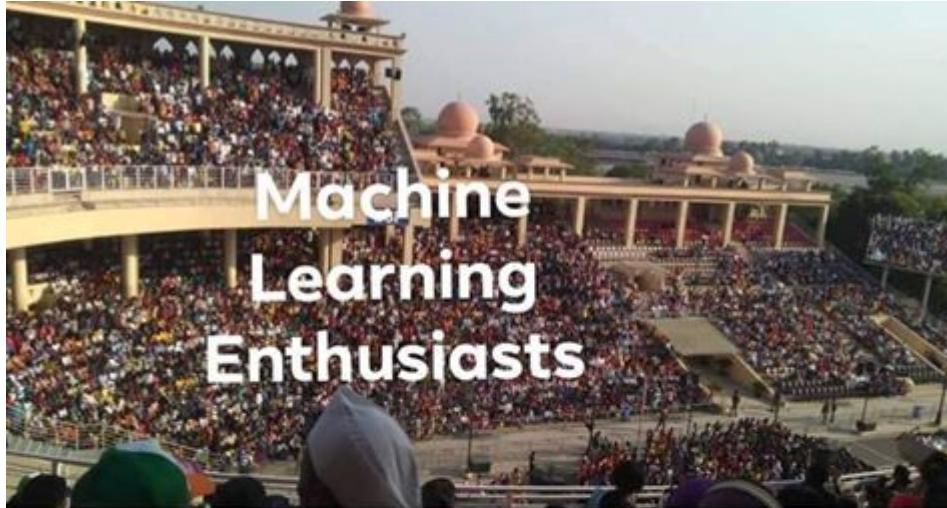


ABSTRACTION DE DONNÉES À HAUT NIVEAU VIA LE REPRESENTATION LEARNING

MELVIN CARADU

[HTTPS://WWW.LINKEDIN.COM/IN/MELVIN-CARADU-389173117/](https://www.linkedin.com/in/melvin-caradu-389173117/)

Avant-propos



Source : [Linkedin DeepLearning.ai](#)

L'IA - Quelques généralités

- **Une petite expérience de pensée...**



“

« Une intelligence qui, à un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était suffisamment vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome ; rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux. »

L'IA - Quelques généralités

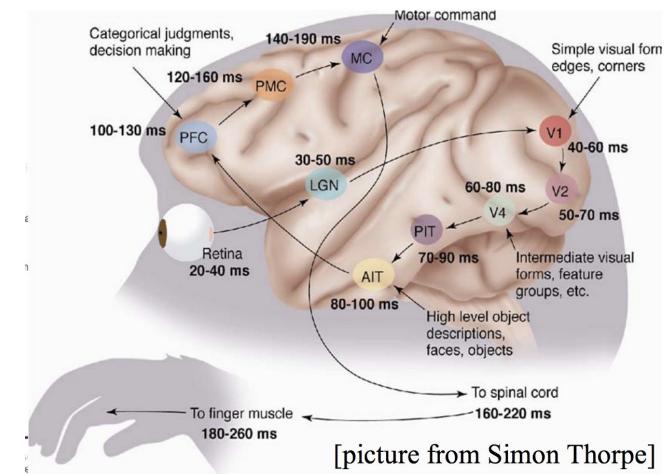
- **Dans l'imaginaire collectif**

- Une intelligence supérieure qui pourrait dominer le monde
- Un super robot doté du sens commun au service de l'humain
- ...



- **En réalité**

- **Une discipline cherchant à comprendre la nature de l'intelligence humaine afin de la simuler par ordinateur**
- Bien que popularisée par ses multiples applications “industrielles” via le ML, elle questionne surtout notre façon de comprendre le monde qui nous entoure et d'en extraire des informations



[picture from Simon Thorpe]

L'IA - Quelques généralités

- Plusieurs types d'apprentissage

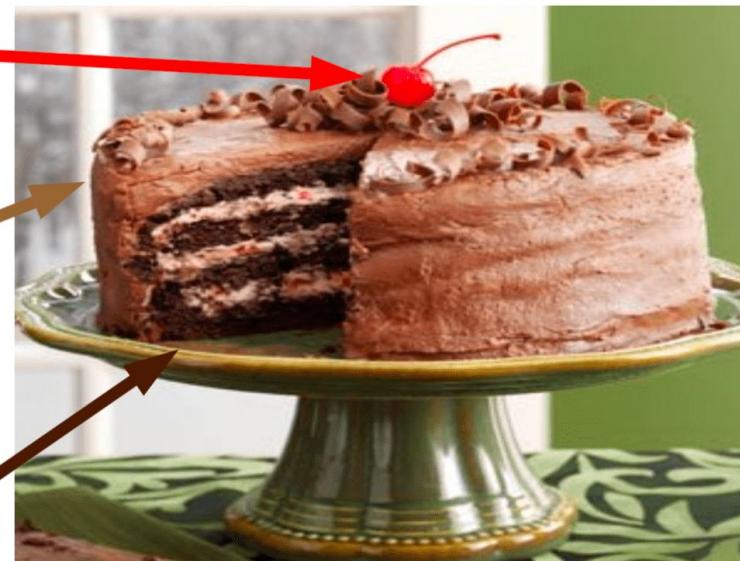
How Much Information is the Machine Given during Learning?

Y. LeCun

- ▶ “Pure” Reinforcement Learning (**cherry**)
 - ▶ The machine predicts a scalar reward given once in a while.
 - ▶ **A few bits for some samples**

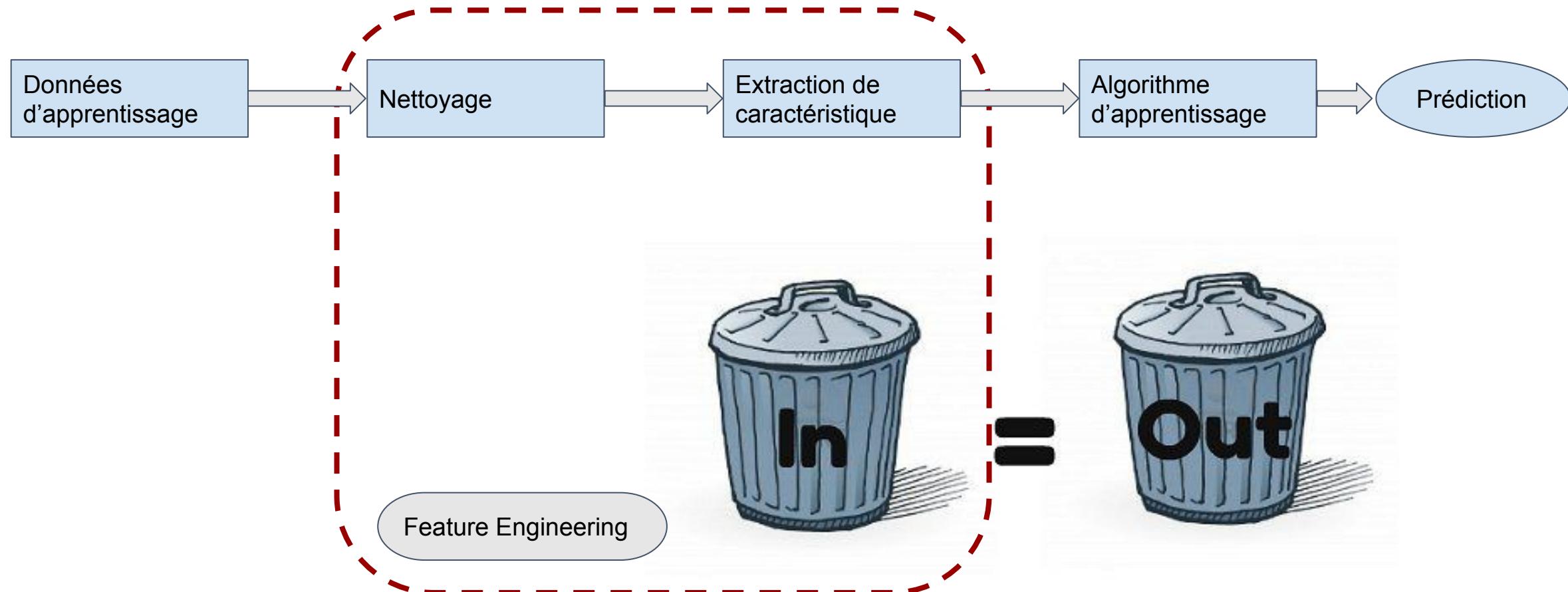
- ▶ Supervised Learning (**icing**)
 - ▶ The machine predicts a category or a few numbers for each input
 - ▶ Predicting human-supplied data
 - ▶ **10→10,000 bits per sample**

- ▶ Self-Supervised Learning (**cake génoise**)
 - ▶ The machine predicts any part of its input for any observed part.
 - ▶ Predicts future frames in videos
 - ▶ **Millions of bits per sample**



