

Introduction aux concepts fondamentaux de l'IA

Florent Capelli
03 Février 2024

1

Organisation du semestre

2

Heures de cours

- 6h de cours en distanciel avec moi les **samedis 03/02, 24/02 et 23/03 de 10h à 12h**.
- 12h de TP et TD en présentiel (alternance avec le cours de Python).
 - Avec **moi** à l'université d'Artois, les **jeudis de 13h30 à 15h30**.
 - Avec **Sébastien Verel** à l'ULCO.
 - Avec **Laure Brisoux Devendeville** à l'Université Picardie.

3

Evaluation

- **2 cours d'approfondissement**, à suivre en autonomie :
 - 2h de travail pour chaque cours environ.
 - dont un *QCM*, chacun comptant pour 25% de la note finale.
- *Évaluation* lors du dernier TP de l'année: 50% de la note finale.

4

Moodle

Accès au Moodle du cours pour les différentes ressources pédagogiques (voir chat)
<https://extra.u-picardie.fr/moodle-lcer/course/view.php?id=70>

Qu'est-ce que l'intelligence artificielle

Logique

- Raisonner
 - Manipuler des règles
 - Représenter des connaissances
- On s'arrête où ?



De la complexité d'appliquer les règles humaines

9

Aide à la décision

Une banque a-t-elle intérêt à accorder un crédit à X ?

**Problème d'éthique : quels sont les biais de ce genre de programmes ?
D'où viennent-ils ?**

10

Aide à la décision

Une banque a-t-elle intérêt à accorder un crédit à X ?

**Problème d'éthique : quels sont les biais de ce genre de programmes ?
D'où viennent-ils ?**

DYLAN FUGETT	BERNARD PARKER
Prior Offense 1 attempted burglary	Prior Offense 1 resisting arrest without violence
Subsequent Offenses 3 drug possessions	Subsequent Offenses None
LOW RISK 3	HIGH RISK 10

- Biais important sur l'algorithme de décision des contrôles de la CNAF : [analyse par la Quadrature du Net](#), [investigation par Lighthouse \(EN\)](#)
- Biais racistes de COMPAS, [analyse par Pro Publica](#)

10.1

Perception

- Reconnaître un chat ?
- Un morceau de rock ?



**Décrire la différence à un ordinateur qui ne "voit" qu'un amas de pixels
?**

Est-ce comme ça que vous avez appris ?

11

Apprentissage

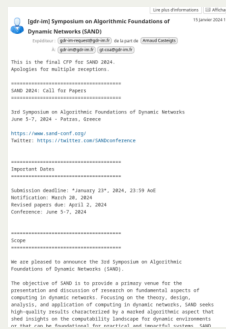
Apprendre à partir d'exemples, d'erreurs etc.

Apprentissage

Apprendre à partir d'exemples, d'erreurs etc.



Spam!



Spam!

Apprentissage

Apprendre à partir d'exemples, d'erreurs etc.



Algorithmes de recommandation

12.2

Traitement de la langue naturelle

- Interaction avec l'utilisateur :
Aller de Lille à Lens sans passer par une autoroute
- Ambiguïté :
Where can I buy apple?
- Analyse de sentiments :
J'en ai pris plein les yeux !

Ce film était terrible !

13

Traitement de la langue naturelle

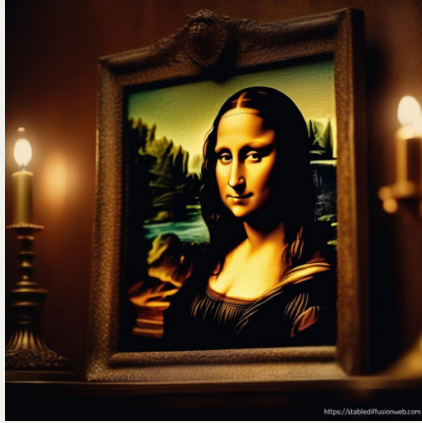
- Interaction avec l'utilisateur :
Aller de Lille à Lens sans passer par une autoroute
- Ambiguïté :
Where can I buy apple?
- Analyse de sentiments :
~~*J'en ai pris plein les yeux !*~~
Ce film était terrible !

