

# Intelligence artificielle

Cycle de conférences "*De l'homme préhistorique à l'homme robotique*".

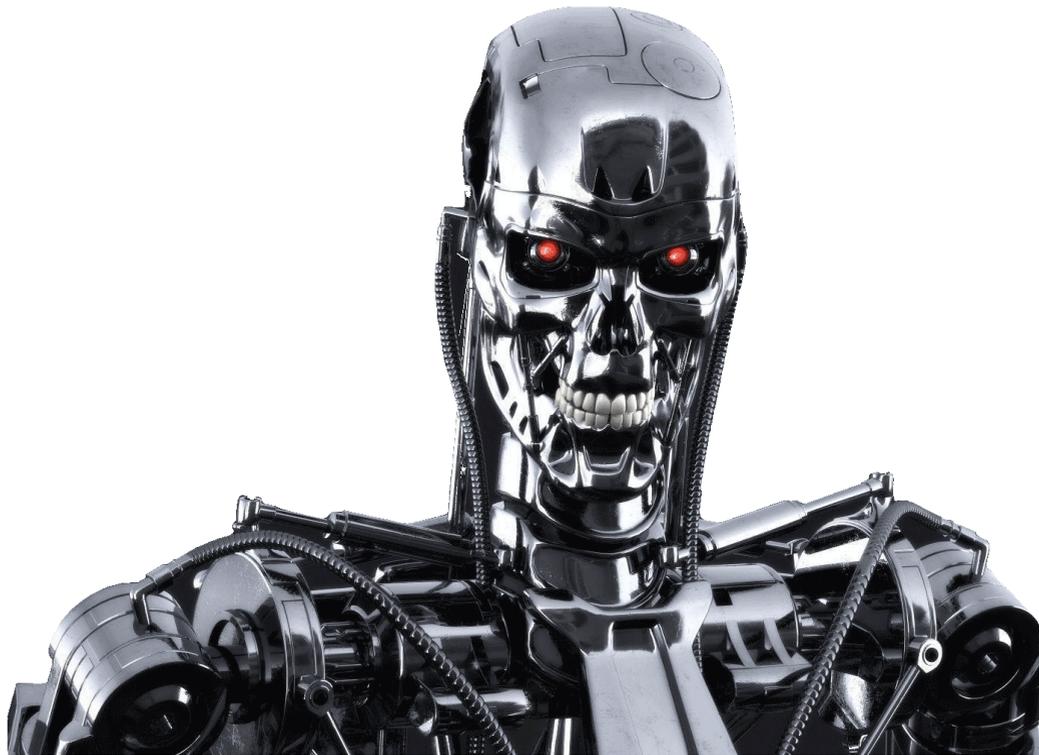
21 mars 2019

Prof. Gilles Louppe  
[g.louppe@uliege.be](mailto:g.louppe@uliege.be)

# Sommaire

- Qu'est-ce que l'intelligence artificielle?
- Réseaux de neurones et apprentissage profond
- Que peut faire une IA aujourd'hui?
- Limites et défis

# Qu'est-ce que l'intelligence artificielle?



"With artificial intelligence we are summoning the demon" -- Elon Musk



"We're really closer to a smart washing machine than Terminator" -- Fei-Fei Li,  
Director of Stanford AI Lab.



## The Dartmouth workshop (1956)

*The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it.*



The Thinking Machine (Artificial Intel...



À regarder plus tard



Partager





Edsger Dijkstra: *What do you work on?*

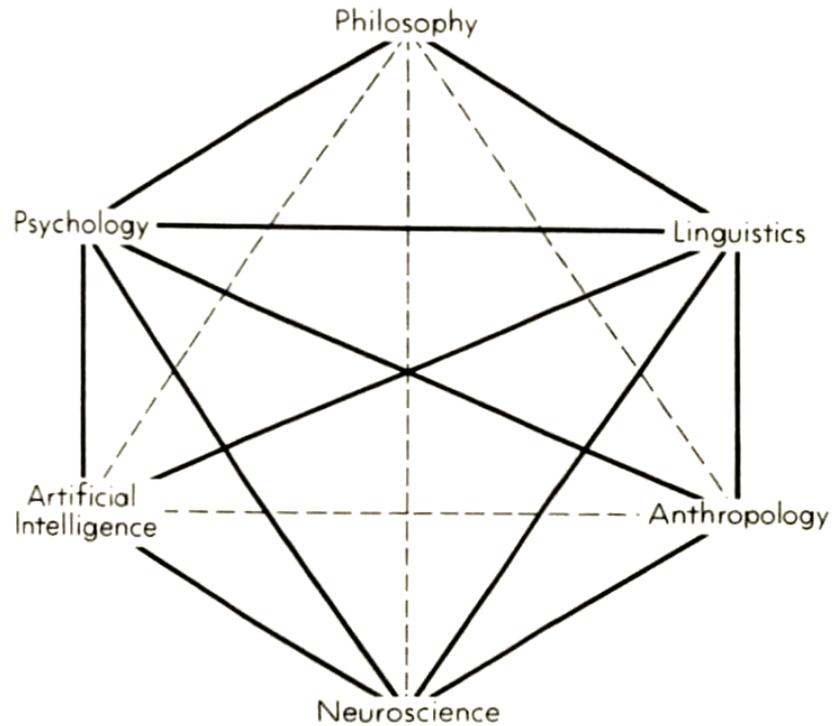
Leslie Valiant (very proudly): *AI.*

Edsger Dijkstra: *Why don't you work first on the "**Intelligence**" part?*



*"**What is intelligence, anyway?** It is only a word that people use to name those unknown processes with which our brains solve problems we call hard. But whenever you learn a skill yourself, you're less impressed or mystified when other people do the same.*

*This is why **the meaning of "intelligence" seems so elusive**: it describes not some definite thing but only the momentary horizon of **our ignorance about how minds might work**. It is hard for scientists who try to understand intelligence to explain precisely what they do, since our working definitions change from year to year. But it is not at all unusual for sciences to aim at moving targets." -- Marvin Minsky*



*Connections among the Cognitive Sciences*  
**KEY:** Unbroken lines = strong interdisciplinary ties  
 Broken lines = weak interdisciplinary ties

# Réseaux de neurones et apprentissage profond



Que voyez-vous?



Sheepdog ou mop?



Chihuahua ou muffin?

L'extraction automatique d'une interprétation **sémantique** à partir d'un signal brut est au coeur de nombreuses applications, telles que

- la reconnaissance d'images
- l'interprétation de la voix
- la compréhension des langages naturels
- le contrôle robotique
- ... et bien d'autres.

