

Institut
québécois
d'intelligence
artificielle

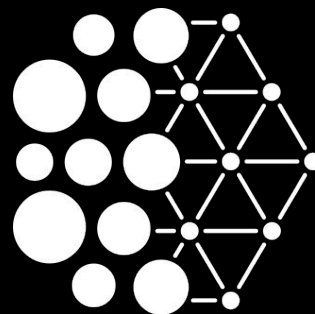
Mila

Université 
de Montréal



McGill

Institut
québécois
d'intelligence
artificielle



Mila

Comprendre les bases de
l'apprentissage profond

Gaétan Marceau Caron
gaetan.marceau.caron@mila.quebec

Apprentissage profond

Apprentissage de **représentations** de manière **hiérarchique**

*Représentation: Image, figure, **symbole**, signe qui représente un phénomène, une idée(Larousse)*

Représentation

Représentation



La trahison des images, René Magritte
(1929)

Perception



Réalité



Représentation: le numérique



08	02	22	97	38	15	00	40	00	75	04	05	07	78	52	12	50	77	80	29
49	49	99	40	17	81	18	57	60	87	17	40	98	43	69	45	04	56	62	00
81	49	31	73	55	79	14	29	93	71	40	67	53	88	30	03	49	13	36	65
92	70	95	23	04	60	11	42	65	74	83	36	01	32	56	71	37	02	36	91
22	31	16	71	51	67	83	59	41	92	36	54	22	40	40	28	66	33	13	80
24	47	37	00	99	03	45	02	44	75	33	53	78	36	84	20	35	17	12	50
32	98	81	28	64	23	67	10	26	38	40	67	59	54	70	66	18	38	64	70
67	26	20	68	02	62	12	20	95	63	94	39	63	08	40	91	66	49	94	21
24	55	58	05	66	73	99	26	97	17	78	78	96	83	14	88	34	89	63	72
21	36	23	09	75	00	76	44	20	45	35	14	00	61	33	97	34	31	33	95
78	17	53	28	22	75	31	67	15	94	03	80	04	62	16	14	09	53	56	92
16	39	05	42	96	35	31	47	55	58	88	24	00	17	54	24	36	29	85	57
86	56	00	48	35	71	89	07	05	44	44	37	44	60	21	58	51	54	17	58
19	80	81	68	05	94	47	69	28	73	92	13	86	52	17	77	04	89	55	40
04	52	08	83	97	35	99	16	07	97	57	32	16	26	26	79	33	27	98	66
85	26	68	87	57	62	20	72	03	46	33	67	46	55	12	32	63	93	53	69
04	42	16	73	35	25	39	11	24	94	72	18	08	46	29	32	40	62	76	36
20	69	36	41	72	30	23	88	34	69	89	69	82	67	59	85	74	04	36	16
20	73	35	29	78	31	90	01	74	31	49	71	38	84	81	16	23	57	05	54
01	70	54	71	83	51	54	69	16	92	33	48	61	43	52	01	89	17	67	46

source: <http://cs231n.github.io/classification/>

Quelle est la bonne
représentation?

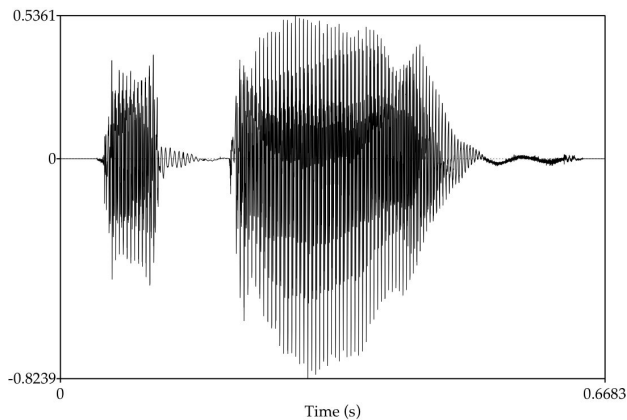
Apprentissage supervisé:
Apprendre à associer à partir
d'exemples (x,y)

Associer une image à un mot



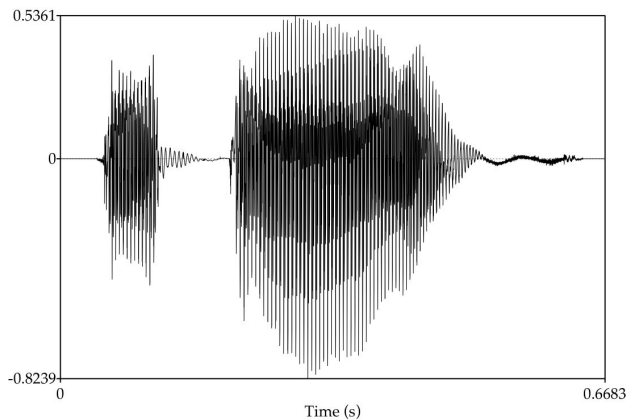
Chien

un son à des mot



→ “Ah!... bonjour”

un son à une personne



Gaétan
Marceau Caron

une image à une description



A woman is throwing a frisbee in a park.



A stop sign is on a road with a mountain in the background.



A group of people sitting on a boat in the water.



A giraffe standing in a forest with trees in the background.

Images: Xu et al., *Show, Attend and Tell: Neural Image Caption Generation with Visual Attention*

une phrase à une phrase

French – detected ▾



Bienvenue à mon
cours Edit

Korean ▾



내 수업에 오신 것을 환
영합니다.

nae sueob-e osin geos-eul hwan-
yeonghabnida.

Une description à une image

This flower has yellow petals along with green and yellow stamen



This flower is red and yellow in color, with petals that are ruffled and curled



This flower has petals that are yellow with red lines



This flower is white and pink in color, with petals that are oval shaped



A yellow flower with large petal with a large long pollen tubes



The petals on this flower are white with yellow stamen



Dash, Ayushman, et al. "TAC-GAN-text conditioned auxiliary classifier generative adversarial network." arXiv preprint arXiv:1703.06412 (2017).

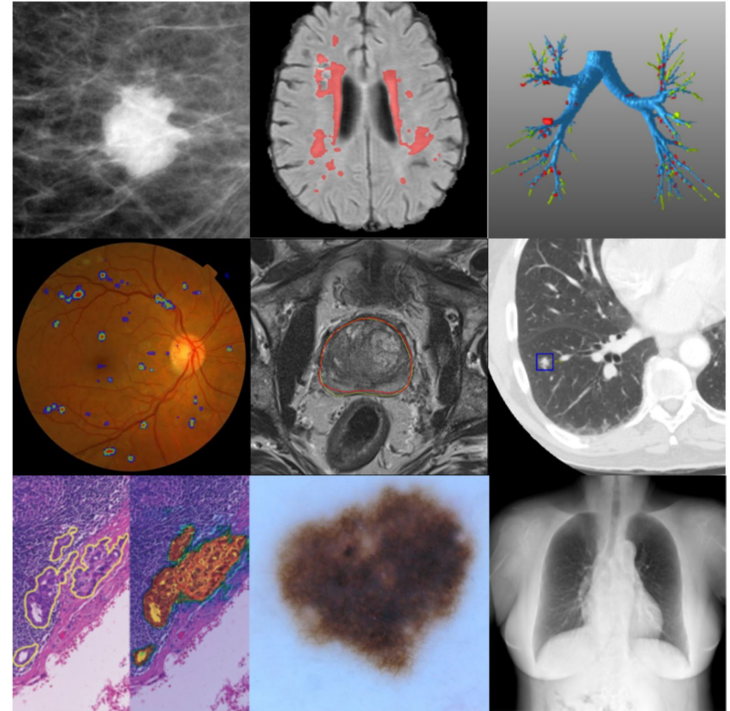
Une représentation à une image



Brock, Andrew, Jeff Donahue, and Karen Simonyan. "Large scale gan training for high fidelity natural image synthesis." arXiv preprint arXiv:1809.11096 (2018).

