

# Informatique, Sciences (Physiques), Apprentissage Machine

Sur le chemin entre informatique et sciences (physiques), faisons un détour par l'IA.

Rémi Emonet – 2023-11-23 – UEOS-ACS

UJM FST / Lab. Hubert Curien



## 1. De l'automatique à l'informatique

**L'ordinateur est le robot de cuisine des « données »**

## 2. Sciences et Informatique

**L'informatique au service des sciences**

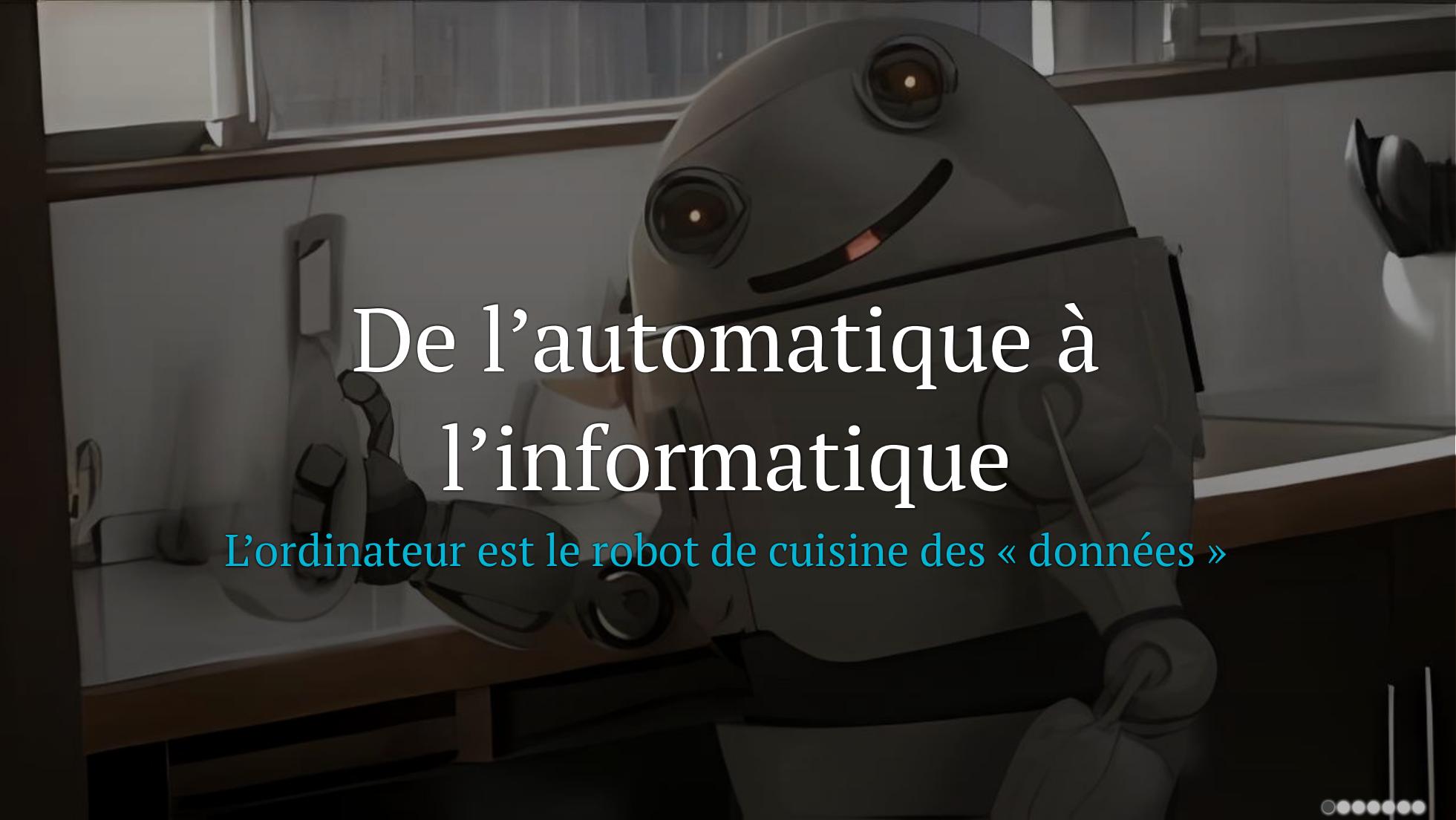
## 3. Apprentissage Machine/Automatique

**Faire apprendre une machine à partir d'exemples**

## 4. Sciences et Apprentissage Automatique

**Guider l'apprentissage des machines et accélérer la science**

## 5. Conclusion



# De l'automatique à l'informatique

L'ordinateur est le robot de cuisine des « données »