Comment pourrions-nous **écrire un programme** qui implémente une telle fonctionnalité?

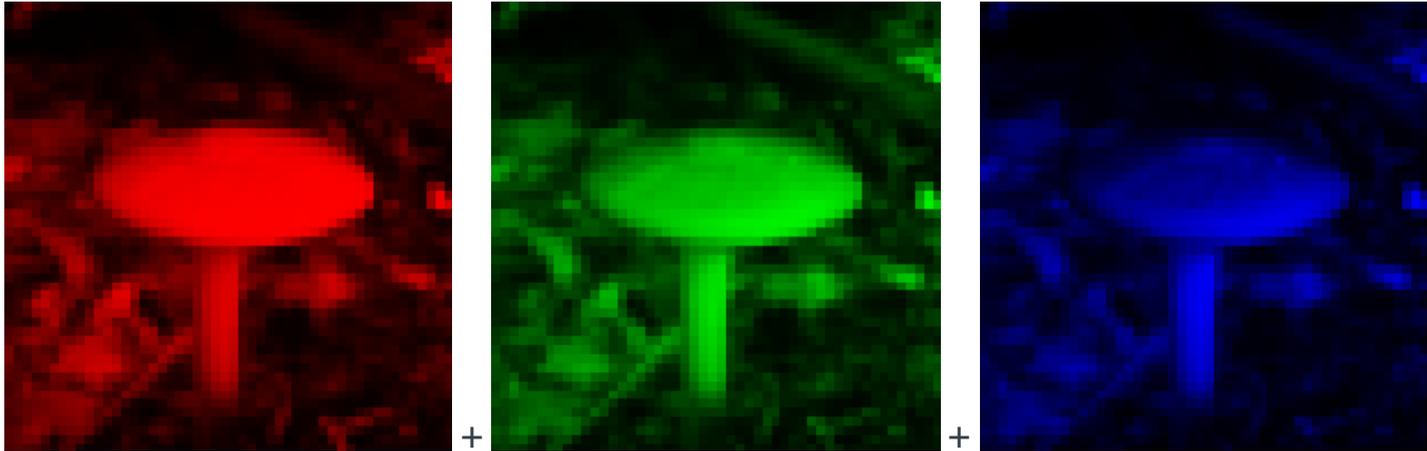
Le cerveau humain est tellement efficace dans l'interprétation d'informations visuelles qu'il est difficile d'évaluer intuitivement la différence entre un signal brut et son interprétation sémantique:



Ceci est un champignon.



Ceci est un champignon.



Ceci est un champignon.

```

array([[0.03921569, 0.03529412, 0.02352941, 1.          ],
       [0.2509804 , 0.1882353 , 0.20392157, 1.          ],
       [0.4117647 , 0.34117648, 0.37254903, 1.          ],
       ...,
       [0.20392157, 0.23529412, 0.17254902, 1.          ],
       [0.16470589, 0.18039216, 0.12156863, 1.          ],
       [0.18039216, 0.18039216, 0.14117648, 1.          ]],

 [[0.1254902 , 0.11372549, 0.09411765, 1.          ],
  [0.2901961 , 0.2509804 , 0.24705882, 1.          ],
  [0.21176471, 0.2          , 0.20392157, 1.          ],
  ...,
  [0.1764706 , 0.24705882, 0.12156863, 1.          ],
  [0.10980392, 0.15686275, 0.07843138, 1.          ],
  [0.16470589, 0.20784314, 0.11764706, 1.          ]],

 [[0.14117648, 0.12941177, 0.10980392, 1.          ],
  [0.21176471, 0.1882353 , 0.16862746, 1.          ],
  [0.14117648, 0.13725491, 0.12941177, 1.          ],
  ...,
  [0.10980392, 0.15686275, 0.08627451, 1.          ],
  [0.0627451 , 0.08235294, 0.05098039, 1.          ],
  [0.14117648, 0.2          , 0.09803922, 1.          ]],

 ...,

```

Ceci est un champignon.

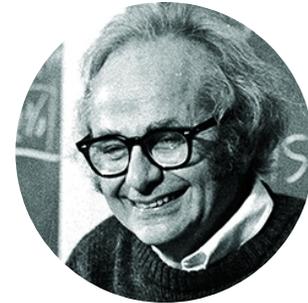
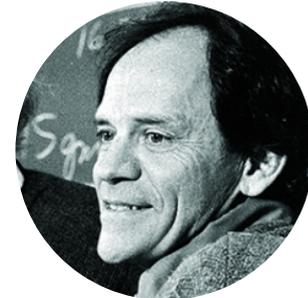
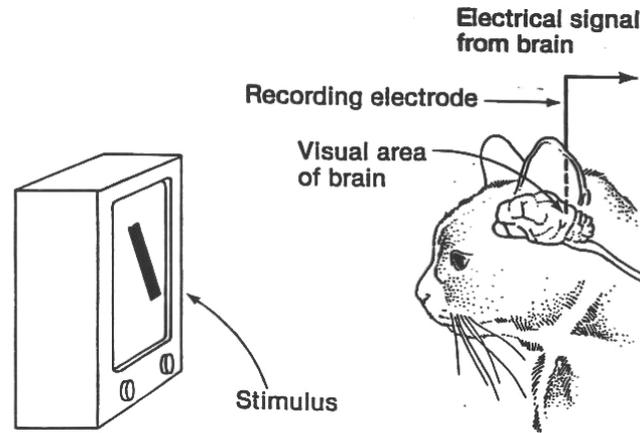
Extraire la sémantique d'une image requiert un modèle de **haute complexité**, qui ne peut être construit à la main.

Cependant, il est possible d'écrire un programme qui **apprend** cette tâche.

Les techniques habituellement utilisées consistent:

- à définir un modèle paramétrique de haute capacité,
- à en optimiser les paramètres, jusqu'à le faire fonctionner correctement sur des données d'entraînement.

# Machines that see



## Perception visuelle (Hubel et Wiesel, 1959-1962)

- David Hubel et Torsten Wiesel découvrent la base neuronale responsable de la [perception visuelle](#) chez le chat.
- Prix Nobel de médecine en 1981.