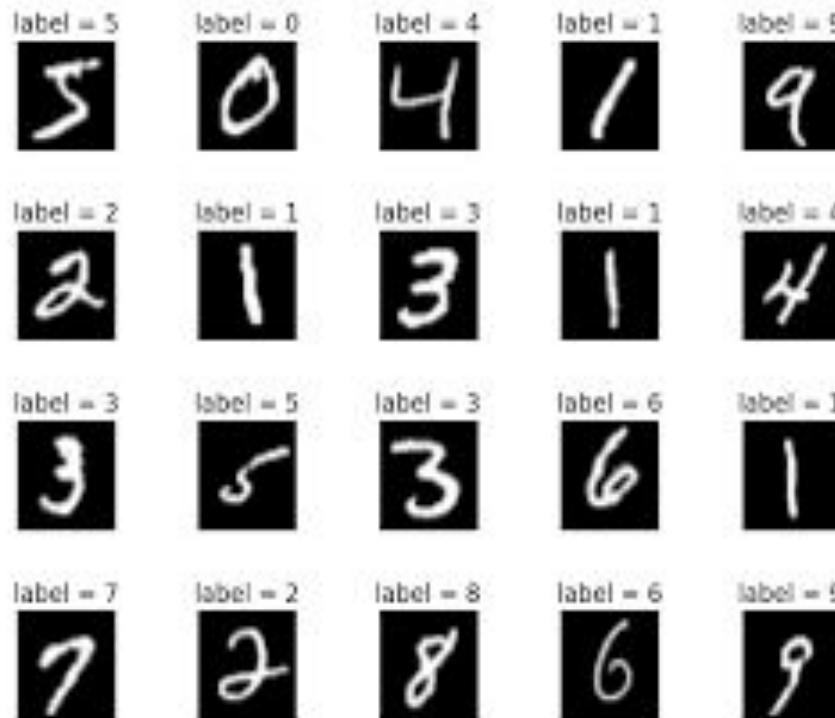
Avant la Deep Learning Hype

- Feature Engineering important



Avant la Deep Learning Hype

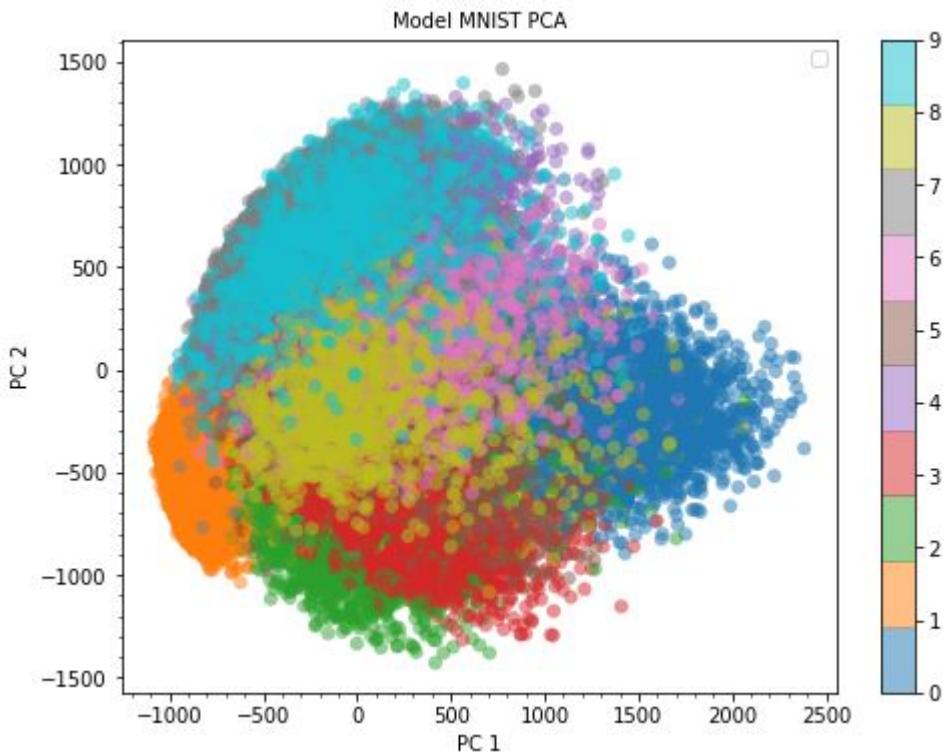
- Grand-parents des algorithmes de feature extraction : l'ACP et la SVD



MNIST Dataset

$$\mathbf{X} \approx \mathbf{W}\mathbf{h} + \mathbf{b}$$

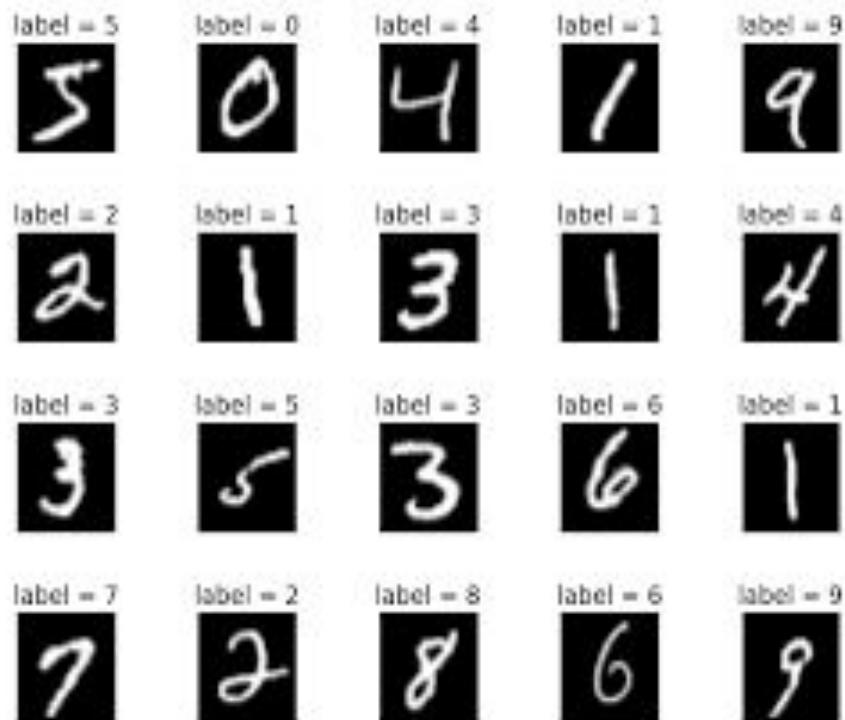
$\dim(\mathbf{h}) = 3$



Analyse en Composante Principale, Karl Pearson, 1901
Décomposition en valeurs singulières, Eugenio Beltrami, 1873

Avant la Deep Learning Hype

- Modèle à facteurs linéaires : le Sparse Coding

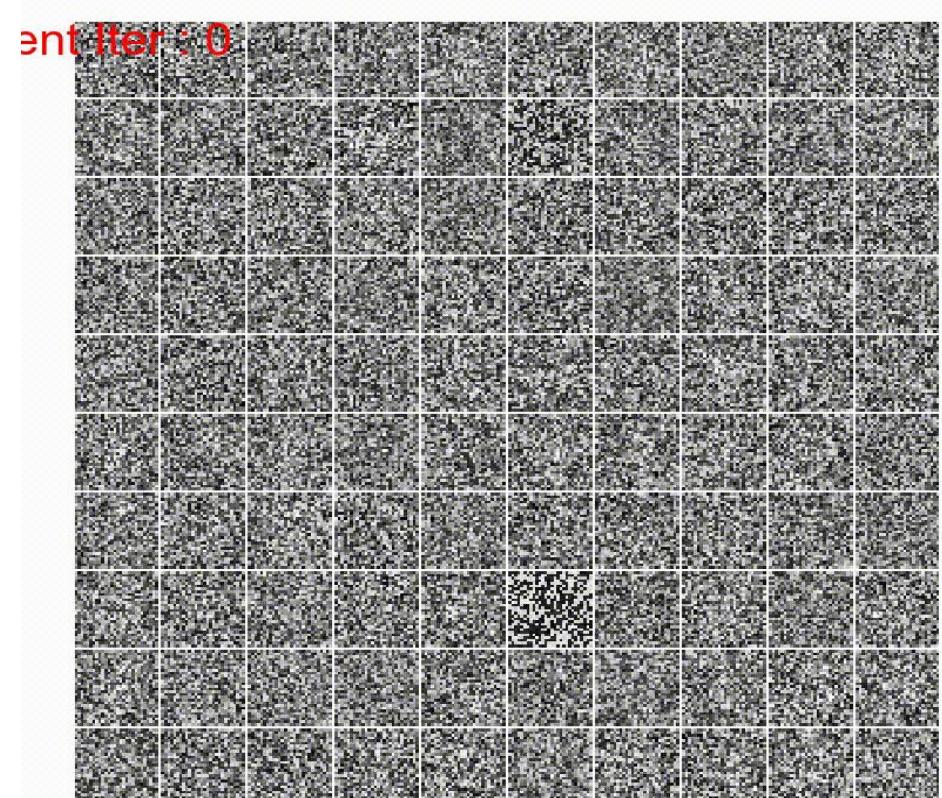


MNIST Dataset

$$\mathbf{X} \approx \mathbf{D} \boldsymbol{\alpha}; \boldsymbol{\alpha} \text{ sparse}$$

On minimise :

$$l(x, D) = \frac{1}{2} \|x - D\boldsymbol{\alpha}\|_2^2 + \lambda |\boldsymbol{\alpha}|_1$$

