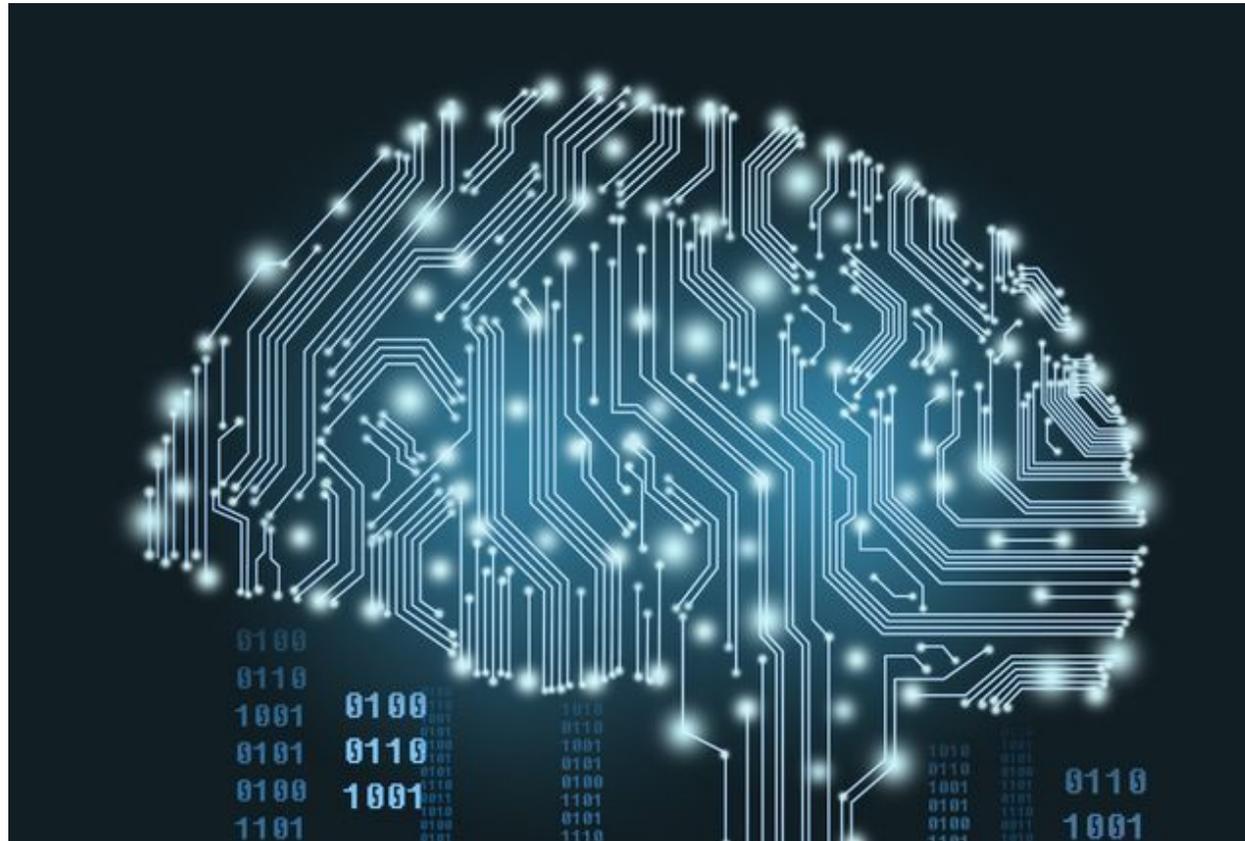


# Intelligence Artificielle



© Getty / Dong Wenjie

Frédéric Camps  
fcamps@laas.fr

# Intelligence artificielle

## Agenda

**Notions de base**

**Apprentissage automatique (Machine learning)**

**Apprentissage profond (Deep learning)**

**Limitations et défis**

# Intelligence artificielle

## Agenda

### Notions de base

- Qu'est ce que l'intelligence artificielle ?
- Approche scientifique de l'IA
- Historique
- Pourquoi parle-t-on de l'IA maintenant ?
- Pourquoi l'intelligence artificielle ?
- Application de l'intelligence artificielle en 2020
- Les différentes approches
- Structuration
- Prédiction
- Modèle

# Intelligence artificielle

## Agenda

### **Apprentissage automatique (Machine learning)**

- Notion d'apprentissage automatique
- Approche habituelle
- Approche machine learning
- Exemple
- Domaine
- Les différents type d'apprentissage
- Apprentissage supervisé
- Apprentissage non supervisé ou prédictif
- Apprentissage semi-supervisé
- Apprentissage par renforcement
- Autres apprentissages

# Intelligence artificielle

## Agenda

### **Apprentissage profond (Deep learning)**

- Définition
- Neurone biologique
- Perceptron
- Apprentissage
- Réseau de neurone / Perceptron
- Exemple: Reconnaissance d'image
- Evolution

### **Limitations et défis**

# Intelligence Artificielle

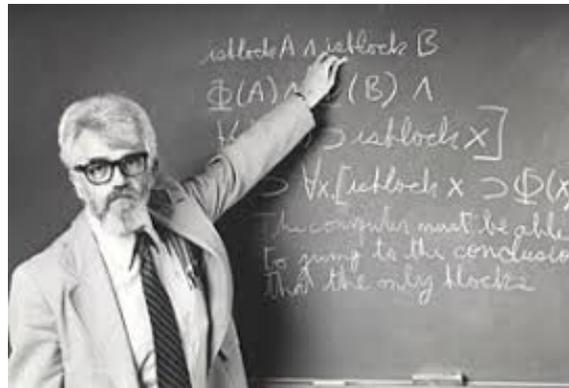
## Notion de base

[http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence\\_artificielle/187257](http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257)

[https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_McCarthy\\_\(computer\\_scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_(computer_scientist))

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

**Intelligence Artificielle (IA)** : Concevoir des systèmes capables de reproduire le comportement de l'humain dans ses activités de **raisonnement** et **comportement**.



**Selon John MacCarthy**, l'un des créateurs de ce concept, « toute activité intellectuelle peut être décrite avec suffisamment de précision pour être simulée par une machine ».

# Intelligence Artificielle

Notion de base

[http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence\\_artificielle/187257](http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257)

[https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_McCarthy\\_\(computer\\_scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_(computer_scientist))

Intelligence Artificielle - Stuart Russel - Peter Norvig

## Les approches scientifiques de l'IA

→ Le processus de la **pensée** et du **raisonnement**

→ Le **comportement** d'un système

# Intelligence Artificielle

Notion de base / Approche scientifique

[http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence\\_artificielle/187257](http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257)

[https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_McCarthy\\_\(computer\\_scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_(computer_scientist))

Intelligence Artificielle - Stuart Russel - Peter Norvig

→ L'IA selon le processus de la **pensée** et du **raisonnement**:

- Des systèmes qui **pensent** comme les **humains** (*Haugeland, 1985*)
- Des systèmes qui **pensent rationnellement** (*Charniak et McDermott, 1985*)

# Intelligence Artificielle

Notion de base / Approche scientifique

[http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence\\_artificielle/187257](http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257)

[https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_McCarthy\\_\(computer\\_scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_(computer_scientist))

- L'intelligence artificielle (IA) selon le **comportement** d'un système:
- Des systèmes qui **agissent** comme les **humains** (*Kurzweil, 1990*),
  - Des systèmes qui **agissent rationnellement** (*Pool et al., Nilsson, 1998*)

# Intelligence Artificielle

Notion de base / Approche scientifique

[http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence\\_artificielle/187257](http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257)

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Rationalit%C3%A9>

[https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_McCarthy\\_\(computer\\_scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_(computer_scientist))

Intelligence Artificielle - Stuart Russel - Peter Norvig

Réussite par rapport aux **performances humaines**

Concept **idéal** de l'intelligence appelé "**rationalité**"

<b>Penser</b> comme les humains	<b>Penser</b> rationnellement
<b>Agir</b> comme les humains	<b>Agir</b> rationnellement

# Intelligence Artificielle

Notion de base / Approche scientifique

[https://en.wikipedia.org/wiki/Alan\\_Turing](https://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Turing\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Turing_test)

## **Agir comme les humains, le test de Turing (1950):**

“Un ordinateur réussit le test si, après avoir posé un certain nombre de questions écrites, un humain est dans l’incapacité de dire si les réponses proviennent d’une personne ou d’un ordinateur.”



# Intelligence Artificielle

Notion de base / Approche scientifique

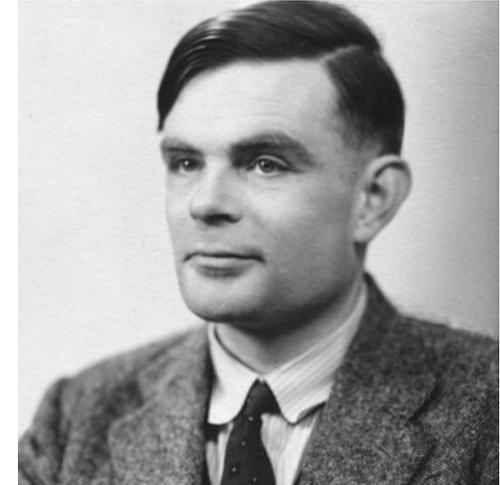
[https://en.wikipedia.org/wiki/Alan\\_Turing](https://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Turing\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Turing_test)

## **Agir comme les humains, le test de Turing (1950):**

Un ordinateur doit posséder les fonctionnalités suivantes:

- le traitement du langage naturel,
- la représentation des connaissances,
- le raisonnement automatisé,
- l'apprentissage,
- vision artificielle,
- capacité robotique.



# Intelligence Artificielle

Notion de base / Approche scientifique

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

**Penser comme les humains, l'approche cognitive:**



Il faut déterminer **comment pensent les humains** (comprendre les rouages de l'esprit):

- saisir les pensées,
- les expériences psychologiques,
- observer les comportements d'une personne,
- observer le cerveau ...

→ Définir une théorie de l'esprit puis la traduire informatiquement.

# Intelligence Artificielle

Notion de base / Approche scientifique

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

## Penser rationnellement: les "lois de la pensée"

- Aristote: procédés des **raisonnements irréfutables**
- Suite de **sylogismes**, exemple: "*Socrate est un homme, tous les hommes sont mortels, donc Socrate est mortel*"
- Notation précise des **assertions** (Proposition, de forme affirmative ou négative, qu'on avance et qu'on donne comme vraie)

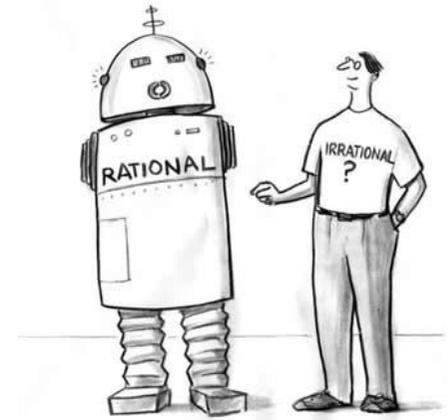


→ Ces études ont défini le domaine de la logique, traduit aujourd'hui en approche **logiciste**.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Inf%C3%A9rence>

## Agir rationnellement: l'approche de l'agent rationnel

- L'agent fonctionne par **inférence** (ajout d'information),
- La validité des inférences donne accès à la rationalité,
- L'agent fonctionne en **autonomie** et s'adapte au contexte,
- Un agent rationnel est une entité qui propose la **meilleure solution** selon un contexte.

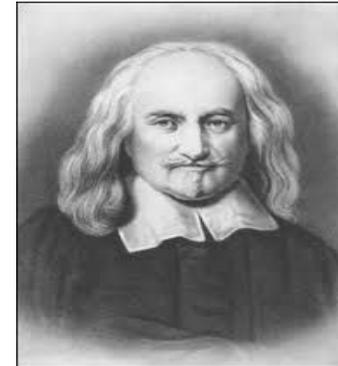
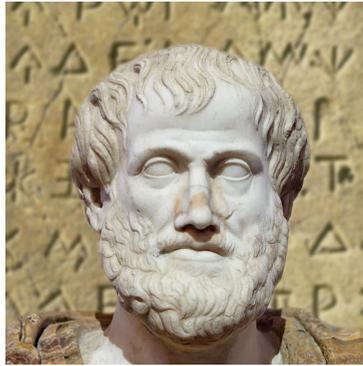


# Intelligence Artificielle

## Notion de base

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Inf%C3%A9rence>

### Historique



- Aristote (384-322 av. J.-C) : formulation des **sylogismes** produisant des raisonnements valides,
- Raymond Lulle (1232-1316): invente un système mécanique combinant les noms de dirigeant et les idées les plus abstraites,
- Thomas Hobbes (1588-1679): "le raisonnement est identique aux calculs",
- Léonard de Vinci (1452-1519): Concept de la première machine à calculer.

# Intelligence Artificielle

## Notion de base

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

## Historique

- **Wilhelm Schickard (1592-1635)** : Première machine à calculer,
- **Blaise Pascal (1623-1662)**: Machine à calculer plus avancée,
- **Gottfried Wilhelm Leibniz(1646-1716)**: Machine à calculer (addition, racine carré ...),
- ...
- **Warren McCulloch, Walter Pitts (1943)**: Premier travaux sur l'IA à partir de l'observation des neurones du cerveau. **Proposition d'un modèle de neurone artificiel, proposition d'un système d'apprentissage,**
- **M. Minsky, Dean Edmands (1950)**: Premier ordinateur à réseau de neurones à base de tube à vide.

# Intelligence Artificielle

Notion de base

[https://www.livinginternet.com/i/ii\\_ai.htm](https://www.livinginternet.com/i/ii_ai.htm)

## Historique

- **1950, A. Turing** : Article "Computing Machinery and Intelligence",
- **1956, Naissance de l'intelligence artificielle** : Université de Dartmouth ,
- **1959**, Arthur Samuel : Machine learning,
- **1979**, Premiers systèmes fondés sur la connaissances,
- **1980**, l'IA devient **une industrie**, toutes les grandes entreprises US possèdent un département IA. Utilisation massive de systèmes experts (systèmes d'aide à la décision),
- **1987** à nos jours: l'IA devient **une science** avec des théorèmes rigoureux, des approches mathématiques.