Hubel & Wiesel 1: Intro



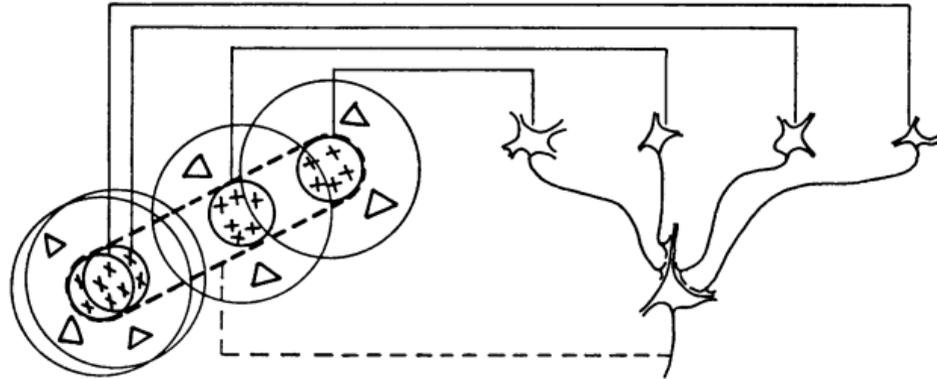
À regarder plus tard



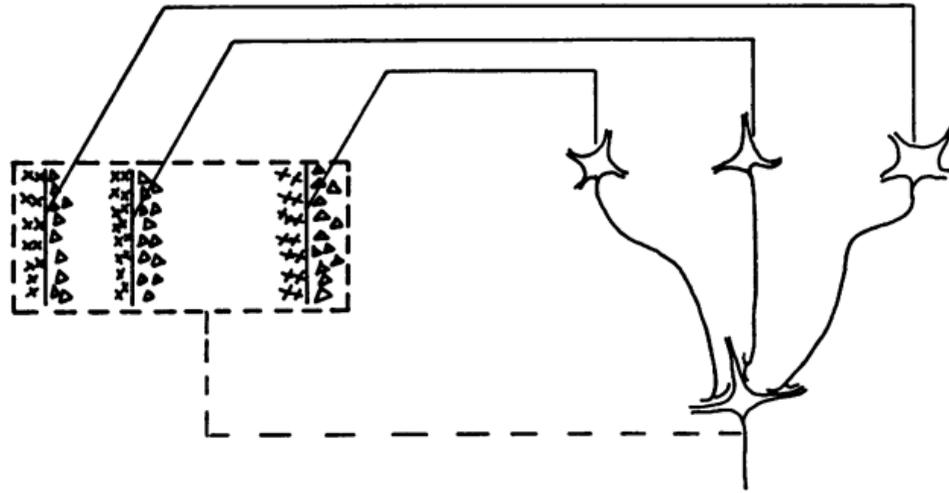
Partager



Hubel and Wiesel



**Text-fig. 19.** Possible scheme for explaining the organization of simple receptive fields. A large number of lateral geniculate cells, of which four are illustrated in the upper right in the figure, have receptive fields with 'on' centres arranged along a straight line on the retina. All of these project upon a single cortical cell, and the synapses are supposed to be excitatory. The receptive field of the cortical cell will then have an elongated 'on' centre indicated by the interrupted lines in the receptive-field diagram to the left of the figure.



**Text-fig. 20.** Possible scheme for explaining the organization of complex receptive fields. A number of cells with simple fields, of which three are shown schematically, are imagined to project to a single cortical cell of higher order. Each projecting neurone has a receptive field arranged as shown to the left: an excitatory region to the left and an inhibitory region to the right of a vertical straight-line boundary. The boundaries of the fields are staggered within an area outlined by the interrupted lines. Any vertical-edge stimulus falling across this rectangle, regardless of its position, will excite some simple-field cells, leading to excitation of the higher-order cell.

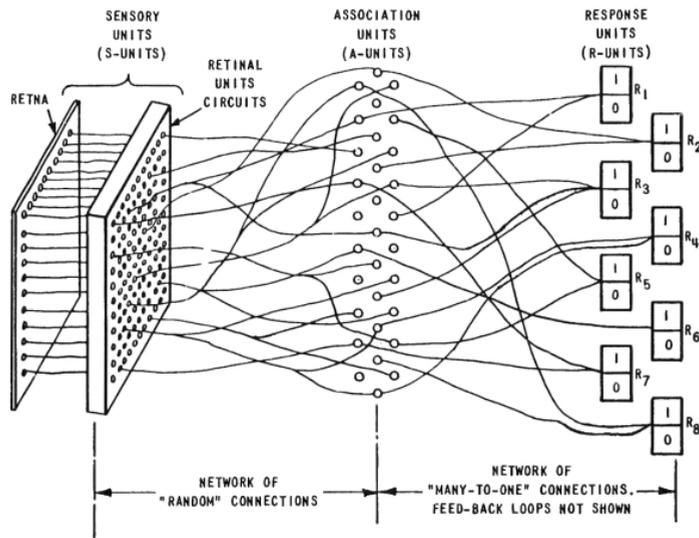
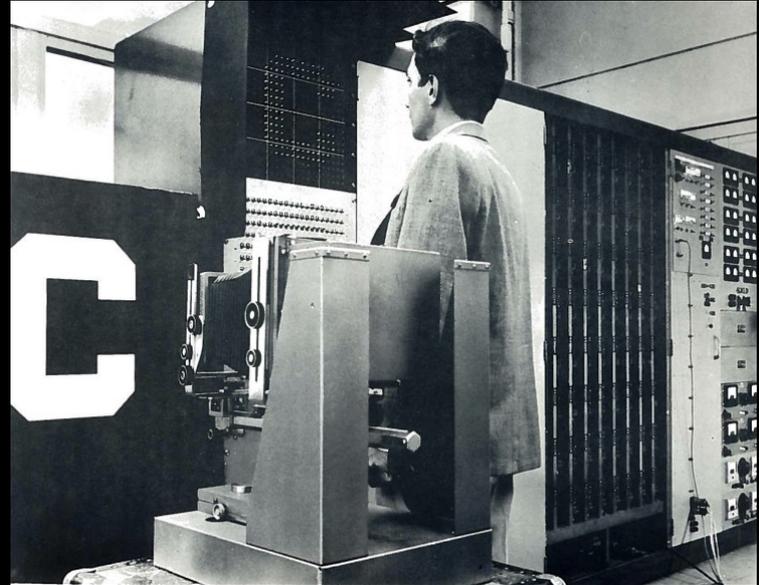
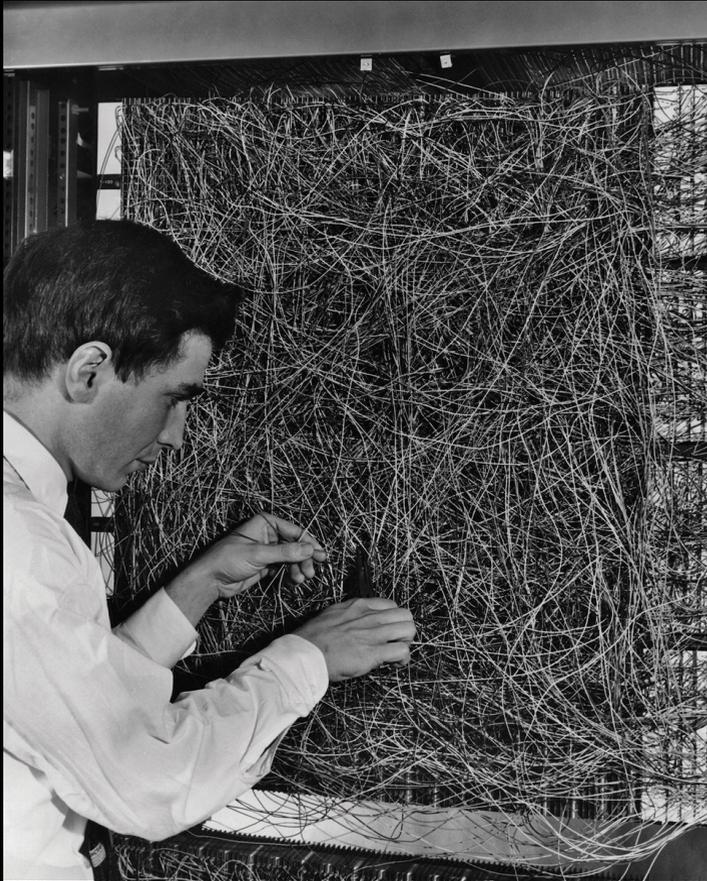


