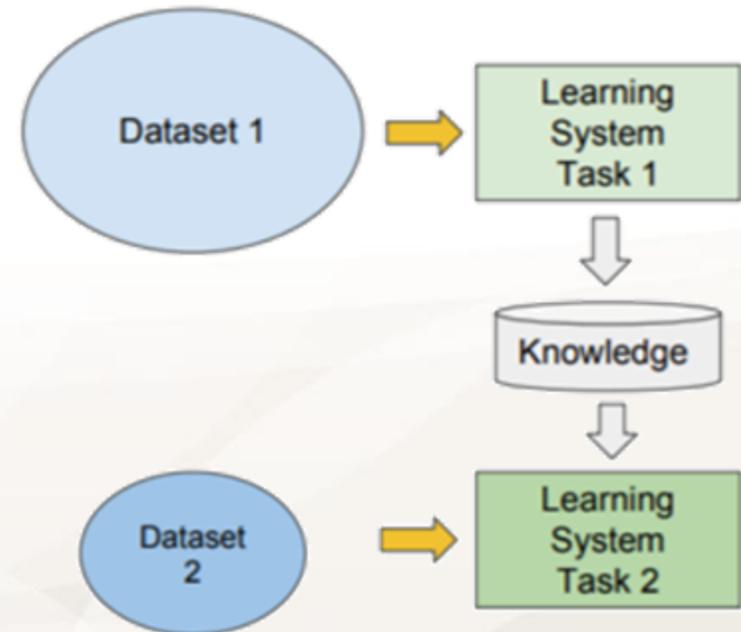


Apprentissage par renforcement est utilisé pour résoudre des problèmes d'optimisation

Principe : apprendre les actions à prendre, à partir d'expériences, de façon à optimiser une récompense quantitative au cours du temps.

Transfer learning

Modèle préalablement entraîné sur une tâche est réutilisé ou adapté pour améliorer les performances sur une nouvelle tâche similaire.



Quelques Challenges

- IA explicable, transparence
- Intégration et la gestion de l'incertitude
- Réduction du cout énergétique
- Intégration de raisonnements
- Qualité et contrôle des résultats, fiabilité, robustesse
- Sécurité, éthique, régulation
- Etc.

Exemples d'applications IRC-SAE

Arxiv : « AI » « biology » : 641 results (270 en 2024) puis sélection :

- Design genetic perturbation
- Design watermarks on proteins
- Field disease detection
- Explainable Plant disease, stress
- Crop classification, surveillance, improvement
- Autonomous robots
- pest control strategies

Exemples d'applications IRC-SAE

- **Crop Yield Prediction Integrating Genotype and Weather Variables Using Deep Learning 2020 (LSTM model)**

- **pl@ntNet <https://plantnet.org/>**

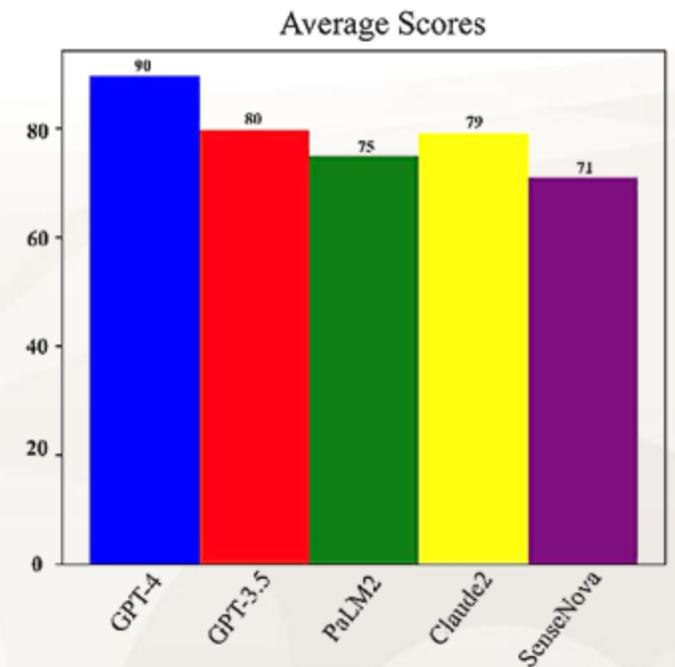


- **<https://alphafold.ebi.ac.uk/>** (prédiction structures protéines à partir de séquences en acides aminés)