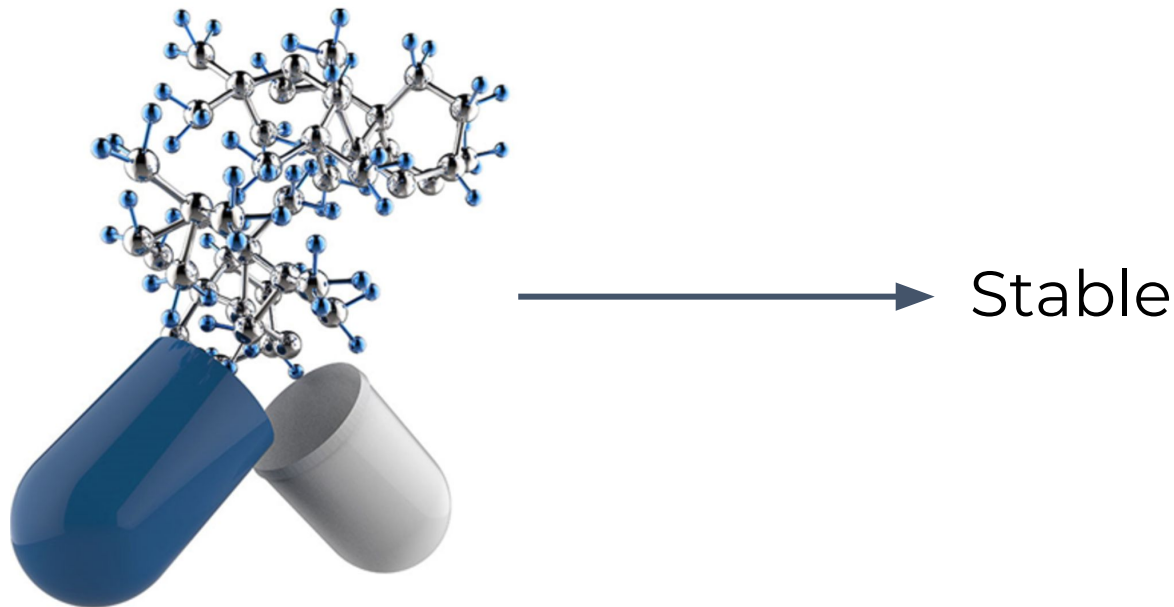
Une image à une information

- Revue de 300 articles de DL sur des données médicales
- Applications: neuro, rétinienne, pulmonaire, mammaire, cardiaque, abdominale, musculo-squelettique.



Litjens, Geert, et al. "A survey on deep learning in medical image analysis." Medical image analysis 42 (2017): 60-88.

Une molécule à une propriété



<https://ai.googleblog.com/2017/04/predicting-properties-of-molecules-with.html>

Un visage à la criminalité



Criminel

(a) Three samples in criminal ID photo set S_c .



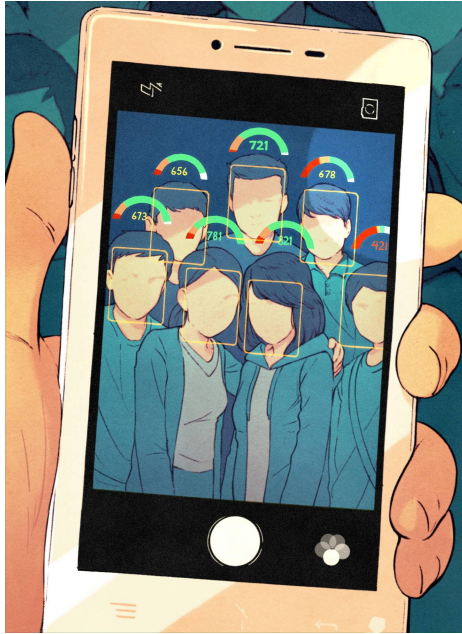
Non-criminel

(b) Three samples in non-criminal ID photo set S_n

Figure 1. Sample ID photos in our data set.

Wu, Xiaolin, and Xi Zhang. "Responses to Critiques on Machine Learning of Criminality Perceptions (Addendum of arXiv:1611.04135)." arXiv:1611.04135 (2016).

Un profil à un score du citoyen



Ne pas
assurer/prêter/embaucher
/être ami avec...

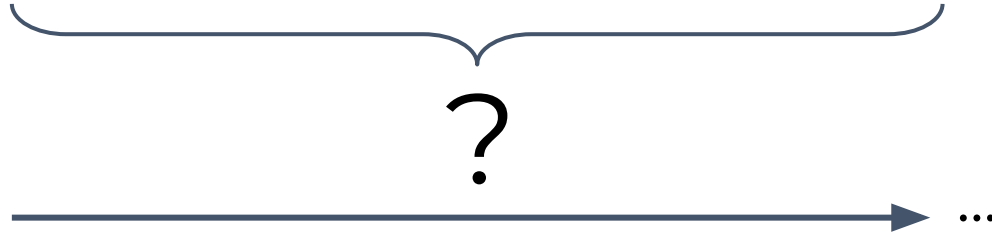
<https://www.wired.co.uk/article/chinese-government-social-credit-score-privacy-invasion>

Image credit: Kevin Hong

Un profil au droit à la vie



...



Slaughterbots: <https://www.youtube.com/watch?v=9CO6M2HsolA> (fiction)

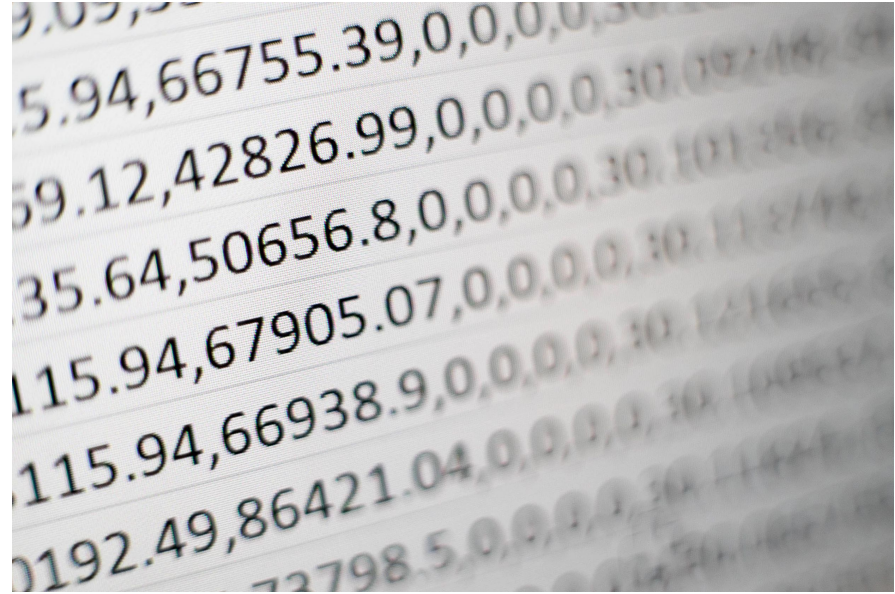
À retenir

- Le modèle ne voit que les données, pas la réalité/vérité.
- Il peut apprendre toutes les relations disponibles dans les données pour réduire son erreur de prédiction.
- Nous devons juger de façon éthique:
 - les tâches que l'on veut effectuer,
 - les relations apprises et utilisées par les modèles,
 - les performances et les conséquences des erreurs.