Figure 1 ORGANIZATION OF THE MARK I PERCEPTRON

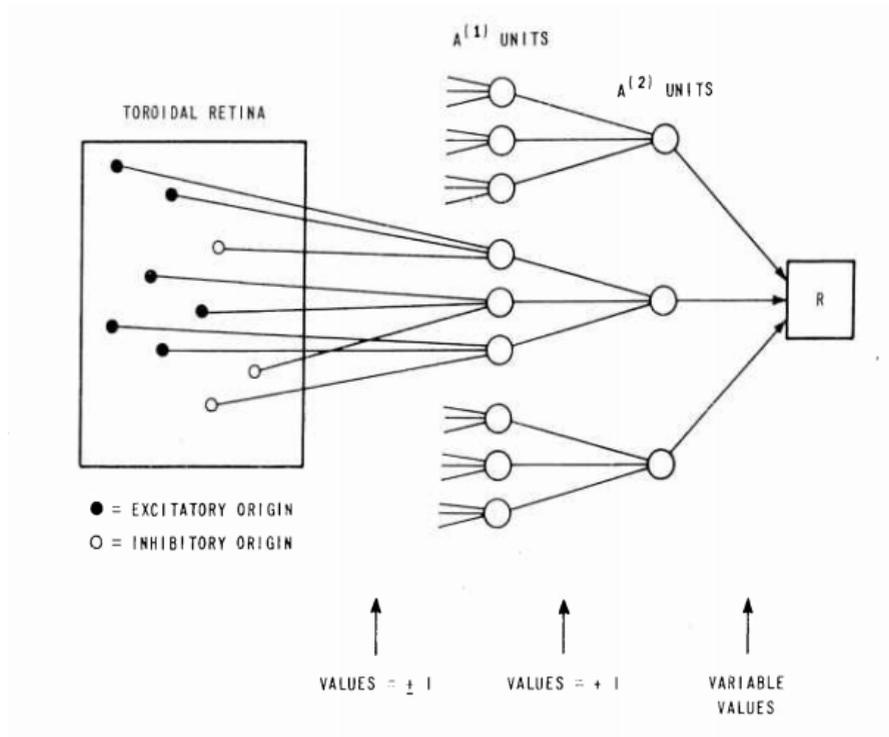
$$h = \sigma \left( \sum w_i x_i \right)$$

## Perceptron (Rosenblatt, 1959)

- Implémentation d'un réseau de neurones sur un circuit analogique.
- Paramètres ajustables par des potentiomètres.



The Mark I Percetron (Frank Rosenblatt).



*"If we show the perceptron a stimulus, say a square, and associate a response to that square, this response will immediately generalize perfectly to all transforms of the square under the transformation group [...]."*

Similaire aux cellules simples et complexes identifiées par Hubel et Wiesel!

## Impossibilité (Minsky and Papert, 1969+)

- Minsky and Papert redéfinissent le perceptron comme un classifieur linéaire.
- Ils démontrent une série de résultats d'impossibilité pour le perceptron.



# Neocognitron (Fukushima, 1980)

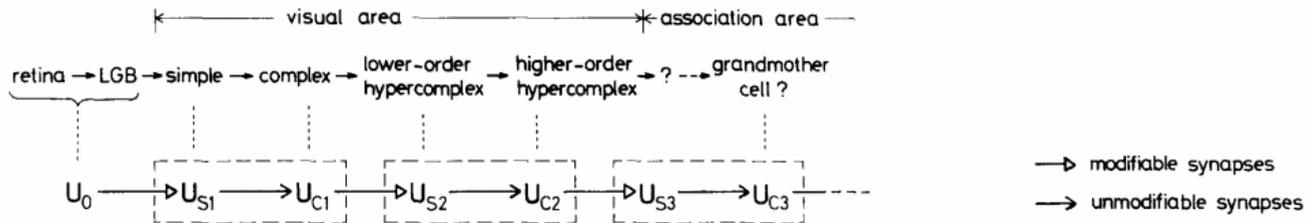


Fig. 1. Correspondence between the hierarchy model by Hubel and Wiesel, and the neural network of the neocognitron