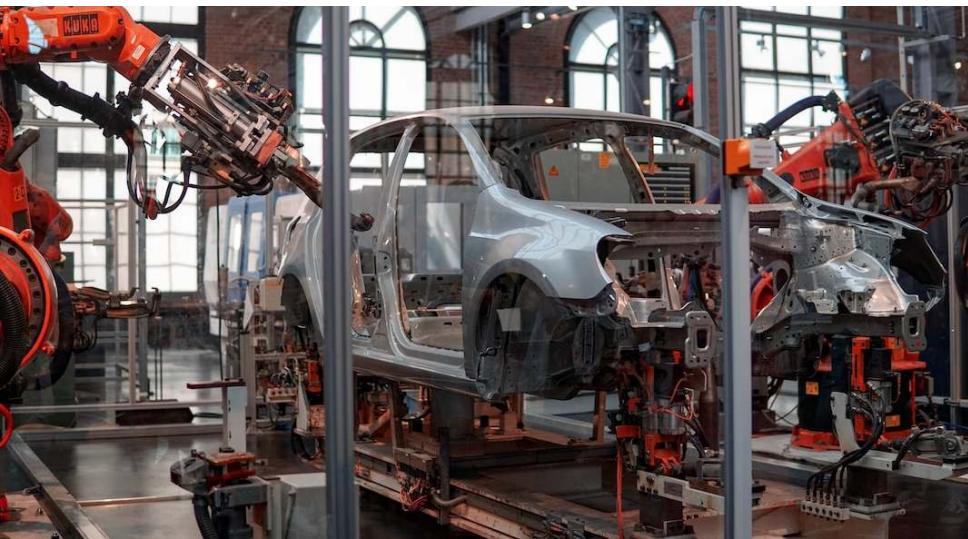
# Outils et aides aux tâches laborieuses

- outils divers :   
- transport
- chauffage
- action mécanique
- ...



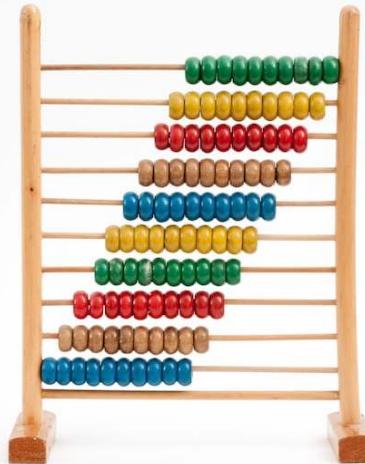
# Automatisation des tâches

- transport
- industrie, chaînes de production
- cuisine, maison, etc
- ...



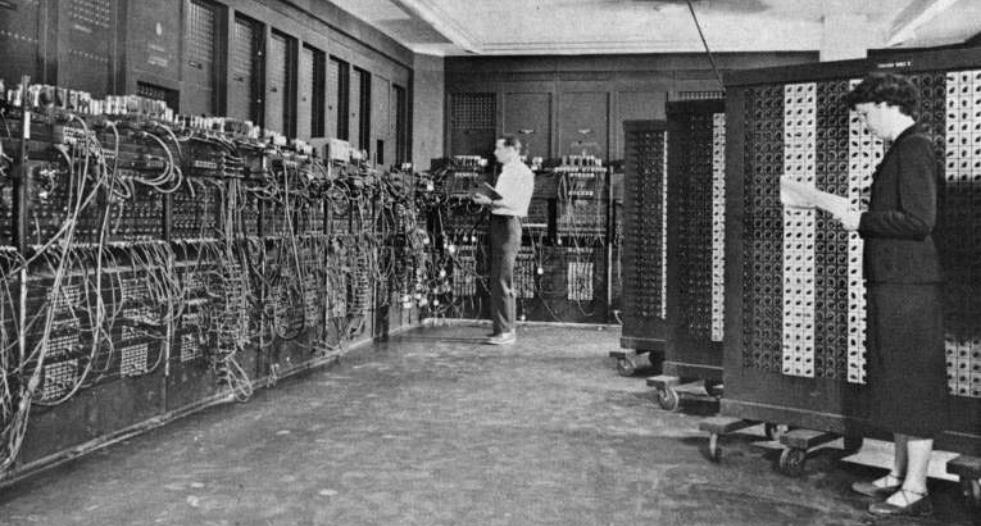
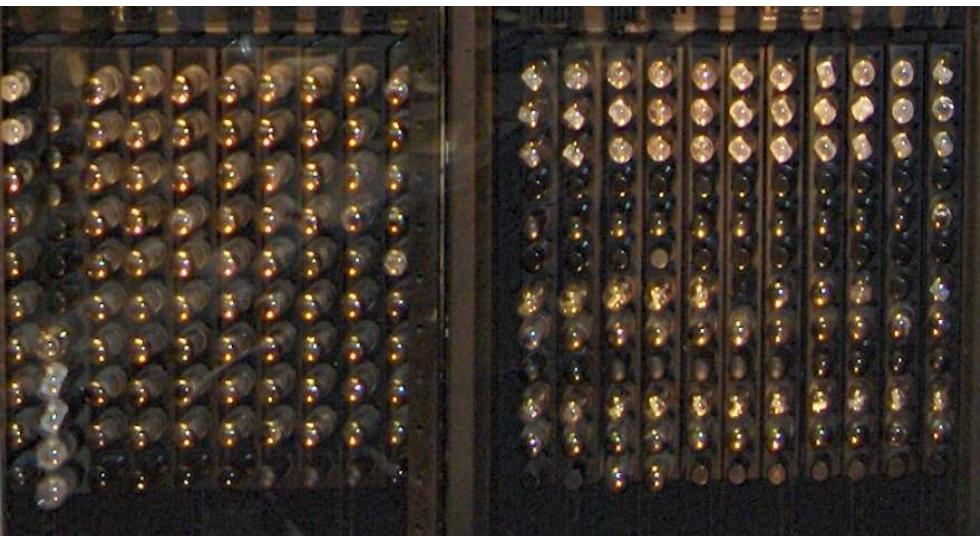
# Naissance des calculateurs