Traitement de la langue naturelle

- Interaction avec l'utilisateur :
Aller de Lille à Lens sans passer par une autoroute
- Ambiguïté :
Where can I buy apple?
- Analyse de sentiments :
~~*J'en ai pris plein les yeux !*~~ *Je me suis ennuyé !*
Ce film était terrible !

Créativité

Composer, dessiner, écrire...



Mona Lisa Van Gogh style by Stable Diffusion

Sous l'éclat lunaire, le pangolin errant,
Armure d'écailles, mystérieux marcheur,
Dans la nuit obscure, danseur enchanteur,
Son corps enroulé, secret palpitant.

Aux confins des forêts, il avance lentement,
Entre les ombres, chercheur de chaleur,
Son destin se tisse, tissu de ferveur,
Artisan du silence, poète du vent.

Aragon aurait-il entrevu cet être étrange,
Symbole de la nature, œuvre en marge,
Dans la nuit profonde, il dévoile sa gamme.

Pangolin, troubadour des terres oubliées,
Garde de la vie, héritier d'une énigme,
Sous la lueur des étoiles, danse éthérée.

Peux-tu écrire un sonnet dans le style d'aragon à propos d'un pangolin ? by ChatGPT

Simulation d'agent

- Prise de décision
- Plannification
- Jeux
 - Deep Blue
 - AlphaGo

Qu'est-ce que n'est pas l'IA ?

16

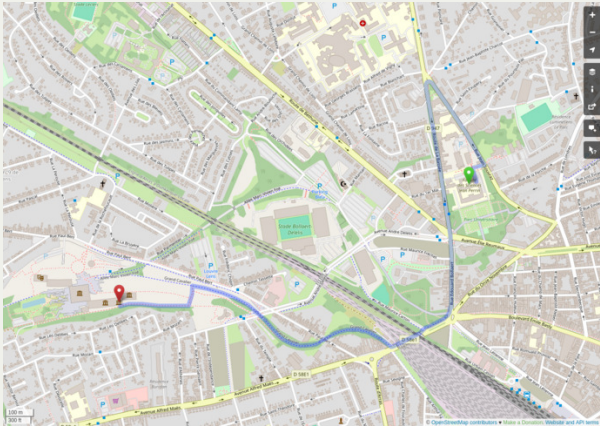
Des effets de modes

- L'IA a connu des périodes fastes et moins fastes (**hivers de l'IA**).
- Engouement renouvelé :
 - **Deep Learning** (~2012)
 - **IA Créative** comme DALL-E (2021), Midjourney and Stable Diffusion (2022)
 - **ChatGPT** (2023)

“IA” est souvent utilisé à tort et à travers dans le discours public.

17

Un GPS, IA ou pas ?

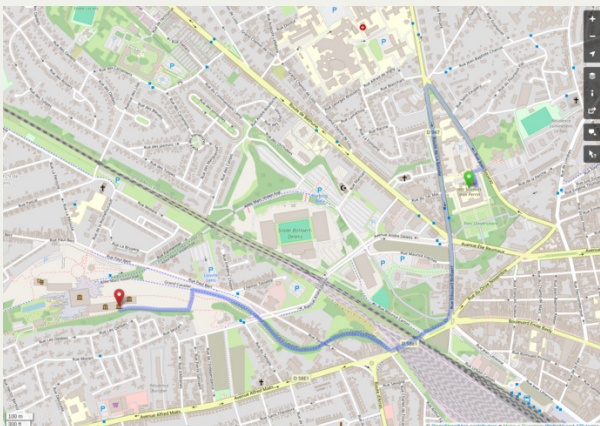


De l'Université Jean Perrin au Louvre Lens en vélo

- Algorithme de plus court chemin dans un graphe !
- Résolution d'un problème **combinatoire** bien identifié
- **Pas de l'IA**

18

Un GPS, IA ou pas ?