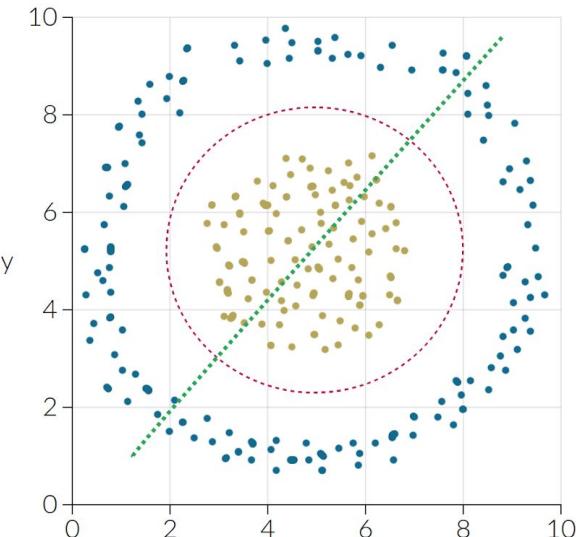


Sparse Coding, Olshausen and Field, 1996

Avant la Deep Learning Hype

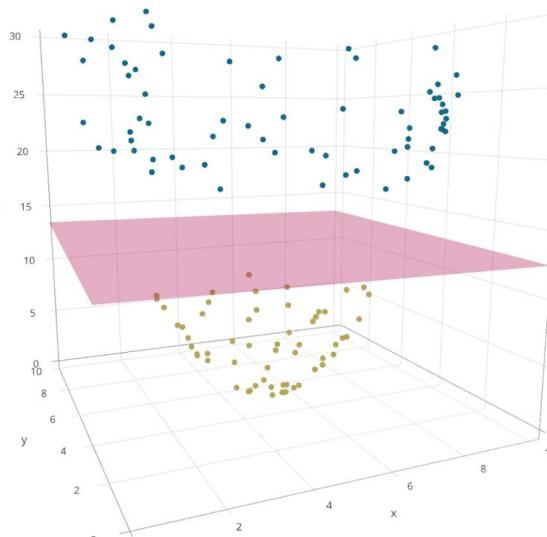
- Star de la reconnaissance de forme : la fonction à noyaux

Données dans l'espace d'origine

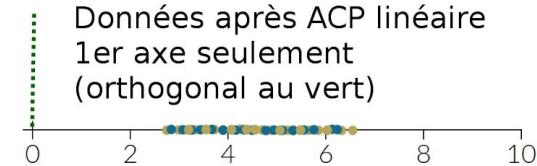


Application d'une fonction à noyau de type $z = x^2 + y^2$ sur des données simulées

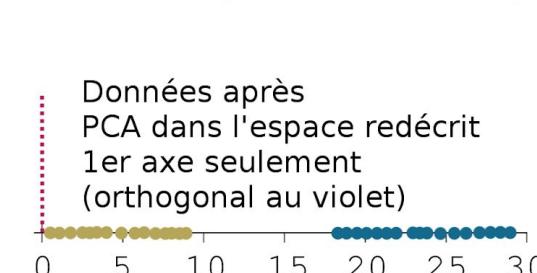
Données dans l'espace de redescription



Données après ACP linéaire
1er axe seulement
(orthogonal au vert)



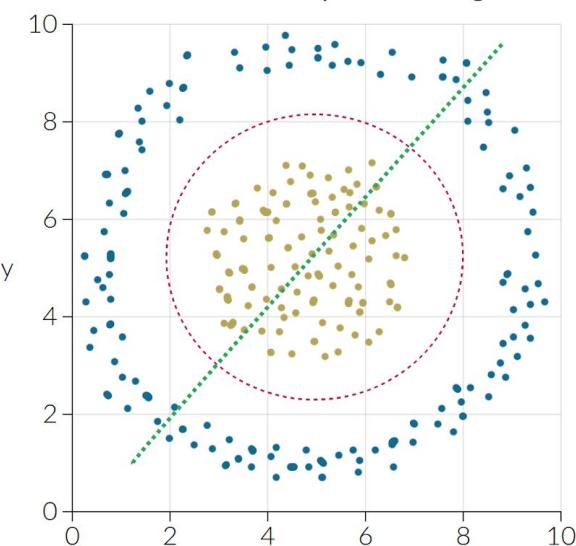
Données après
PCA dans l'espace redécrit
1er axe seulement
(orthogonal au violet)



Avant la Deep Learning Hype

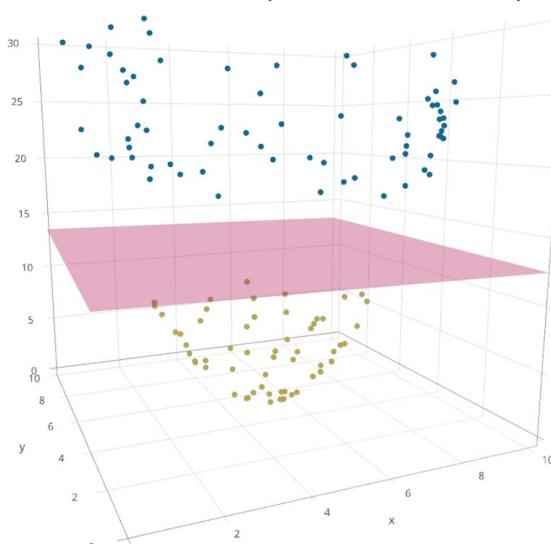
- Star de la reconnaissance de forme : la fonction à noyaux

Données dans l'espace d'origine



Application d'une fonction à noyau de type $z = x^2 + y^2$ sur des données simulées

Données dans l'espace de redescription



Données après ACP linéaire
1er axe seulement
(orthogonal au vert)



Données après
PCA dans l'espace redécrit
1er axe seulement
(orthogonal au violet)

Comment ?

On applique une fonction $\phi: X \rightarrow Z$ aux données d'entrées, afin de les projeter dans un espace de redescription **implicitement via une fonction à noyau sur chaque paire de points**.

Exemple : Le noyau Gaussien

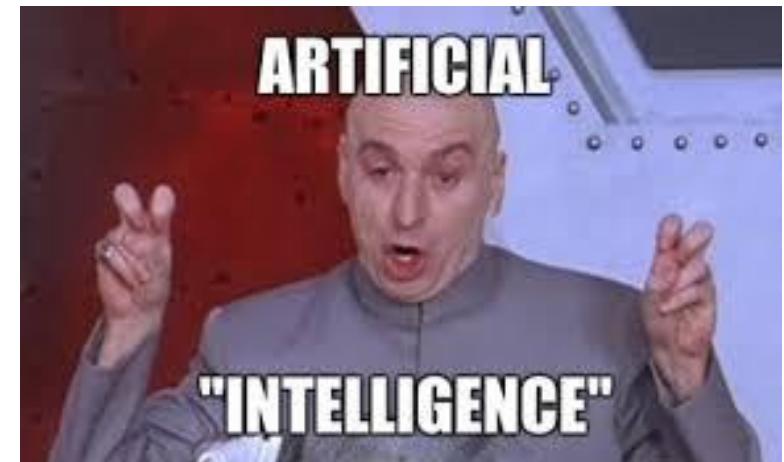
$$K(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \exp\left(-\frac{\|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|^2}{2\sigma^2}\right).$$

Les données sont prêtes pour la régression / classification

Avant la Deep Learning Hype

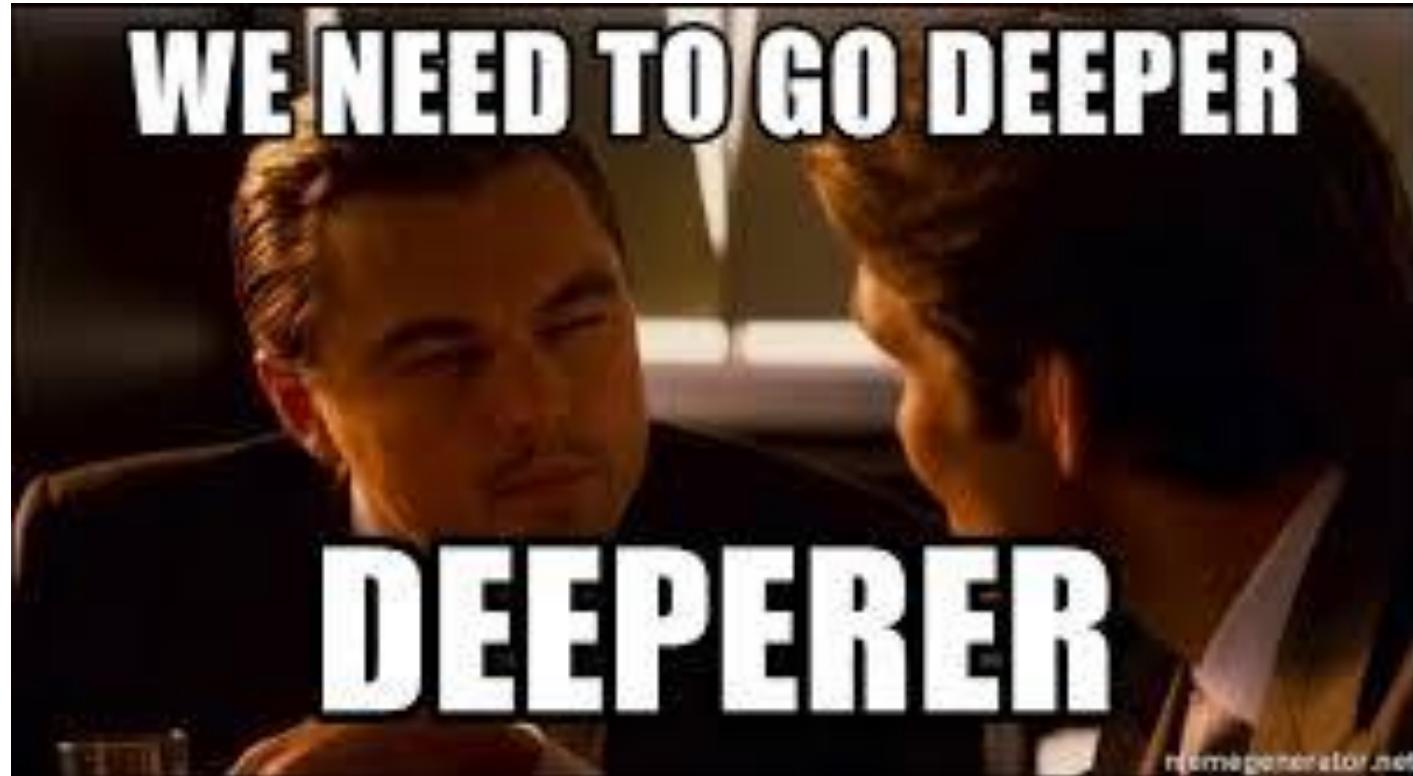
- **Inconvénients de ces méthodes**

- Mauvaise explicabilité des données projetées (effet boîte noire)
- Les représentations apprises sont tâches-spécifiques
- Incohérence spatiale et/ou temporelles
- Coûts temps / mémoire importants
- Peu d'intérêts sur certaines données du "monde réel"
- Agrandit encore le gap entre le Machine Learning et l'Intelligence Artificielle