- ⇒ assistance aux tâches mentales
- aide au calcul
- mécanismes complexes (horlogerie, ...)
- ...
- l'humain gère le processus



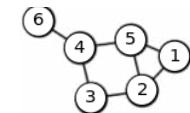
# Naissance de l'ordinateur

- ⇒ calculateur automatique et **programmable**
- matériel générique
- la fonction change grâce au programme
- ...
- l'humain défini le programme/processus



# Informatique

- Sens possibles du mot « Informatique »
  - ce qui est lié à l'information
  - « **information** » + « **automatique** »
  - En anglais
    - souvent « *computer science* »
    - = science du calculateur
- Ambiguïté du langage courant
  - Informatique  $\neq$  utiliser un ordinateur
  - Informatique  $\neq$  utiliser une application
  - Informatique  $\neq$  réseau, infrastructure
  - Informatique  $\neq$  design, multimedia
  - Noms explicites
    - science informatique
    - informatique fondamentale/théorique

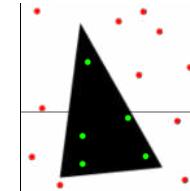


Graph theory



Computability theory

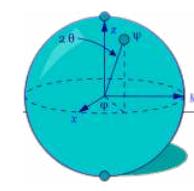
Computational complexity theory



Computational geometry

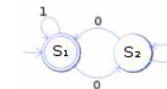


Combinatorial optimization



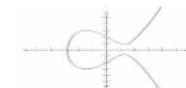
Quantum computing theory

$P \rightarrow Q$



Mathematical logic

Automata theory



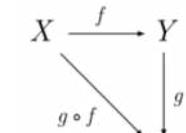
Number theory

GNITIRW-  
TERCES

$\Gamma \vdash x : \text{Int}$

Cryptography

Type theory



Category theory

## 1. De l'automatique à l'informatique

**L'ordinateur est le robot de cuisine des « données »**

## 2. Sciences et Informatique

**L'informatique au service des sciences**

## 3. Apprentissage Machine/Automatique

**Faire apprendre une machine à partir d'exemples**

## 4. Sciences et Apprentissage Automatique

**Guider l'apprentissage des machines et accélérer la science**

## 5. Conclusion

# Sciences et Informatique

L'informatique au service des sciences

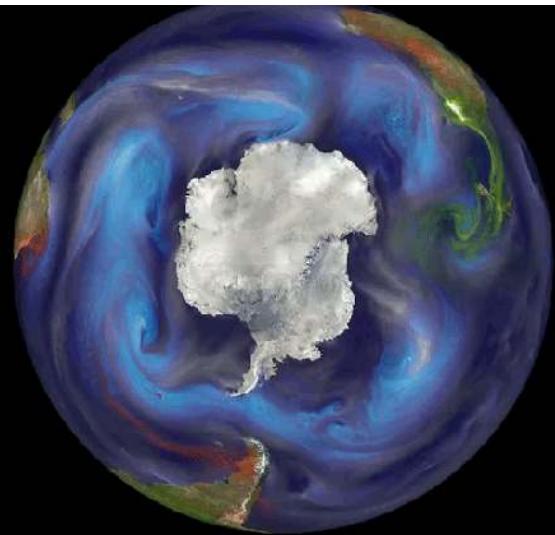
# La physique comme base de l'électronique