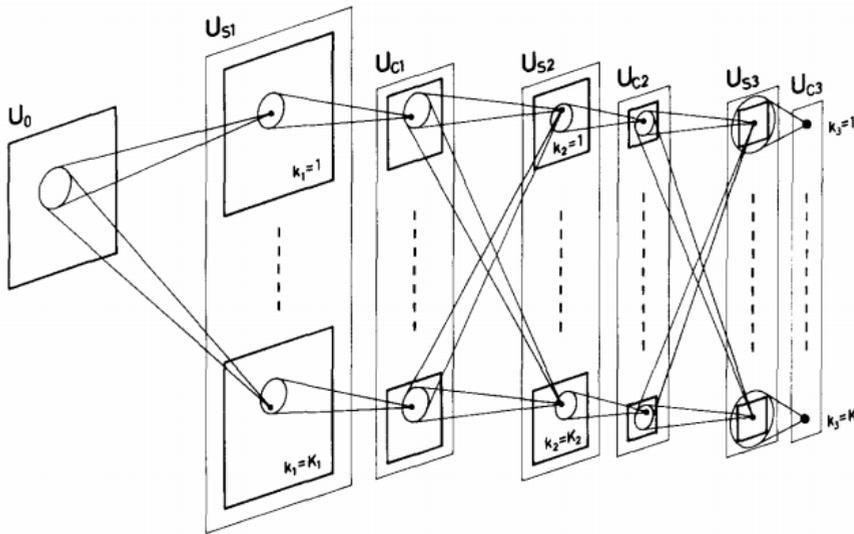
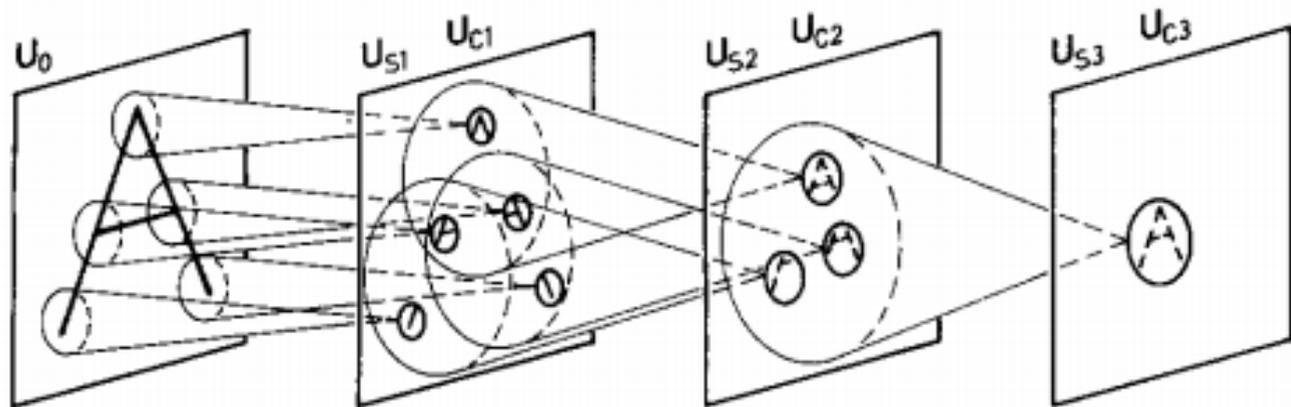


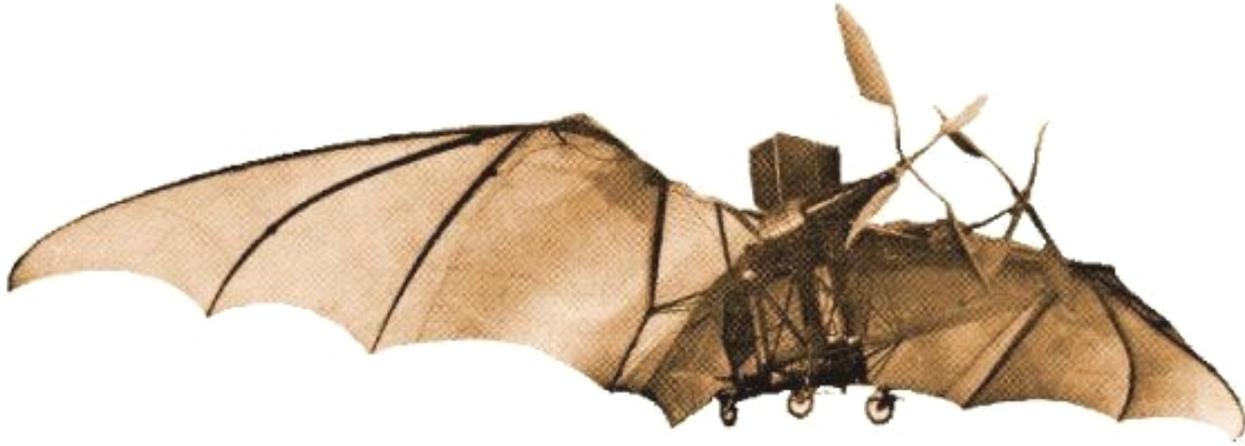
Fig. 2. Schematic diagram illustrating the interconnections between layers in the neocognitron

Fukushima propose une implémentation par **réseau de neurones artificiels** du modèle hiérarchique du système perceptuel de Hubel and Wiesel.



## **AI winter (1969-1985)**

La recherche fondamentale en réseaux de neurones artificiels stagne pendant plusieurs années, au point de presque disparaître.



## Inspiration biologique?

- Clément Ader **calque** la construction de l'Eole sur l'anatomie des chauve-souris.
- Elle s'envola le 9 octobre 1890 (13 années avant les frères Wright).
- ... mais vous n'en avez certainement jamais entendu parler!



$$\neq \sigma \left( \sum w_i x_i \right)$$

## Backpropagation (Rumelhart et al, 1986)

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \gamma \nabla_{\theta} (L_t)$$

## Réseaux de convolutions (LeCun, 1990)

- Premier réseau de convolutions entraîné par **backpropagation**.
- Aucun pré-traitement des données. L'apprentissage est totalement autonome.
- Système utilisé à grande échelle pour lire des chèques de banque.