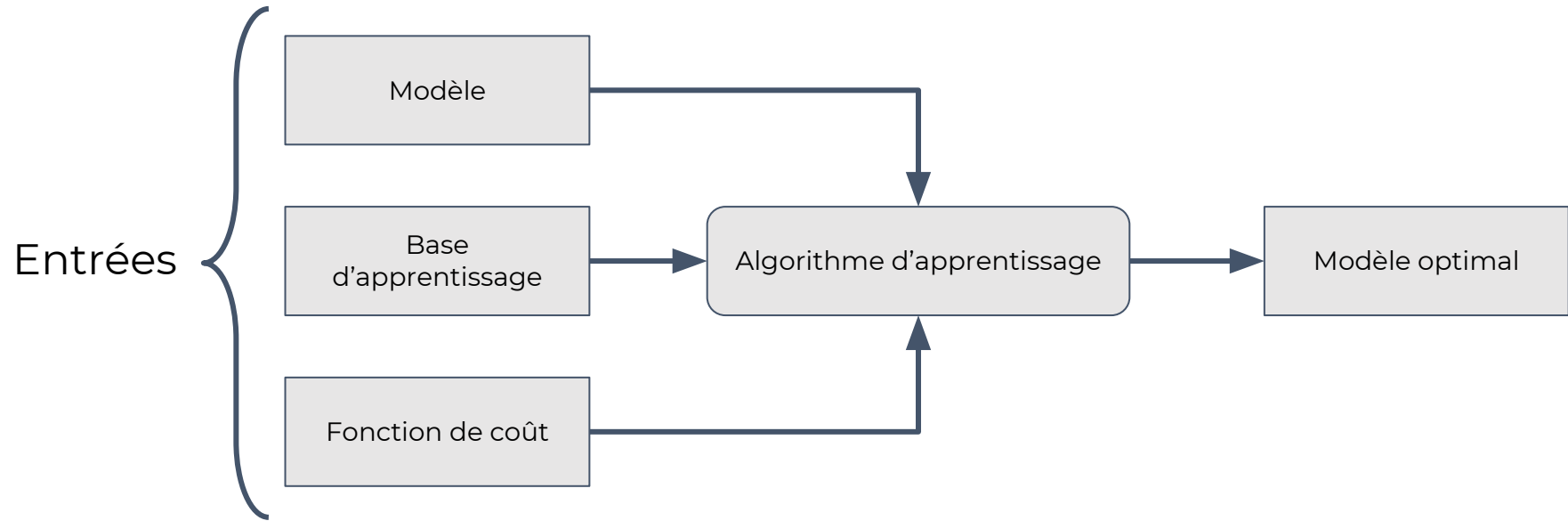
La bonne représentation est celle qui permet *d'associer facilement* une étiquette à un point du domaine.

Définition d'une tâche

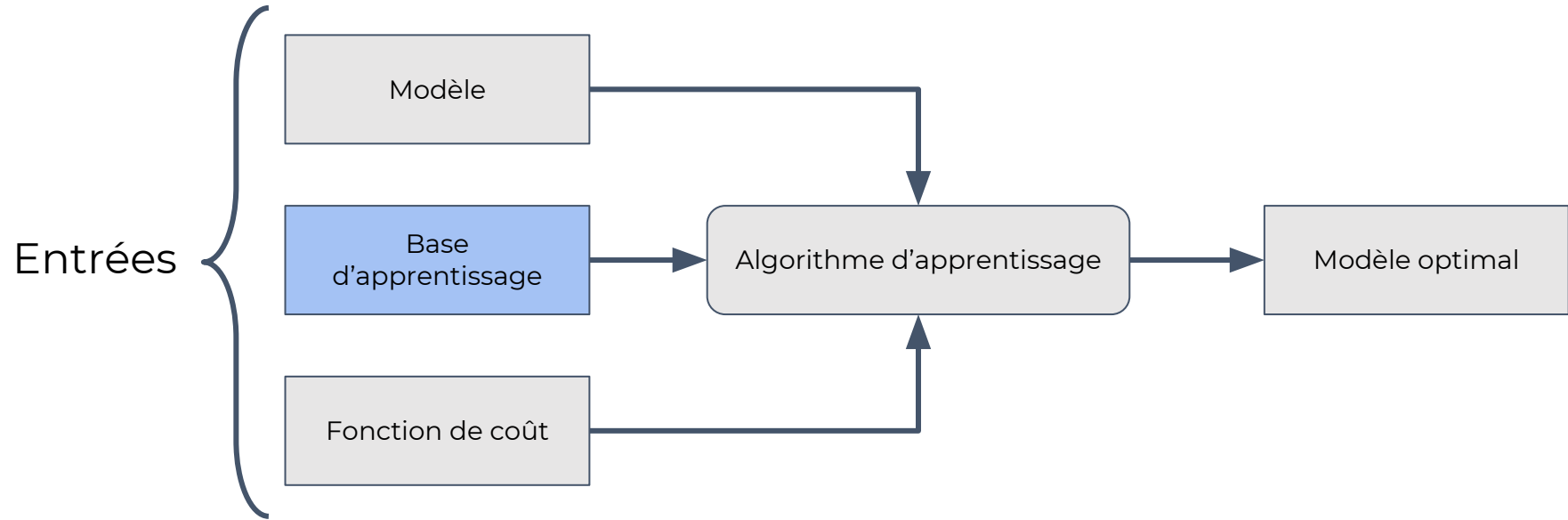
- Ensemble du domaine
- Ensemble d'étiquettes
- Base d'apprentissage
- Sortie de l'apprentissage
- Mesure de succès



Algorithme d'apprentissage

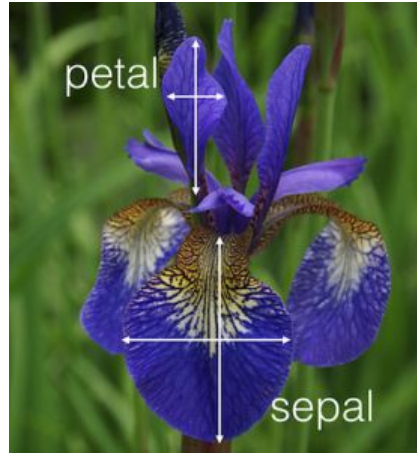


Algorithme d'apprentissage



Exemple

- Entrée: une description de l'iris
- Sortie: l'espèce de l'iris

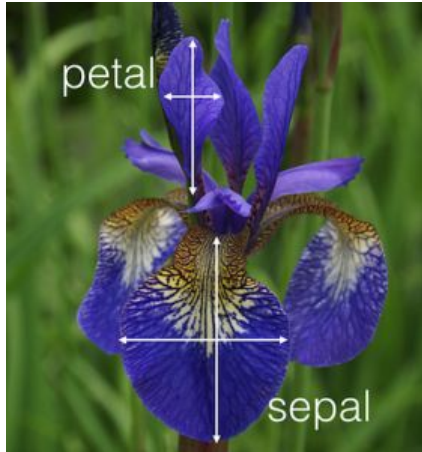


Ronald Fisher
“The use of multiple
measurements in
taxonomic problems”
(1936)

Edgar Anderson (1935). "The irises of the Gaspé Peninsula". Bulletin of the American Iris Society. 59: 2-5.

Représentation

Perception



Mesure

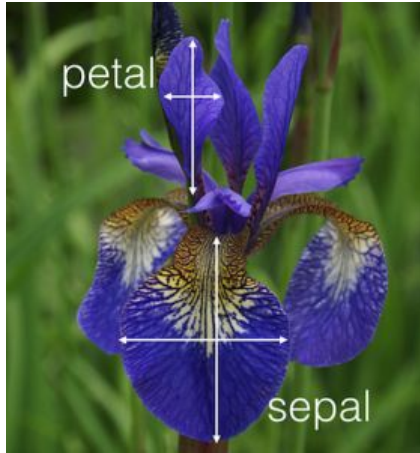
1. Longueur du sépale (cm)
2. Largeur du sépale (cm)
3. Longueur du pétale (cm)
4. Largeur du pétale (cm)

Classes

- A. Iris Setosa
- B. Iris Versicolour
- C. Iris Virginica

Représentation

Perception



Mesure

1. Longueur du sépale (cm)
2. Largeur du sépale (cm)
3. Longueur du pétale (cm)
4. Largeur du pétale (cm)

Classes

?

