

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

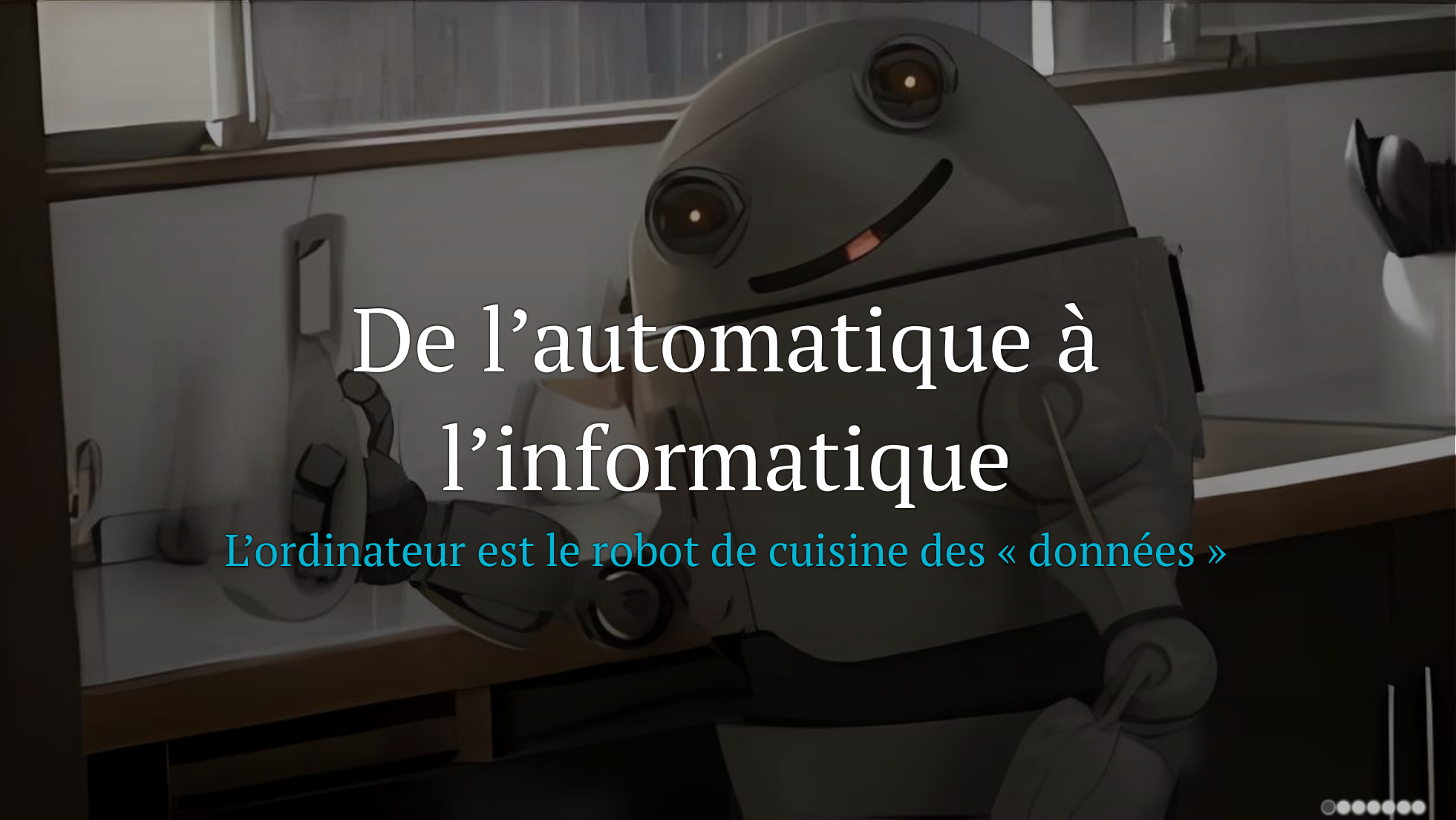
3. Apprentissage Machine/Automatique

Faire apprendre une machine à partir d'exemples

4. Sciences et Apprentissage Automatique

Guider l'apprentissage des machines et accélérer la science




5. Conclusion

A friendly-looking robot with a round head and large eyes, holding a knife and a spoon, standing in a kitchen. The robot has a smiling face and is wearing a dark apron. It is holding a knife in its right hand and a spoon in its left hand. The background shows a kitchen counter and a window.

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, chaines de production
- cuisine, maison, etc
- ...