- évolution permanente
  - tubes à vide
  - transistors
  - ordinateur quantique
- loi de Moore



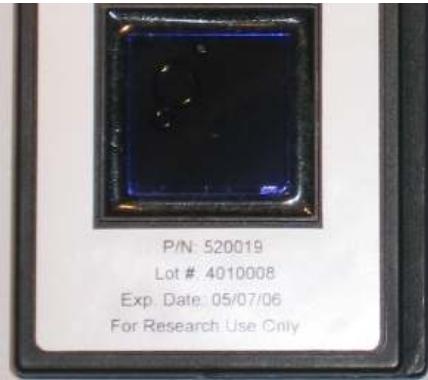
# La simulation au cœur des sciences

- simulation = expérience virtuelle « gratuite »
- applications dans tous les sciences
  - électromagnétisme, climat, génétique, ...
  - épidémiologie, humanités digitale, ...
- un des moteurs de la « science des calculateurs »



# L'informatique pour les capteurs

- nécessité de calcul pour les capteur
  - communication, stockage, traitement : débruitage, transformation
  - interprétation
- applications
  - données massives
  - ...



## 1. De l'automatique à l'informatique

**L'ordinateur est le robot de cuisine des « données »**

## 2. Sciences et Informatique

**L'informatique au service des sciences**

## 3. Apprentissage Machine/Automatique

**Faire apprendre une machine à partir d'exemples**

## 4. Sciences et Apprentissage Automatique

**Guider l'apprentissage des machines et accélérer la science**

## 5. Conclusion

# Apprentissage Machine/Automatique

Faire apprendre une machine à partir d'exemples



## Limites de la programmation classique

- complexité des programmes
  - tâche impossible à décrire
  - des « if » pour analyser une image ?