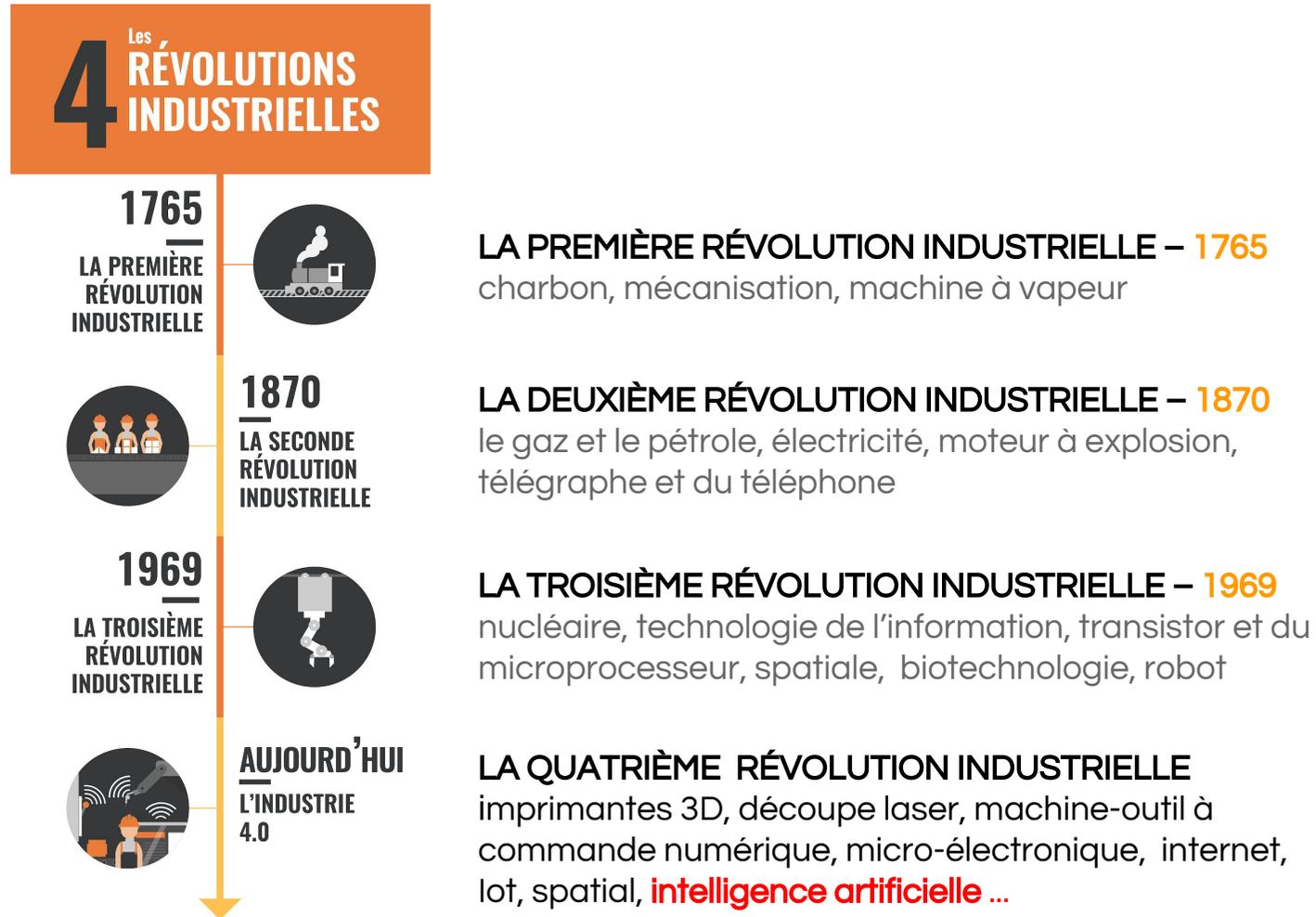
# Intelligence Artificielle

Notion de base

[https://en.wikipedia.org/wiki/Progress\\_in\\_artificial\\_intelligence](https://en.wikipedia.org/wiki/Progress_in_artificial_intelligence)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9volution\\_industrielle#Troisi%C3%A8me\\_r%C3%A9volution\\_industrielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9volution_industrielle#Troisi%C3%A8me_r%C3%A9volution_industrielle)

## Historique



# Intelligence Artificielle

Notion de base

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

## Pourquoi parle-t-on de l'IA maintenant ?

- Puissance de calcul augmente,
- Puissance de stockage,
- Disponibilité des données,
- Data mining,
  
- Révolution dans l'approche multidisciplinaire de l'IA:
  - Modèle de Markov
  - Réseau bayésiens,
  - Optimisation,
  - Réseau profond,
  - Support pour l'industrie ...

# Intelligence Artificielle

Notion de base

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

## Pourquoi l'intelligence artificielle ?

- Augmenter le confort des humains (santé, e-commerce, transport, agriculture, défense, domotique, énergie ... ),
- Réduire les tâches à faible valeur ajoutée,
- Aller au-delà de l'analyse d'un cerveau humain,
- Améliorer les domaines scientifiques, et de recherches,
- Franchir des blocages scientifiques, technologiques ...

# Intelligence Artificielle

Notion de base

<https://siecleddigital.fr/2017/12/04/intelligence-artificielle-applications-marches/>

## Application de l'intelligence artificielle en 2020 ?

~48 milliards de dollars cumulés à travers ces 10 marchés.

- **1er marché – 8 milliards de dollars**

La reconnaissance d'images.

- **2è marché – 7,5 milliards de dollars**

L'utilisation d'algorithmes de trading.

# Intelligence Artificielle

## Notion de base

<https://siecledigital.fr/2017/12/04/intelligence-artificielle-applications-marches/>

## Application de l'intelligence artificielle en 2018 ?

- **3è marché – 7,3 milliards de dollars**

Le traitement des **données médicales**.

- **4è marché – 4,6 milliards de dollars**

La **maintenance prédictive**.

- **5è marché – 4,2 milliards de dollars**

L'**identification, la détection** et le suivi **d'objet**.

- **6è marché – 3,7 milliards de dollars**

L'**identification d'images** par la requête textuelle.

# Intelligence Artificielle

## Notion de base

<https://siecleddigital.fr/2017/12/04/intelligence-artificielle-applications-marches/>

## Application de l'intelligence artificielle en 2018 ?

- **7è marché – 3,6 milliards de dollars**

La **détection automatique** de caractéristiques **géophysiques** (pour prévenir au plus vite des séismes, tsunamis...).

- **8è marché – 3,5 milliards de dollars**

La **distribution de contenus** sur les réseaux sociaux.

- **9è marché – 3,1 milliards de dollars**

La **détection et la classification d'objet** pour éviter les collisions et la navigation.

- **10è marché – 2,4 milliards de dollars**

La **prévention** contre les **attaques** liées à la cybersécurité.

# Intelligence Artificielle

Notion de base

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

## Application de l'intelligence artificielle en 2018 ?

- Watson d'IBM → champion de Jeopardy
- Google Car → véhicule autonome
- DeepMind AlphaGo → champion de go
- Logiciel Libratus → champion de Poker ...

**Les succès s'enchaînent et la tendance s'accélère !**

# Intelligence Artificielle

## Notion de base

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A9dicat\\_\(logique\\_math%C3%A9matique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A9dicat_(logique_math%C3%A9matique))

## Les différentes approches:

### **Gestion de l'incertitude**

- Approche Bayésienne
- Filtrage numérique

---

### **Résolution par exploration**

- La solution est une séquence d'action (environnement observable, déterministe)
- La solution dans un espace (sous contrainte)

---

### **Résolution basée sur la connaissance**

- Logique propositionnelle: comprendre l'environnement (simple) et déduire les actions à entreprendre
- Prédicat

---

### **Apprentissage par l'exemple**

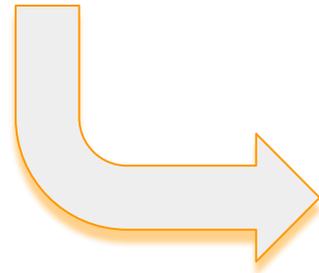
- Réseau de neurones
- Arbre de décision
- Modèle linéaire ...

# Intelligence Artificielle

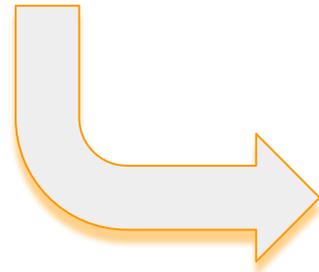
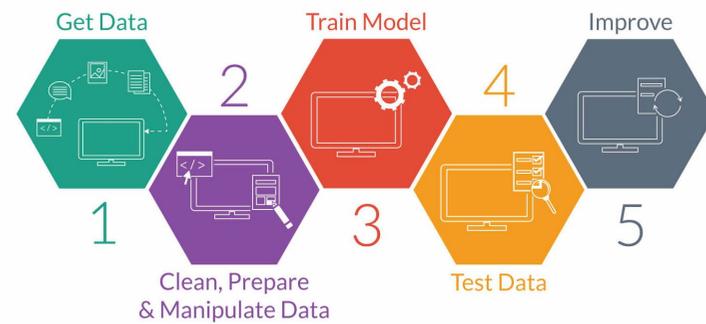
## Notion de base

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

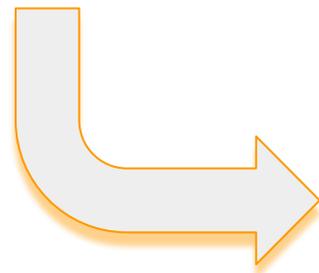
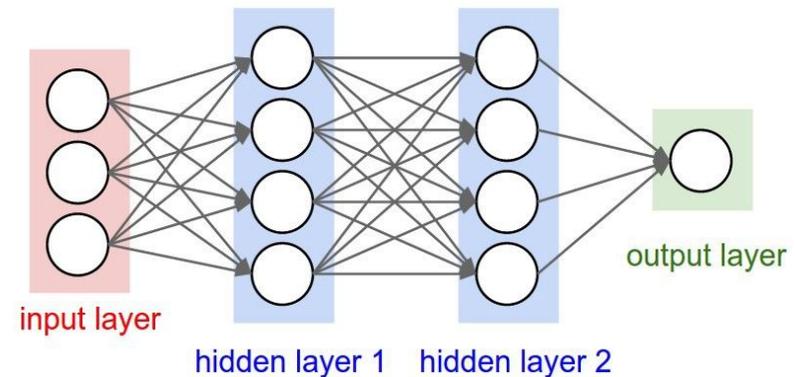
Les différentes approches:



**Machine learning**



**Deep learning**



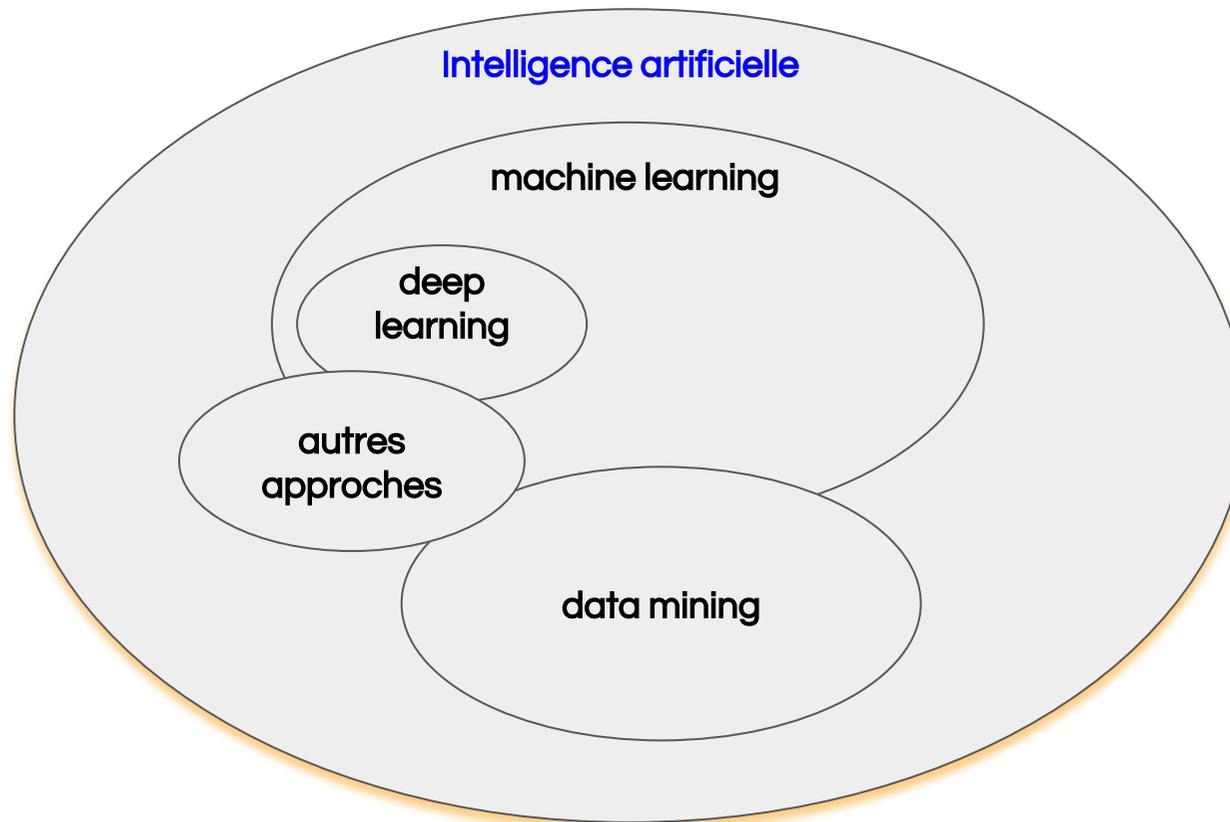
**Autres approches ...**

# Intelligence Artificielle

Notion de base

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

## Structuration

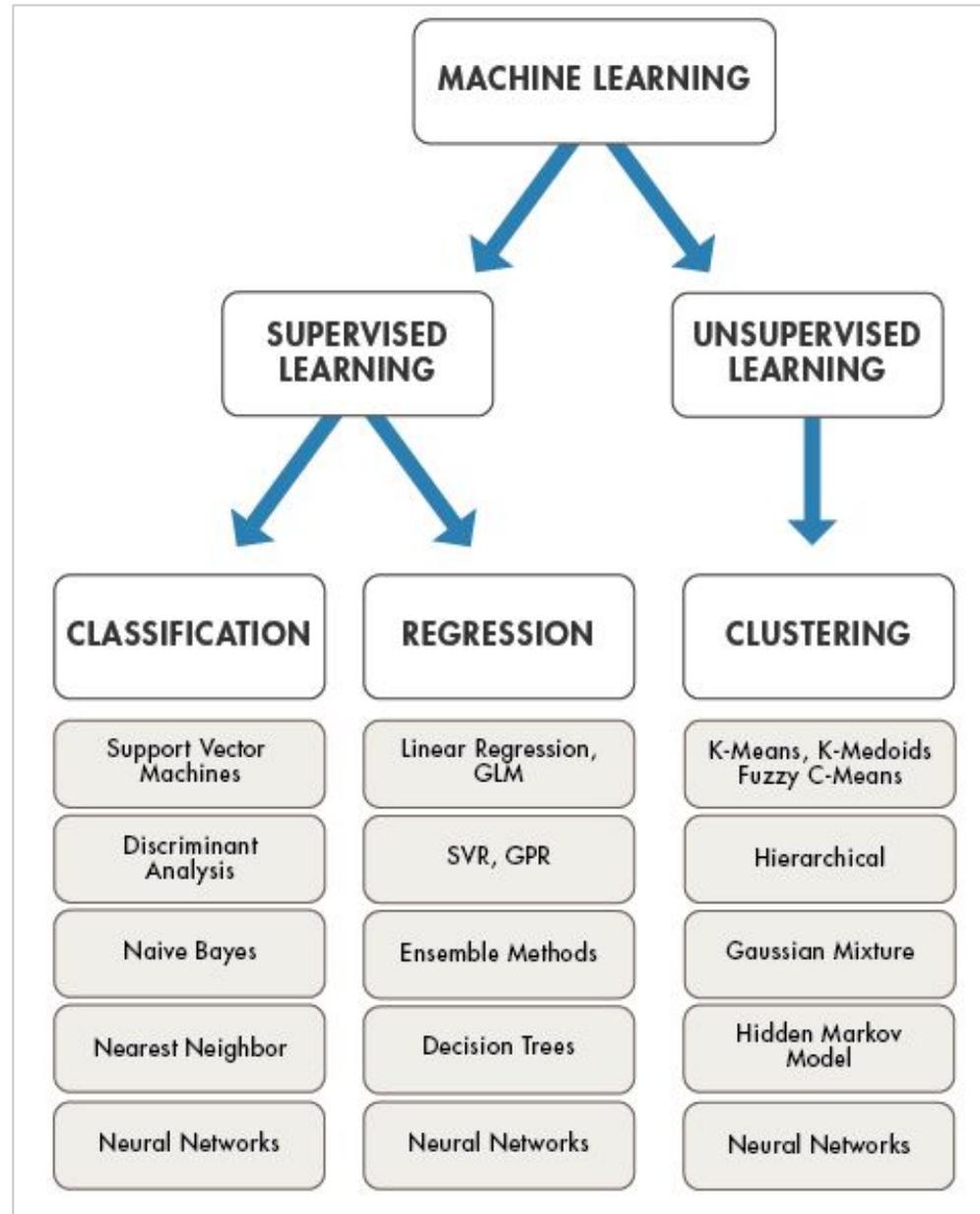


# Intelligence Artificielle

## Notion de base

<https://fr.mathworks.com/help/stats/machine-learning-in-matlab.html>

## Structuration

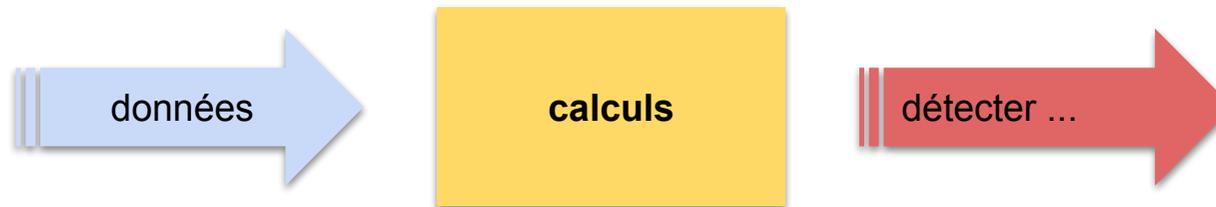


# Intelligence Artificielle

Notion de base / Prédiction

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

Prédiction dans le **présent** ⇒ analyser, classifier, identifier, traduire ...