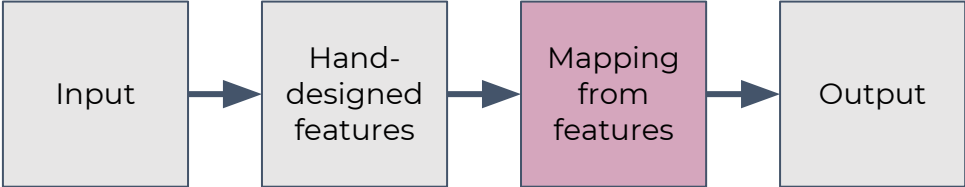
- A. Iris Setosa
- B. Iris Versicolour
- C. Iris Virginica

Apprentissage profond

Rule-based Systems



Classic ML



Représentation

Perception



?

Classes

- A. Iris Setosa
- B. Iris Versicolour
- C. Iris Virginica

Comment ça fonctionne?

Représentation

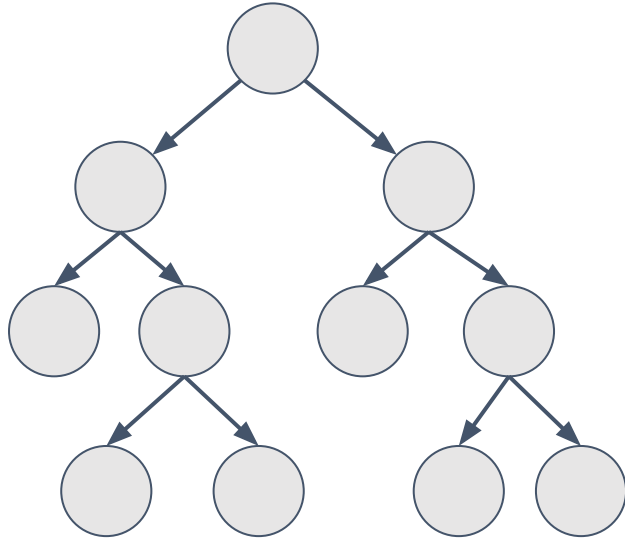
une représentation peut être un ensemble d'attributs. On utilise un vecteur binaire pour indiquer la présence ou l'absence des attributs.



→ [0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0]

Représentation

la présence ou l'absence des attributs peuvent être déterminées séquentiellement.



Une question numérique

Une question $[0, 1, 1, 0, 1, 0]$

Une représentation $[1, 2, 2, 0, 3, 1]$

La réponse

$$0 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 2 + 0 \times 0 + 1 \times 3 + 0 \times 1 = 7$$

Une question numérique

Une question $[0, 1, 1, 0, 1, 0]$

Une représentation $[9, 0, 0, 9, 0, 9]$

La réponse

$$0 \times 9 + 1 \times 0 + 1 \times 0 + 0 \times 9 + 1 \times 0 + 0 \times 9 = 0$$

Une question numérique

Une question $[0, 1, 1, 0, 1, 0]$

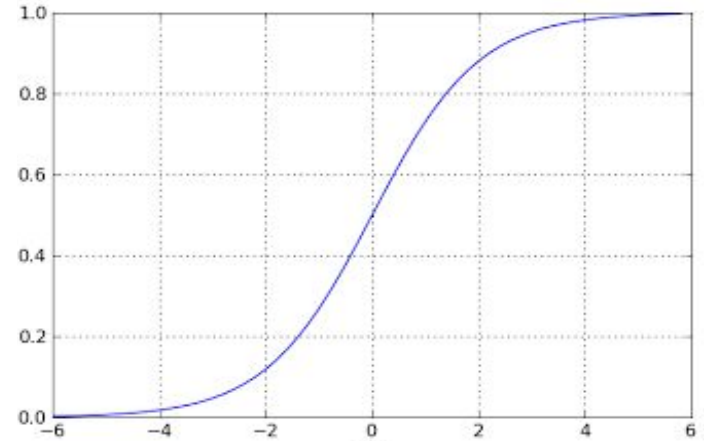
Une représentation $[1, -2, -2, 0, -3, 9]$

La réponse

$$0 \times 1 + 1 \times (-2) + 1 \times (-2) + 0 \times 0 + 1 \times (-3) + 0 \times 9 = -7$$

Une question oui/non numérique

- Réponse à 7: probabilité à 1
- Réponse à 0: probabilité à 0.5
- Réponse à -7: probabilité à 0