LLM, Biologie et Raisonnement

Etude sur l'évaluation des capacités des LLMs à comprendre et à raisonner à travers des questions liées à la biologie

- Examen de 108 questions (biologie moléculaire, les techniques biologiques, l'ingénierie métabolique et la biologie synthétique.)
- ⇒ LLM accelerate knowledge discovery by analyzing massive biological datasets like genomics, transcriptomics, and proteomics,
- ⇒ Review vast bodies of text to extract key findings
- ⇒ LLMs can propose solutions to engineering challenges and accelerate iterative protein design cycles.
- ⇒ Broadening access to biology education (students, colleagues)
- ⇒ Code generation



Exemples d'application sur qualité de l'eau

Travail commun LIMOS / UMRF / Imost

Objectifs :

- Exploration des données (preprocessing, fusion, visualisation, etc.)
- Etudes sur calcul de la qualité de l'eau (Legifrance, Wqi)
- Modèles de prédiction de qualité (stations, lacs)

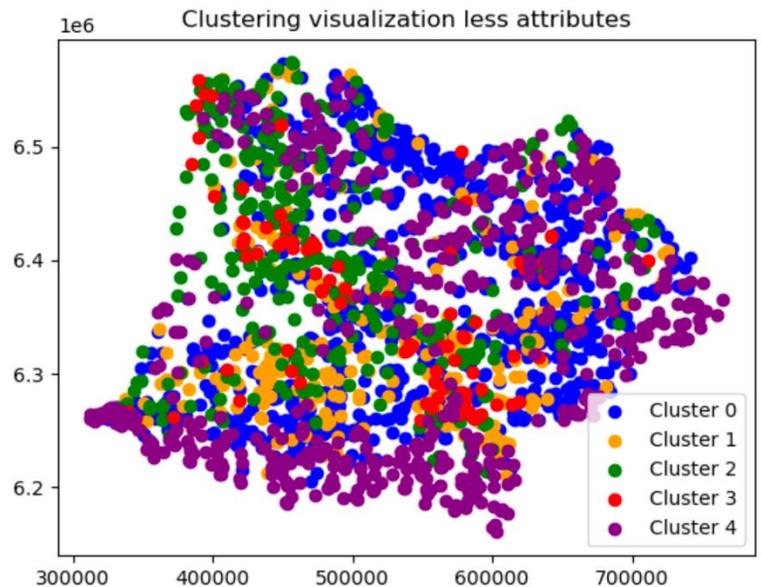
Exemples d'application sur qualité de l'eau

Ingénierie de la Données :

- Bases données de l'agence de l'eau Adour Garonne, onde.eaufrance
 - Bq de données depuis 1970
 - Ex (700Mo, 12 fichiers pour 2021)
 - Par station 200 paramètres environ (paramètres physicochimiques, biologiques, phytos, hydrobio, par mois, synthèse par années, labels de qualité par année, spatiales)
 - Manque de beaucoup de données suivant les années et stations
- ⇒ Nettoyage des données
- ⇒ Extraction de paramètres importants

Exemples d'application sur qualité de l'eau

Clustering semi-supervisé des stations suivant diverses méthodes et comparaisons



Kmeans sur 5 classes extraites d'attributs importants

~ classes de qualité faites à la main (Very good, good, average, mediocre, and bad.)

Exemples d'application sur qualité de l'eau

Séries temporelles et prédictions :