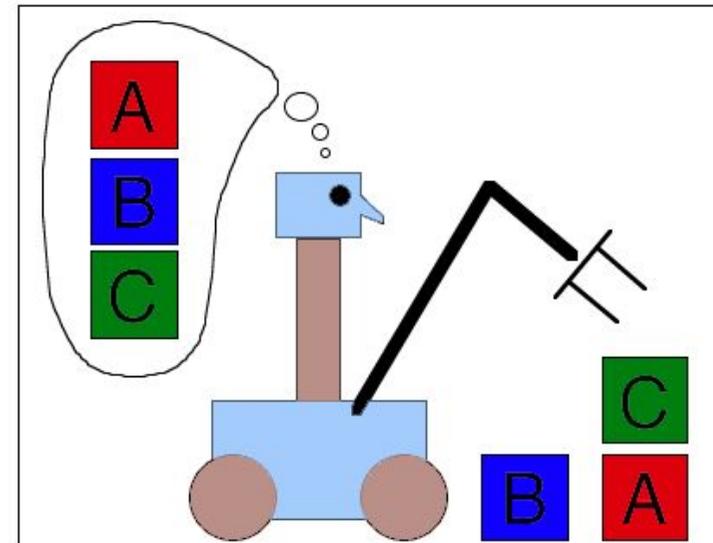
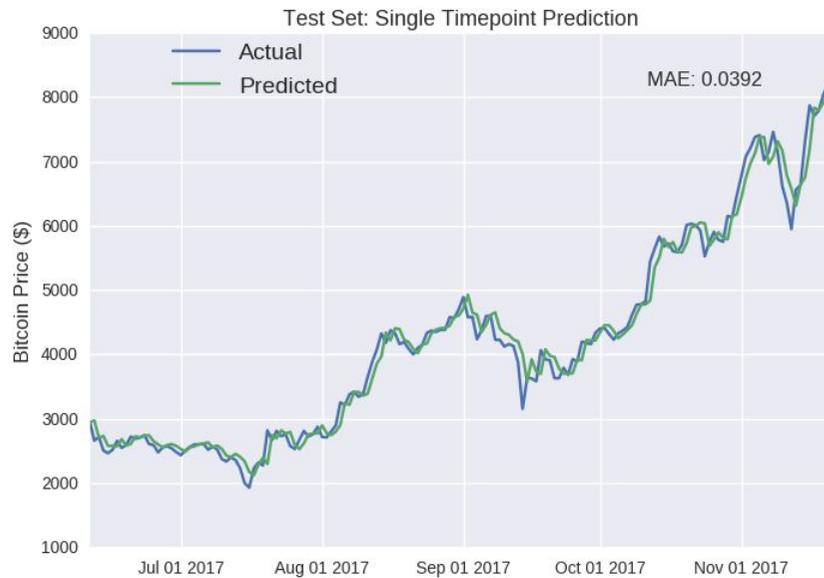
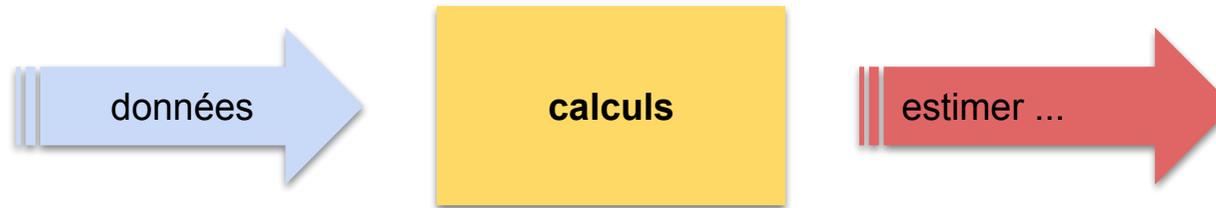


# Intelligence Artificielle

Notion de base / Prédiction

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

Prédiction dans le futur  $\Rightarrow$  estimer, planifier ...



# Intelligence Artificielle

## Modèle

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

L'IA s'appuie sur des modèles:

- Le **modèle** est une **proposition mathématique** qui permet de résoudre un problème que l'on observe,
- Le **modèle** ne donne **pas toujours une solution exacte**, il existe une **erreur** plus ou moins importante qu'il faut **minimiser**,
- Le modèle ne reflète pas toujours la réalité.

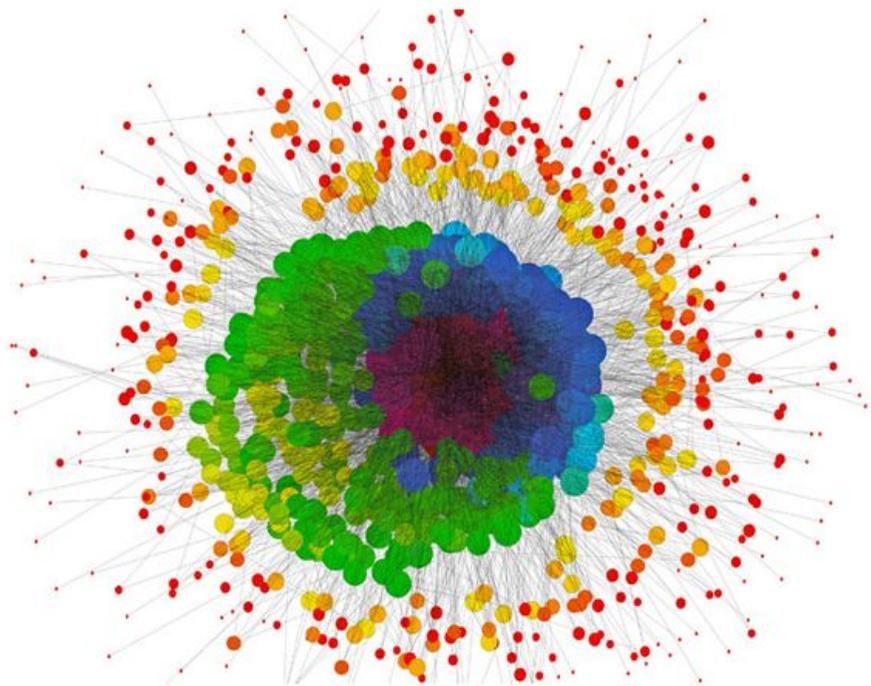
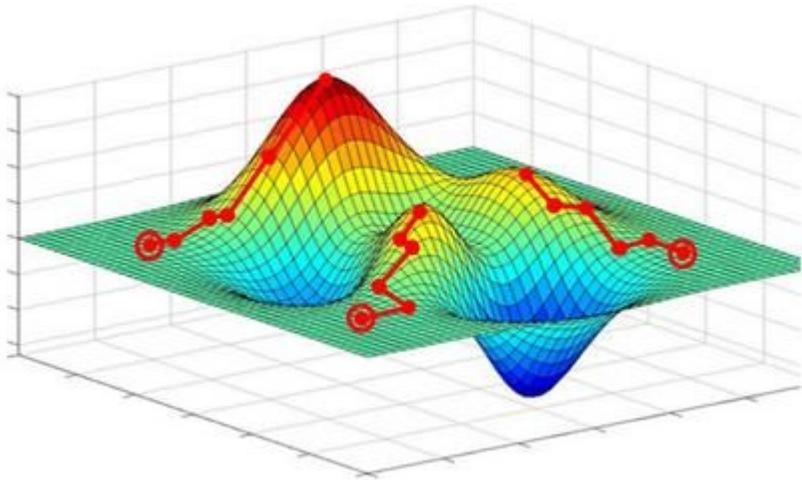
# Intelligence Artificielle

## Modèle

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

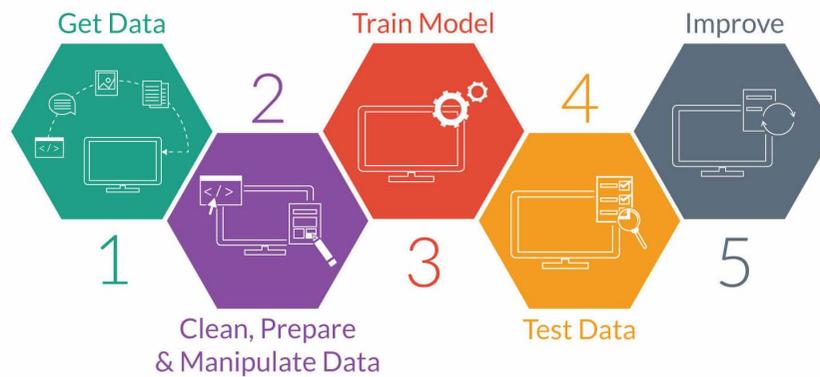
L'IA s'appuie sur des modèles:

- Il n'existe **pas de modèle unique** pour résoudre un problème,
- Le modèle peut être parfois **très complexe**.



# Intelligence artificielle

## Apprentissage automatique (Machine learning)



# Machine Learning

## Notion

[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Arthur\\_Samuel](https://en.wikipedia.org/wiki/Arthur_Samuel)



## Notion d'apprentissage automatique

“L'apprentissage automatique est la discipline donnant aux ordinateurs la capacité d'apprendre, sans qu'ils soient explicitement programmés.”

Arthur Samuel 1959.

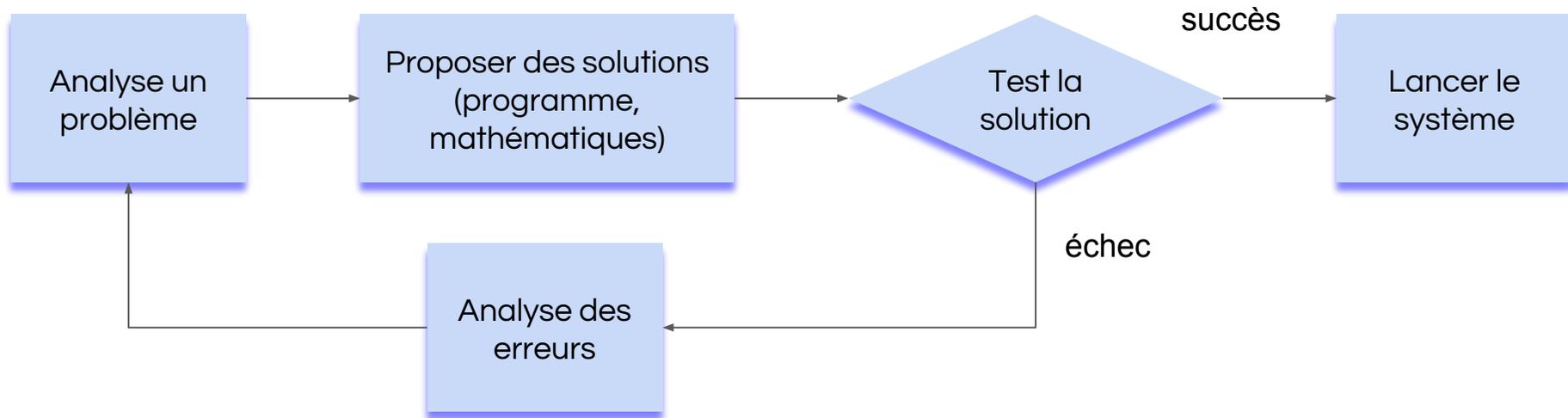
→ L'algorithme va se paramétrer tout seul en fonction des données qu'il va recevoir (langage naturel, écriture, données de capteur ...)

# Machine Learning

Approche habituelle

[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

## Approche habituelle

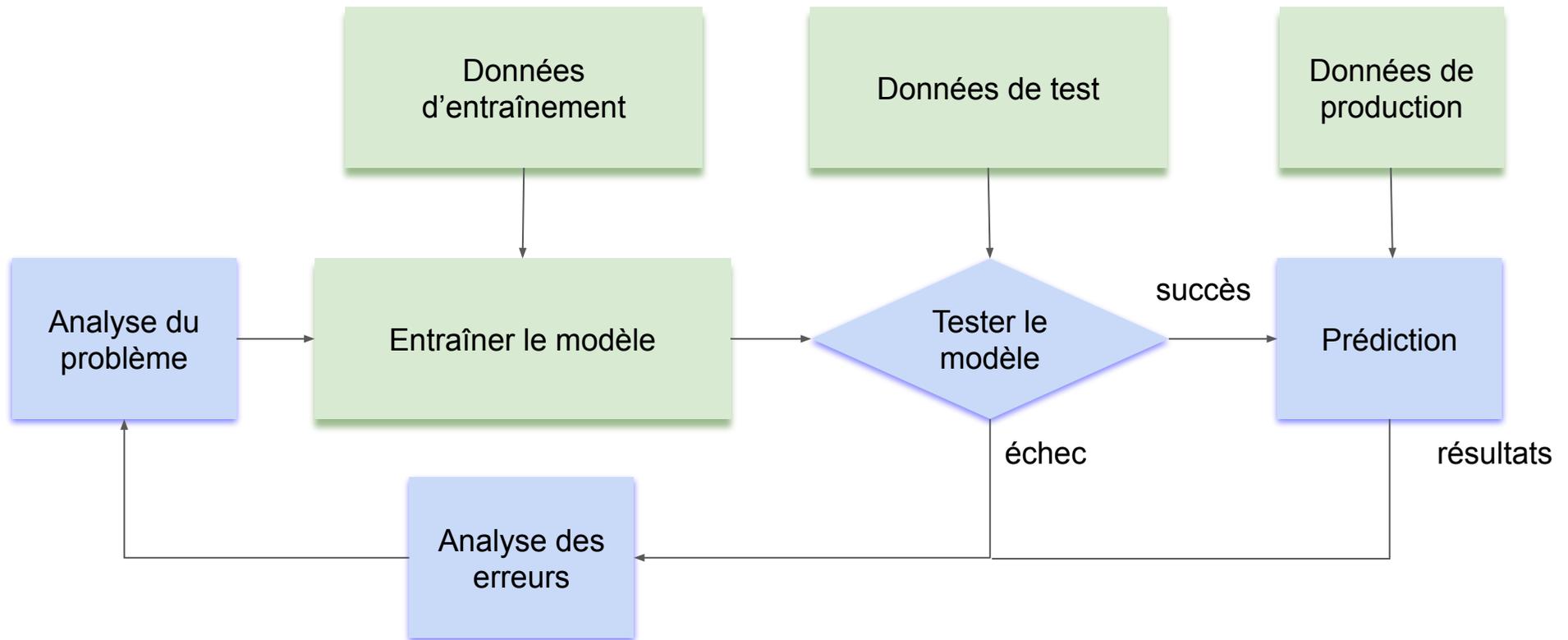


# Machine Learning

Approche machine learning

[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

## Approche Machine Learning



[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

Quelle est l'approche machine learning ?