Avant la Deep Learning Hype

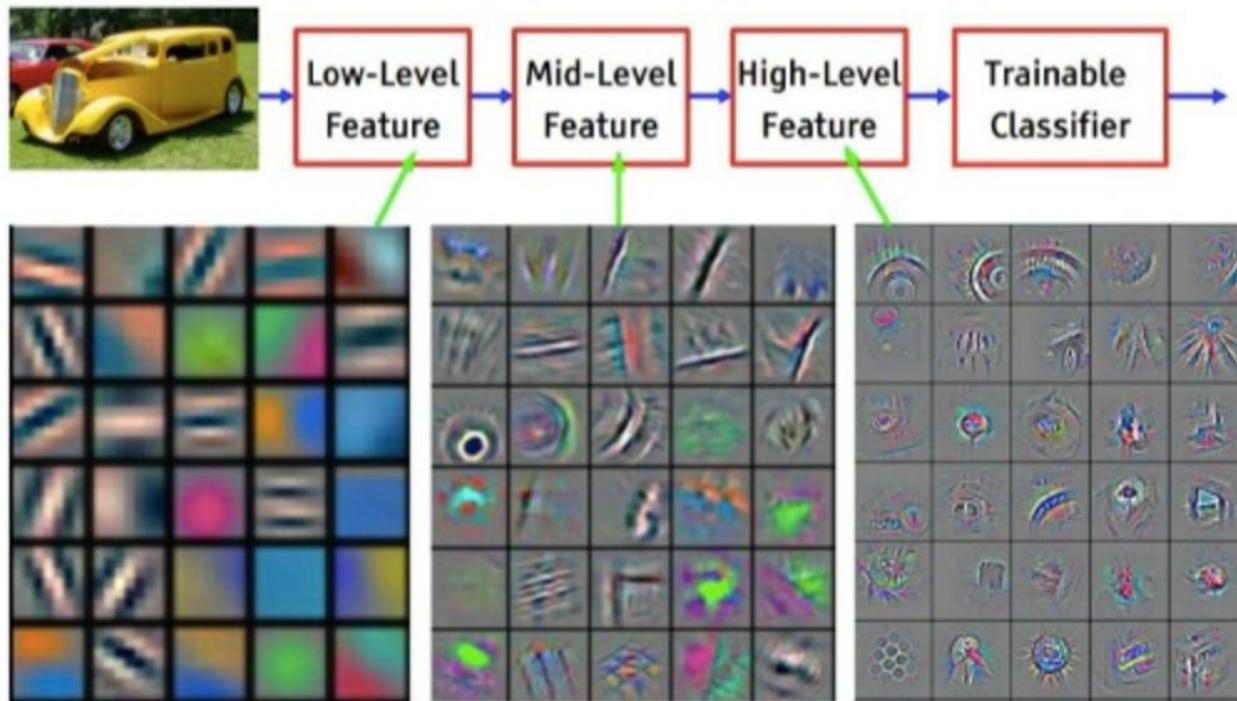
- Constat



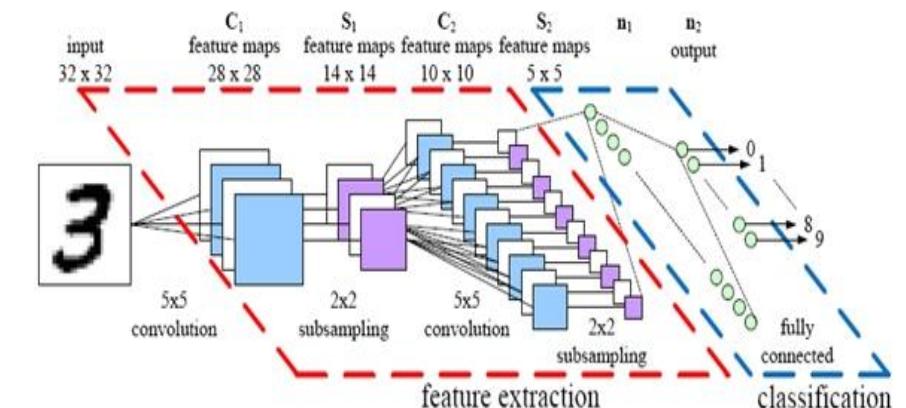
Et le Deep Learning révolutionna l'IA

- Une idée brillante : entraîner les algorithmes à extraire eux-mêmes les features

Convolutional Neural Network



Hiérarchie de features dans un réseau convolutif



1	1	1	0	0
0	1	1	1	0
0	0	1	1	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	0

Image

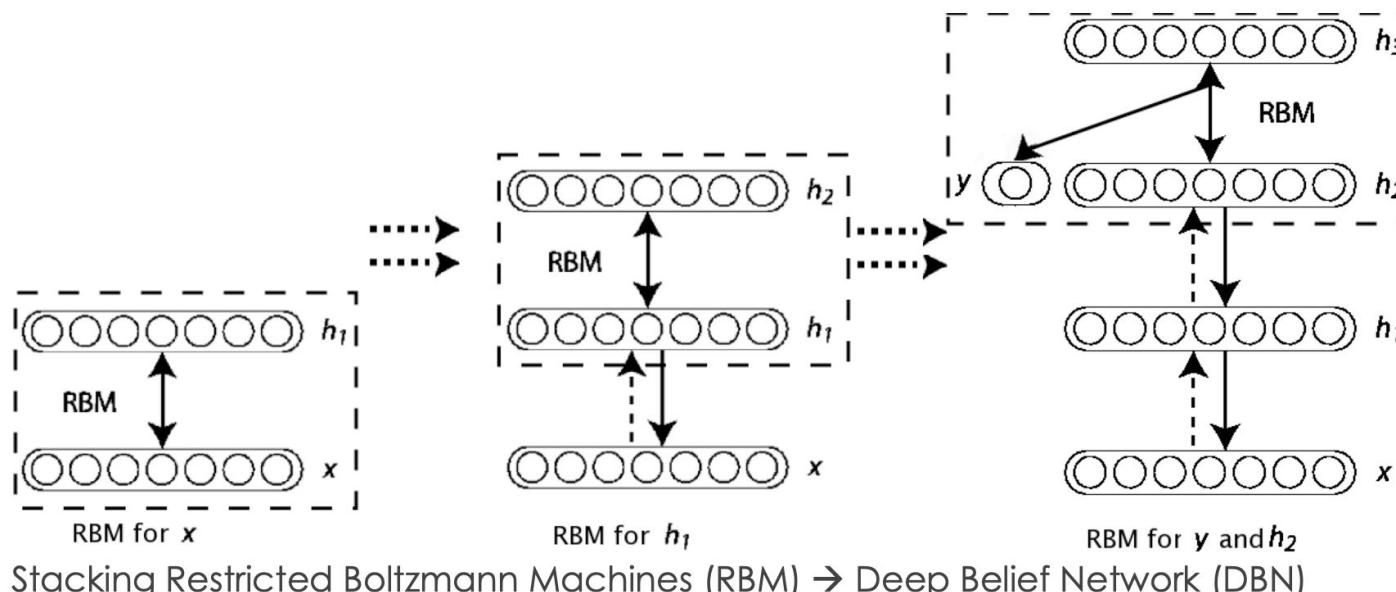
4		

Convolved
Feature

Et le Deep Learning révolutionna l'IA

- Mais la vraie révolution se trouve là :

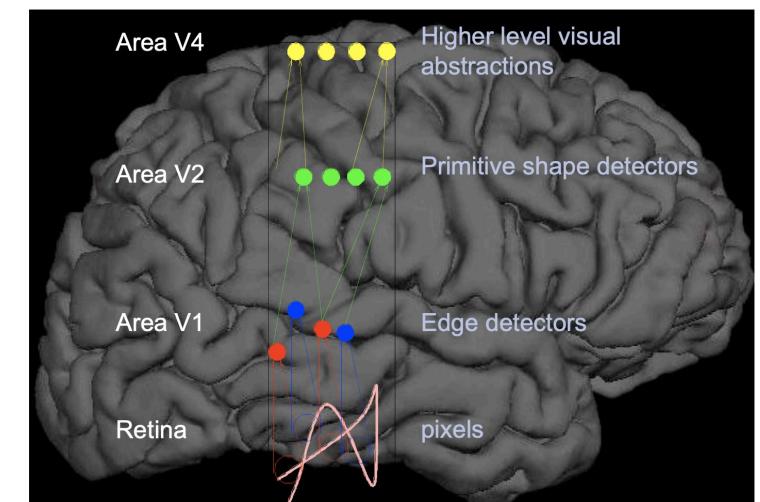
Greedy Layer-Wise Pre-Training



Greedy Layer-Wise Pre-Training, Tutorial: Learning Deep Architectures, Y. BENGIO, Y. LE CUN