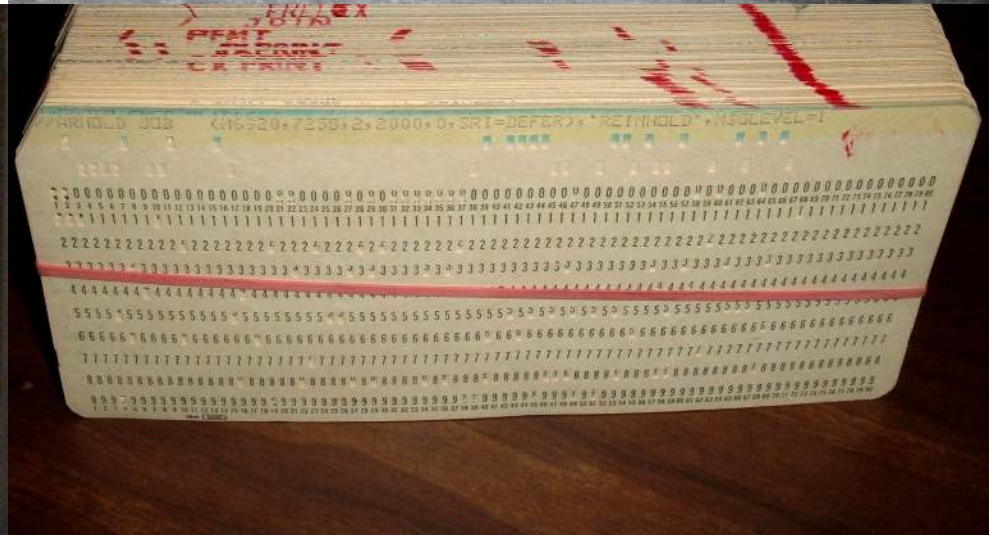
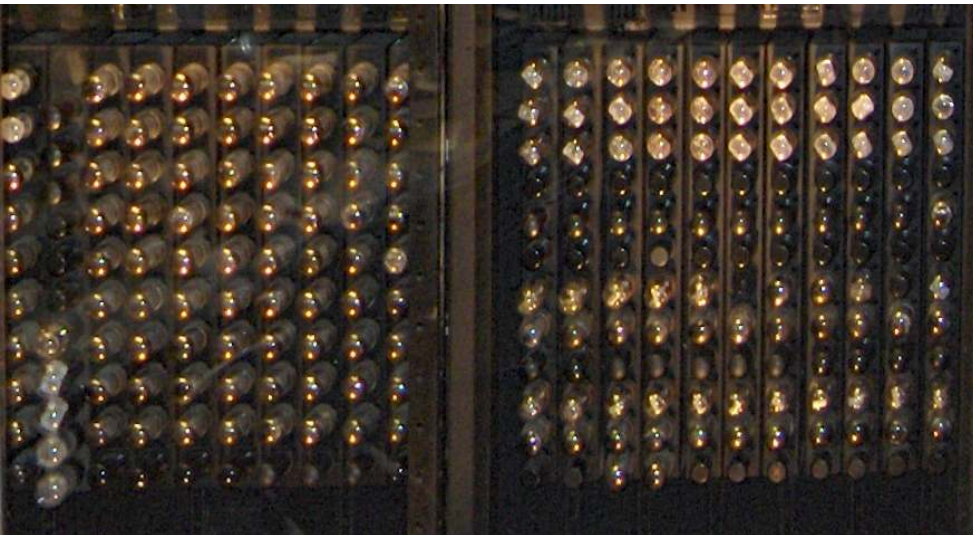
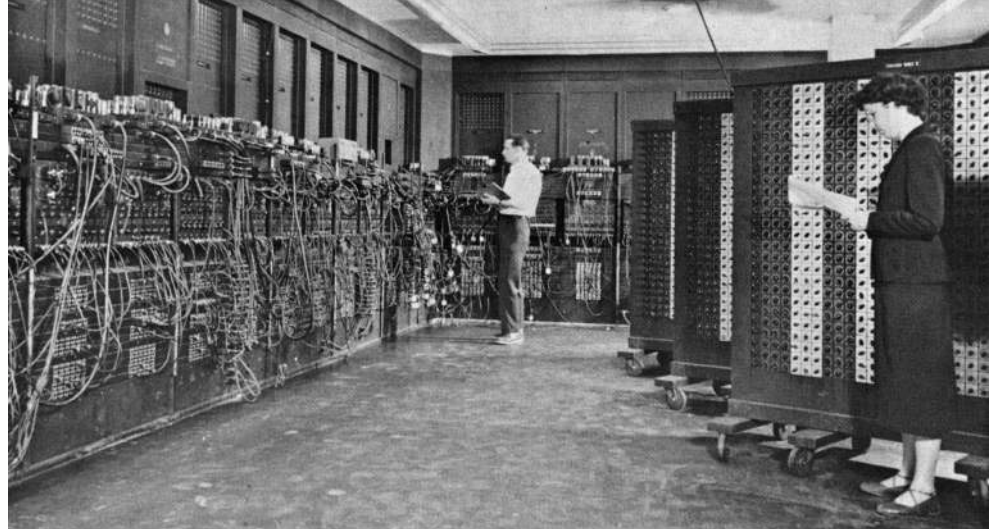
Naissance des calculateurs