- 1- Analyser les données,
- 2- Choisir un modèle (linéaire, polynomial ...),
- 3- Les modèles sont entraînés avec des données (data mining), selon un algorithme,
- 4- Estimer l'erreur du modèle et minimiser l'erreur,
- 5- Prédiction avec le modèle,
- 6- Mettre à jour le modèle avec les nouvelles données.

Contraintes:

- Les données doivent être de très bonne qualité
- Le volume des données est important pour entraîner le modèle

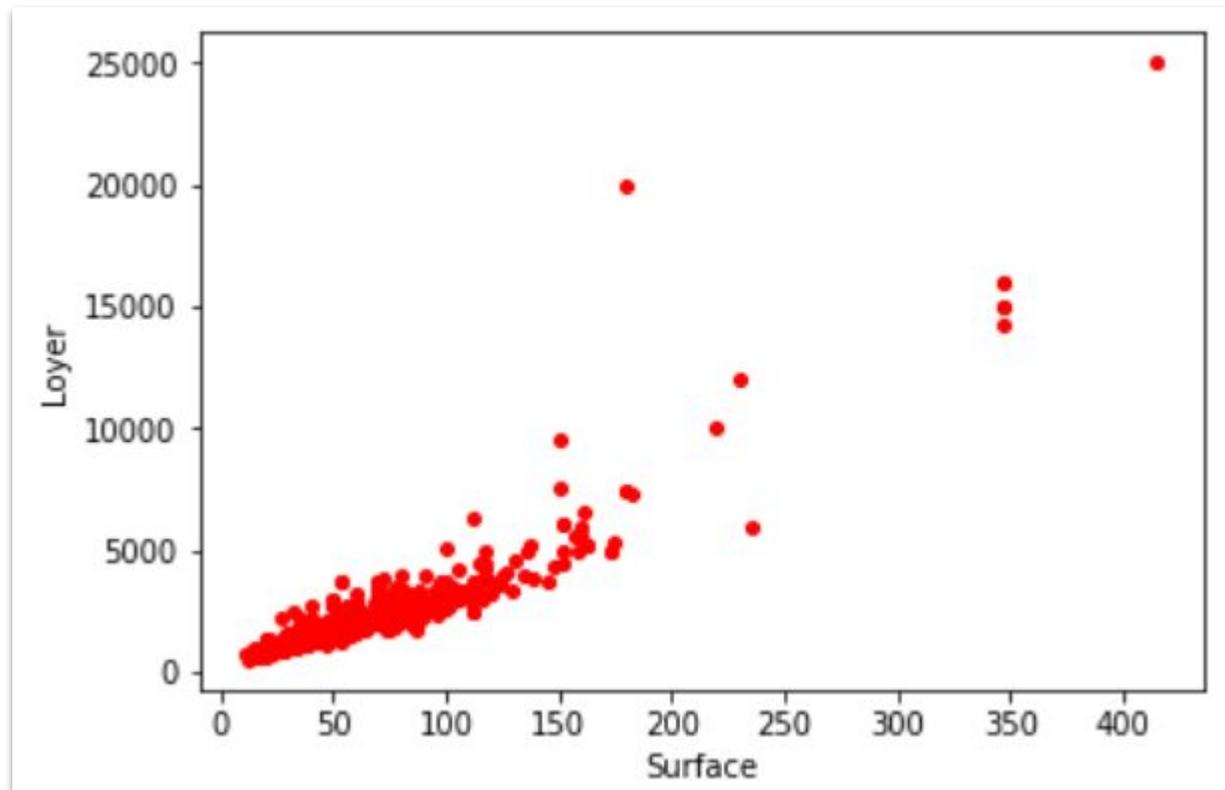
# Machine Learning

## Exemple

[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gression\\_lin%C3%A9aire](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gression_lin%C3%A9aire)

**Exemple de prédiction:** On observe un jeu de données, le prix des loyers en fonction de la surface. On veut prédire le loyer en fonction de la surface ?



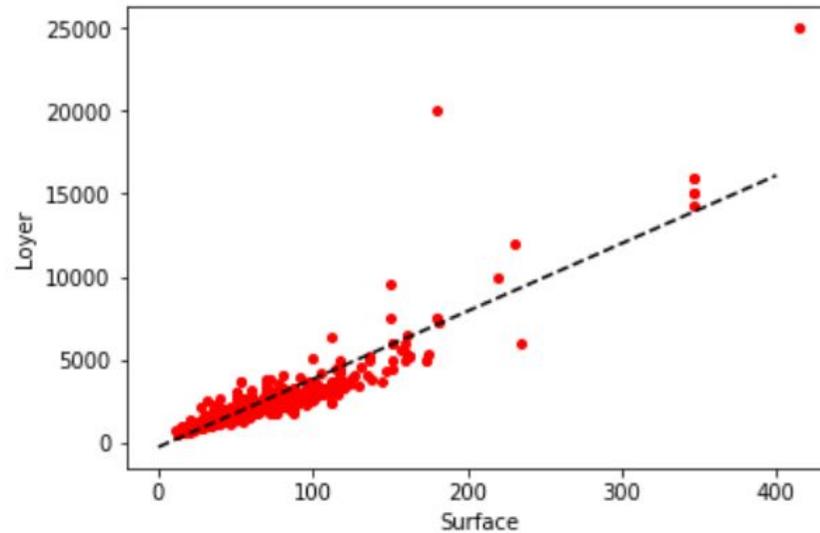
# Machine Learning

## Exemple

[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gression\\_lin%C3%A9aire](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gression_lin%C3%A9aire)

**Exemple de prédiction:** On réalise une régression linéaire simple selon l'équation normale.



### Estimation:

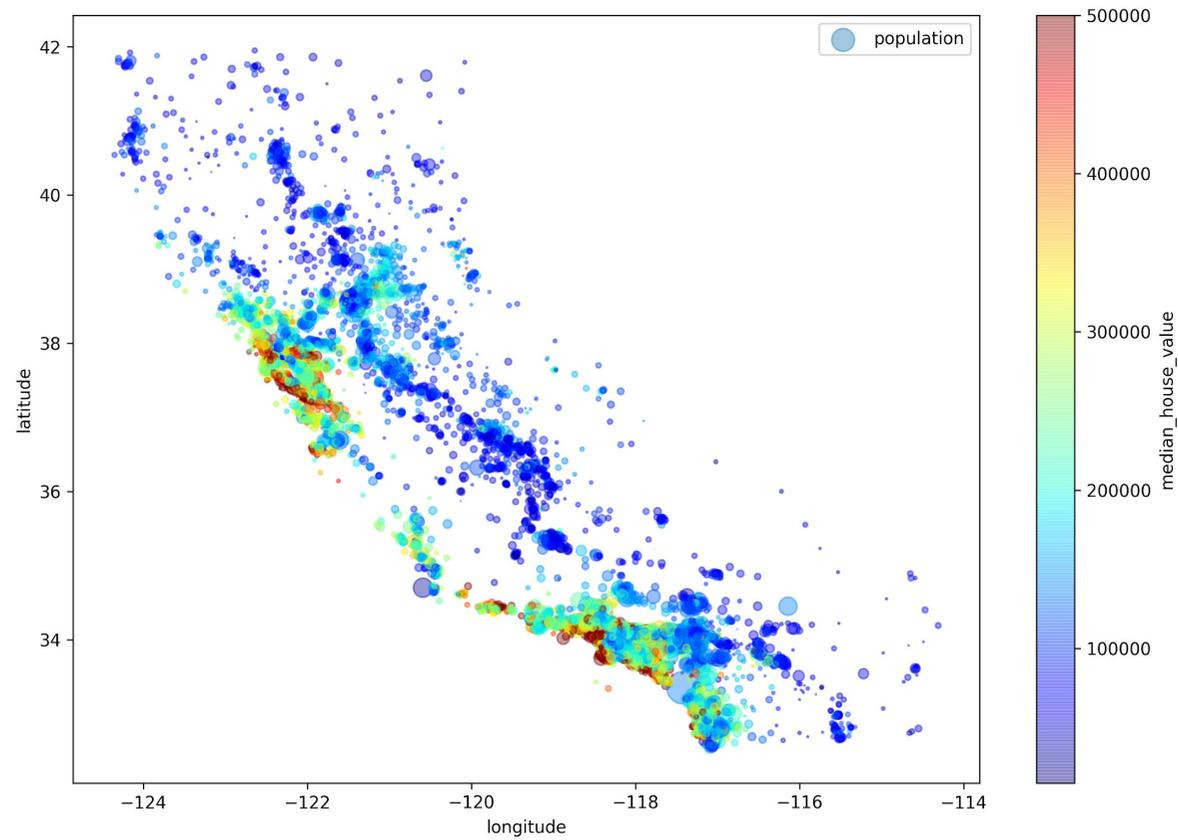
- Quel est le loyer pour 280 m<sup>2</sup> ?
- Quel est la surface pour 12000\$ ?

# Machine Learning

## Exemple

[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

## Exemple de classification: prix fonction de la géolocalisation



# Machine Learning

Domaine

[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

Le ML s'adresse aux domaines suivants:

- Les problèmes pour lesquels les solutions existantes requièrent un **grand nombre d'ajustement manuel**,
- Les problèmes complexes pour lesquelles il n'existe **aucune bonne solution avec une approche traditionnelle**,
- Les systèmes fluctuants,
- L'exploration des **problèmes complexes et des gros volumes de données**.

# Machine Learning

Apprentissage et feedback

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage\\_automatique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_automatique)

L'**apprentissage** est classé avec un niveau de **feedback**:

- Supervisé (avec intervention)
- Non supervisé (sans intervention)
- Semi-supervisé
- Avec renforcement

# Machine Learning

## Apprentissage supervisé

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage\\_supervis%C3%A9](https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_supervis%C3%A9)

### Supervisé / Principe :

Identifier le prix en fonction de la marque, moteur, modèle:  $y = f(X1, X2, X3)$

Prix	Marque	Puissance Moteur	Modèle
100000	Ferrari	500	F1
3000	Citroen	2	2CV
400000	Porsche	460	C1
<b>TARGET</b>	<b>FEATURES</b>		
y	X1	X2	X3

# Machine Learning

## Apprentissage supervisé

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage\\_supervis%C3%A9](https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_supervis%C3%A9)

### Supervisé :

- **Prédire** une valeur cible à partir d'autres données (feature)  $y=f(x_1, x_2, x_3)$

### Entraînement:

- Trouver les paramètres du modèle  $y=f(x_1, x_2, x_3)$  pour minimiser la fonction coût

### Dataset:

- $y$ : target ;  $x$ : feature

### Exemple:

- Classification de mail comme spam ou non spam ...

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage\\_supervis%C3%A9](https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_supervis%C3%A9)

### Modèles Supervisés

- K plus proches voisins
- Régression linéaire
- Régression logistique
- Machine à vecteur de support
- Arbres de décision et forêts aléatoires
- Réseau de neurone
- Bayésien ...

# Machine Learning

Apprentissage non supervisé ou prédictif

[https://en.wikipedia.org/wiki/Unsupervised\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Unsupervised_learning)

<https://www.industrie-techno.com/yann-lecun-facebook-l-apprentissage-predictif-est-le-grand-defi-scientifique-de-l-intelligence-artificielle.43641>

**Modèles non supervisés:** Le système doit apprendre **sans intervention**.

## Entraînement:

- Les données d'apprentissage ne sont pas "étiquetées". La machine observe ce qui passe dans le monde...

## Exemple:

- Classification, prédiction, détection d'anomalies

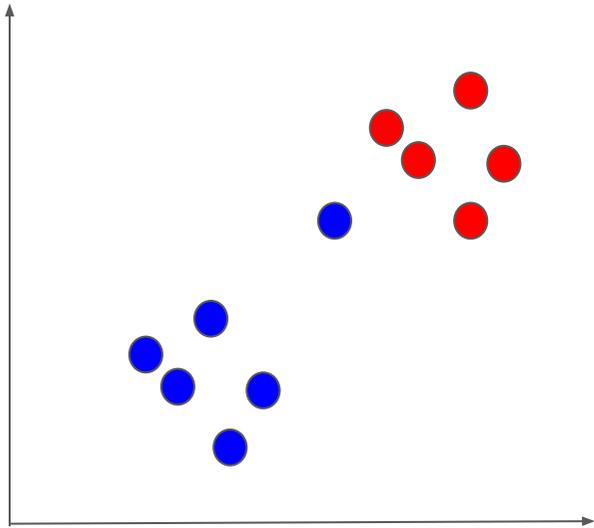
# Machine Learning

Apprentissage non supervisé ou prédictif

[https://en.wikipedia.org/wiki/Unsupervised\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Unsupervised_learning)

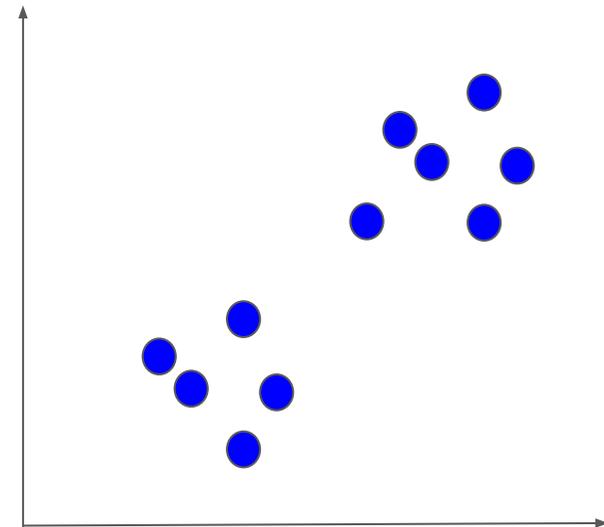
<https://www.industrie-techno.com/yann-lecun-facebook-l-apprentissage-predictif-est-le-grand-defi-scientifique-de-l-intelligence-artificielle.43641>

## Supervisé



Données associées à des labels différents

## Non Supervisé



Aucune information sur les données:  
association à des groupes

# Machine Learning

Apprentissage non supervisé ou prédictif

[https://en.wikipedia.org/wiki/Unsupervised\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Unsupervised_learning)

<https://www.industrie-techno.com/yann-lecun-facebook-l-apprentissage-predictif-est-le-grand-defi-scientifique-de-l-intelligence-artificielle.43641>

## Modèles non supervisés

### - Partitionnement

- K-moyennes
- Partitionnement hiérarchique
- Maximum de vraisemblance
- Réseau de neurone

### - Visualisation et réduction de dimension

- Analyse en composantes principales et à noyaux
- Plongement localement linéaire
- Méthode t-SNE

# Machine Learning

## Apprentissage semi-supervisé

[https://en.wikipedia.org/wiki/Semi-supervised\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Semi-supervised_learning)

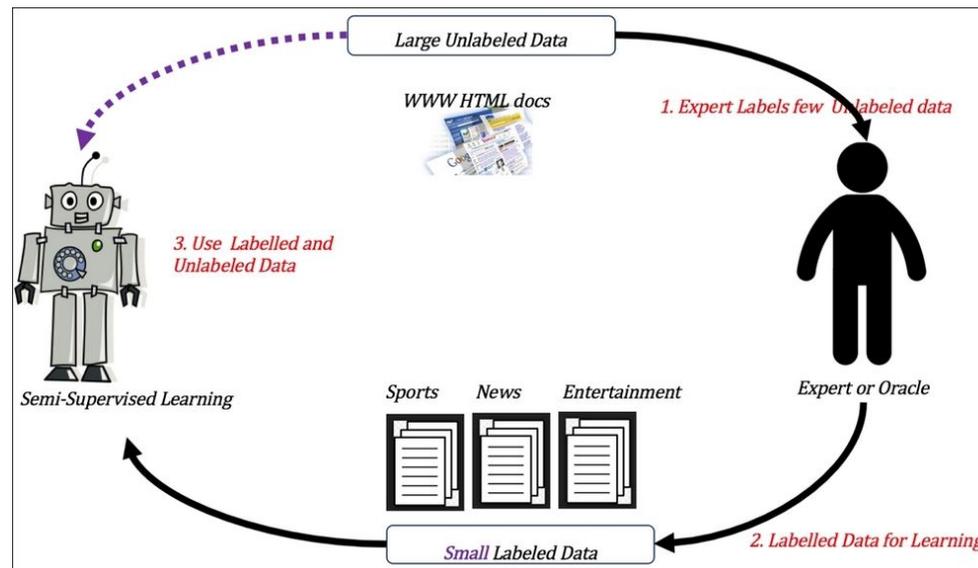
**Modèles semi-supervisés** : Le système doit apprendre avec une aide limitée.