De l'Université Jean Perrin au Louvre Lens en vélo

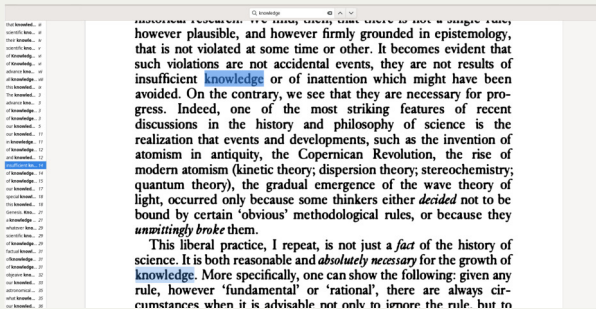
- Algorithme de plus court chemin dans un graphe !
- Résolution d'un problème **combinatoire** bien identifié
- **Pas de l'IA**

IA par-dessus :

- Trajets multimodaux trains + vélo ?
- **Connaissances** hétérogènes, horaires etc.
- Évaluer le temps de trajet en fonction d'un modèle **appris** de circulation à un certain horaire.

18.1

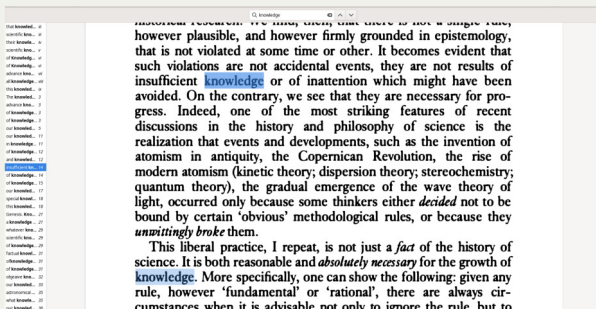
Rechercher un terme, IA ou pas ?



Chercher un mot dans un document

- Scanner un texte et trouver les occurrences d'un mot
- Problème bien étudié, algorithmes efficaces
- Pas de l'IA

Rechercher un terme, IA ou pas ?



Chercher un mot dans un document

- Scanner un texte et trouver les occurrences d'un mot
 - Problème bien étudié, algorithmes efficaces
 - Pas de l'IA
- IA par dessus :*
- Trouver des concepts “proche” du mot dans un texte (jeu en ligne [pedantix](#))
 - Compréhension d'une requête dans un moteur (*Restaurant ouvert Lens* sur Google)
 - Nécessite une *compréhension* de la **langue naturelle**

Une brève histoire de l'intelligence artificielle

20

Dartmouth Summer Research Project 1956

Organisé par Shannon, Minsky, Rochester et McCarthy.

Naissance du **terme** "Intelligence Artificielle" :



Artificial intelligence comprises methods, tools, and systems for solving problems that normally require the intelligence of humans. The term intelligence is always defined as the ability to learn effectively, to react adaptively, to make proper decisions, to communicate in language or images in a sophisticated way, and to understand.

21

Prérequis

L'existence de l'IA repose sur deux *croiances* :

1. La “pensée” humaine est **mécanisable** : *matérialisme*
 - rupture avec des croyances religieuses, où la pensée est de nature divine.
2. On dispose de machines pouvant simuler des raisonnements
 - apparition des **ordinateurs** et de la notion de **calculabilité**

22

La pensée rationnelle

Grèce Antique : apparition de la **rationalité**

- On commence à *abstraire des concepts* : géométrie, astronomie, biologie, philosophie etc.
- À *prouver* des propriétés formelles
- Embryon de méthode scientifique, même si celle-ci reste attachée à de fortes croyances.

23

Aristote et la logique

Aristote : premiers éléments de logique formelle.