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



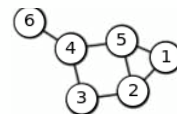
Naissance de l'ordinateur

- ⇒ calculateur automatique et **programmable**
- matériel générique
- la fonction change grâce au programme
- ...
- l'humain définit 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



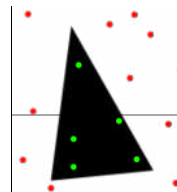
Graph theory



Computability theory

$P = NP ?$

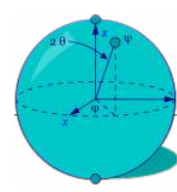
Computational complexity theory



Computational geometry



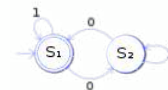
Combinatorial optimization



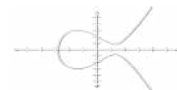
Quantum computing theory

$P \rightarrow Q$

Mathematical logic



Automata theory



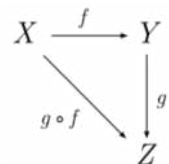
Number theory

GNITIRW-
TERCES

Cryptography

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

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

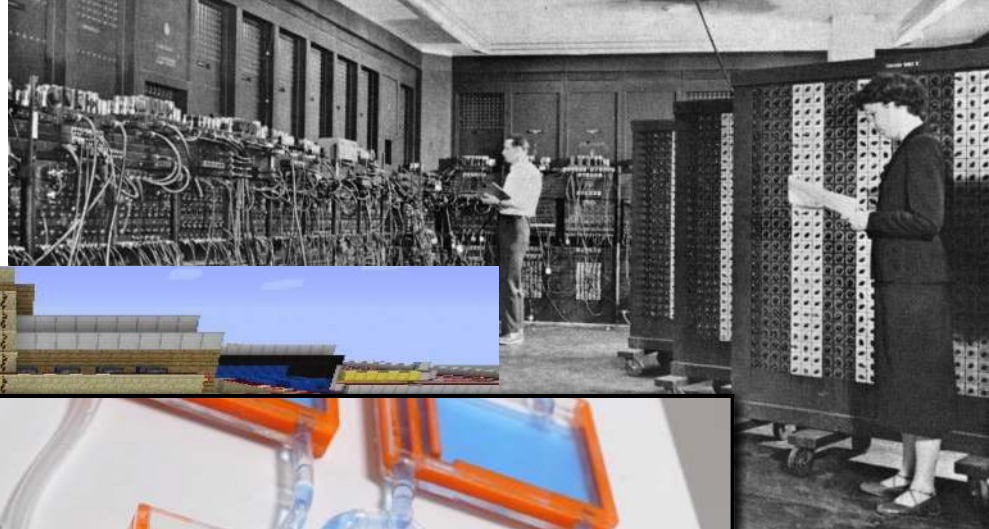
5. Conclusion

Sciences et Informatique

L'informatique au service des sciences

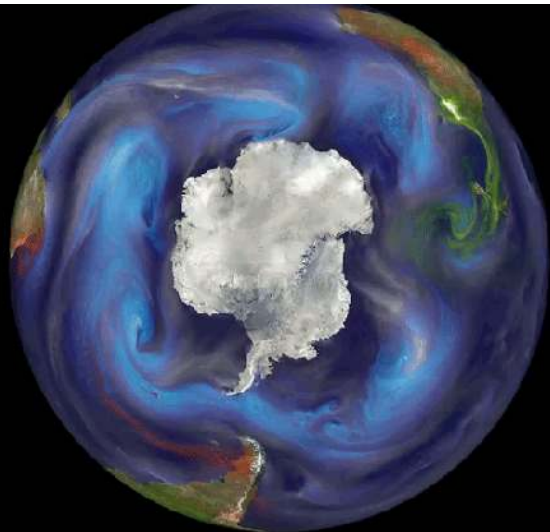
La physique comme base de l'électronique

- 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, ...
 - epidemiologie, 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, trans
 - 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