### Entraînement:

- Les données partiellement "étiquetées" avec majoritairement des données sans étiquette.

### Exemple:

- Classification d'image: reconnaissance d'une personne parmi d'autres.



# Machine Learning

## Apprentissage semi-supervisé

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine\\_de\\_Boltzmann\\_restreinte](https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_de_Boltzmann_restreinte)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Semi-supervised\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Semi-supervised_learning)

## **Modèles semi-supervisés**

Combinaison l'algorithme d'apprentissage supervisé et non supervisé:

- Deep Belief (DBN)
- Machine de Boltzmann
- Réseau de neurone

# Machine Learning

## Apprentissage par renforcement

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage\\_par\\_renforcement](https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_par_renforcement)

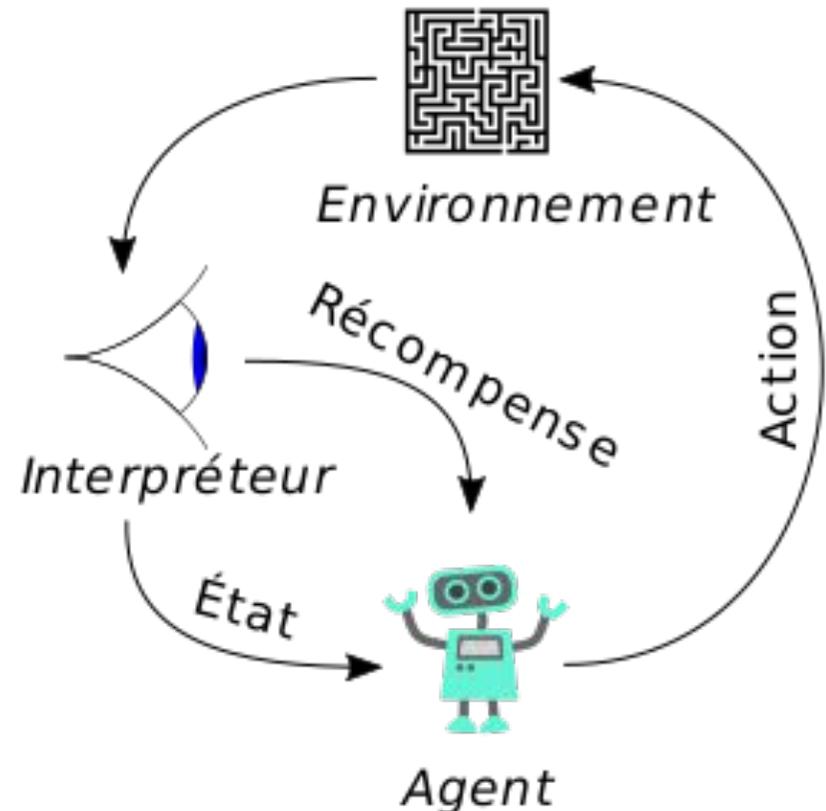
**Modèles par renforcement** : Le système apprend avec un agent qui observe l'environnement. Il accomplit des tâches et obtient des récompenses ou pénalités. Il en déduit alors la meilleure stratégie pour avoir un maximum de récompense.

### Entraînement:

- Les données étiquetées et non étiquetées.

### Exemple:

- Jeux Alpha Go DeepMind



# Machine Learning

Autres apprentissages

[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

## Type d'apprentissage:

### **Apprentissage groupé hors ligne:**

- Le système est incapable d'apprendre progressivement
- Le système est entraîné puis mis en production

### **Apprentissage en ligne:**

- Entraînement progressif
- Apprentissage en flux continu

# Machine Learning

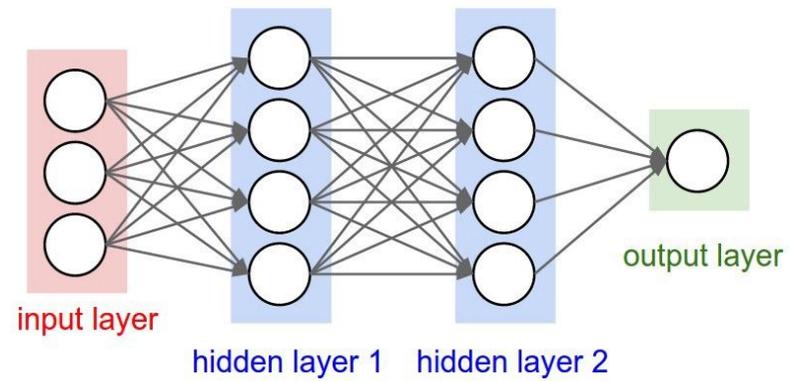
## Bilan

[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

- Chaque apprentissage possède des avantages et inconvénients (convergence, erreur, temps de calcul ...),
- Il faut étudier un ou plusieurs apprentissages pour répondre à un problème donné,
- Tous les systèmes peuvent utiliser le ML grâce au cloud computing,
- Les systèmes embarqués même de faible capacité utilisent le ML ...

# Intelligence artificielle

## Apprentissage profond (Deep learning)

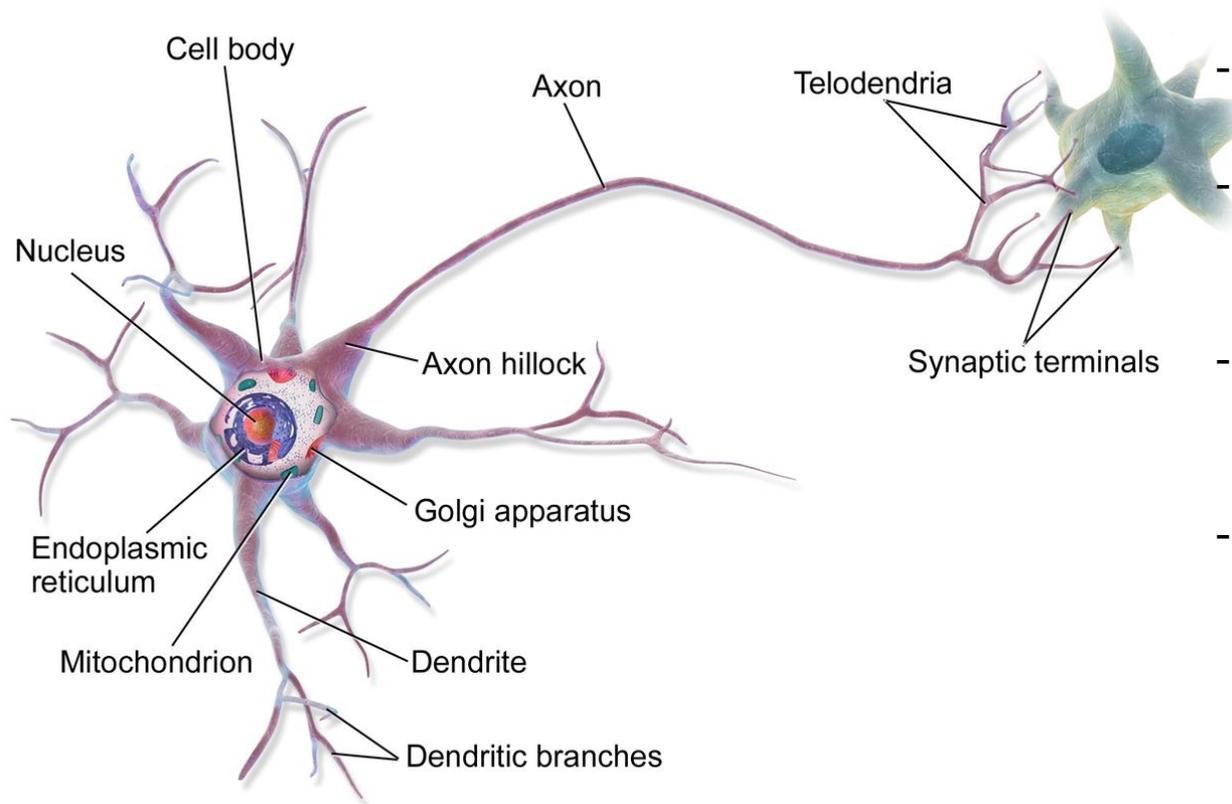


# Deep learning

## Neurone biologique

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

## Neurone biologique



- Cellule du cerveau,
- Les informations circulent entre les neurones grâce aux synapses,
- Les neurones sont organisés en réseau de milliard de neurone,
- Le réseau est organisé sous forme de couche successive.

# Deep learning

## Définition

[https://en.wikipedia.org/wiki/Deep\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning)

## Définition

- Fait parti de la famille Machine Learning, algorithmes en commun,
- Utilise les principes du cerveau biologique,
- Apprentissage automatique: supervisé et non supervisé,
- “Deep”: Nombre important de couche de neurone.

# Deep learning

## Définition

[https://en.wikipedia.org/wiki/Deep\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning)

## Deep learning

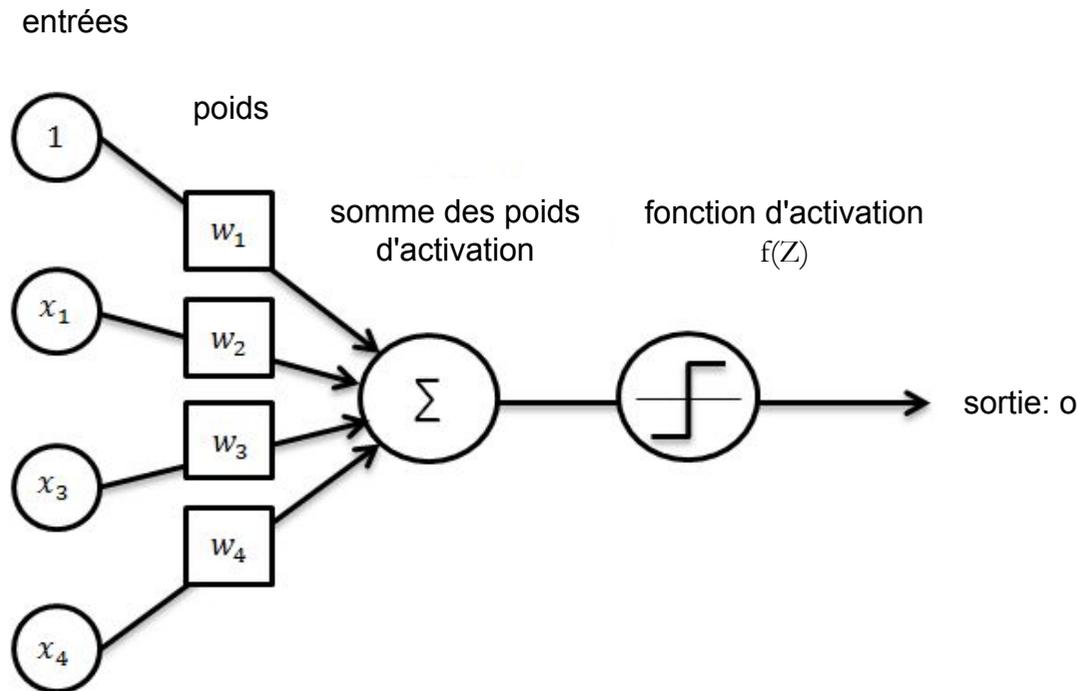
- Comportement polyvalent et extensible,
- Tâches d'apprentissage extrêmement complexes:
  - classification d'image,
  - reconnaissance vocale,
  - analyse de vidéo ...

# Deep learning

## Perceptron

<https://en.wikipedia.org/wiki/Perceptron>

## Neurone informatique, le perceptron (F. Rosenblatt 1957)



un classifieur linéaire à seuil

$$o = f(z) = \begin{cases} 1 & \text{si } \sum_{i=1}^n w_i x_i > \theta \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$\theta$  : seuil

Yann LeCun, pionnier de l'« apprentissage profond »:  
“un modèle extrêmement simplifié de la réalité biologique”

# Deep learning

## Apprentissage

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

Apprentissage =

- **Ajuster** les **paramètres** internes de chaque neurone pour que le réseau réponde correctement.