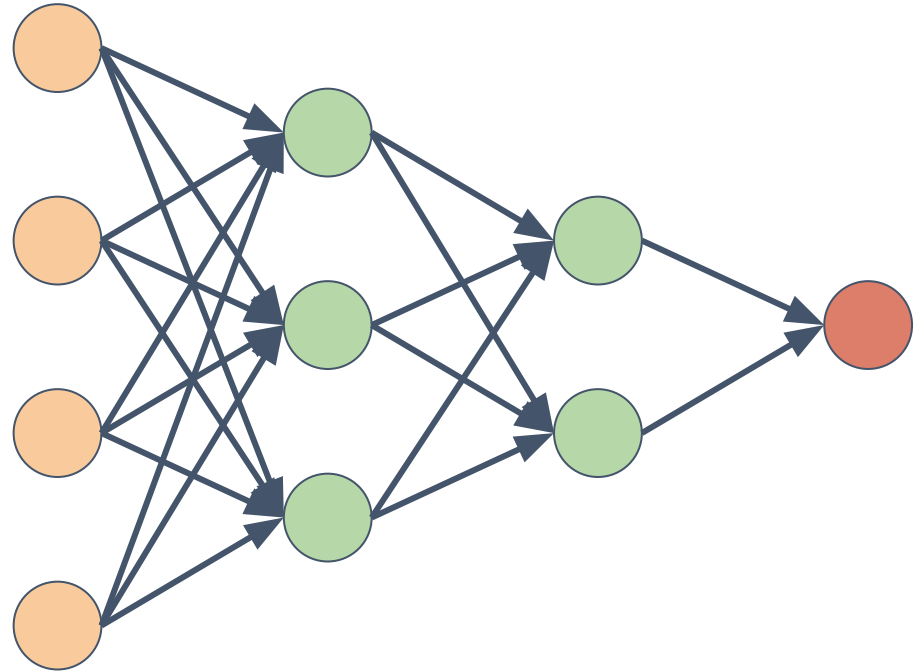


$$\text{sigmoid}(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)}$$

Modèle de questions

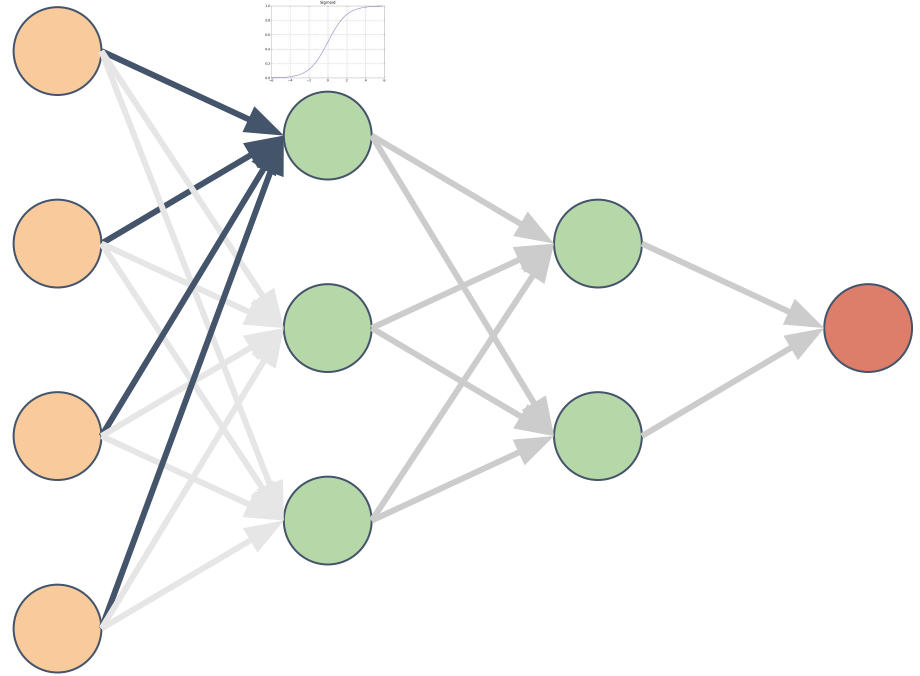
Deux propriétés:

- Questions parallèles
- Questions séquentielles



Modèle de questions

- Les cercles sont les données
- les flèches sont les questions



Question sur des images: convolution

0	0	0	0	0	0	0
0	2	1	2	0	1	0
0	1	0	1	2	2	0
0	2	2	0	2	2	0
0	1	2	2	1	2	0
0	1	1	2	1	2	0
0	0	0	0	0	0	0

0	-1	-1
1	0	1
0	-1	1

Biais: 1

0	5	1
3	2	2
6	1	0

Biais



$$0*1+(-1)*2+(-1)*0+1*1+0*2+1*0+0*0+(-1)*0+1*0+1=0$$

La convolution

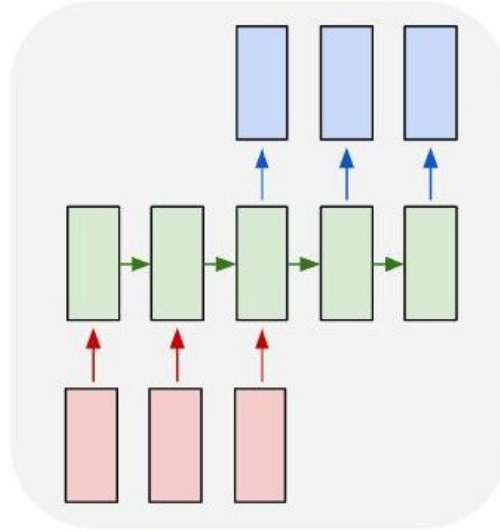
- Demande la même question à plusieurs endroits de l'image
- Recherche d'un motif dans l'image