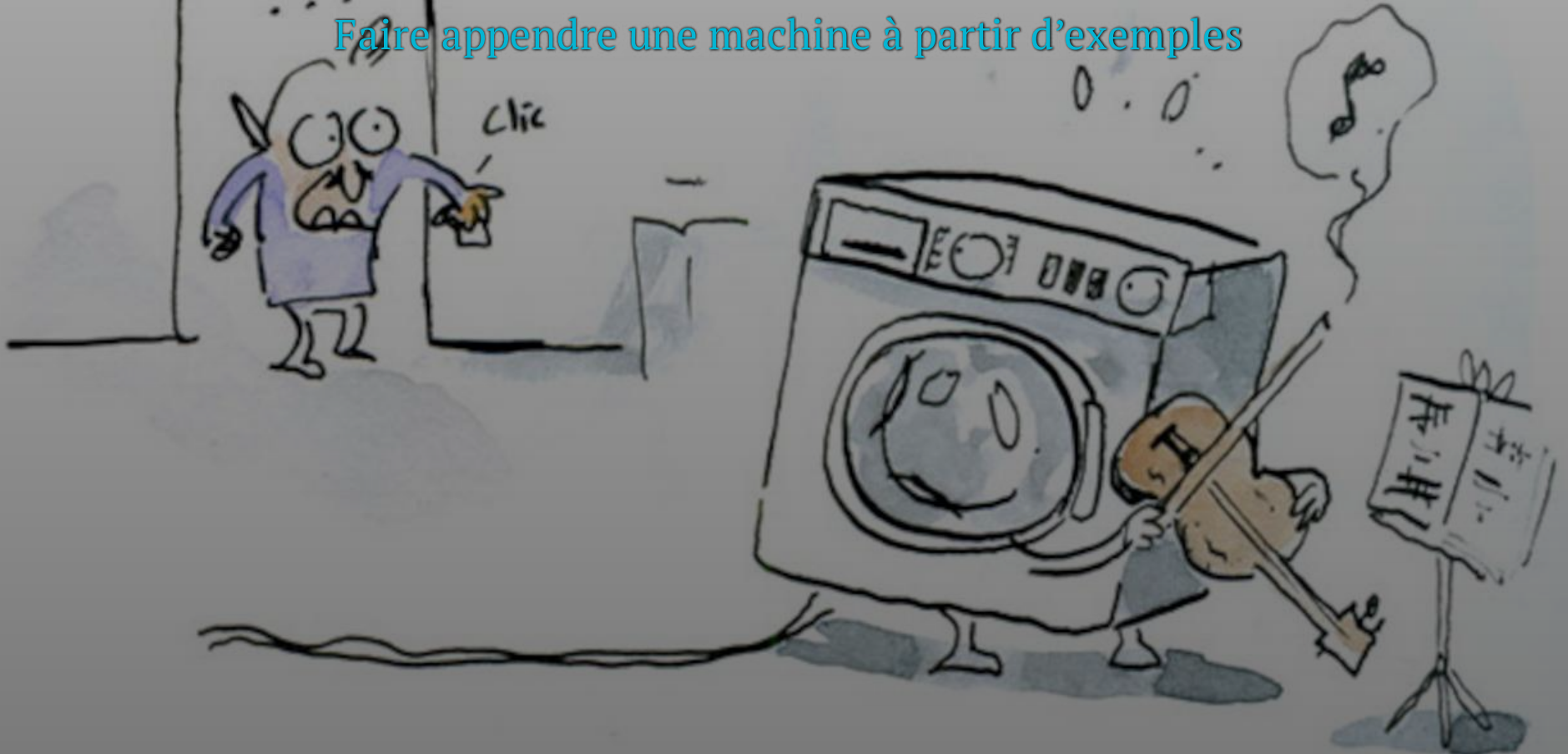
4. Sciences et Apprentissage Automatique

Guider l'apprentissage des machines et accélérer la science

5. Conclusion

Apprentissage Machine/Automatique

Faire apprendre une machine à partir d'exemples



```

1 r = input("Ça vole ?")
2 if r == "oui":
3     r = input("Un dynosaure ?")
4     elif r == "oui":
5         print("Prérodactyle !")
6     elif r == "non":
7         print("Un insecte ?")
8         elif r == "oui":
9             print("Moustique !")
10        else:
11            print("Oiseau !")
12
13 else:
14     print("oui/non attendu, au revoir")
15
16 elif r == "non":
17     r = input("Animal domestique ?")
18     if r == "oui":
19         r = input("Indépendant ?")
20         elif r == "oui":
21             print("Chat !")
22         elif r == "non":
23             print("Chien !")
24         else:
25             print("oui/non attendu, au revoir")
26     if r == "non":
27         print("Tyrannosaure !")
28     print("oui/non attendu, au revoir")

```

-
- A close-up photograph of a raccoon's head and shoulders. The raccoon is looking directly at the camera while holding a large green leaf in its mouth. Its characteristic black and white facial mask is clearly visible. The background is dark and out of focus.