Extraction de séries temporelles sur 10aine de stations

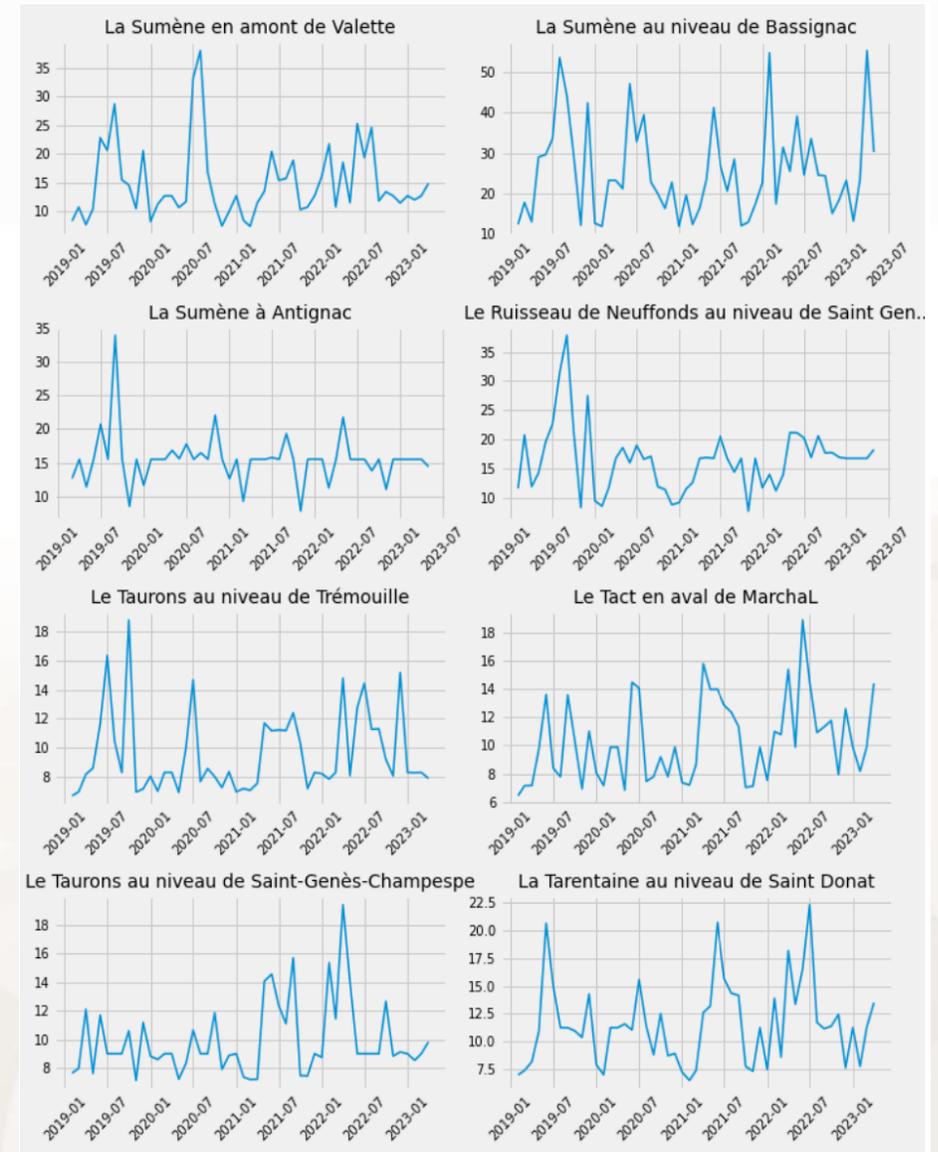
- Choisies sous conseils de GEMAPI et Assoss. Pêche + données complètes
- Sur années (2012->2021)
- Sur une année 2021

Exemples d'application sur qualité de l'eau

Séries temporelles et prédictions :

Séries générées sur qualité WQI (khan et AI 22)