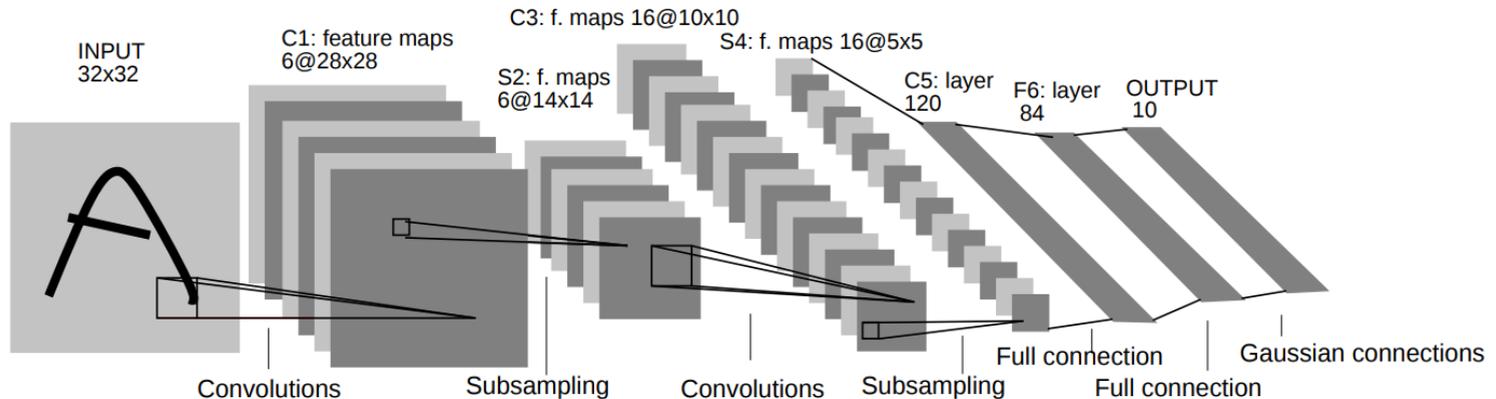


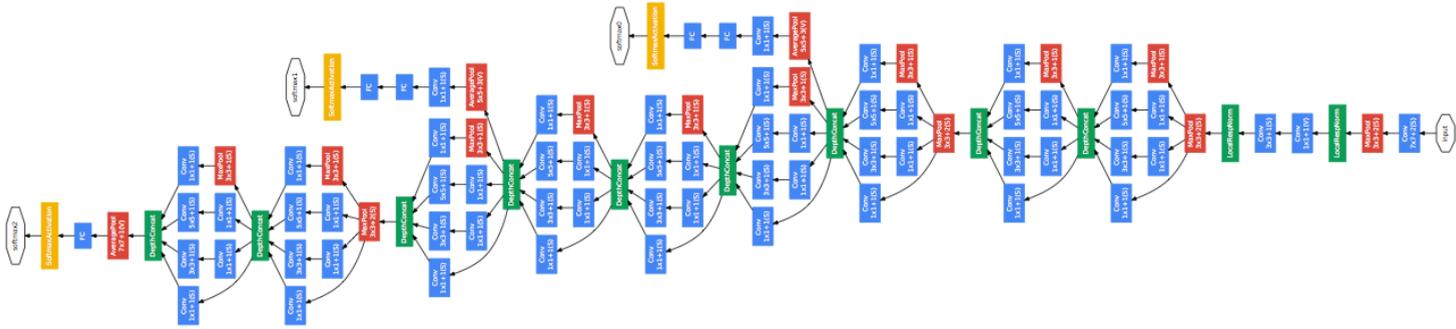
Fig. 2. Architecture of LeNet-5, a Convolutional Neural Network, here for digits recognition. Each plane is a feature map, i.e. a set of units whose weights are constrained to be identical.

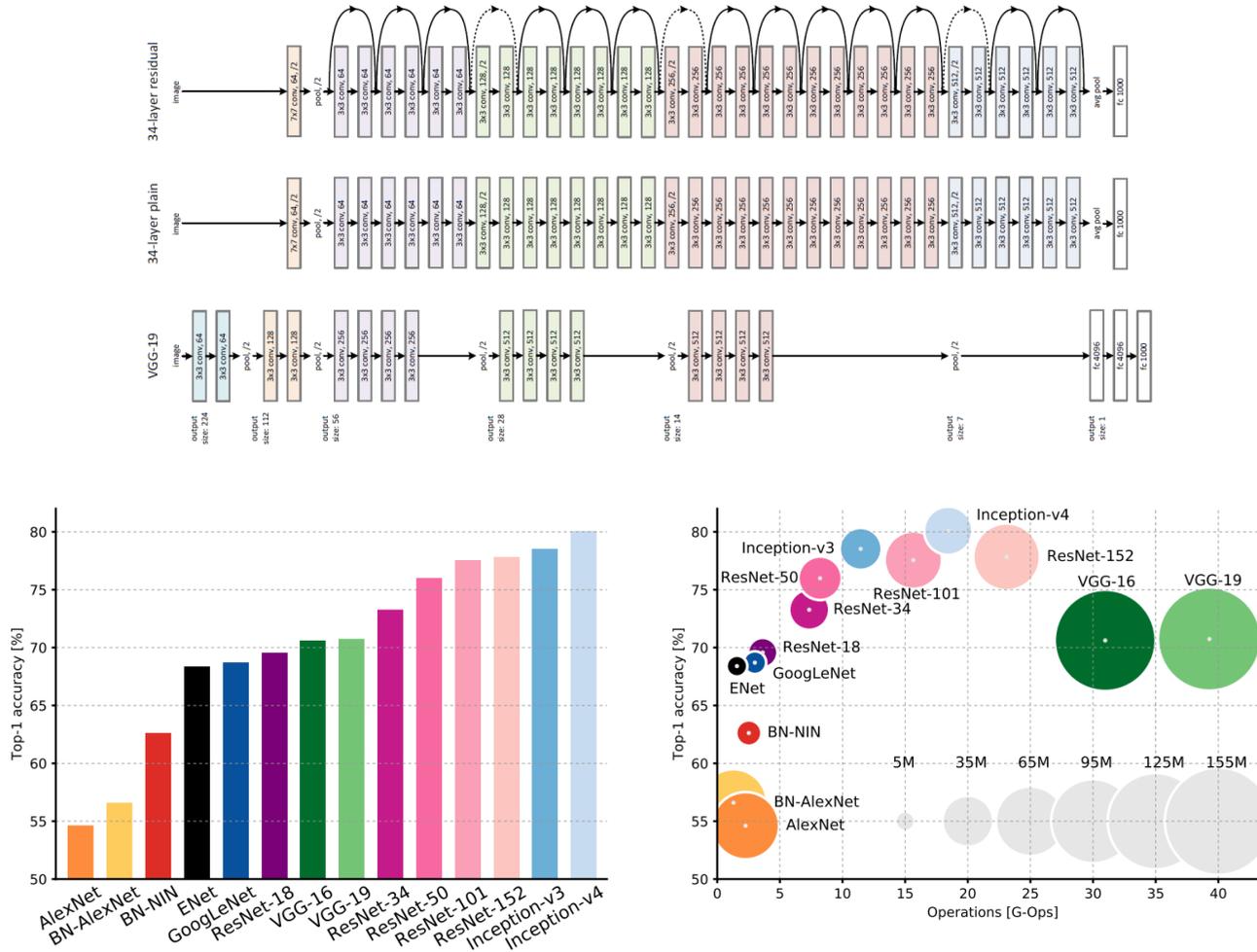


# Apprentissage profond

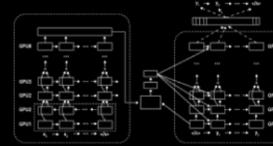


Les réseaux de neurones modernes sont définis comme un **assemblage hiérarchique** d'opérations mathématiques **élémentaires**.