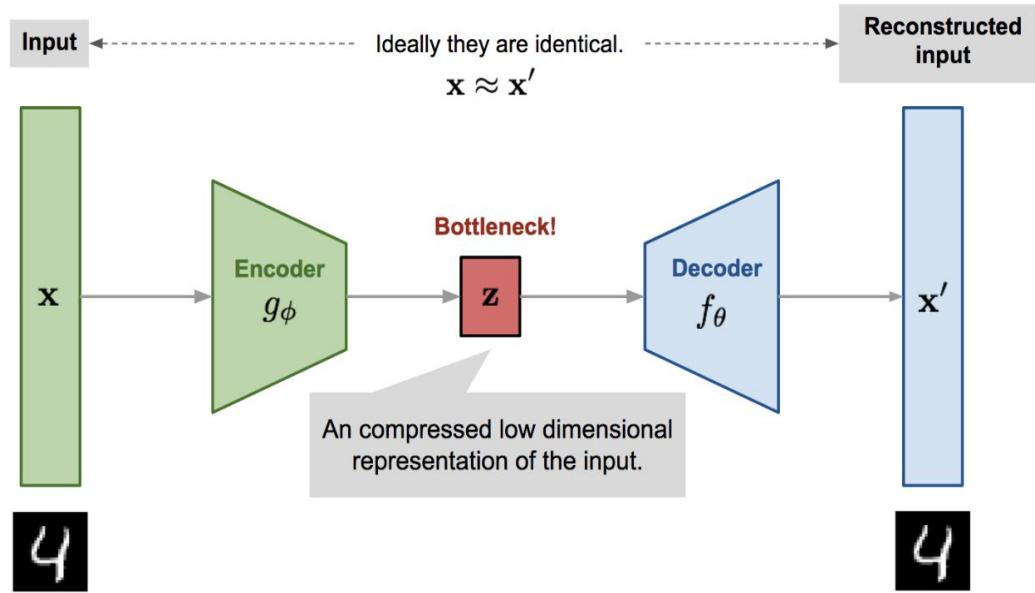
Pourquoi ?

- Cette structure a permis pour la première fois l'entraînement de modèles "profonds"
- Pas de spécificités architecturales complexes (convolution, récurrence)
- Bio-inspiré...
- Supervisé ou non-supervisé
- Hiérarchie entre concepts et haut pouvoir d'abstraction
- Adapté au transfer learning

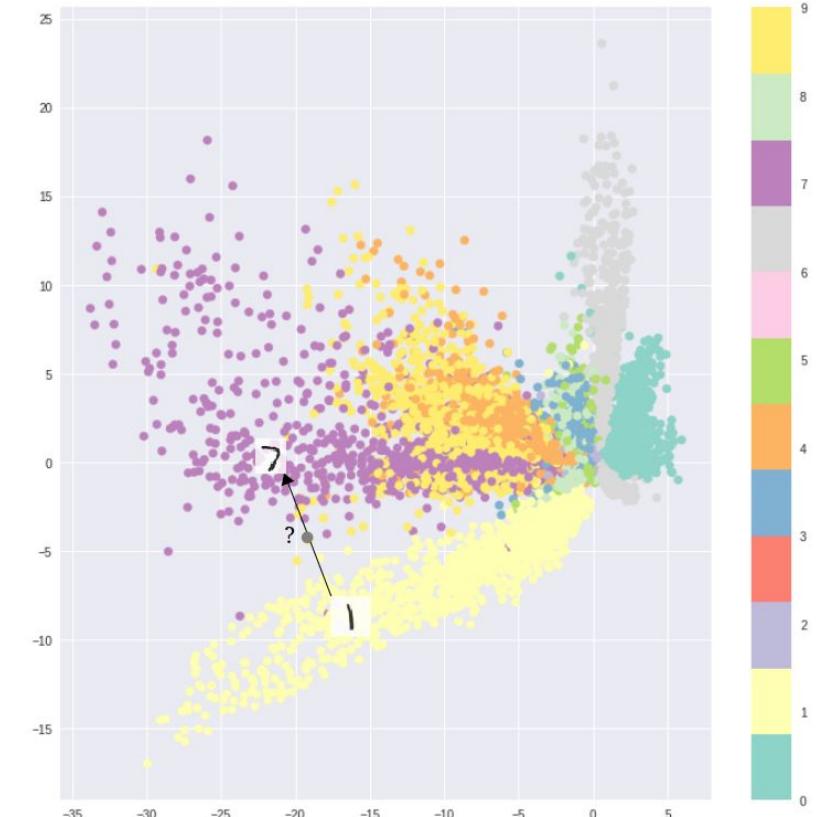


Et le Deep Learning révolutionna l'IA

- Modèles moins contraints : les Autoencoders



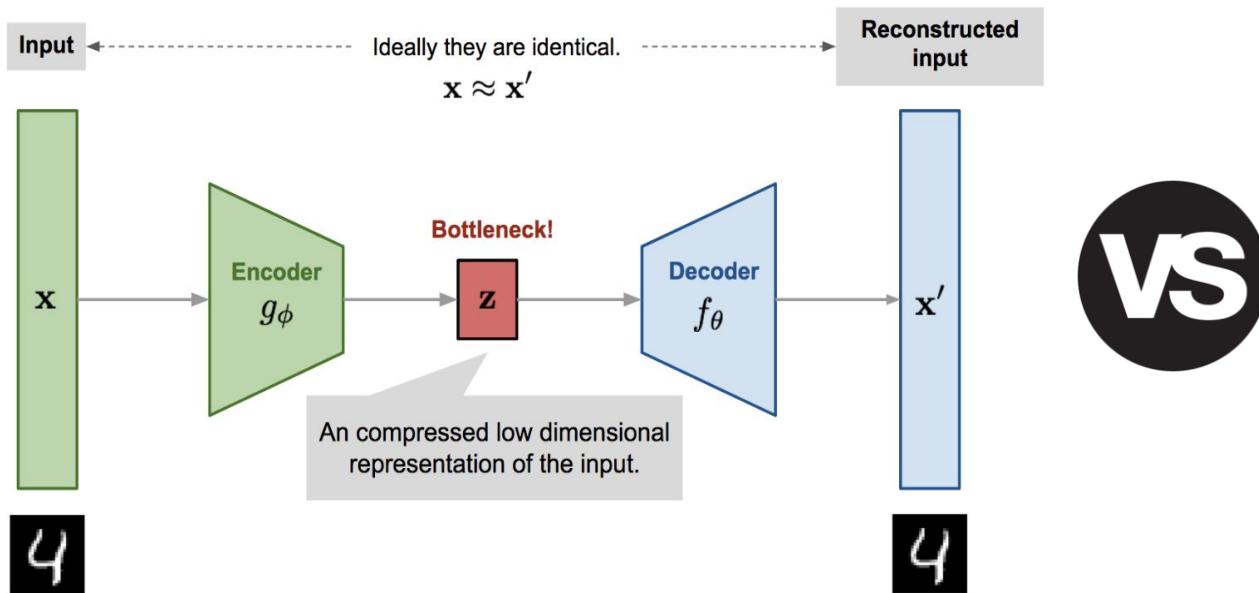
Modèle simple d'autoencoder, Lilian Weng



Espace latent en 2d d'un autoencoder sur MNIST

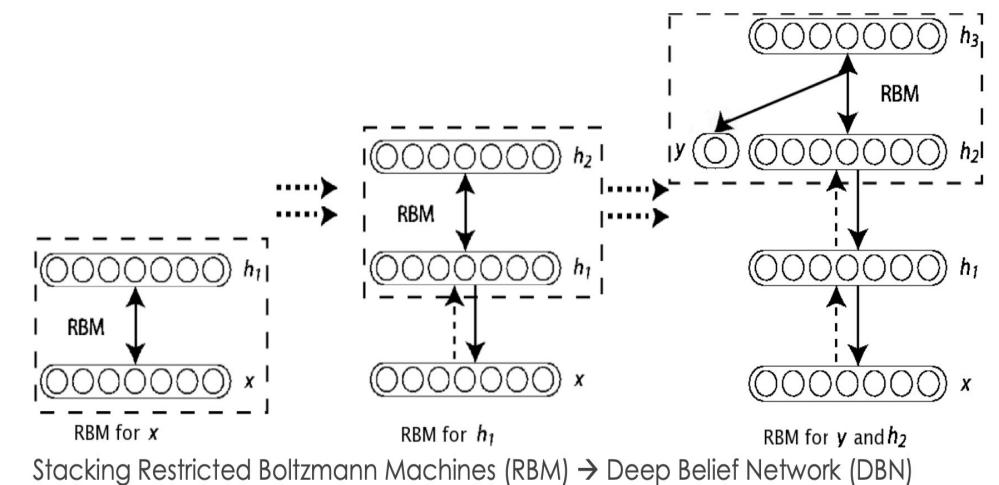
Et le Deep Learning révolutionna l'IA

- Autoencoders et Stacked RBM : les deux faces d'une même pièce ?