121	125	159	137	92	64	40	53	57	42	138	120	122	176	165	115	92	80	144	128	176	90	84	47	112	126	189	105	197	125	107	108	70		
81	120	120	101	99	143	123	138	122	140	138	134	125	185	185	187	149	149	146	149	143	114	166	137	114	149	115	99	109	129	138	105	131	103	137
109	108	159	143	80	62	61	114	107	74	79	120	123	156	154	121	133	142	116	162	173	175	103	88	135	157	119	80	68	59	78	101	99	130	137
109	108	159	143	80	62	61	114	107	74	79	120	123	156	154	121	133	142	116	162	173	175	103	88	135	157	119	80	68	59	78	101	99	130	137
84	111	112	90	164	189	130	102	124	75	142	107	72	136	145	98	120	142	146	127	147	149	170	162	166	114	73	68	88	102	133	96	88	89	
67	69	185	185	108	131	134	109	143	140	125	156	154	143	129	122	116	122	116	122	116	122	116	122	116	122	116	122	116	122	116	122	116	122	
137	179	169	106	129	117	98	119	113	165	125	128	102	142	157	142	153	143	151	120	183	87	947	152	166	140	128	159	151	159	151	166	172	164	153
202	157	168	145	153	158	154	166	148	181	172	184	188	109	90	83	133	99	93	67	136	102	147	166	176	164	157	127	85	166	158	50	101	95	47
168	155	165	157	159	148	146	169	144	62	82	178	138	164	167	153	176	173	160	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	
67	117	157	101	151	141	152	190	172	143	130	101	107	106	130	93	188	107	129	70	59	55	87	64	1743	69	127	131	142	114	125	91	67	58	71
132	180	154	138	108	179	155	122	58	64	67	82	80	137	84	65	188	113	143	94	94	93	78	63	161	92	113	76	52	61	79	122	75	69	73
132	180	154	138	108	179	155	122	58	64	67	82	80	137	84	65	188	113	143	94	94	93	78	63	161	92	113	76	52	61	79	122	75	69	73
131	285	176	108	87	107	158	54	63	61	60	84	820	121	137	144	80	72	87	83	94	68	115	164	80	71	58	71	87	103	14	79	136	152	106
161	106	79	112	159	92	59	95	61	97	145	157	150	131	71	59	80	83	68	66	81	122	136	49	74	90	81	77	113	63	60	39	112	116	119
152	127	144	133	112	148	168	143	131	187	98	122	149	147	154	154	164	154	152	132	92	71	58	84	122	94	59	86	93	128	110	152	94	43	
92	1113	74	130	156	81																													