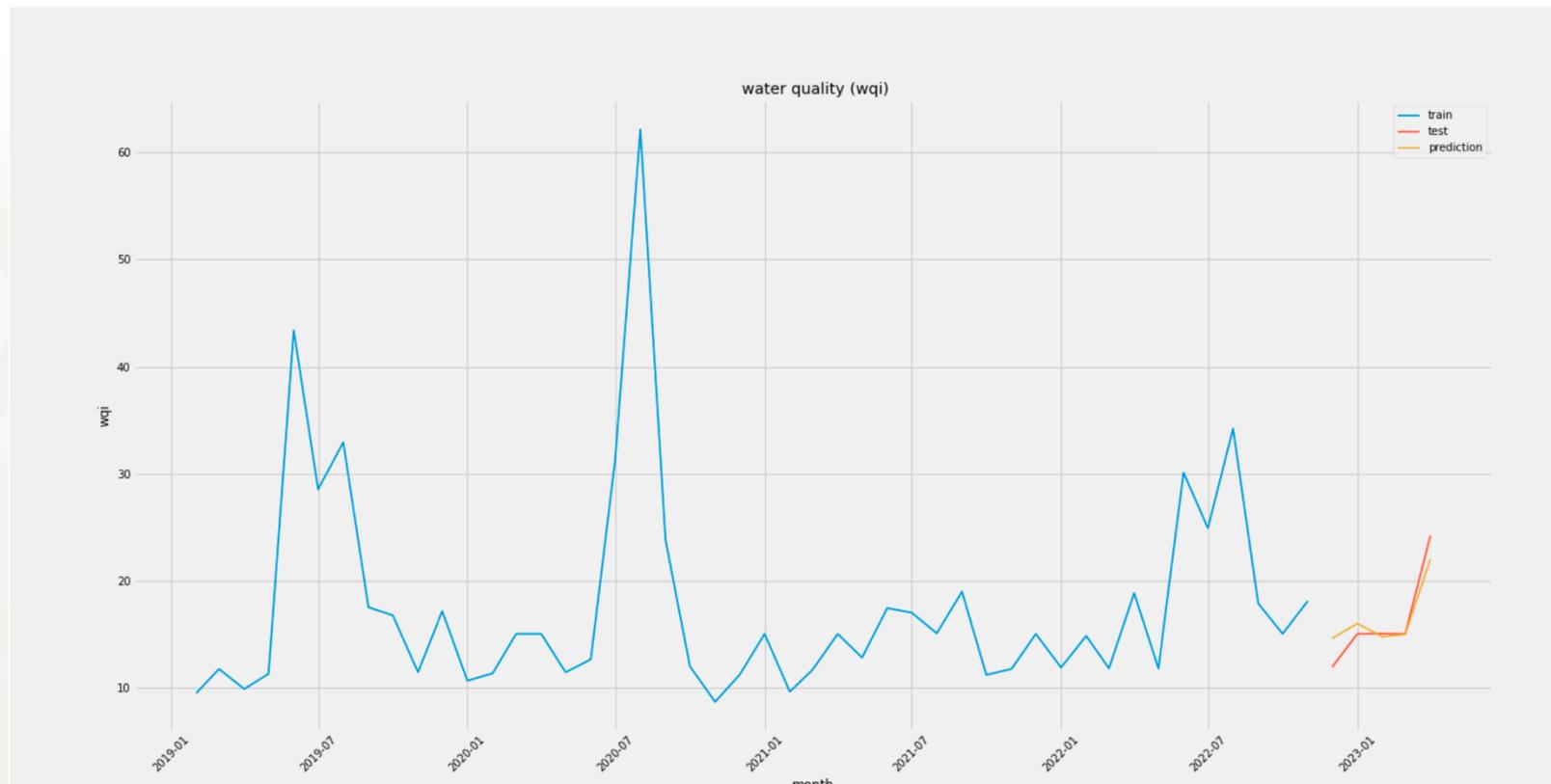
Mais aussi séries multi-variées sur paramètres importants



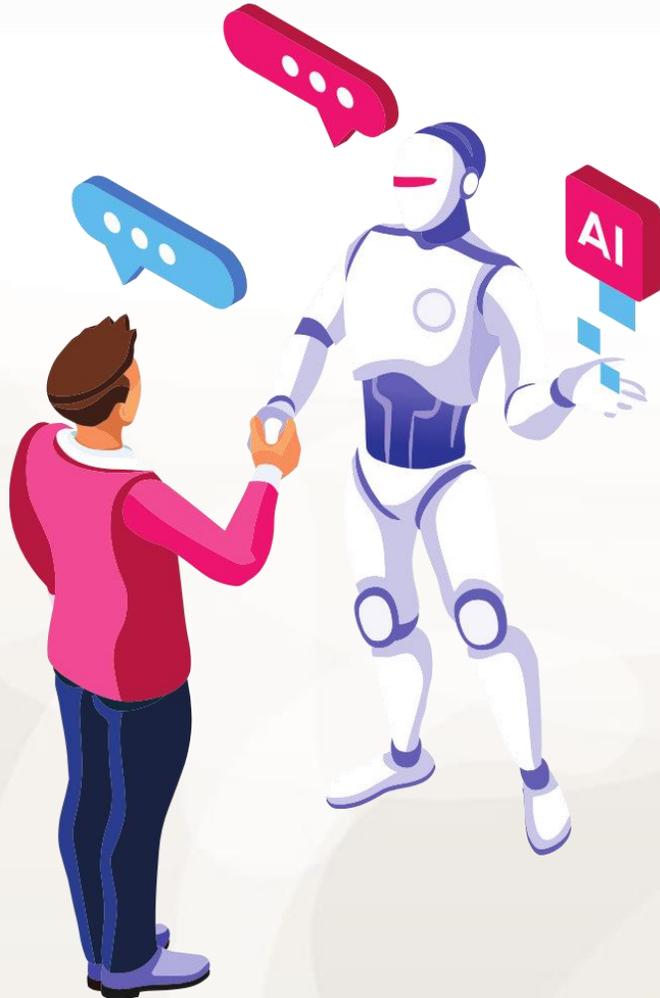
Exemples d'application sur qualité de l'eau