Modèle simple d'autoencoder, Lilian Weng

Quelques nuances....



Greedy Layer-Wise Pre-Training, Tutorial: Learning Deep Architectures,
Y. BENGIO, Y. LE CUN

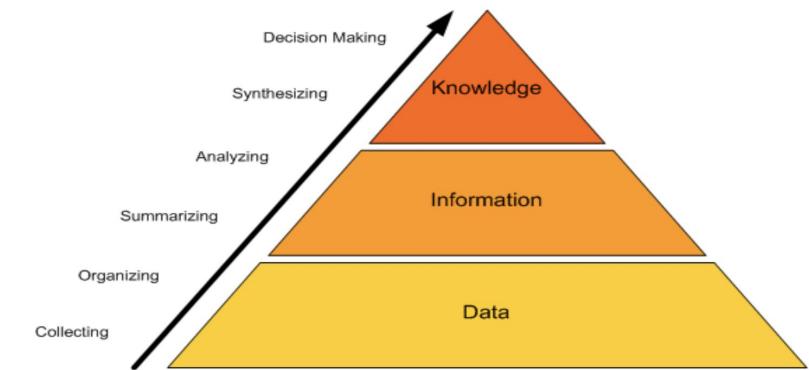
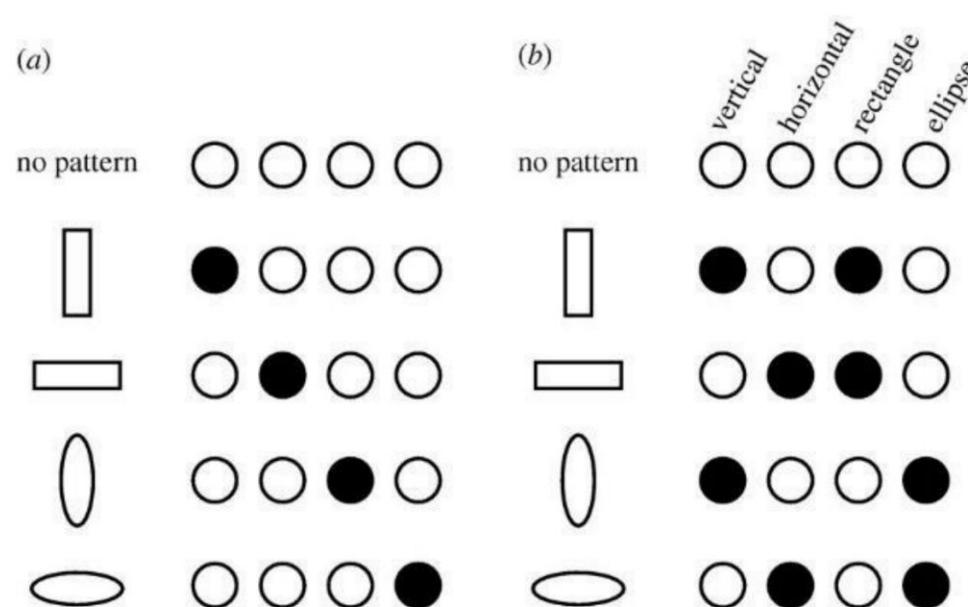
Et le Deep Learning révolutionna l'IA

- **Mais qu'est-ce qu'une bonne représentation ?**

- Composition hiérarchique => Les données sont issues d'un ensemble de causes hiérarchiquement liées



- Représentation distribuée => Une représentation couvre de nombreuses configurations

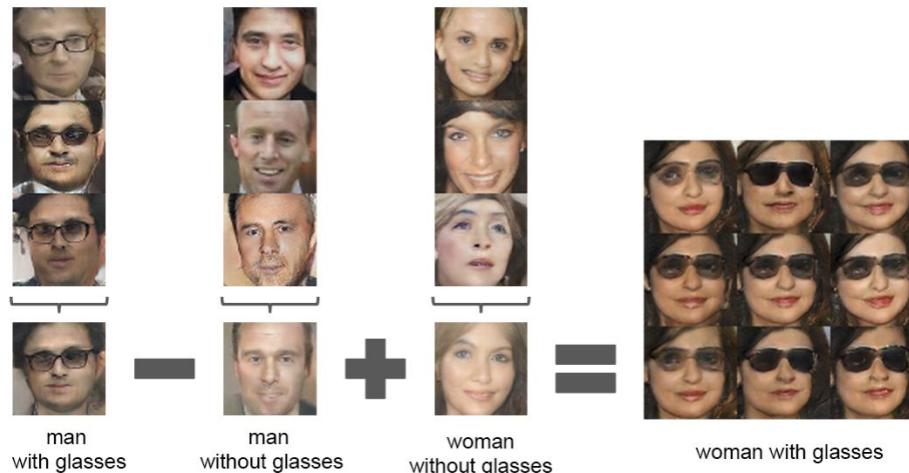


Source : Fink, 2015

Et le Deep Learning révolutionna l'IA

- **Mais qu'est-ce qu'une bonne représentation ?**

- Démêlage des facteurs de variation => Chaque concept inhérent aux données est modélisé



Unsupervised representation learning with deep convolutional generative adversarial networks, Radford et al., 2016