- $\Rightarrow$  nécessité de programmer par l'exemple

# Création d'un jeu de données (pour la tâche Chat/NonChat)



, Chat



, Chat



, NonChat



, Chat



, NonChat



, NonChat



, Chat



, Chat

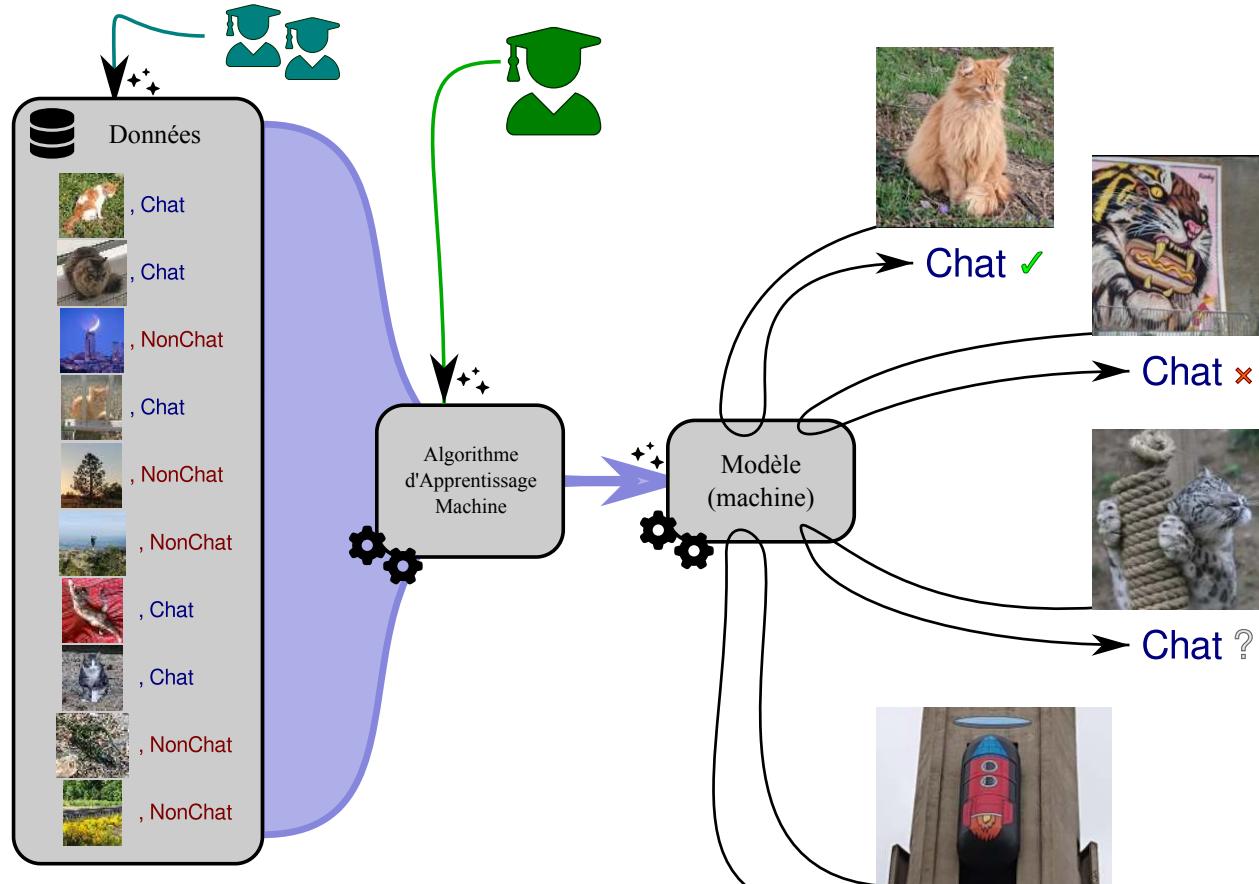


, NonChat

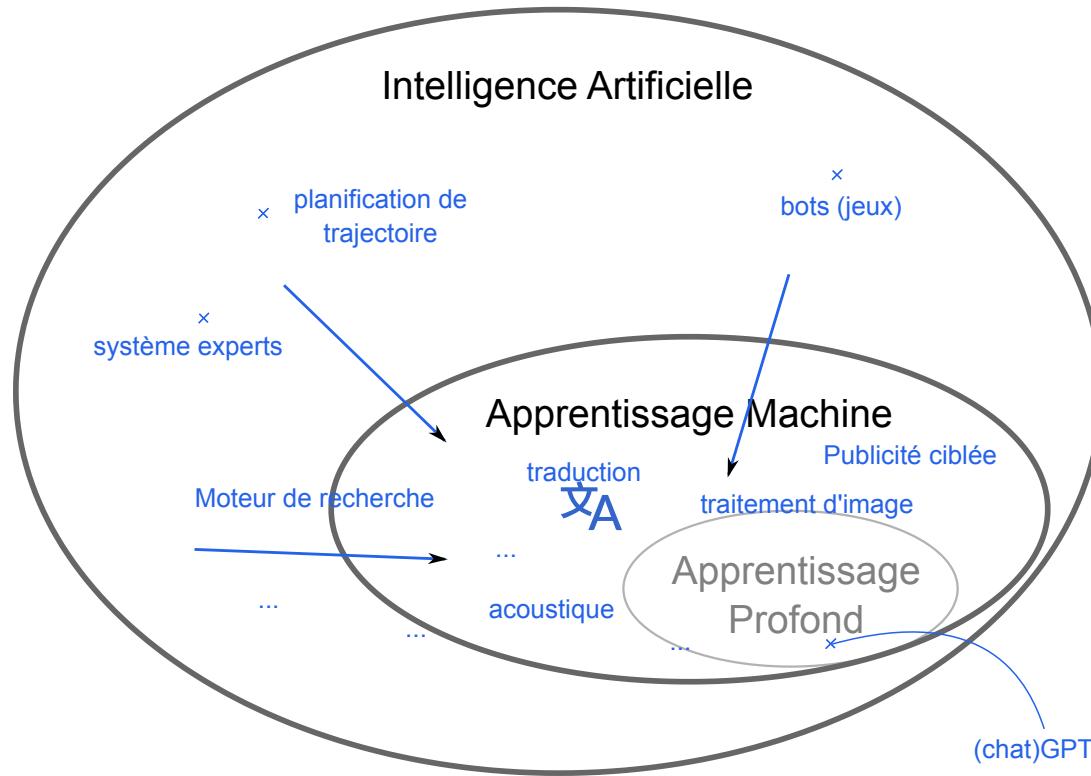


, NonChat

# Apprentissage automatique : principe global



# Terminologie



# Intelligence artificielle ? Le test de Turing

- interaction textuelles entre humain et machine
- l'humain arrive-t-il à savoir qu'il interagit avec une machine ?