- affirmation universelle : *tout homme est mortel*
 - $\forall x \in \text{homme}, \text{mortel}(x)$
- affirmation particulière : *il existe des hommes mortels*
 - $\exists x \in \text{homme}, \text{mortel}(x)$
- leurs négations :
 - *aucun homme n'est mortel*, $\forall x \in \text{homme}, \neg \text{mortel}(x)$
 - *il existe des hommes qui ne sont pas mortels*, $\exists x \in \text{homme}, \neg \text{mortel}(x)$
- Prédicat : *Socrate est un homme*
 - $\text{Socrate} \in \text{homme}$

24

Aristote et les syllogismes (suite)

- Tous les hommes sont mortels
- Quelques grecs sont des hommes
- **donc** quelques grecs sont mortels.

Classifier les raisonnements corrects permettant d'inférer des faits depuis des affirmations.

Embryon de système de preuve !

25

Very Fast Forward

Petit à petit, raisonnement et pensée sont vus comme une manipulation de symboles :

- *Al-Khawarizmi* (~800) : début de l'algèbre symbolique
- *Descartes* (~1600) : géométrie "symbolique"
- *Boole, De Morgan* (~1850) : logique "symbolique"
- *Frege, Zermelo, Fraenkel* (~1900) : axiomatisation des mathématiques (théorie des ensembles)

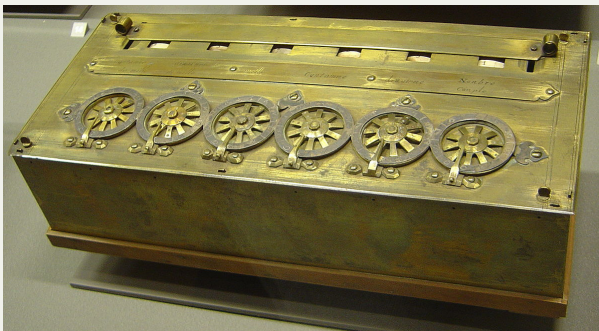
Toutes les mathématiques et le raisonnement se dérivent à partir d'un petit nombre d'axiomes dans un système de preuve formel.

Nuancé par Gödel en 1931 : **théorème d'incomplétude**.

26

Mécanisation du calcul

En parallèle, apparition de machines **à calculer**.

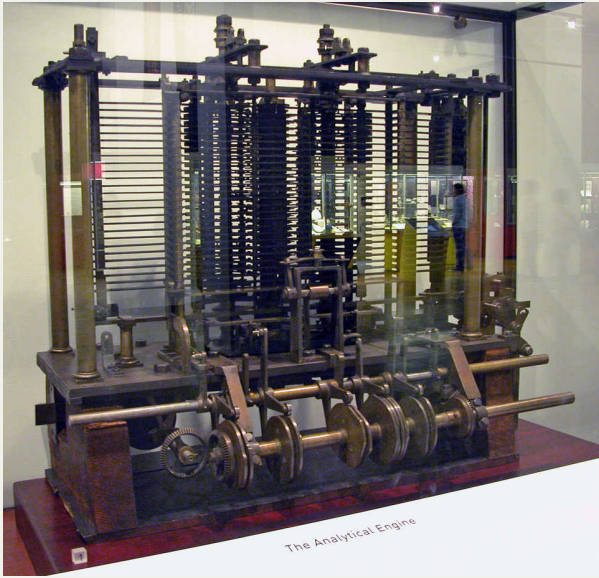


La pascaline (1645)

« La machine d'arithmétique fait des effets qui approchent plus de la pensée que tout ce que font les animaux ; mais elle ne fait rien qui puisse faire dire qu'elle a de la volonté, comme les animaux. »

27

Machine Analytique (Babbage, ~1834)



Machine Analytique

Machine mécanique, à calculer, universelle et programmable. Jamais terminée cependant. **Ada Lovelace** écrit le premier programme et écrit :