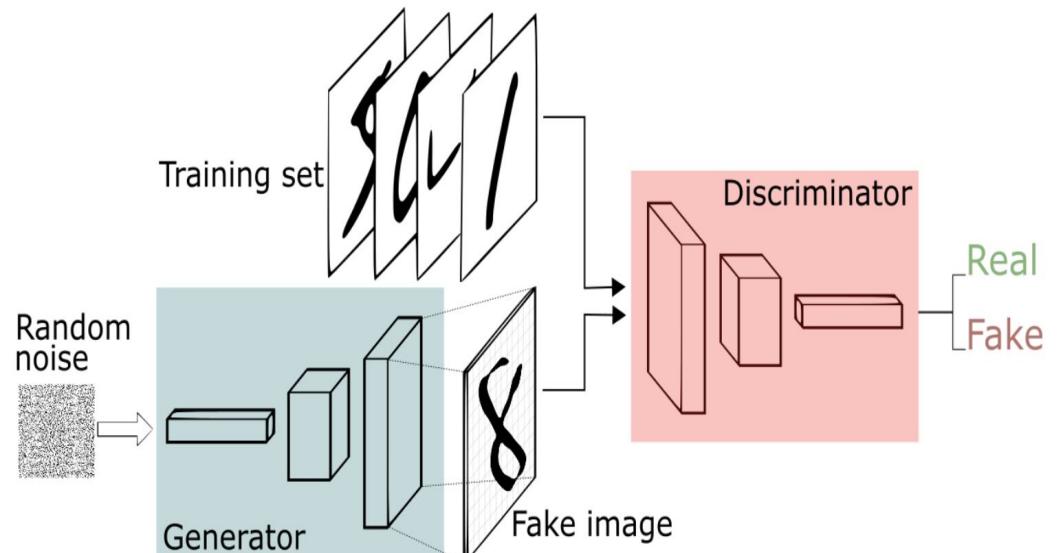


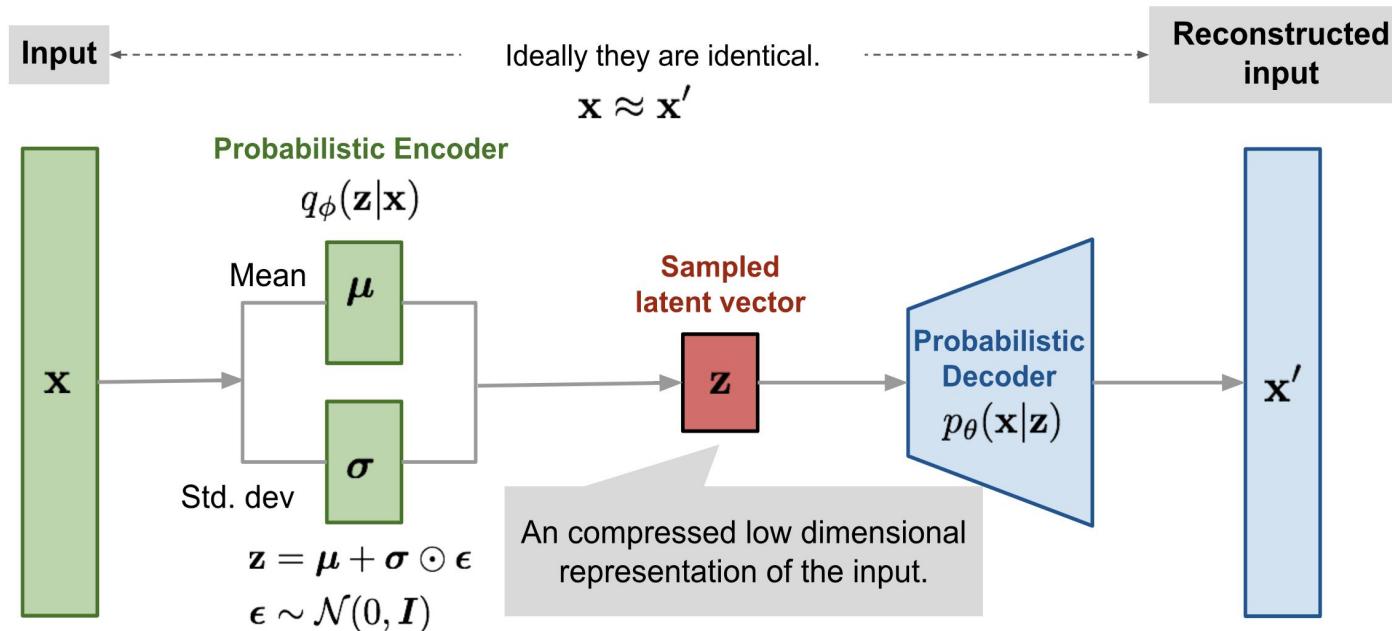
Image credit: Thalles Silva

Architecture d'un réseau génératif adversarial

Utilisation de l'espace Latent

Et le Deep Learning révolutionna l'IA

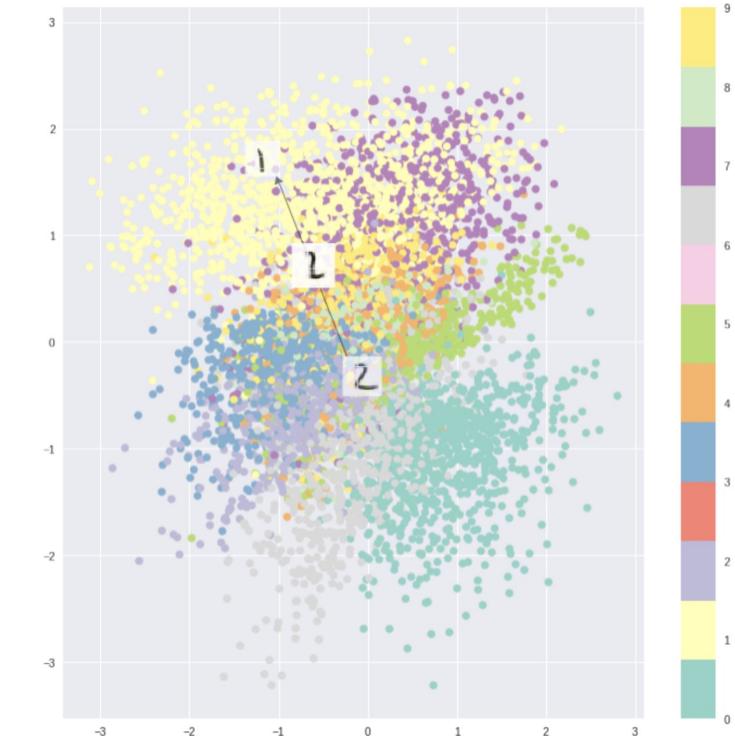
- Exploiter le pouvoir des autoencoders et de leur espace latent



Variational autoencoder, Kingma et al. 2013

image :

<https://lilianweng.github.io/lil-log/2018/08/12/from-autoencoder-to-beta-vae.html>



Utilisation de l'espace Latent

Quelques exemples d'applications

- Transfer Learning

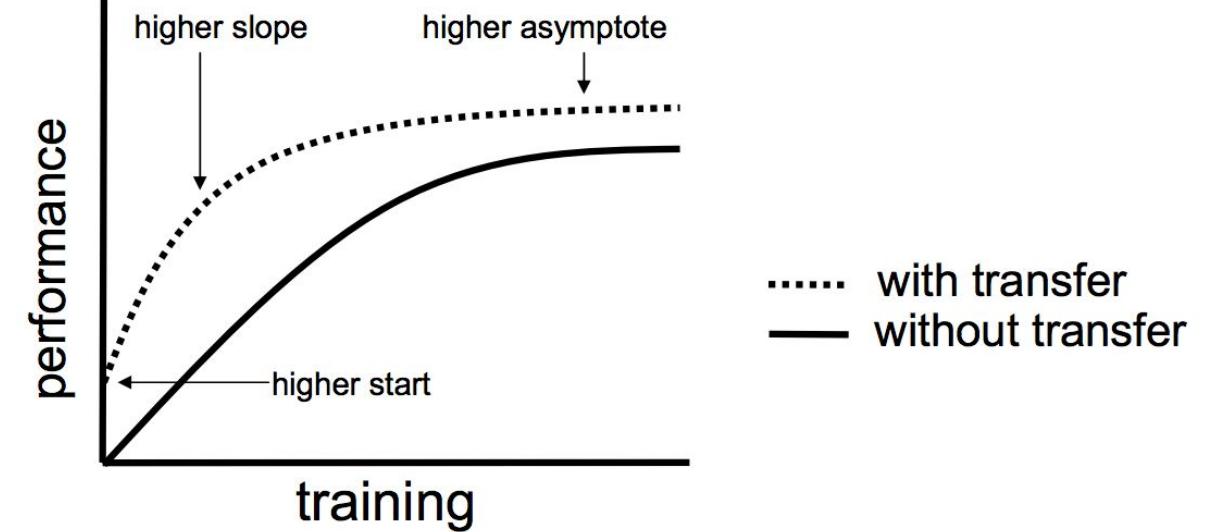
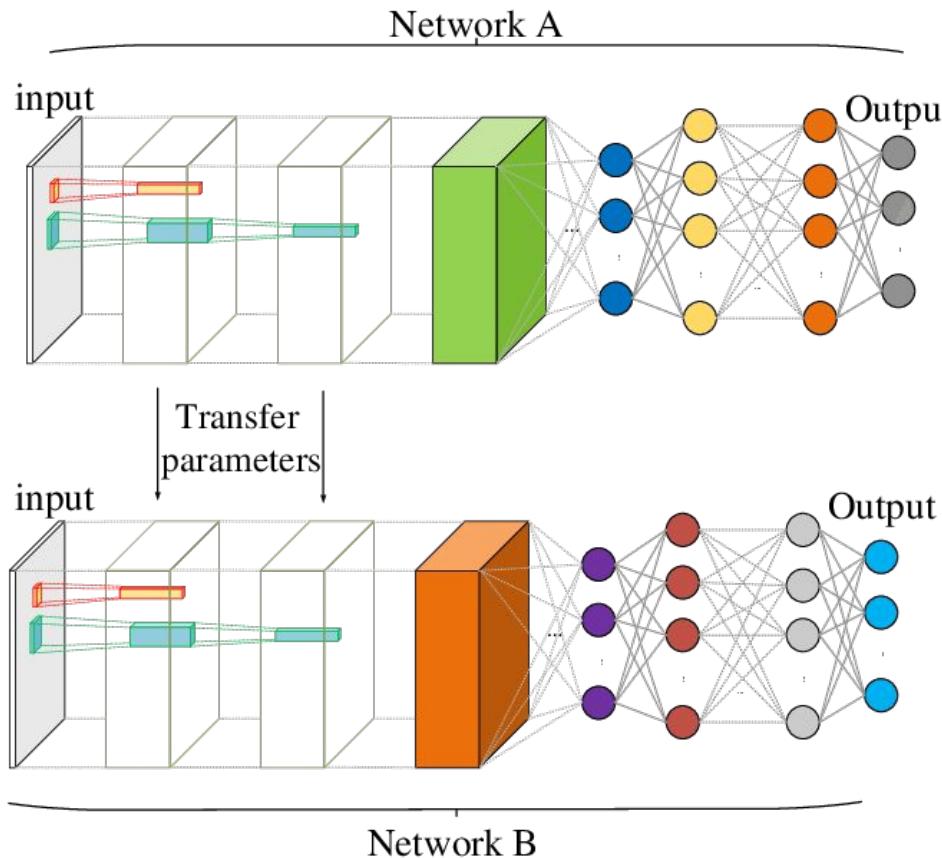
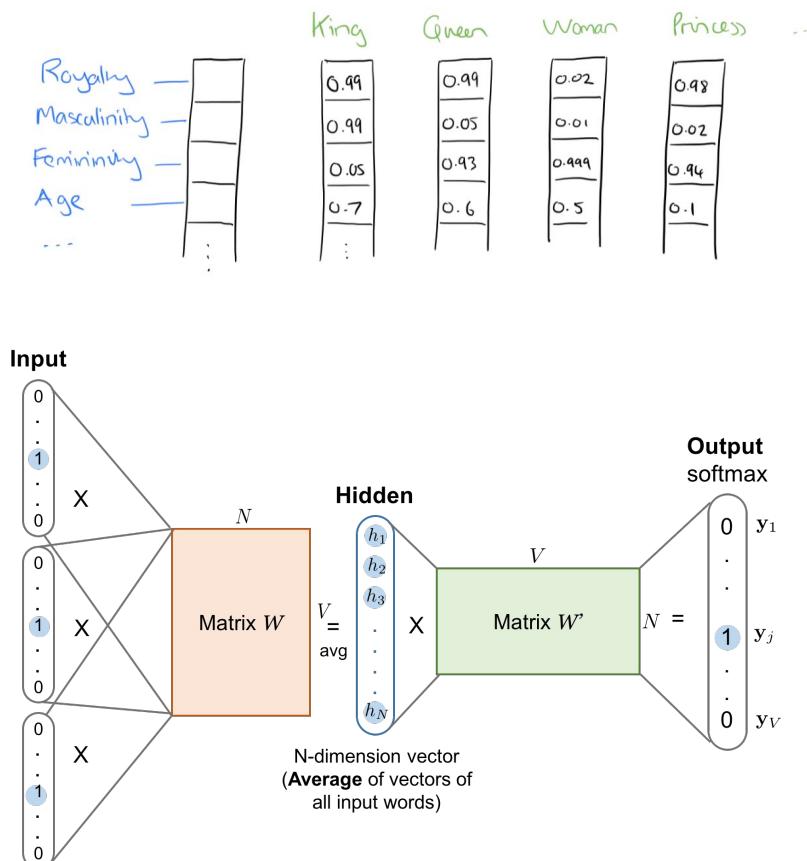
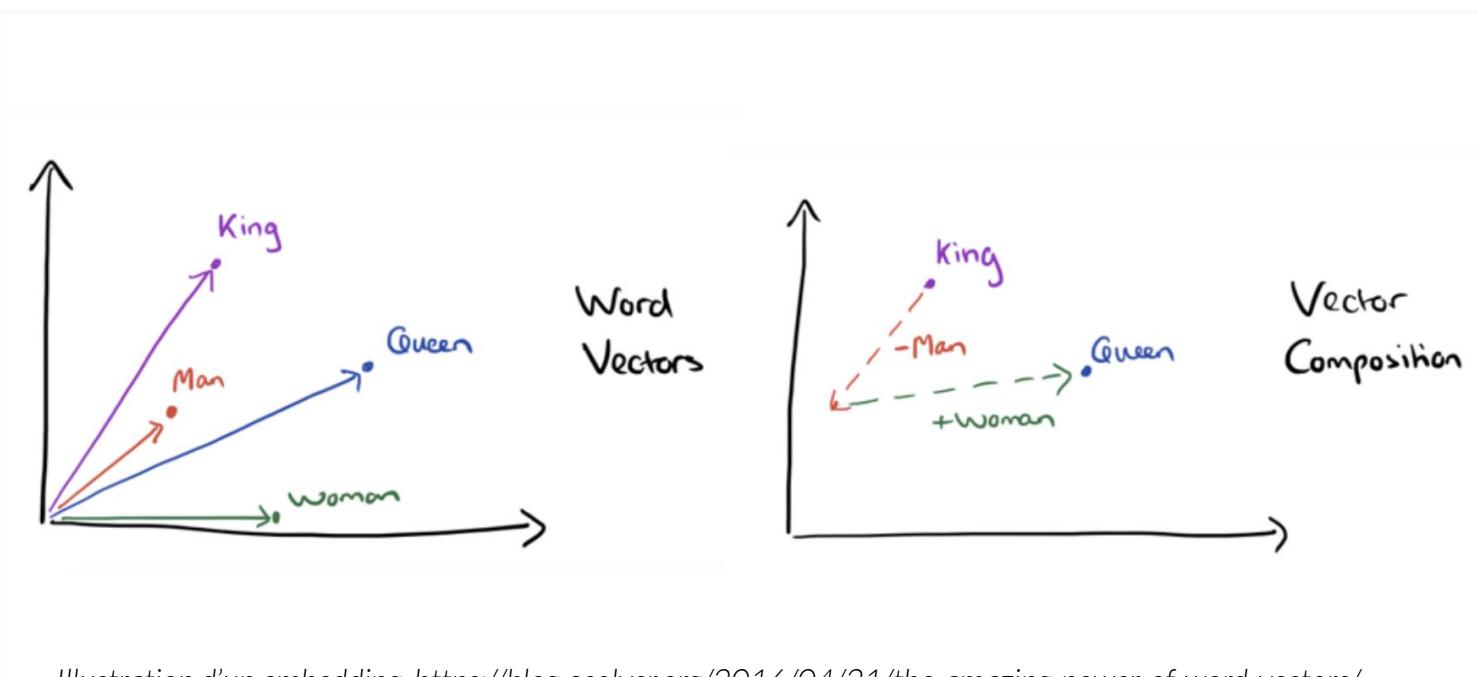