Les réponses

La donnée

Source: https://github.com/vdumoulin/conv_arithmetic

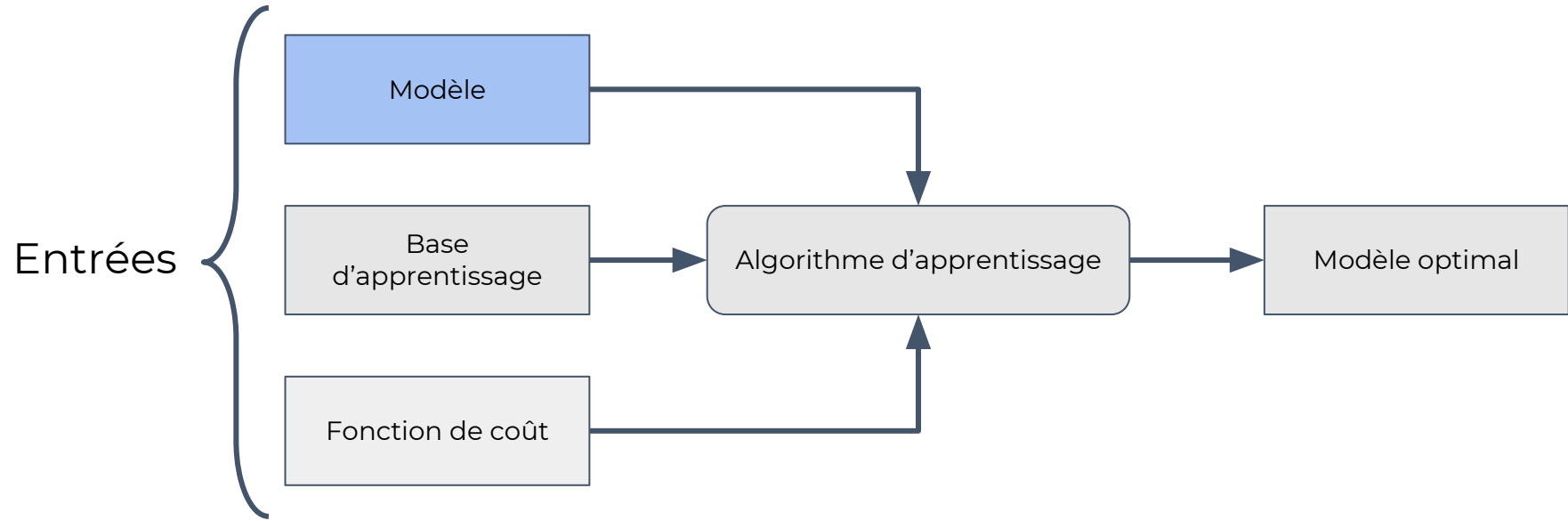
Question sur des séquences



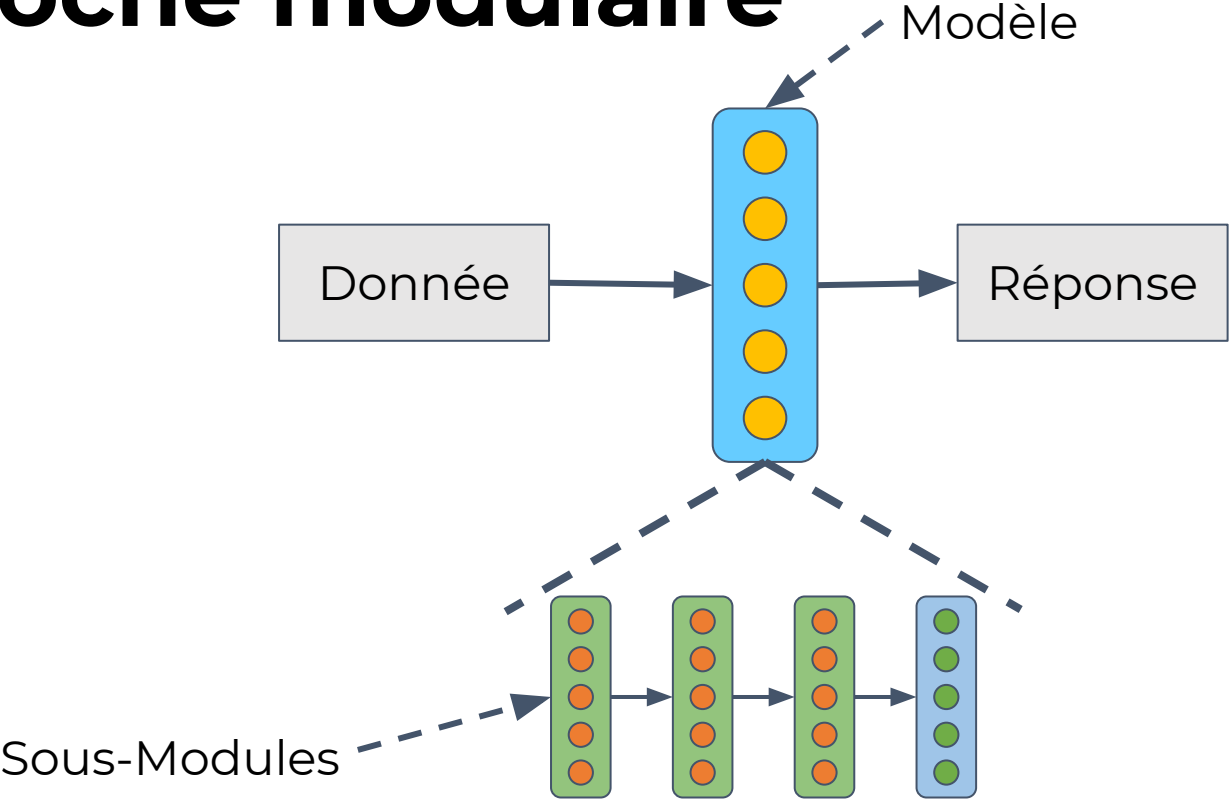
Famille des réseaux récurrents

Comment ça fonctionne?
en pratique...