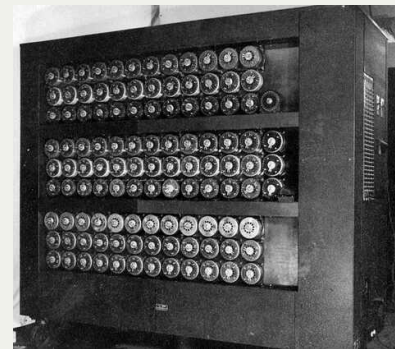
« La machine analytique n'a nullement la prétention de créer quelque chose par elle-même. Elle peut exécuter tout ce que nous saurons lui ordonner d'exécuter [...] Son rôle est de nous aider à effectuer ce que nous savons déjà dominer. »

28

D'autres machines



Métier Jacquard



The bombe

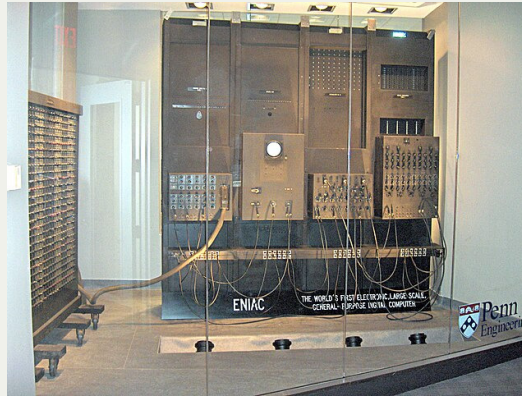
29

Machine de Turing (1936)

En mathématiques, plusieurs formalismes décrivent définissent des fonctions “*calculables*” :
fonctions récursives, lambda calcul et ...

Machine de Turing

<https://turingmachinesimulator.com/>



ENIAC, 1945

30

Le fantôme de l'IA est dans l'air

1. La pensée est produite par de la matière, via des mécanismes qu'on peut découvrir.
2. On dispose de machines universelles pouvant calculer.

=

On pourrait programmer *des machines qui pensent*.

Littérature :

- *Frankenstein*, Mary Shelley. (1818)
- *R.U.R* (Rossumovi Univerzální Roboti), Karel Čapek. (1920)
- *Runaround*, Isaac Asimov. (1942).

31

Machines pensantes



Alan Turing

“I believe that at the end of the century the use of words and general educated opinion will have altered so much that one will be able to speak of machines thinking without expecting to be contradicted,”

32

Le Test de Turing

COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE, Alan Turing, 1950.

*I propose to consider the question, ‘Can machines think?’ This should begin with **definitions of the meaning of the terms ‘machine’ and ‘think’**. The definitions might be framed so as to reflect so far as possible the normal use of the words, but **this attitude is dangerous**.*

Imitation game: une machine peut-elle se faire passer pour un humain au point de tromper un autre humain ?

33

Critique du Test de Turing

```
Welcome to
      EEEEE LL   IIII ZZZZZZ  AAAAA
      EE  LL   II   ZZ  AA  AA
      EEEEE LL   II   ZZ  AAAAAA
      EE  LL   II   ZZ  AA  AA
      EEEEE LLLLL IIII ZZZZZZ  AA  AA

Eliza is a mock Rogerian psychotherapist.
The original program was described by Joseph Weizenbaum in 1966.
This implementation by Norbert Landsteiner 2005.

ELIZA: Is something troubling you ?
YOU:   Men are all alike.
ELIZA: What is the connection, do you suppose ?
YOU:   They're always bugging us about something or other.
ELIZA: Can you think of a specific example ?
YOU:   Well, my boyfriend made me come here.
ELIZA: Is it important to you that your boyfriend made you come here ?
YOU:   He says I'm depressed much of the time.
ELIZA: I am sorry to hear that you are depressed.
YOU:   It's true. I am unhappy.
ELIZA: Can you explain what made you unhappy ?
YOU:   █
```

- *Chatbots* programmé spécifiquement sur certains mot-clés pour tromper des humains
- La *chambre chinoise* (John Searle, 1980)
- Confond “*intelligence*” et “agir comme un humain”
- Est-ce vraiment ce qu’*on cherche* avec l’IA ?