Illustration de transfer learning sur un réseau convolutif

Quelques exemples d'applications

- Encoder du texte en préservant les liens sémantiques entre les mots

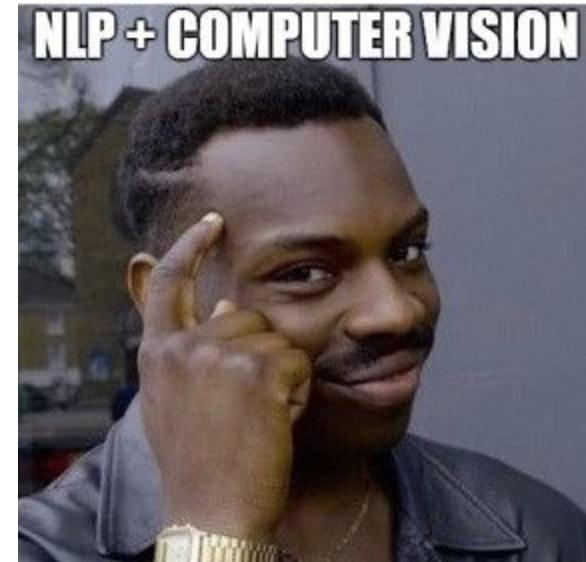


Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionalities, Mikolov et al. 2013

Quelques exemples d'applications

- Apprendre une représentation d'images et de leurs annotations

Image	PAMIR ^{TA}	One-vs-Rest	WSABIE
	bora, free willy, su, orka, worldwide, sun-shine coast, bequia, tioman island, universal remote montagna, esperar, <i>bot-tlenose dolphin</i>	surf, bora, belize, sea world, balena, wale, tahiti, delfini, surfing, <i>mahi mahi</i>	delfini, <i>orca</i> , dolphin , mar, delfin, dauphin, <i>whale</i> , can-cun, <i>killer whale</i> , sea world
	air show, st augustine, stade, concrete architecture, street-light, doha qatar, skydiver, <i>tokyo tower</i> , sierra sinn, lazaro cardenas	eiffel tower , <i>tour eiffel</i> , snowboard, blue sky, <i>empire state building</i> , luxor, <i>eiffel</i> , <i>lighthouse</i> , jump, adventure	eiffel tower , <i>statue</i> , <i>eiffel</i> , mole antoneliana, la tour eiffel, londra, cctv tower, <i>big ben</i> , calatrava, <i>tokyo tower</i>
	chris hanson, michael johns, ryan guettler, richard marx, depardieu, barack hussein obama, freddie vs jason, dragana, shocking, falco	falco, barack, daniel craig, obama , <i>barack obama</i> , kanye west, pharrell williams, 50 cent, barrack obama, bono	barrack obama, barack obama , barack hussein obama, barack obama , james marsden, <i>jay z</i> , obama , nelly, falco, barack



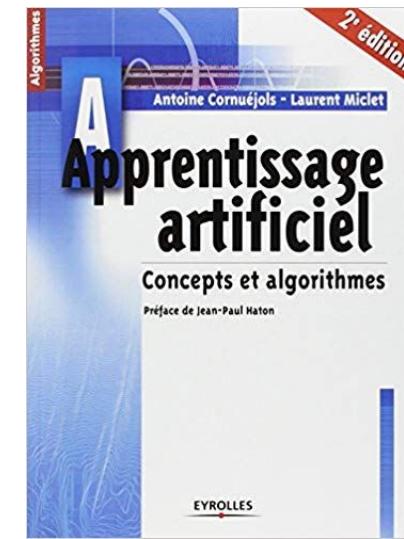
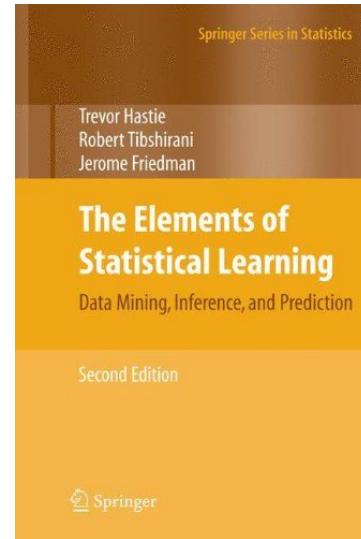
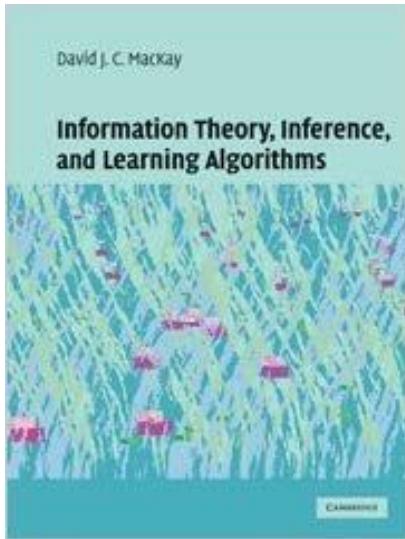
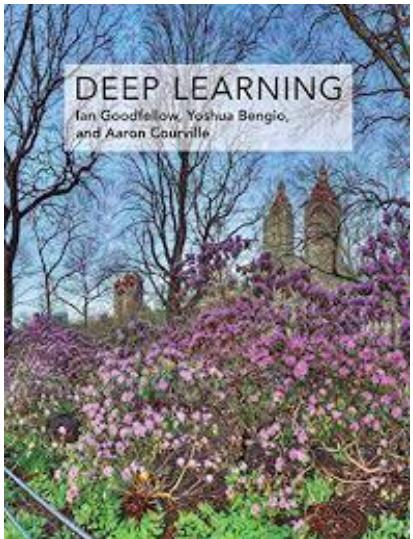
Quelques exemples d'applications

- Deep fake...



Fausse bromance entre deux hommes politiques connus, le visage et la voix de deux acteurs ont été remplacés par un modèle génératif

Lectures recommandées





Des questions ?