Trouver les poids + Trouver les seuils

$$o = f(z) = \begin{cases} 1 & \text{si } \sum_{i=1}^n w_i x_i > \theta \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$\theta$  : seuil

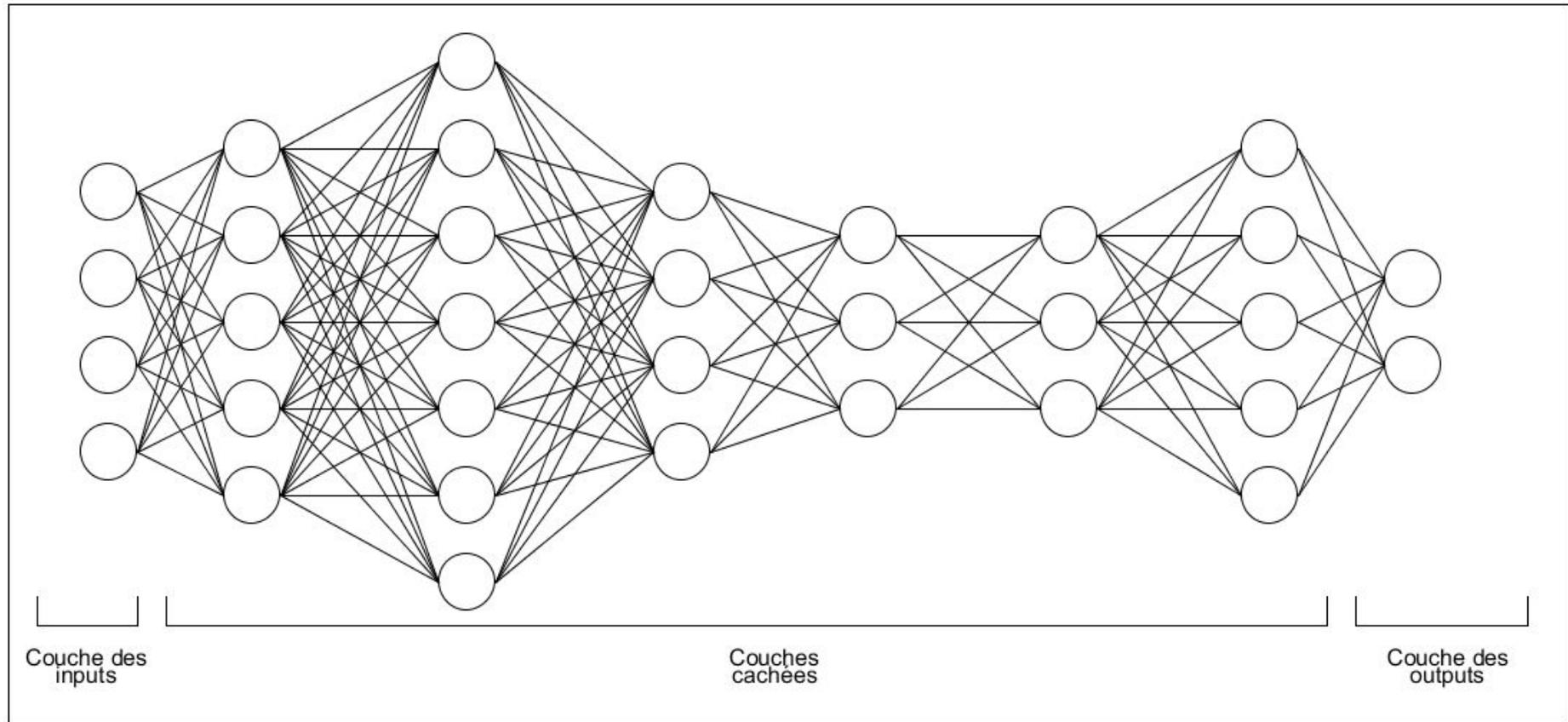
- **Ajuster** les **hyperparamètres** (profondeur du réseau, nombre de neurones, jeux de données ...).

# Deep learning

## Réseau de neurone

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

## Réseau de neurone

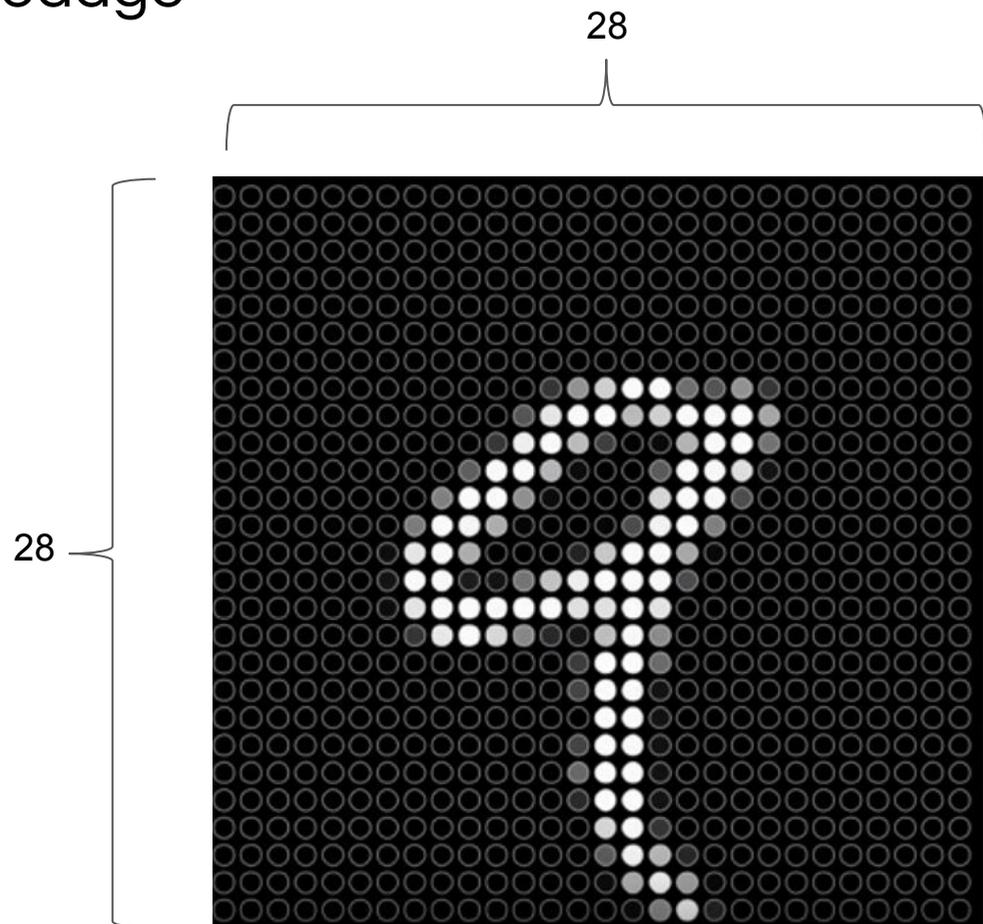


# Deep learning

## Reconnaissance d'image

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

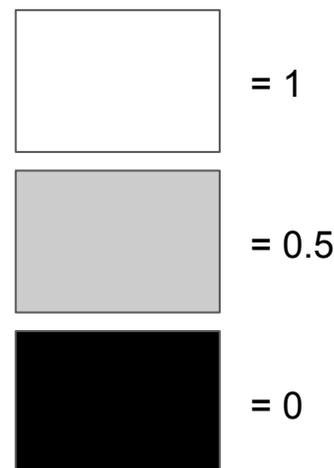
### Codage



Nombre de pixels:

$$28 \times 28 = 784$$

Codage des pixels:  $0 \leq \text{codage} \leq 1$

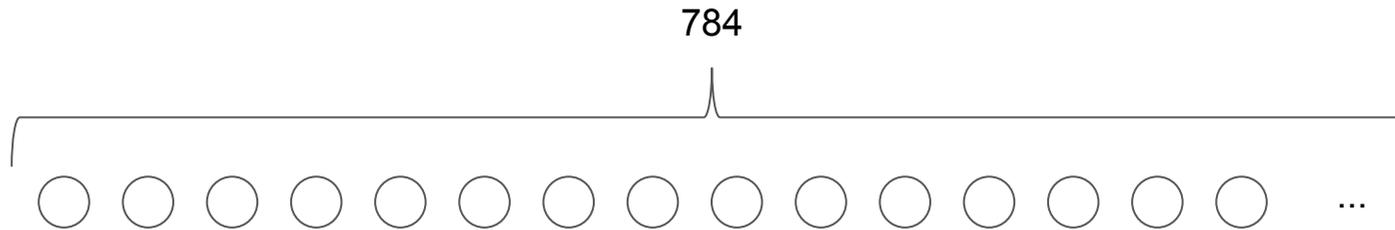


# Deep learning

## Reconnaissance d'image

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

Entrée du réseau: **28 x 28 = 784 pixels**



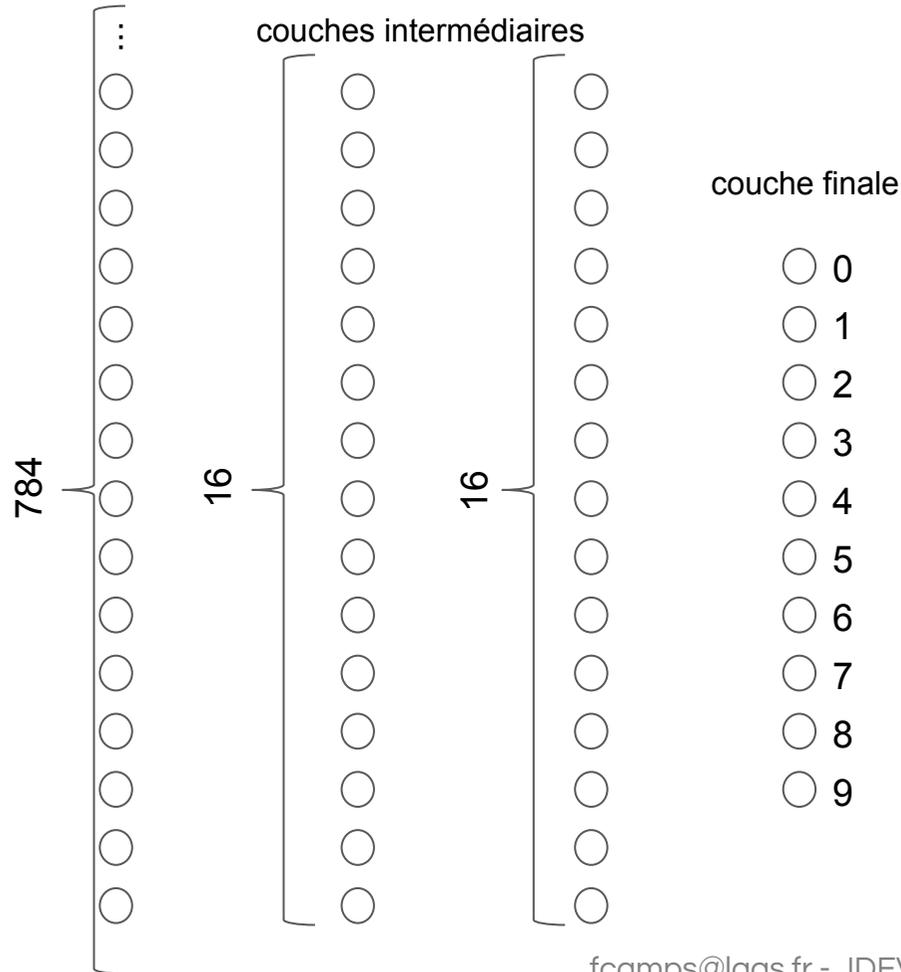
# Deep learning

## Reconnaissance d'image

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

## Organisation du réseau

couche d'entrée n'opère pas



Nombre de connexion:

$$784 \times 16 + 16 \times 16 + 16 \times 10 = 12544$$



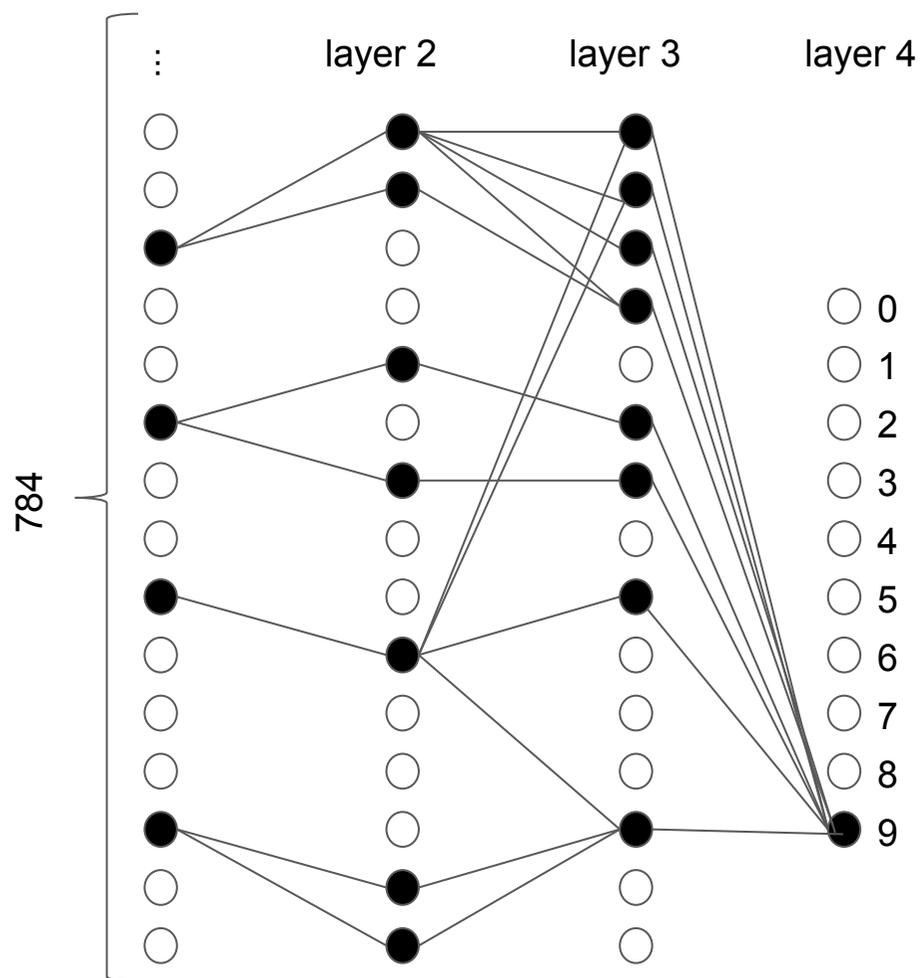
Activation entre 0.5 et 1.0 du neurone.

# Deep learning

Reconnaissance d'image

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

## Activation en série



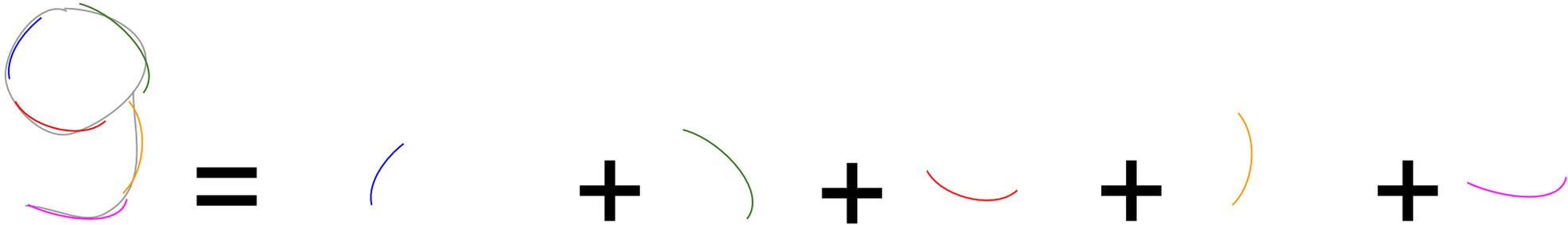
Activation entre 0.5 et 1.0 du neurone.