Calcul de la somme

ChatGPT 3.5

RE You  
peux-tu m'expliquer comment calculer la somme de 123 et 321

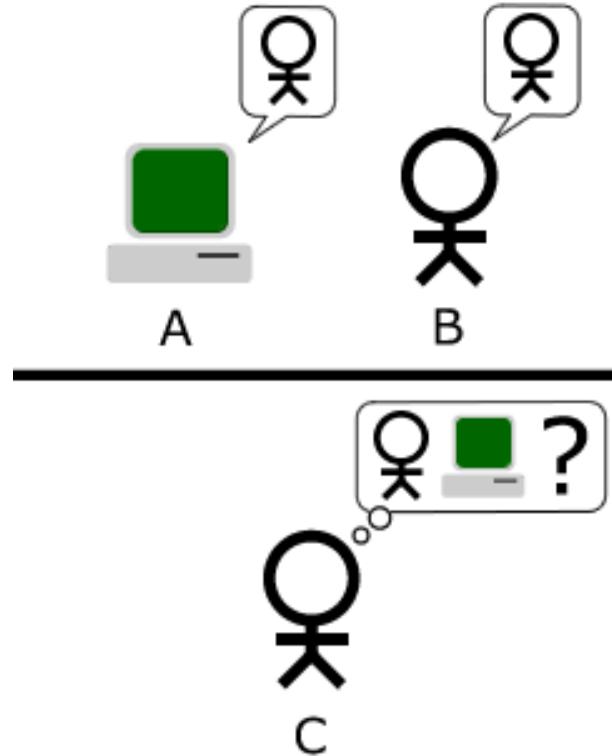
ChatGPT  
Bien sûr ! Pour calculer la somme de 123 et 321, il vous suffit d'additionner ces deux nombres. Voici comment vous pouvez le faire :

$123 + 321 = 444.$

Donc, la somme de 123 et 321 est égale à 444. Si vous avez d'autres questions ou si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas à demander !

Message ChatGPT...

ChatGPT can make mistakes. Consider checking important information.



# Intelligence ? Zoom sur chatGPT ?

- Modèle de language : apprendre à prédire le mot maquant

Saint-Étienne appelée « Sainté » en langage familier, est une commune française située au sud-ouest de Lyon (60 km environ) et le quart-sud-est de la France, en région Auvergne-Rhône-Alpes. C'est le chef-lieu du département de la Loire. Avec 174 082 habitants en 2020, elle est la 13e commune la plus peuplée de France (2016) et la 2e commune d'Auvergne-Rhône-Alpes. Saint-Étienne Métropole constitue par sa population (400 813 habitants en 2020) la 3e métropole régionale après la métropole de Grenoble Alpes et la métropole de Lyon. La commune est par ailleurs au cœur d'une vaste aire urbaine de plus de 520 640 habitants en 2017, la dix-septième de France par sa population, regroupant 117 communes.

- Des quantités de données

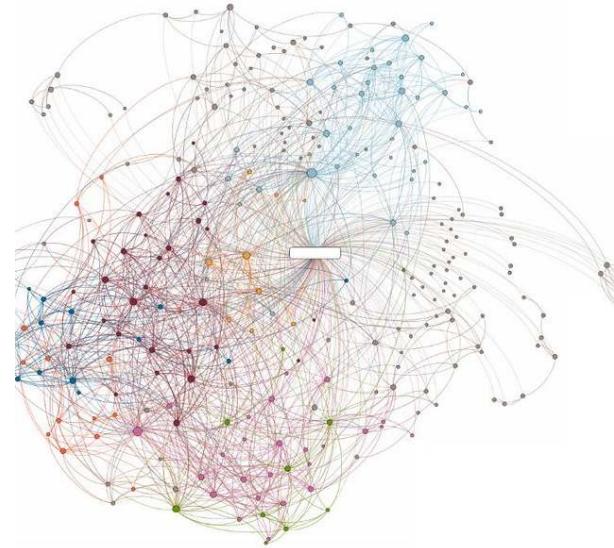
- tout wikipedia
  - et 100× plus avec le web, des livres, etc

- La partie *chat* : faire un agent conversationnel

- InstructGPT
  - étiquetage manuel d'interactions (~100k)

# Défis et difficultés de l'apprentissage automatique

- concevoir des algorithmes d'apprentissage
- prouver que ces algorithmes marchent
- évaluer ces algorithmes
- défis divers
  - biais des données
  - interprétabilité/explicabilité
  - adaptation/transfert
  - attaques et manipulation
  - efficacité en données
  - efficacité en calcul/énergie
- choix sociaux et législation