- ✎ 2023-11-23 – Rémi Emonet – 16 / 32



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



, Chat



, Chat



, NonChat



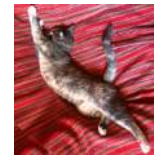
, Chat



, NonChat



, NonChat



, Chat



, Chat

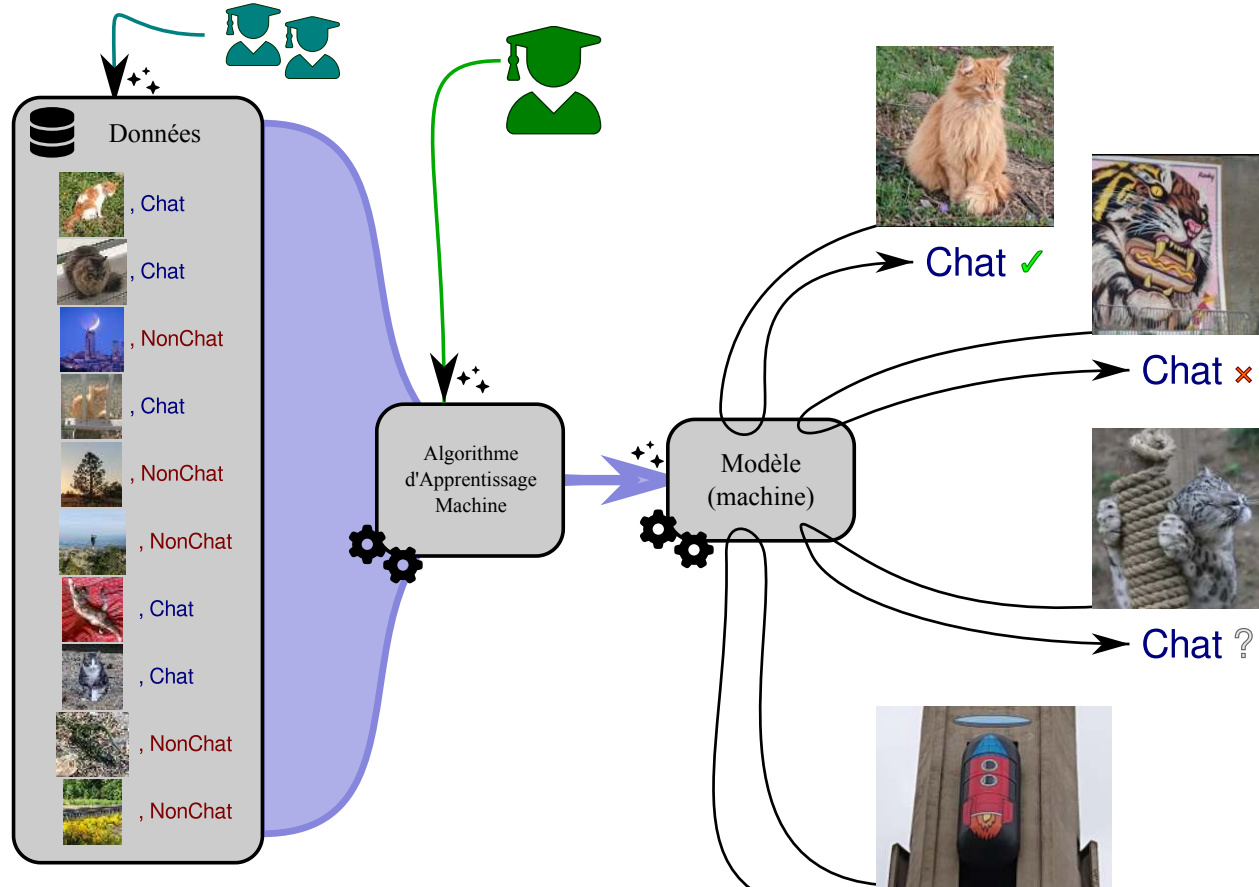


, NonChat

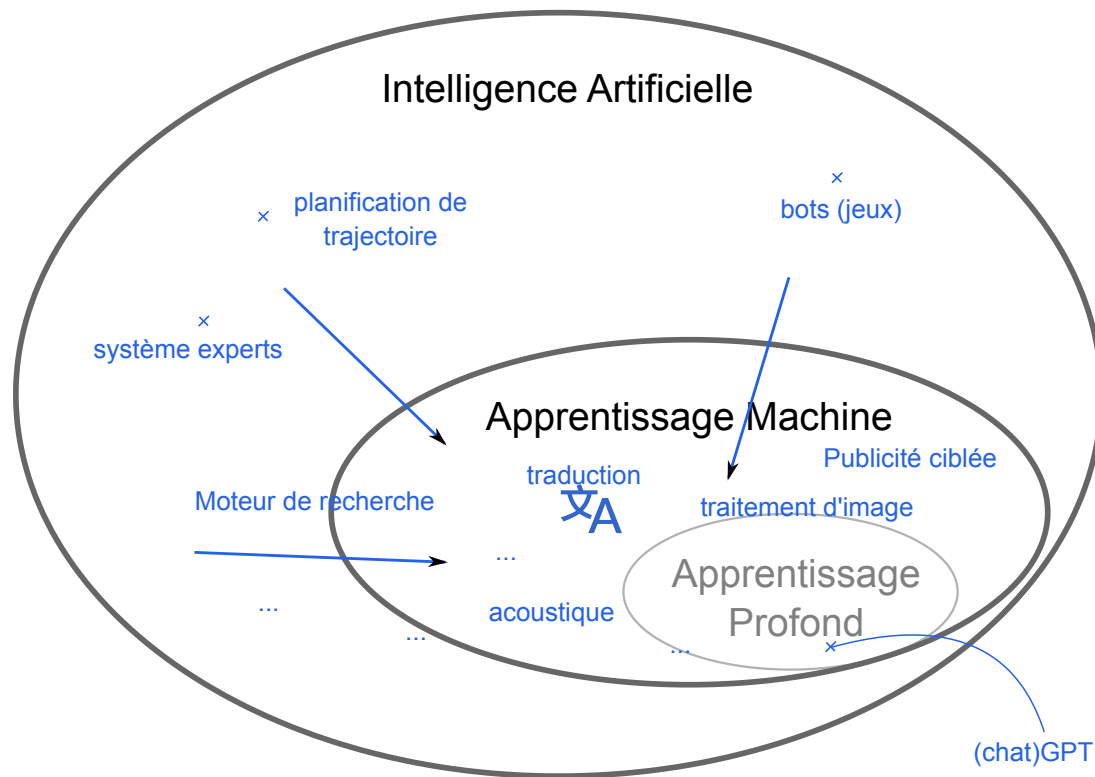


, NonChat

Apprentissage automatique : principe global

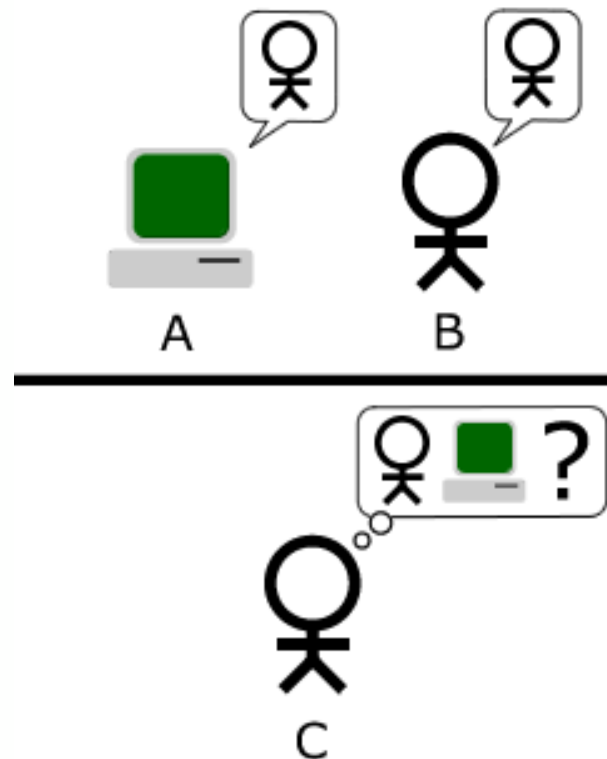


Terminologie