# Deep learning

## Reconnaissance d'image

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

### Décomposition du layer 2

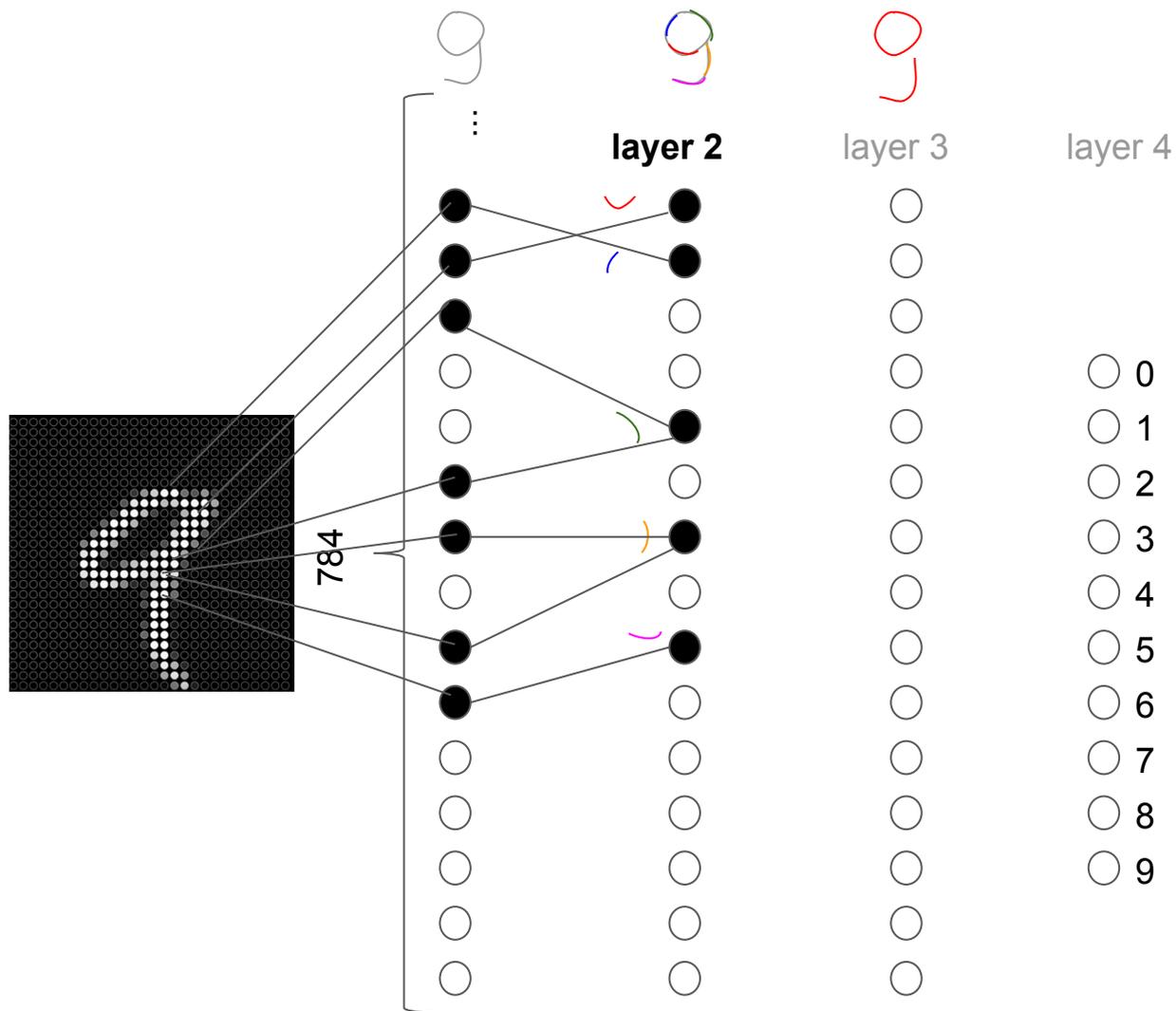


# Deep learning

## Reconnaissance d'image

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

### Décomposition du layer 2

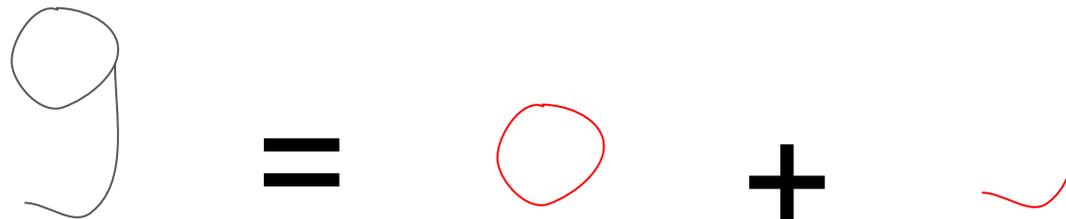


# Deep learning

Réseau de neurone / Reconnaissance d'image

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

## Décomposition du layer 3

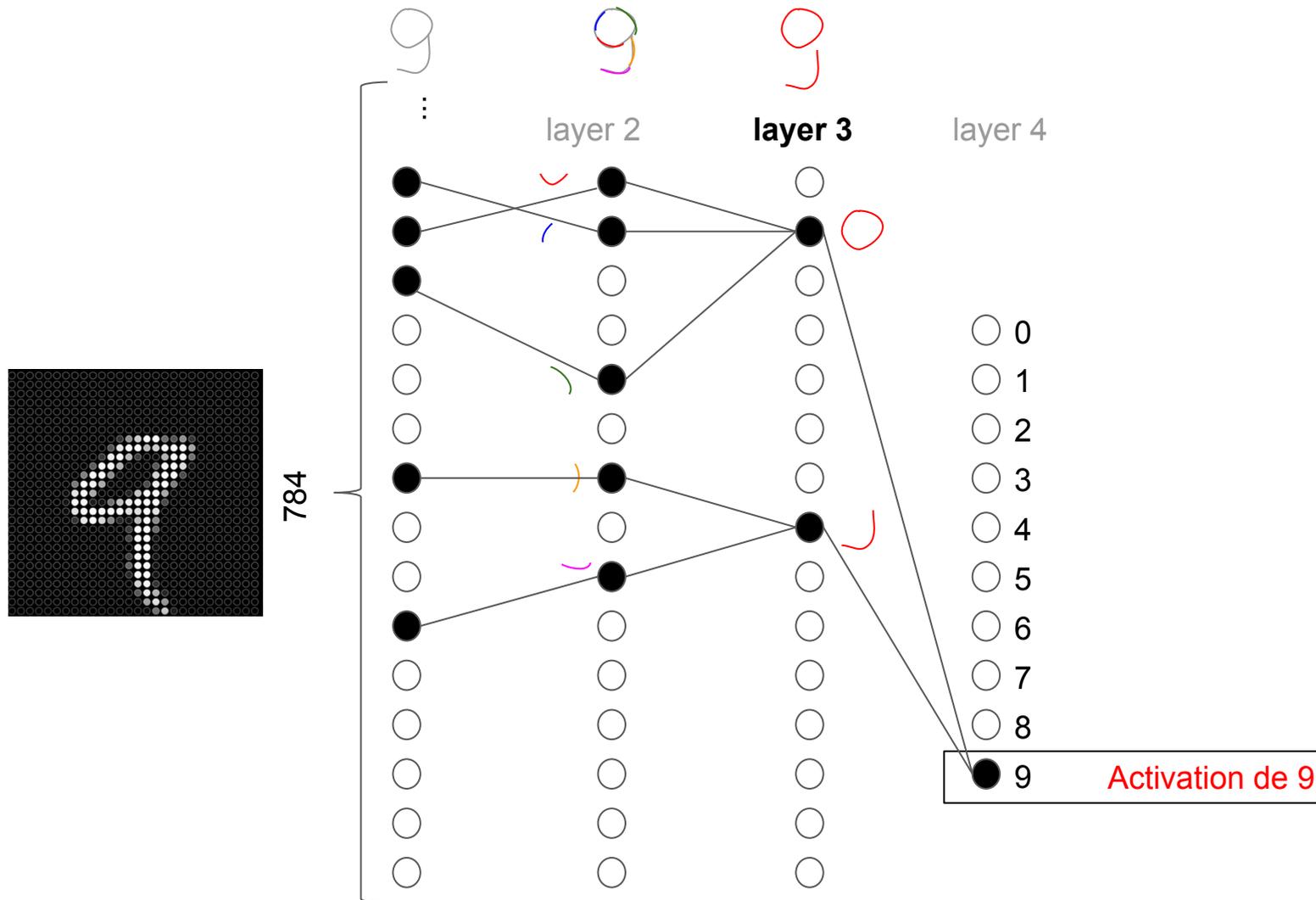


# Deep learning

Réseau de neurone / Reconnaissance d'image

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

## Décomposition du layer 3



# Deep learning

Réseau de neurone / Reconnaissance d'image

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

Exemple: CaptionBot de Microsoft <https://www.captionbot.ai/>

I think it's a man wearing a suit and tie and he seems 😊.



~OK

I think it's a group of orange flowers.



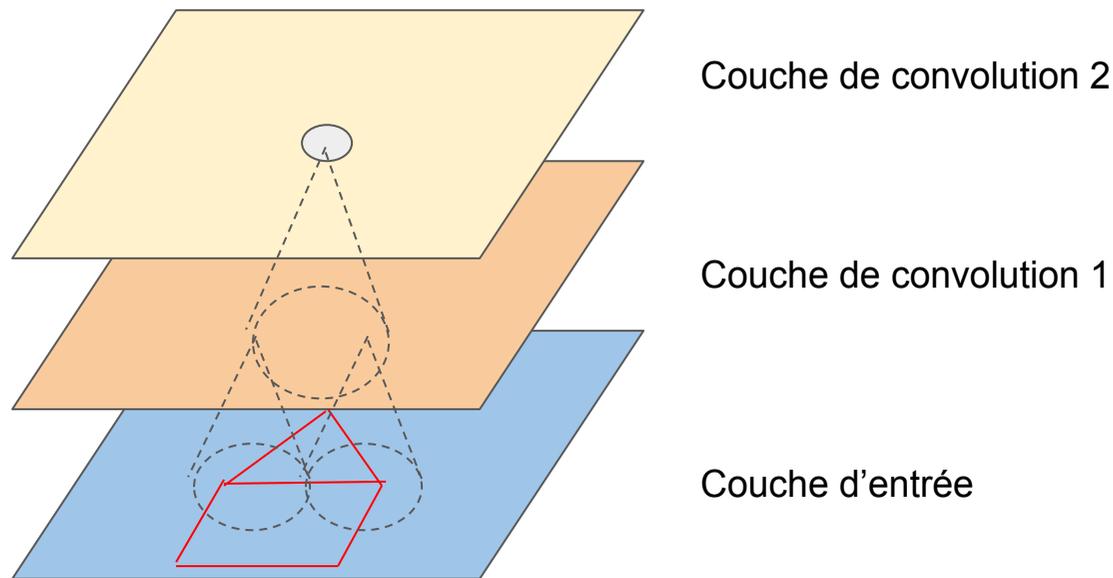
KO

# Deep learning

Réseau de neurone / Convolutional NN

[https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional\\_neural\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network)

- Inspiré par le cortex visuel des animaux, études menées en 1958 et 1959,
- Les neurones du cortex visuel possèdent un petit champ récepteur local,
- Permet de détecter toutes sortes de motifs complexes dans tout le champ visuel.



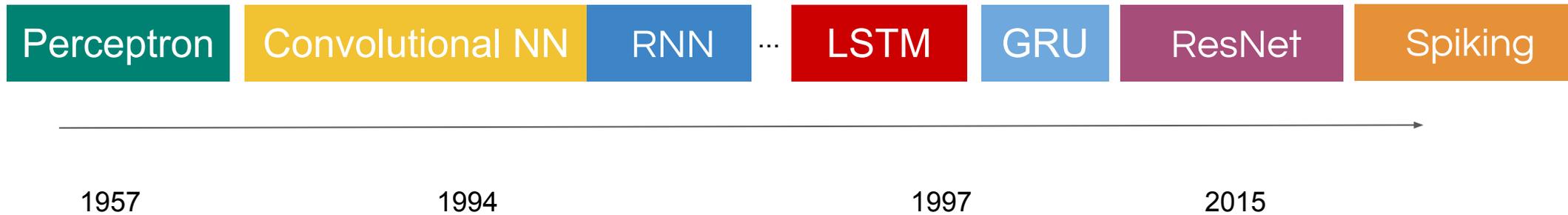
# Deep learning

Réseau de neurone / Evolution

<http://dataconomy.com/2017/04/history-neural-networks/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Gated\\_recurrent\\_unit](https://en.wikipedia.org/wiki/Gated_recurrent_unit)