Séries temporelles et prédictions

Séries générées sur qualité WQI (khan et AI 22 method)



Chaire sur l'utilisation fiable et de confiance des LLMs

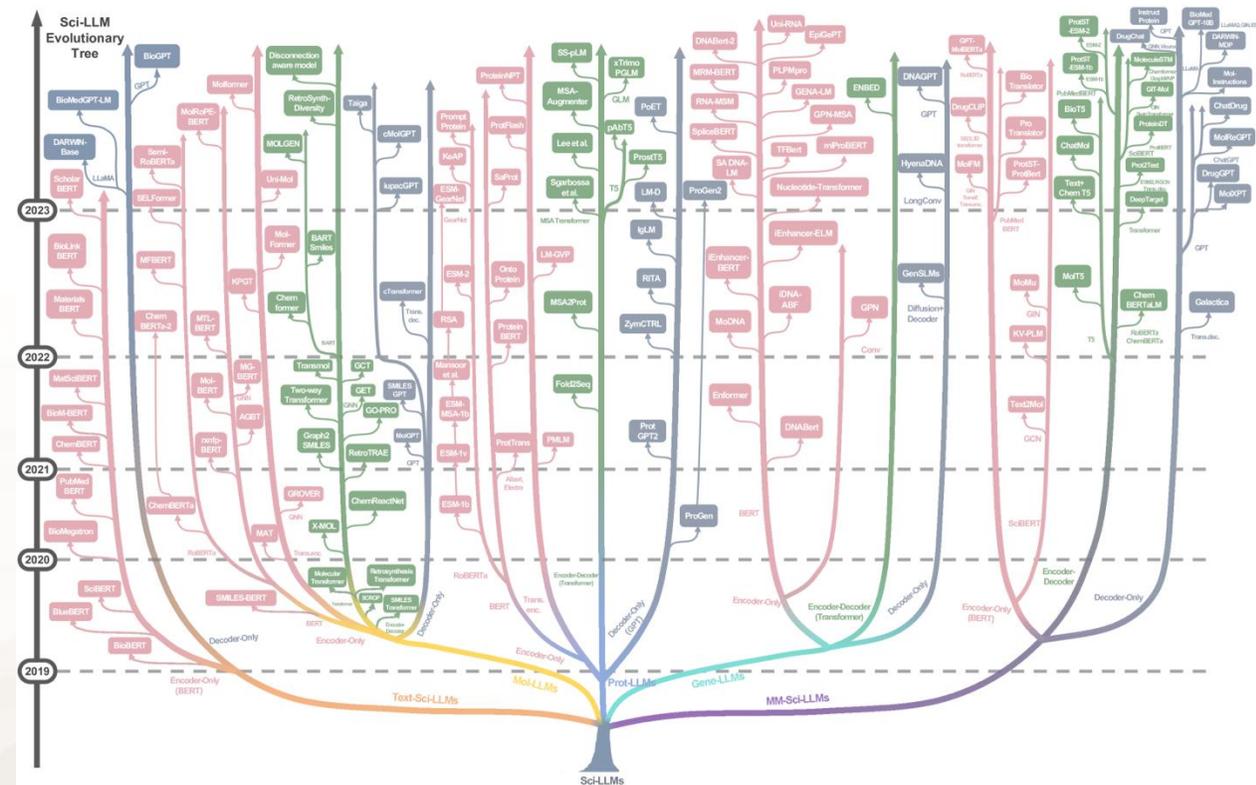


Un projet structurant avec axes initiaux :

- Numérique / Informatique
- Transformation des fonctions support
- Biologie et raisonnement

Axe Biologie et Raisonnement ?

- Aide à l'analyse de données complexe voire multimodales (reconnaissance de structures moléculaires, etc.)
- Génération de code pour visualisation de données, etc.
- Aide à la recherche d'information pertinente (documents, etc.)
- Intégration de raisonnements pour proposition de solutions
- Sécurisation de LLMs privés
- Analyse de comptes-rendus, surveillance, (santé, etc.)



<https://arxiv.org/html/2401.14656v1>

Merci !