## 1. De l'automatique à l'informatique

**L'ordinateur est le robot de cuisine des « données »**

## 2. Sciences et Informatique

**L'informatique au service des sciences**

## 3. Apprentissage Machine/Automatique

**Faire apprendre une machine à partir d'exemples**

## 4. Sciences et Apprentissage Automatique

**Guider l'apprentissage des machines et accélérer la science**

## 5. Conclusion



# Sciences et Apprentissage Automatique

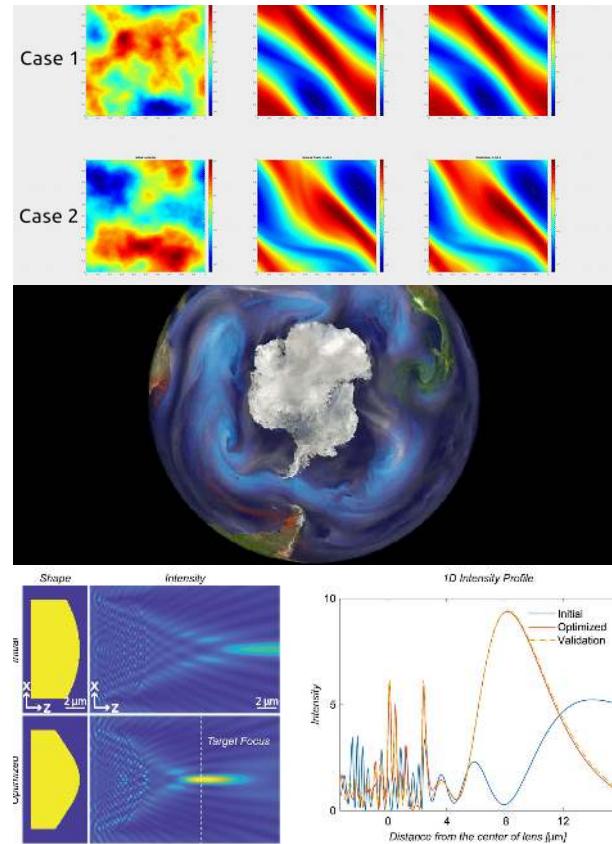
Guider l'apprentissage des machines et accélérer la science

# Physique Apprentissage Automatique

- Compétences proches
  - statistiques
  - probabilités
  - modélisation
  - méthode scientifique
  - équations différentielles (parfois)
- Avancées indispensables
  - besoin de tri/filtrage/classification automatisée
  - production massive de données
- Moyens ?
  - équipements très coûteux en physique
  - 1 jour de microscope (de pointe) = ??? de thèse en informatique

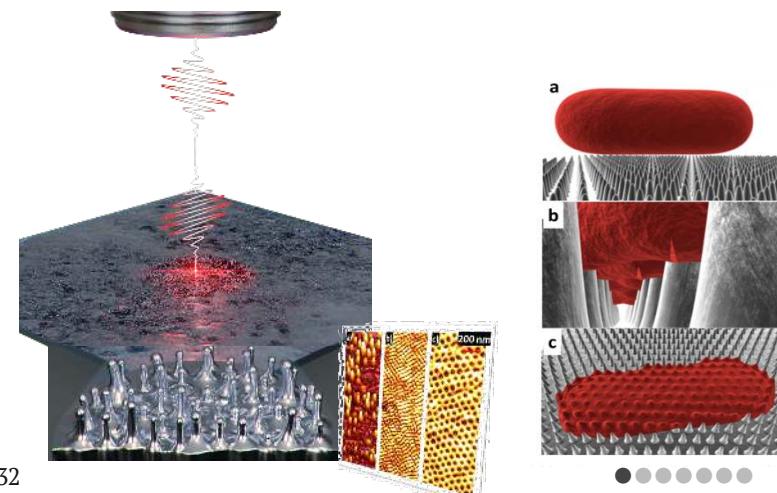
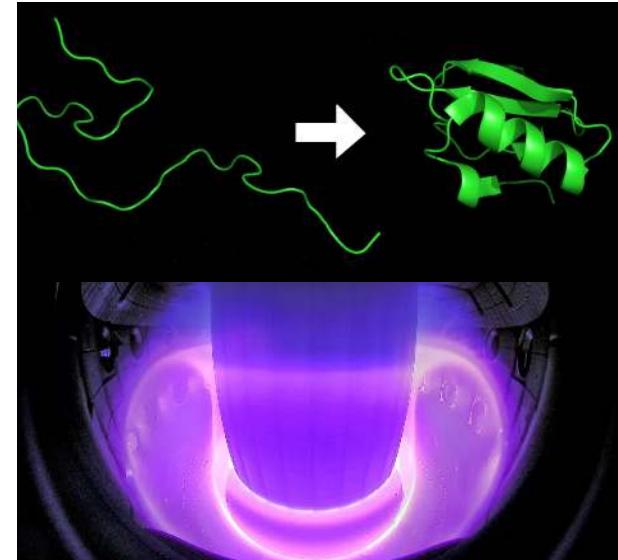
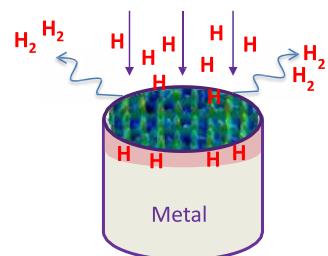
# Accélérer la simulation par apprentissage