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 ?



Intelligence ? Zoom sur chatGPT ?

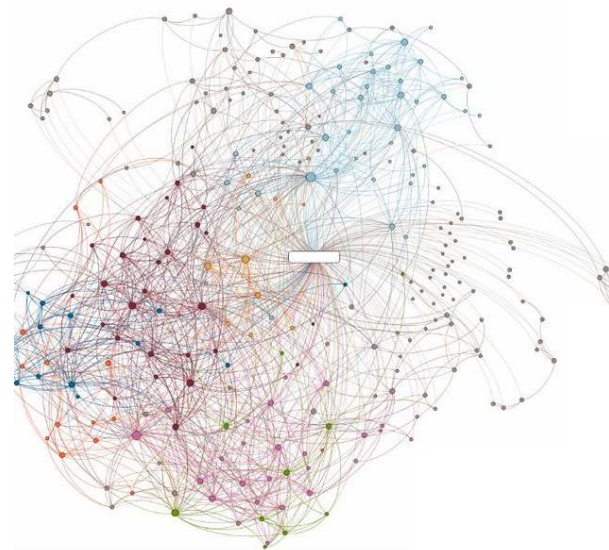
- Modèle de langage : apprendre à prédire le mot manquant

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 20203, 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 sociétaux 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

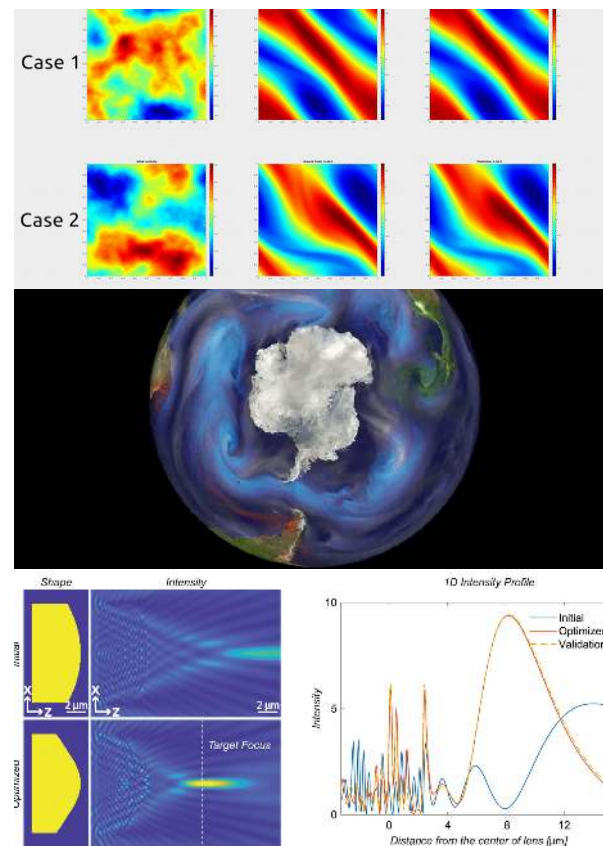
Guider l'apprentissage des machines et accélérer la science