Algorithme d'apprentissage

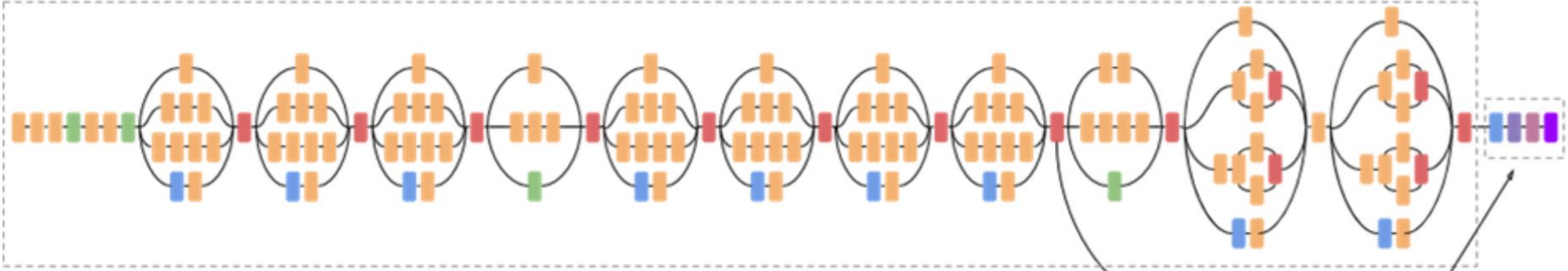


Approche modulaire



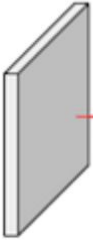
Apprentissage profond: exemple

Input: 299x299x3, Output: 8x8x2048



- Convolution
- AvgPool
- MaxPool
- Concat
- Dropout
- Fully connected
- Softmax

Input: 299x299x3

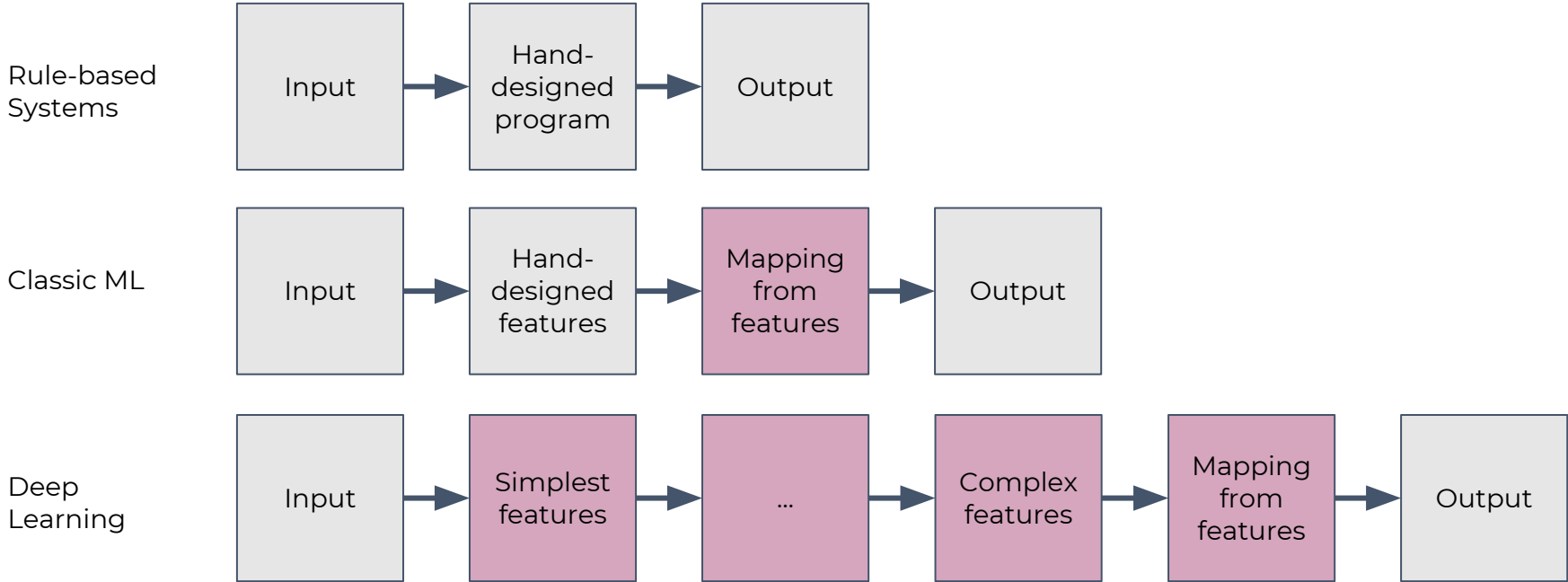


Output: 8x8x2048

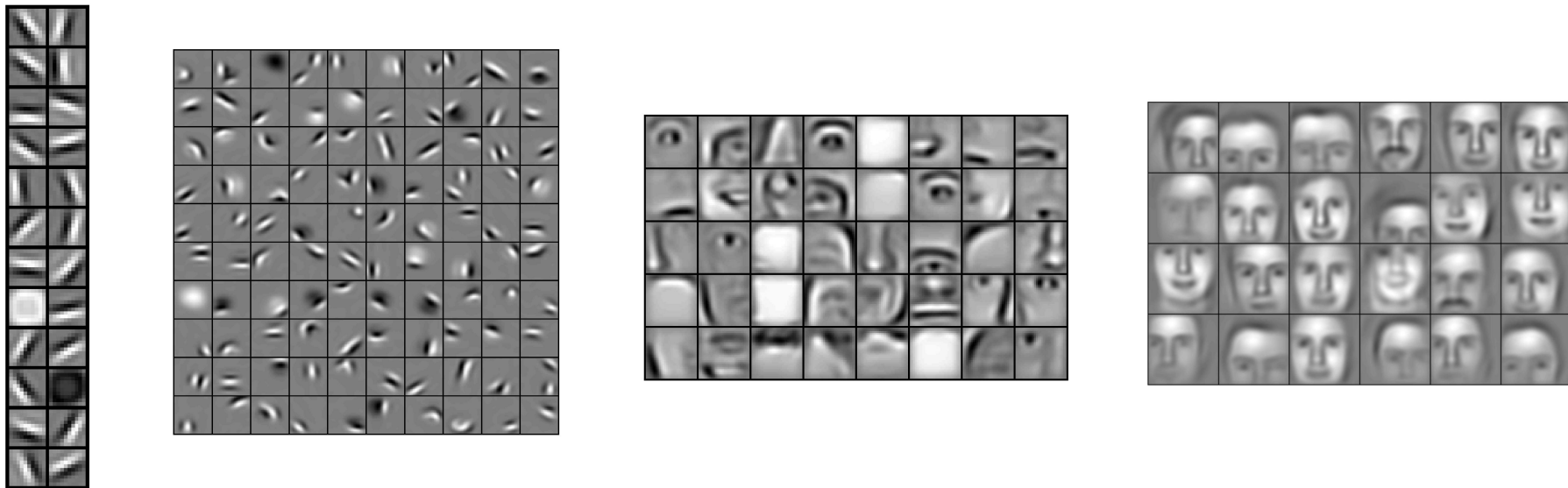


Final part: 8x8x2048 -> 1001

Apprentissage profond



Niveaux de représentations

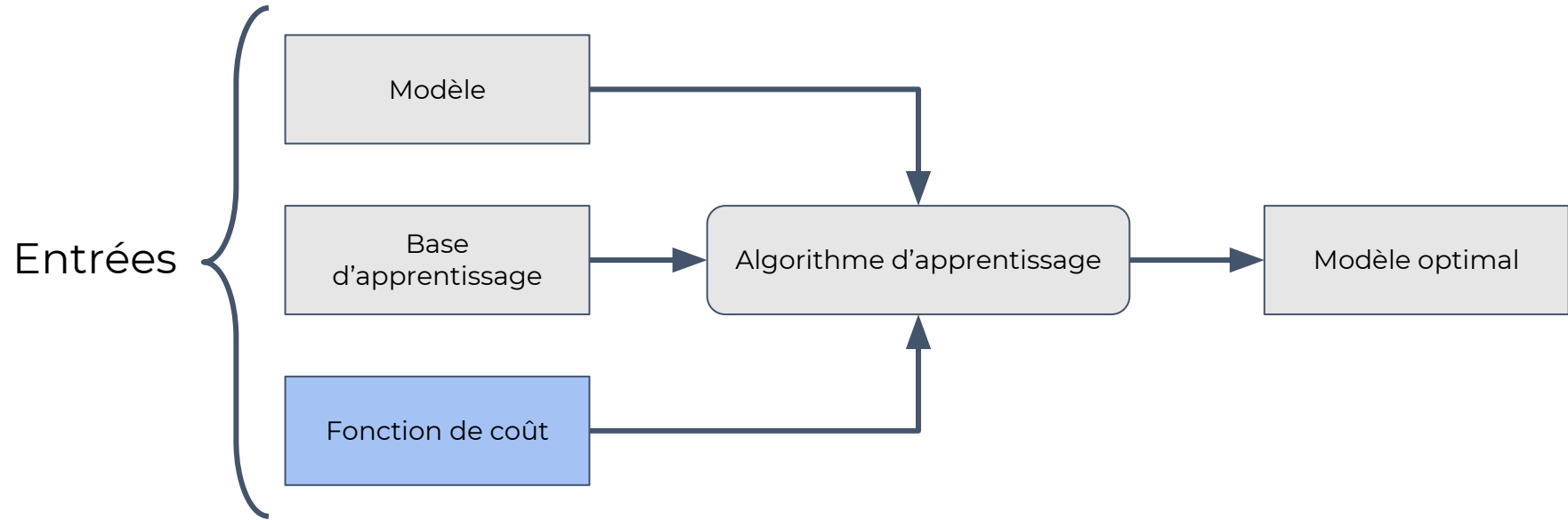


Lee, Honglak, et al. "Convolutional deep belief networks for scalable unsupervised learning of hierarchical representations." Proceedings of the 26th annual international conference on machine learning. ACM, 2009.

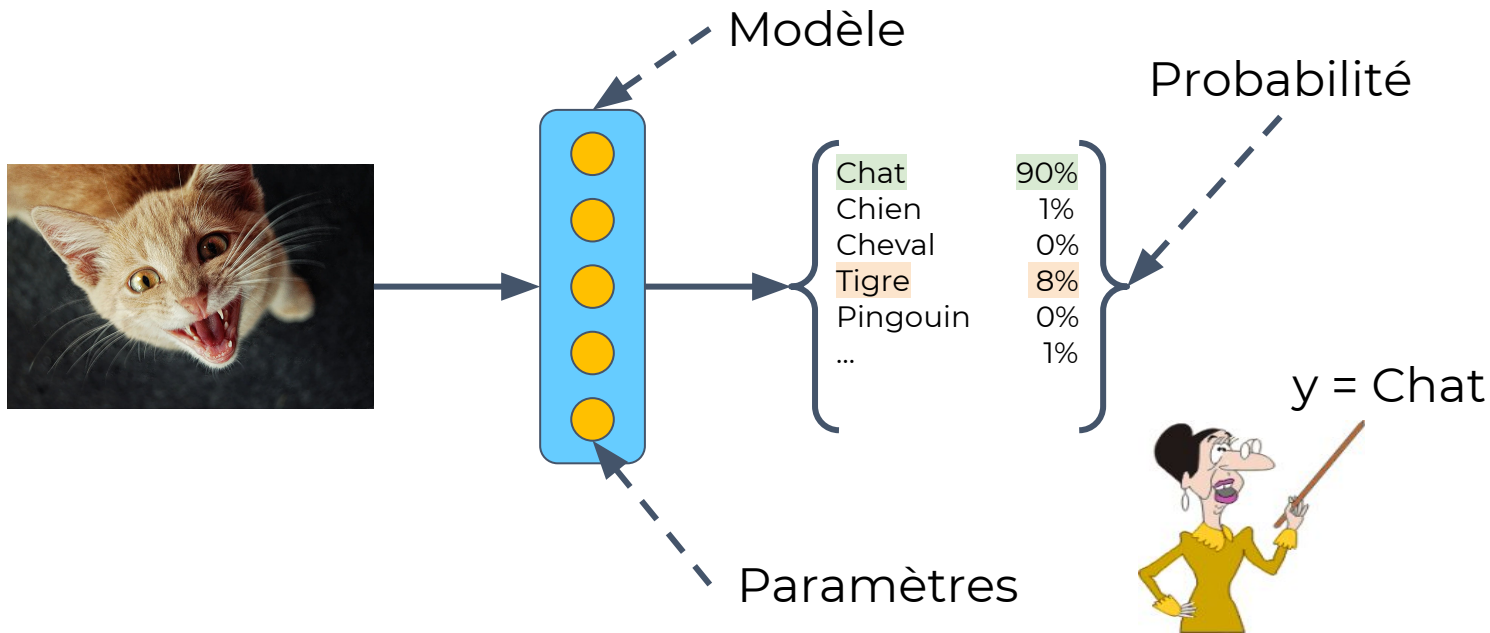
Qu'est-ce que l'apprentissage automatique?

Apprendre à poser les bonnes questions à partir des données.