Des réseaux de plus en plus **profonds** et complexes permettent d'atteindre un niveau de performance **super-humain**.



Encoder/Decoder



ReLu



BatchNorm



LSTM



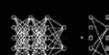
GRU



Beam Search



Concat



Dropout



Pooling



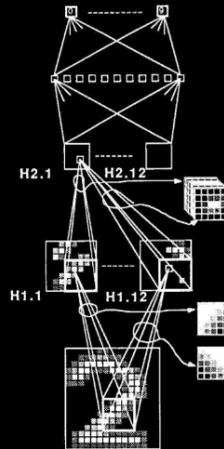
WaveNet



CTC



Attention



Capsule Nets



Mixture of Experts



Neural Collaborative Filtering



Block Sparse LSTM

La flexibilité des architectures des réseaux profonds permet de résoudre de nombreuses tâches.

# Que peut faire une IA aujourd'hui?

- Faire une traduction instantanée du Chinois vers l'Anglais?
- Répondre à un QCM, aussi bien qu'un enfant de 8 ans?
- Avoir une conversation pendant une heure?
- Jouer aux échecs? au jeu de Go? au Poker? au football?
- Faire les courses, sur le web? dans un supermarché?
- Démontrer des théorèmes?
- Conduire une voiture, sur un parking? sur l'autoroute? dans le centre de Liège?
- Accomplir des actes chirurgicaux?
- Identifier des mélanomes, mieux que votre dermatologue?
- Ecrire une blague?
- Peindre comme Van Gogh? Composer une musique?



ICNet for Real-Time Semantic Segm...



À regarder plus tard



Partager



Segmentation (Hengshuang et al, 2017)



Realtime Multi-Person 2D Human Po...



À regarder plus tard



Partager



Pose estimation (Cao et al, 2017)



# NVIDIA AI Car Demonstration



À regarder plus tard



Partager



Driving a car (2016)



RoboCup 2018 Humanoid AdultSize ...



À regarder plus tard



Partager



Playing soccer (2018)



Google DeepMind's Deep Q-learning ...

À regarder plus tard

Partager



Playing Atari games



Google's DeepMind AI Just Taught It...



À regarder plus tard



Partager



Learning to walk (2017)



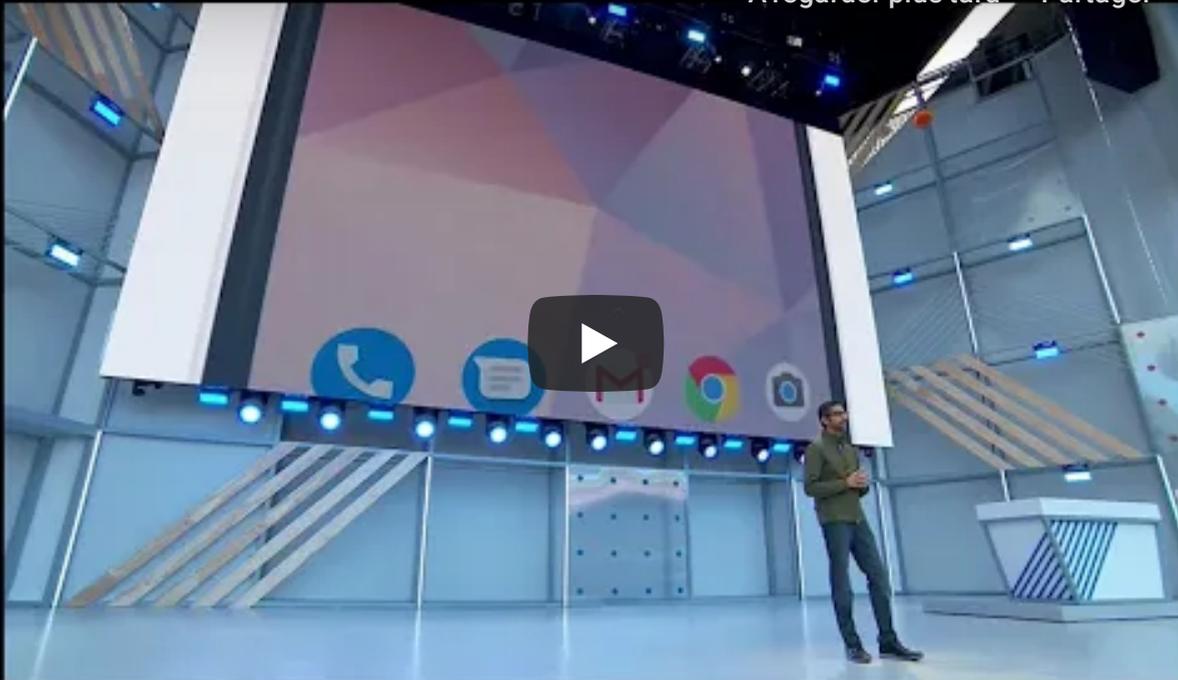
Google Assistant will soon be able to...



À regarder plus tard



Partager



Speech synthesis and question answering (Google, 2018)