- Idée / principe
  - faire pleins de simulations avec un simulateur
  - utiliser cela comme un jeu de donnée
  - apprendre à prédire
    - le résultats de la simulation
    - et/ou les états intermédiaires
- Avantages
  - gain de vitesse (et énergie), jusque  $100\times/1000\times$
  - nouvelles utilisations possibles
    - exploration interactive
    - problème inverse
- Exemples
  - mécanique des fluides, climatologie,...
  - optique, lasers,...



# Guider l'exploration des possibles

- Principe
  - à partir d'expériences passées
  - apprendre à prédire leurs résultats
  - ⇒ modélise (automatiquement) le problème
- Avantages
  - permet de suggérer de nouvelles expériences
- Exemples
  - repliement de protéines
  - découverte de médicaments
  - fusion nucléaire
  - ... nano-structuration par laser



# Découvrir de nouvelles connaissances (~modèles + ~données)

- Contexte

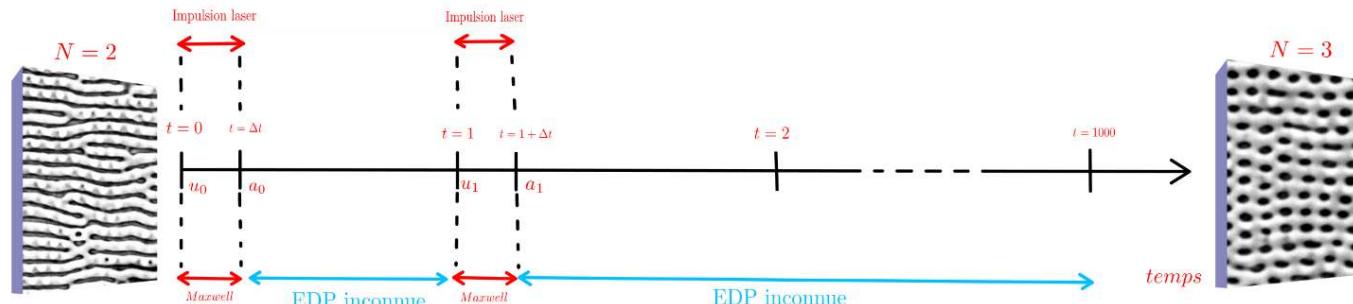
- phénomène difficilement ou partiellement observable
- peu de données, connaissance physique/biologique/... imparfaite

- Principe

- guider l'apprentissage avec des *a priori* physiques
- apprendre en gérant l'incertitude
- proposer à l'expert une explication du phénomène

- Application

- interaction laser/matière



# Automatisation de la science ?

- Processus scientifique
  - connaissances passées, compréhension, intuition
  - génération d'hypothèses
  - test des hypothèses
    - recherche d'incohérence
    - simulations
    - expériences
    - collecte de données
  - tout est basé sur hypothèse + statistiques / raisonnement probabiliste
- Apprentissage automatique
  - apprentissage (statistique) à partir de données
  - possible suggestions d'expériences à réaliser
  - possible raffinement à l'aide de nouvelles informations
- Avantage à qui
  - capacité à digérer des données ?
  - capacité à imaginer des hypothèses ?
  - capacité à tester des hypothèses ?
  - créativité ?



## 1. De l'automatique à l'informatique

**L'ordinateur est le robot de cuisine des « données »**

## 2. Sciences et Informatique

**L'informatique au service des sciences**

## 3. Apprentissage Machine/Automatique

**Faire apprendre une machine à partir d'exemples**

## 4. Sciences et Apprentissage Automatique

**Guider l'apprentissage des machines et accélérer la science**

## 5. Conclusion

# Conclusion

1. De l'automatique à l'informatique  
*L'ordinateur est le robot de cuisine des « données »*
2. Sciences et Informatique  
*L'informatique au service des sciences*
3. Apprentissage Machine/Automatique  
*Faire apprendre une machine à partir d'exemples*
4. Sciences et Apprentissage Automatique  
*Guider l'apprentissage des machines et accélérer la science*
5. Conclusion

# Questions ?