## Evolution et spécialisation des réseaux

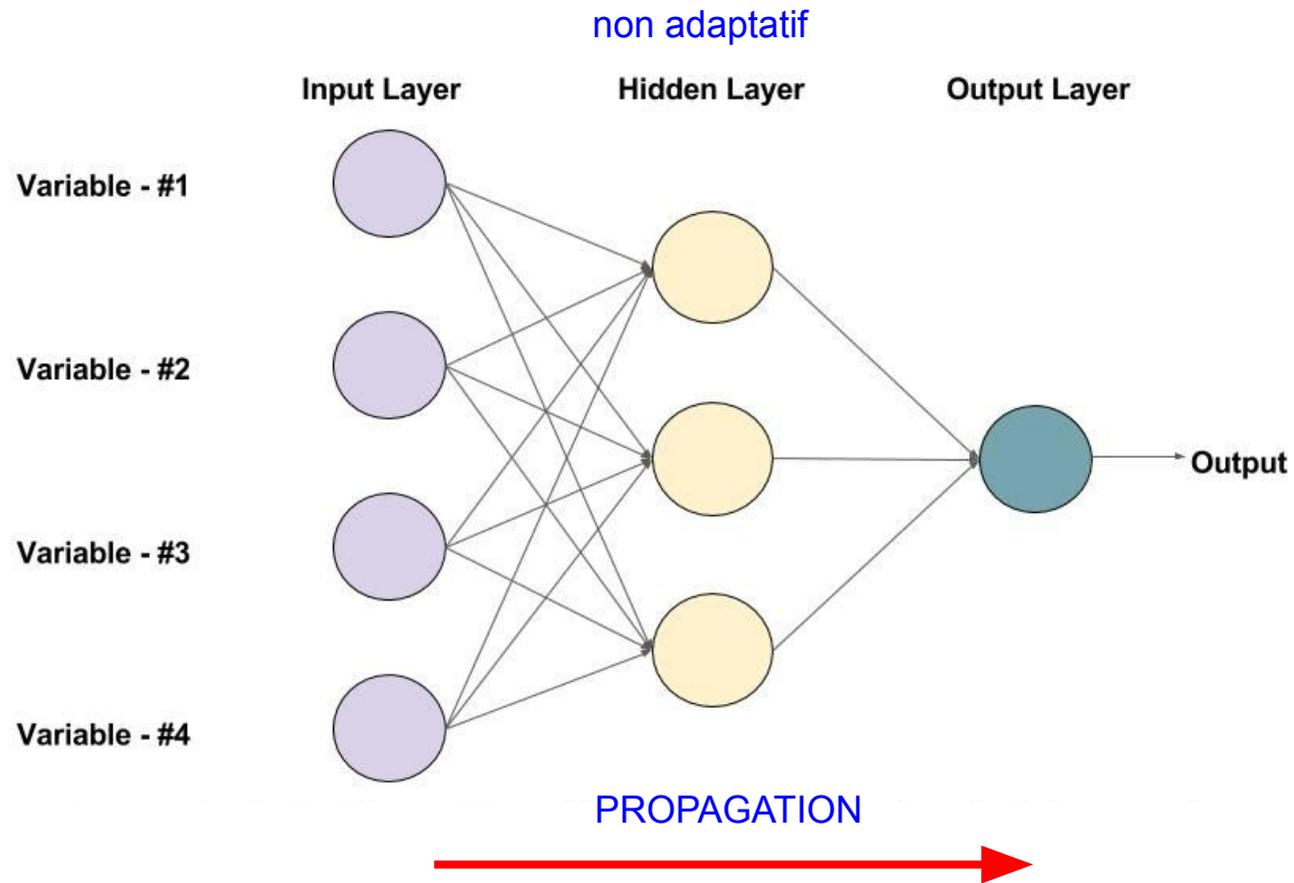


# Deep learning

Réseau de neurone / Evolution

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

## Evolution: 1ere génération (1960's)

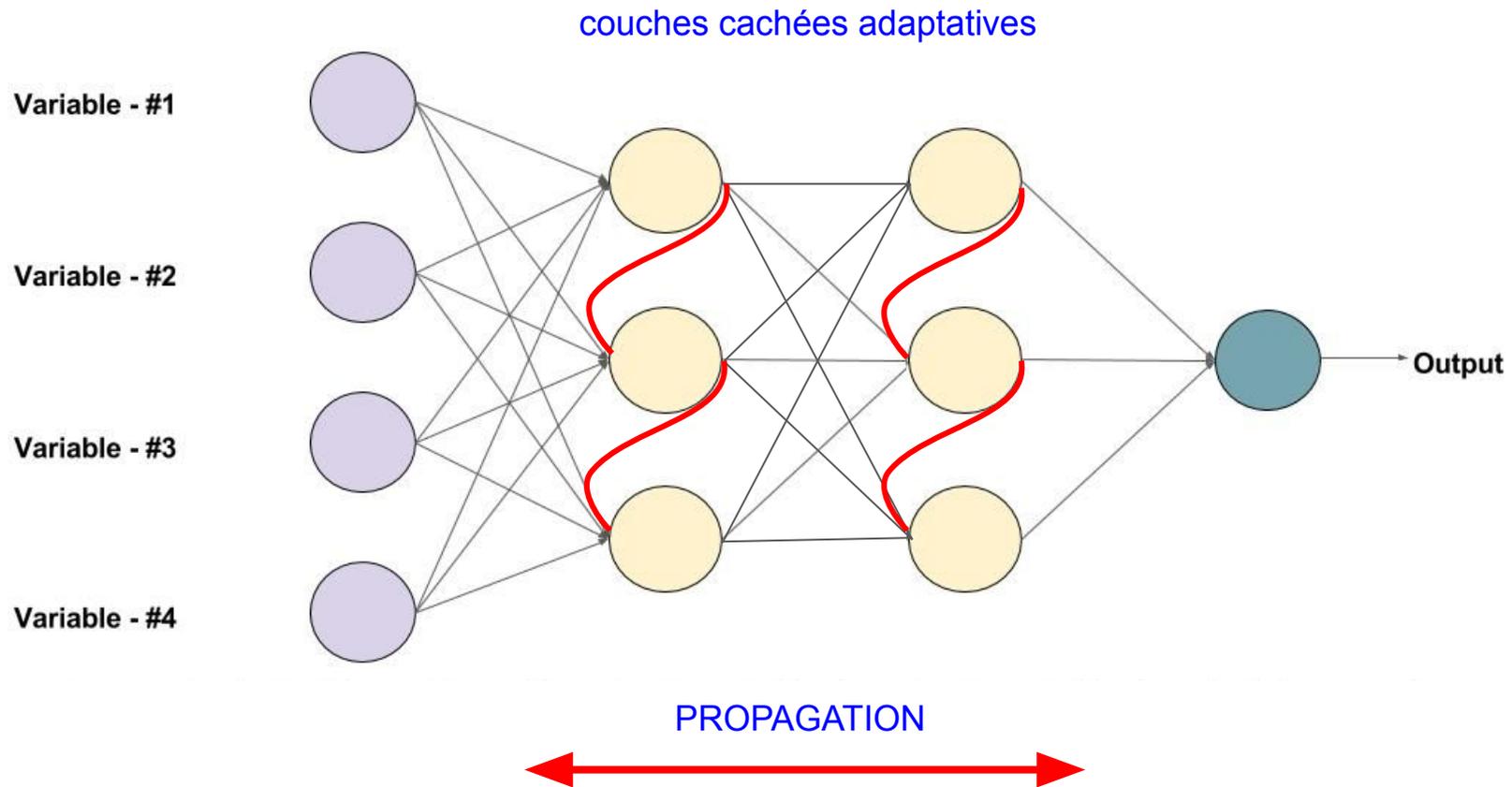


# Deep learning

Réseau de neurone / Evolution

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

Evolution: 2e et 3e génération (1985, 2000), autoencoder, prédiction temporelle, récursif ...



# Deep learning

Réseau de neurone / Evolution

<https://towardsdatascience.com/spiking-neural-networks-the-next-generation-of-machine-learning-84e167f4eb2b>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Spiking\\_neural\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Spiking_neural_network)

## Evolution: 4e génération (aujourd'hui), [Spiking neural network](#)

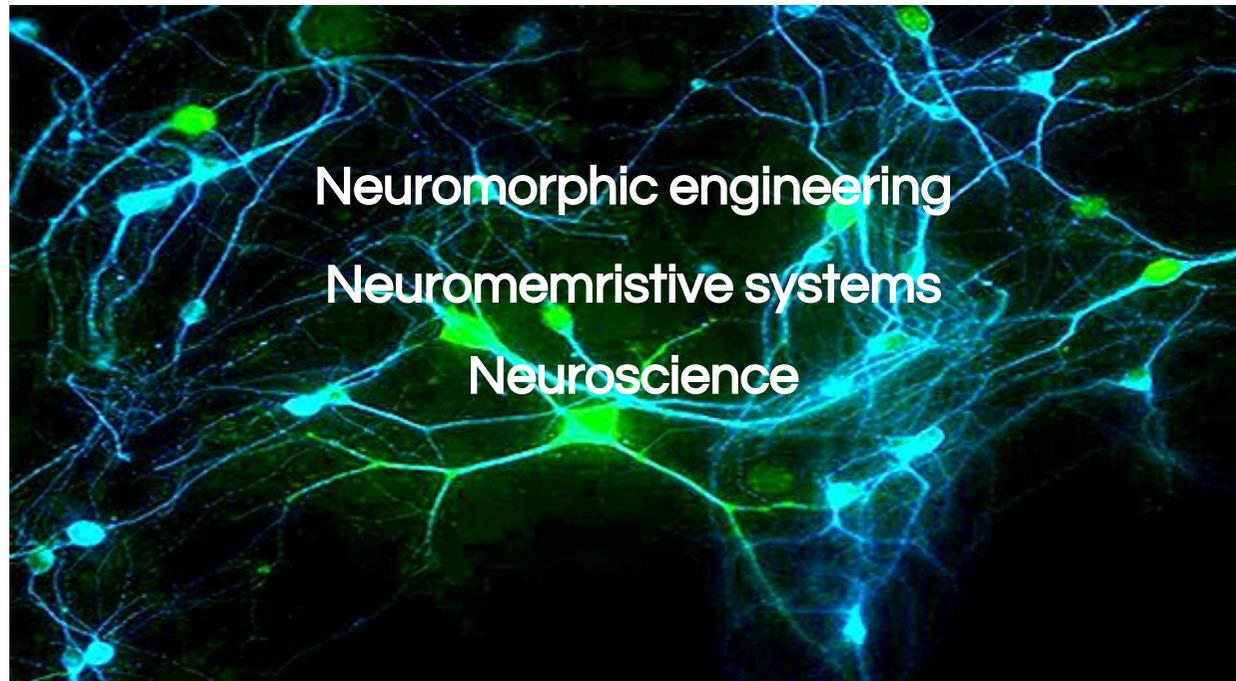
- Combler le fossé entre la [neuroscience](#) et l'apprentissage automatique,
- Des événements [discrets](#) qui ont lieu à des moments précis, plutôt que des valeurs continues,
- L'occurrence d'un pic est déterminée par [des équations différentielles](#) qui représentent divers processus biologiques,
- Proche du fonctionnement des neurones biologique mais la complexité n'est pas encore maîtrisée ...

# Deep learning

Réseau de neurone / Evolution

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Plasticit%C3%A9\\_neuronale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Plasticit%C3%A9_neuronale)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Neuromorphic\\_engineering](https://en.wikipedia.org/wiki/Neuromorphic_engineering)

Evolution: 4e génération (aujourd'hui), **Spiking neural network**

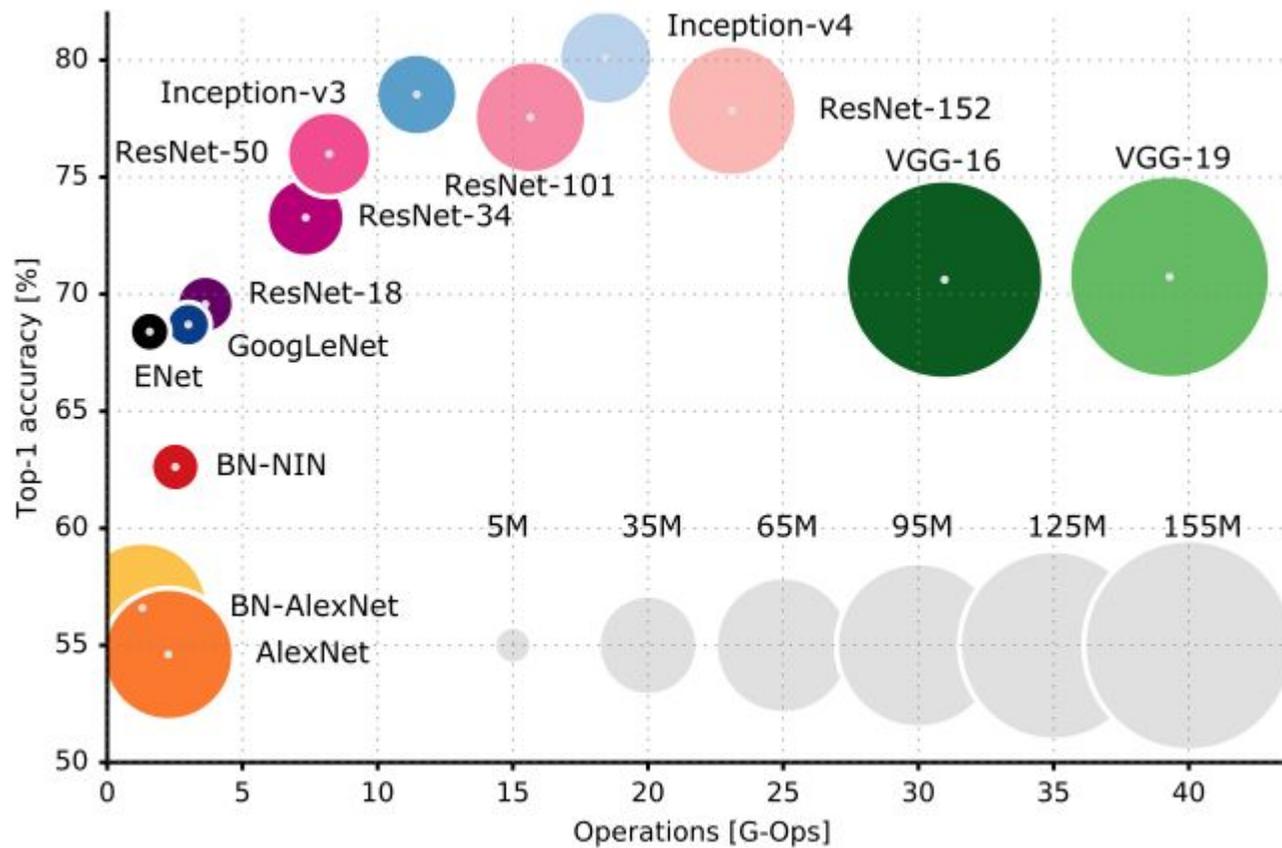


# Deep learning

Réseau de neurone

<http://dataconomy.com/2017/04/history-neural-networks/>

## Puissance de calcul



# Deep learning

## Limitations

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

### Limitations actuelles:

Les différents succès ne signifient pas que les machines sont réellement intelligentes: Accidents à répétition des voitures "autonomes", ici accident avec un bus !

Google car crash



CBS News

# Deep learning

## Limitations

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

**Attaque:** Utiliser une image reconnue correctement puis ajouter progressivement une perturbation jusqu'à faire basculer le réseau de neurone.



Cerf / Avion (49,8 %)



Oiseau / Grenouille (88,8 %)



Chien / Chat (75,5 %)



Cheval / Chien (88 %)



Bateau / Avion (62,7 %)



Chat / Chien (78,2 %)

« One pixel attack for fooling deep neural networks » (prépublication arXiv:1710.08864, 2017)

# Deep learning

## Limitations

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

### Limitations actuelles 1/2:

- Les différents succès ne signifient pas que les machines sont réellement intelligentes au sens "humain",
- Des **erreurs grossières** sur des stimuli assez proches,
- Apprentissage **mono tâche**,
- Apprentissage **long, complexe**,
- Algorithmes spécialisés (neurone, arbre, régression ...),
- Les systèmes d'IA sont **fragiles aux perturbations**.

# Deep learning

## Limitations

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

### Limitations actuelles 2/2:

- Gérer les structures hiérarchiques ou impliquant une combinatoire complexe entre éléments,
- Raisonnement logique: « Anne est la mère de Paul et la fille de Pierre » implique « Paul est le petit-fils de Pierre »
- Les paramètres sont nombreux, ils sont difficilement compréhensibles (hyperparamètres du modèle) ...

# Intelligence artificielle

Défis actuels ?

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

L'**actuel** défi scientifique de l'intelligence artificielle ?

- Utilisation à grande échelle (transport, home, cyberspace, IoT ...),
- Calculer le nombre de neurone par couche,
- Optimiser le nombre de couche,
- Optimiser le temps d'apprentissage,
- Fusionner les différentes approches,
- Fiabilité ...

# Intelligence artificielle

Défis actuels ?

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

Le futur défi scientifique de l'intelligence artificielle 1/3 ?

- Utiliser les neurosciences ? Comprendre un vrai cerveau ?
- Comment apprendre des réflexes ?
- Réduire le temps et la complexité d'apprentissage ?
- Comment prendre une décision face à une situation inconnue ?
- Comment gérer les exceptions ? ...

# Intelligence artificielle

Défis futurs ?

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

## Le futur défi scientifique de l'intelligence artificielle 2/3 ?

- La machine **observe** ce qui se passe dans le monde: "elle regarde des vidéos et déduit toute seule que le monde est tridimensionnel, que les objets peuvent bouger indépendamment, que l'objet est toujours présent lorsqu'il est caché, que les humains et les animaux sont des objets animés, etc". [Yann Lecun]
- La machine **comprend** l'environnement physique,
- La machine **interagit** avec l'environnement physique,
- La machine à la notion du **temps** physique réel ...

# Intelligence artificielle

Défis futurs ?

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

## Le futur défi scientifique de l'intelligence artificielle 3/3 ?

- La machine **capture** les émotions ... (La théorie sur l'intelligence considère que l'émotion est première, et que c'est elle qui conditionne notre raisonnement.)
- La machine **réagit** en fonction de nos émotions,
- La machine **exprime** des émotions,
- La machine possède sa propre **créativité**,
- La machine **pense** ...

# Intelligence artificielle

Devenir ?

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence\\_artificielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle)

## Le devenir de l'intelligence artificielle ?

*“Des formes de vies intelligentes prospèrent en compagnie d'autres espèces. Cette relation est précisément ce qui vous permettra d'explorer mutuellement une nouvelle façon de voir et d'entendre le monde.”*

*Scott Parsons, Rory Seydel et Leticia Trandafir*

# Intelligence artificielle

Bibliographie, webographie

Intelligence Artificielle - Stuart Russel - Peter Norvig  
Machine Learning avec Scikit-Learn - A. Géron

Wikipédia  
<https://aws.amazon.com/fr/greengrass/ml/>

Bibliographie

webographie