Début de la recherche en IA

Du fantasme à la recherche

1956: Conférence de Dartmouth définit l'IA comme un *champ de recherche*.

- L'approche *symbolique*: le **cognitivism**
- L'approche *biologique* : le **connexionisme**

36

Approche Symbolique

Penser = manipuler des symboles.

Logic Theorist (1956), *General Problem Solver* (1957) (Simon, Shaw, Newell):

- Programmes manipulant une logique formel et recherchant des preuves
- Réussissent à *prouver* des théorèmes mathématiques
- Explore les preuves possibles par applications successives de règle, chaînage arrière etc.

37

Un exemple : le singe et la banane

Un singe se trouve dans une pièce, une banane est pendue au milieu du plafond, une chaise se trouve dans un coin.

État	Actions	Conditions
Singe au milieu	Bouger la chaise au milieu	
Singe au sol	Bouger la chaise dans le coin	
Faim	Aller dans le coin	
Chaise dans le coin	Aller au milieu	
	Monter sur la chaise	
	Descendre de la chaise	
	Prendre la banane	
	Manger la banane	

38

Limite de l'approche symbolique

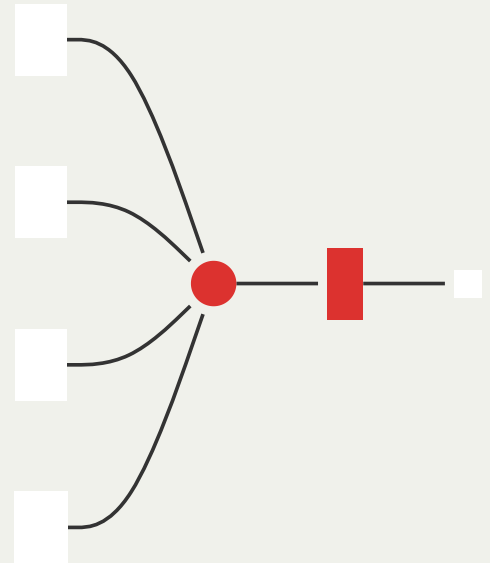
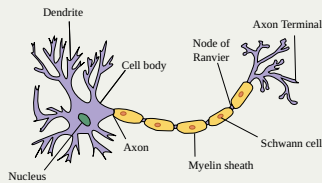
- Connaissances humaines difficiles à complètement **formaliser** ainsi, quid du *sens*? du/des *contextes*?
- Approche “brute-force” ne passe pas **à l'échelle**
- **Heuristique** de recherche ?

39

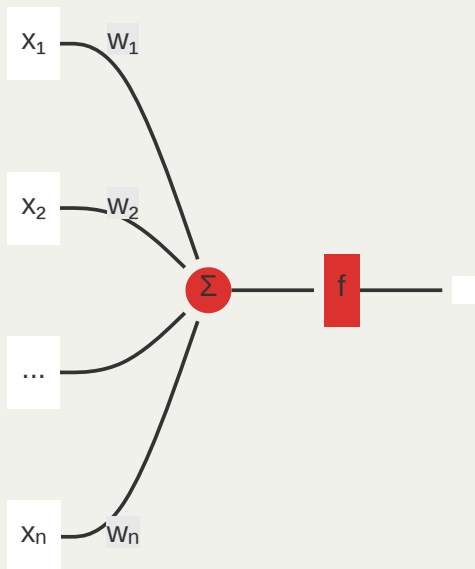
Approche Biologique

“Imiter” le cerveau.

- 1943: McCulloch et Pitts modélise mathématiquement les *neurones*.
- 1949: Hebb formule une théorie d’apprentissage des neurones.