## A Style-Based Generator Architectur...



À regarder plus tard



Partager

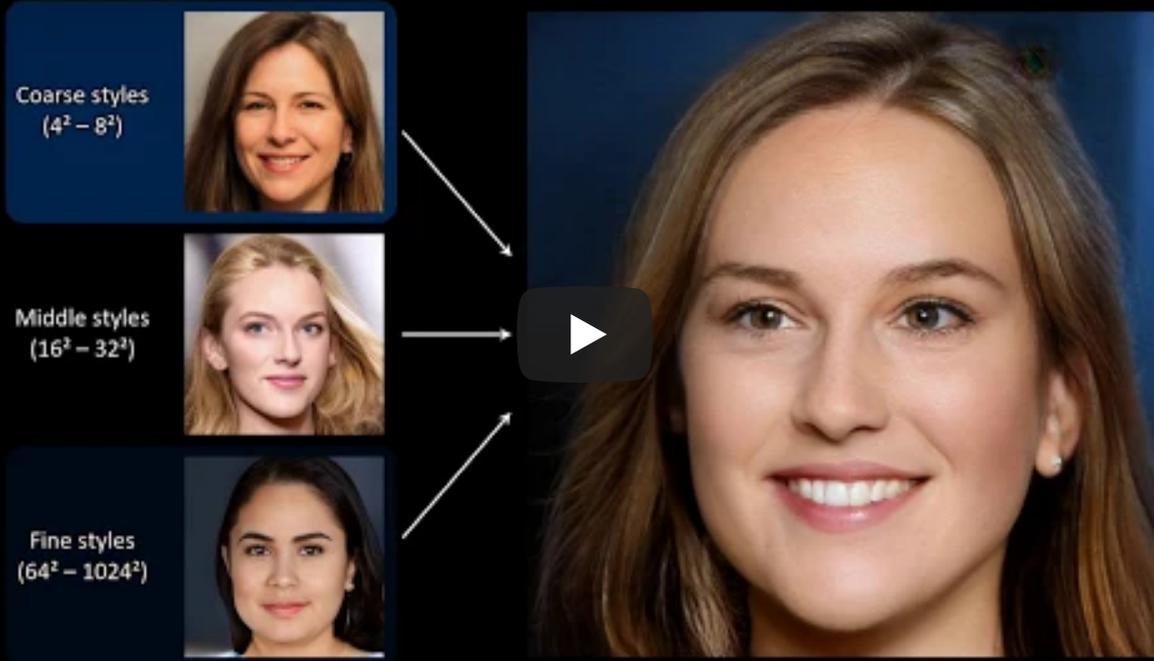


Image generation (Karras et al, 2018)



Changing Sketches into Photorealisti...



À regarder plus tard



Partager



Changing sketches into photorealistic masterpieces (NVIDIA)



GTC Japan 2017 Part 9: AI Creates O...



À regarder plus tard



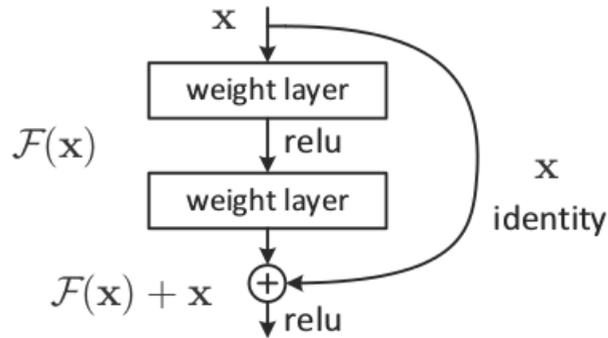
Partager



Music composition (NVIDIA, 2017)

# Pourquoi maintenant?

Meilleurs algorithmes



Plus de données



Meilleurs logiciels



theano



PYTORCH

dmlc  
mxnet



Meilleures machines



# Limites et défis



## Intelligence artificielle étroite

- Les meilleurs programmes d'intelligence artificielle atteignent souvent un niveau de performance qui dépasse les capacités humaines.
- ... mais seulement pour des problèmes **très spécifiques!**
- Ils **ne généralisent pas** au monde réel, ni à des tâches arbitraires.

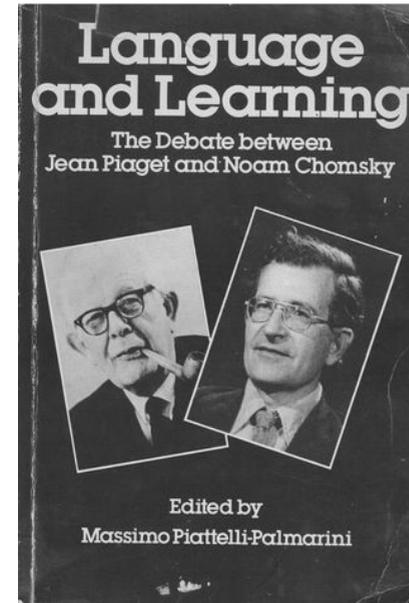
## Intelligence artificielle générale

L'intelligence artificielle **générale** est l'intelligence d'une machine qui pourrait accomplir n'importe quelle tâche intellectuelle aussi bien qu'un humain.

- Pas de définition claire et précise.
- Consensus qu'une telle machine devrait être capable de:
  - raisonner, faire preuve de stratégie, résoudre des puzzles, planifier,
  - faire preuve de jugement, en tenant compte des incertitudes,
  - avoir une représentation de la connaissance, en ce inclus le sens commun,
  - s'améliorer et apprendre de nouvelles choses,
  - communiquer,
  - intégrer toutes ces facultés pour la réalisation d'objectifs.

## Innéisme vs. Constructivisme

- **Innéisme** (Noam Chomsky):
  - Postule que l'humain possède une faculté innée pour la pensée et le langage et que cette faculté est programmée génétiquement.
  - Les structures de la pensée et du langage sont révélées et développées par interaction avec l'environnement.
- **Constructivisme** (Jean Piaget):
  - Nie l'existence de structures cognitives spécifiques à la pensée et au langage.
  - Postule que toutes les facultés cognitives sont le résultat d'un processus de construction graduel.



[Q] Qu'en est-il de l'IA? Devrait-elle être une machine pré-programmée? ou bien une machine qui peut apprendre et s'auto-améliorer? ou bien un peu des deux?

## Sens commun

Nous construisons tous un modèle du monde par **apprentissage non-supervisé**.

- Ce modèle nous procure le **sens commun**.
- L'apprentissage non-supervisé permet de découvrir et de synthétiser les régularités du monde.

Si je dis: "Benoit prend son sac et quitte la pièce:".

On en **déduit** que:

- Benoit s'est levé, a tendu son bras pour prendre son sac, a marché vers la porte, a ouvert la porte, puis est finalement sorti de la pièce.
- Benoit et son sac ne sont plus dans la pièce.
- Il ne s'est probablement pas dématérialisé ni envolé par la fenêtre.





A Must See - Orangutan Loves Magi...



À regarder plus tard



Partager



Orangutan loves magic trick!

# Conclusions

- L'intelligence artificielle est à l'origine de nombreux progrès actuels et à venir.
- Ses domaines d'application sont nombreux et variés:
  - sciences,
  - technologies,
  - santé.
- La recherche n'est pas terminée. De nombreuses questions cherchent toujours réponse.

**"What is intelligence, anyway?"**

Fin.