Physique Apprentissage Automatique

- Compétences proches
 - statistiques
 - probabilités
 - modélisation
 - méthode scientifique
 - equations 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

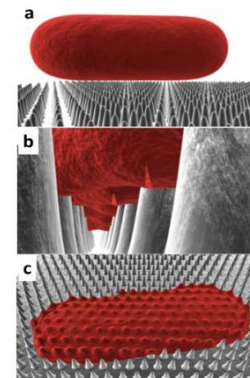
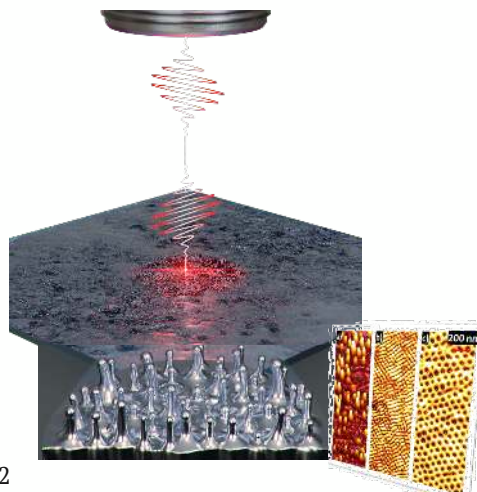
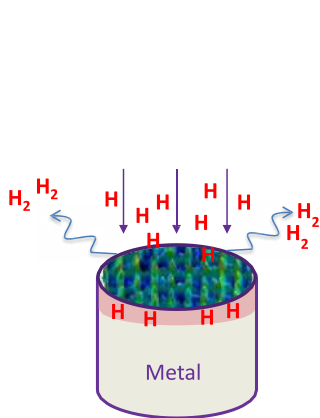
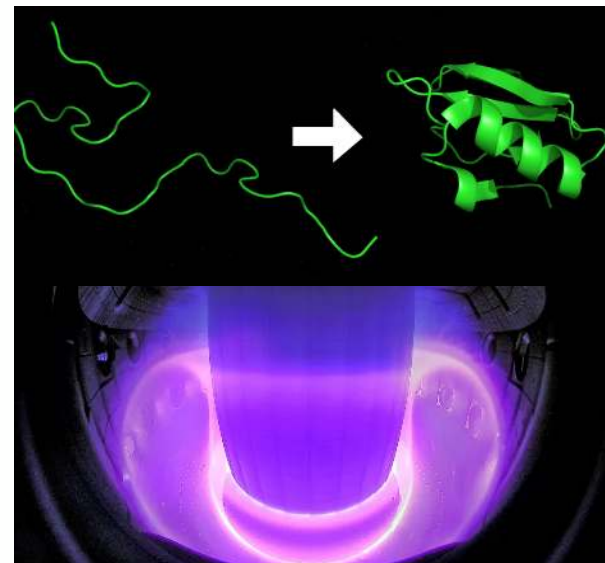
Accélérer la simulation par apprentissage

- 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, ...



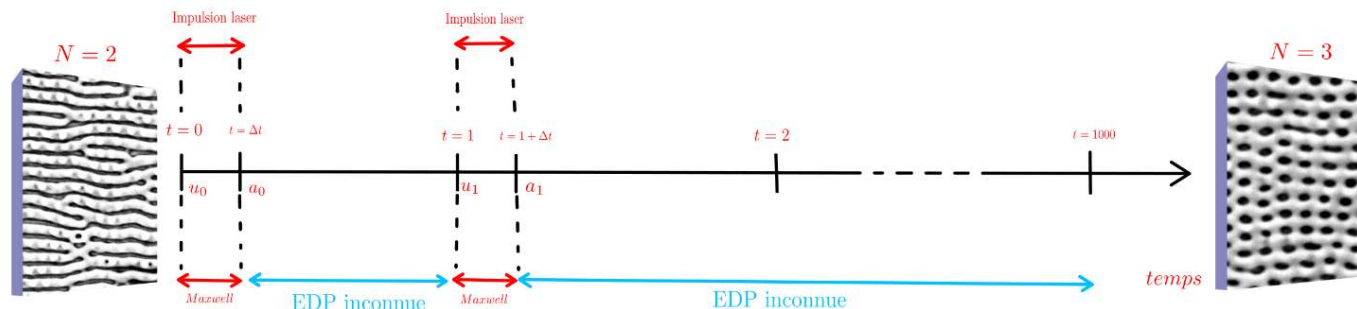
Guider l'exploration des possibles

- Principe
 - à partir d'expériences passées
 - apprendre à prédire leurs résultats
 - \Rightarrow 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 ?