Perceptron (1957)

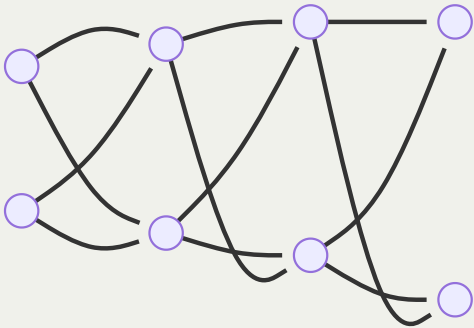


$F = f(\sum_i w_i x_i)$: comment trouver les “meilleurs” w_i pour modéliser une fonction donnée?

1969, Minsky et Papert montre les limites du perceptron : on ne sépare que des choses linéairement.

Ne peut calculer $parite(x_1, \dots, x_n)$ qui vaut vraie si le nombre de x_i mis à 1 est pair.

Réseau de neurone (artificiels)



Imiter le cerveau et ses connexions

Comment “apprendre” une structure constituée de 80 milliards de neurone et leur connexion ?

Technologie de l'époque très loin de cela.

42

Hiver de l'IA

Fin des années 70, l'excitation initiale retombe et les **financements se font plus rares** :

- Difficulté de formaliser *symboliquement* le raisonnement et la connaissance humaine
- Limite du *connexionisme* : technologie **très loin** des ordres de grandeurs du cerveau.
- Est-ce que l'IA est *nécessaire* ? *utile* ? *dangereuse* ?

43

Pendant l'hiver

Les idées développées sont cependant un terreau fertile pour l'informatique en général

- Preuves formelles
- Langage de programmation
- Apprentissage
- Systèmes experts (MYCIN, DENDRAL...)

L'IA aujourd'hui

Changement de but

Le fantasme d'une machine qui pense n'est plus forcément le moteur :

- Approche plus appliquée : résoudre des problèmes “difficiles”
- Doter les machines de capacités permettant une interaction plus simple avec les humains

46

Recherche

L'IA aujourd'hui a des applications dans tous les domaines économiques et de la connaissance :



- modélisation de problème (apprentissage)
- résolution de système contraintes complexes
- optimisation de processus
- analyse sémantique (web, texte)
- ...

47

Réseaux de neurones

Intêret pour les réseaux de neurones renouvelé :



Un GPU (ou carte graphique, crédit : Henry Mühlpfordt)

- Avancée technologique ont permis de passer à une échelle supérieur (GPU)
- Applications très prometteuses (reconnaissance d'images, transformers, etc.)
- Données d'apprentissage bien plus facile d'accès (internet)

48

Ce semestre

Différentes facettes de l'IA :

- Approche symbolique, logique
- Apprentissage à partir de données
- Traitement de la langue naturelle

- TP 1 : Modéliser un problème de raisonnement en logique et le résoudre automatiquement avec un programme
- TP 2 : Quelques notions d'IA pour les jeux
- TP 3 : Apprendre avec des arbres de décisions
- TP 4 : Apprendre avec des réseaux de neurones
- TP 5 : Créer un petit modèle de langue

49

Semestre prochain

1. IA et éthique
2. IA et données

Quelques lectures

Grand public

UE HISTOIRE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (UE LIBRE)

Bibliographie + quelques uns des articles cités

Supports des cours

- La préhistoire de l'IA
- L'aube de l'IA
- La naissance de l'IA
- L'âge d'or de l'IA
- La crise de l'IA
- L'âge de raison de l'IA

Histoire de l'IA, par Frédéric Füst

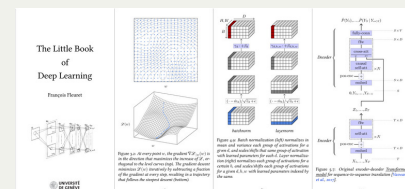


L'intelligence artificielle. De quoi s'agit-il vraiment?, GDR IA

Apprentissage



Apprentissage machine, Clé de l'Intelligence Artificielle, Rémi Gilleron



The Little Book of Deep Learning, François Fleuret