Algorithme d'apprentissage

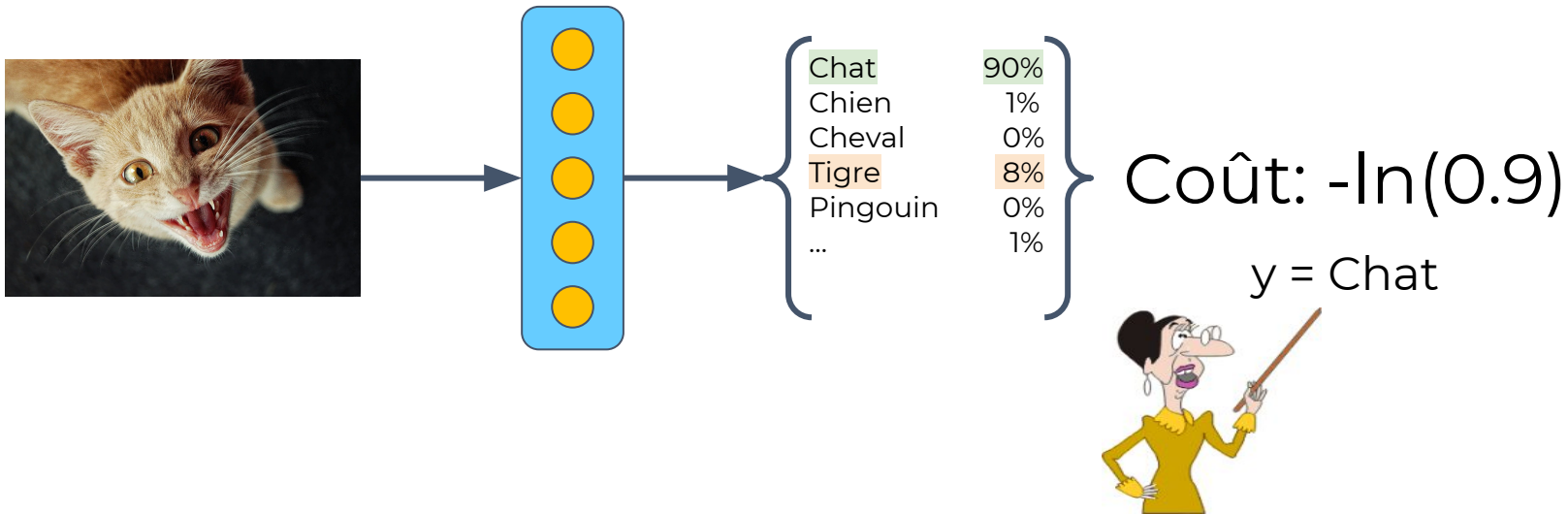


Exemple: maximiser la probabilité

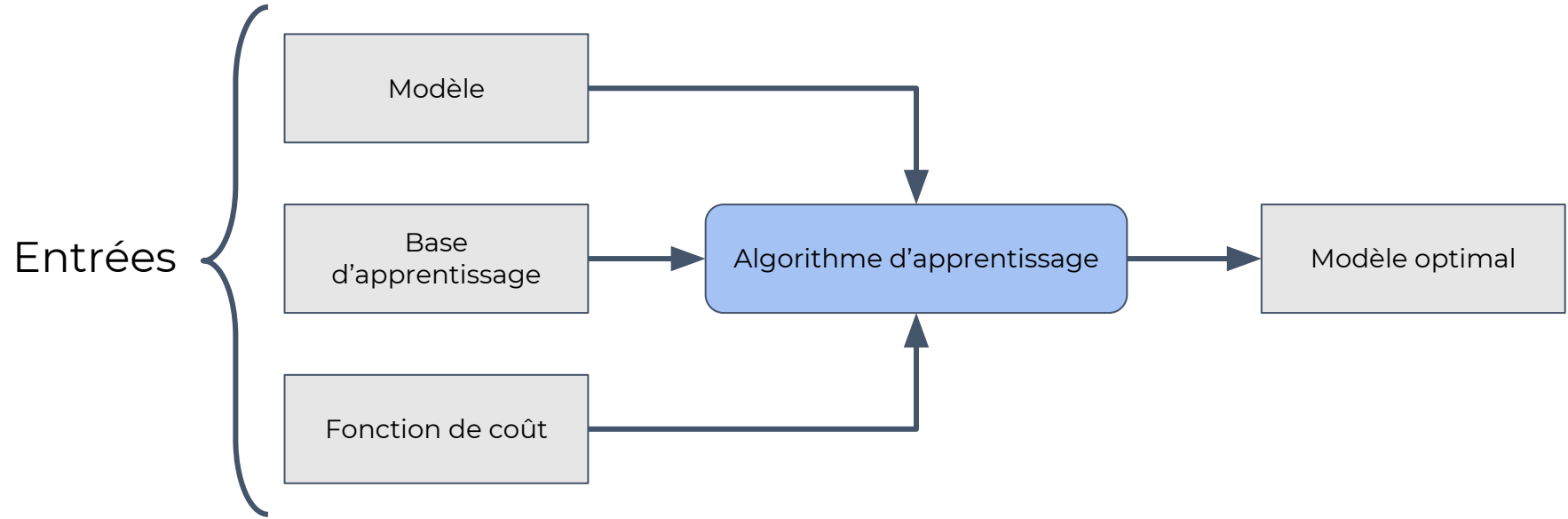


Exemple: maximiser la probabilité

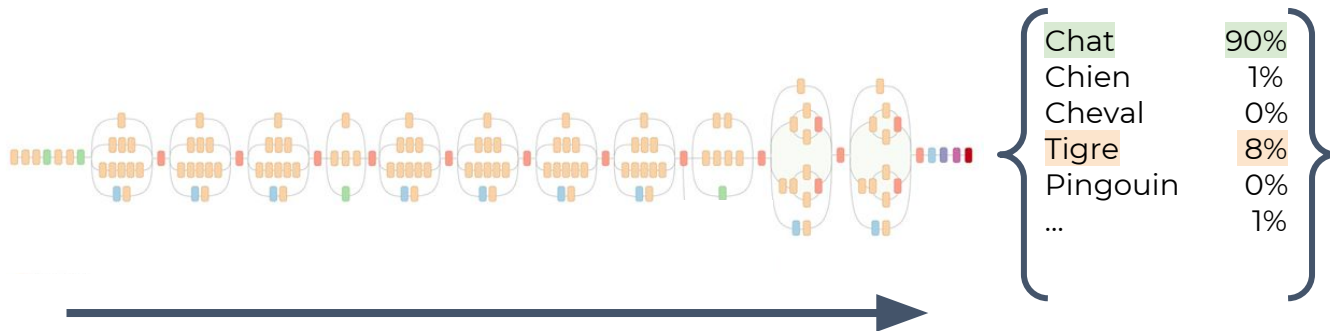
Negative log-likelihood



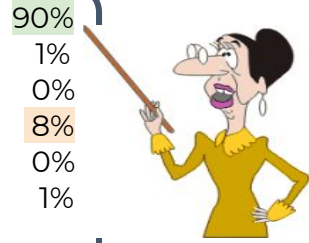
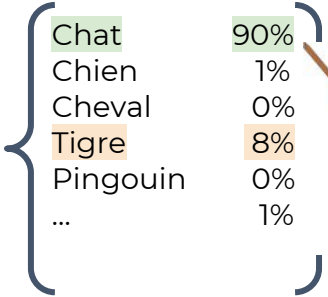
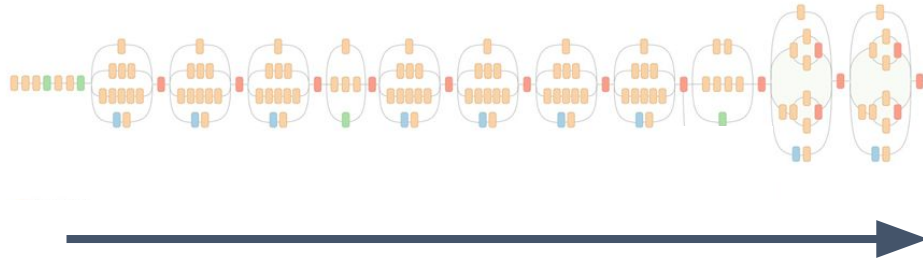
Algorithme d'apprentissage



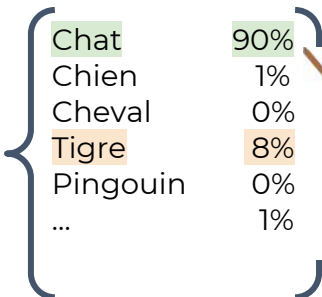
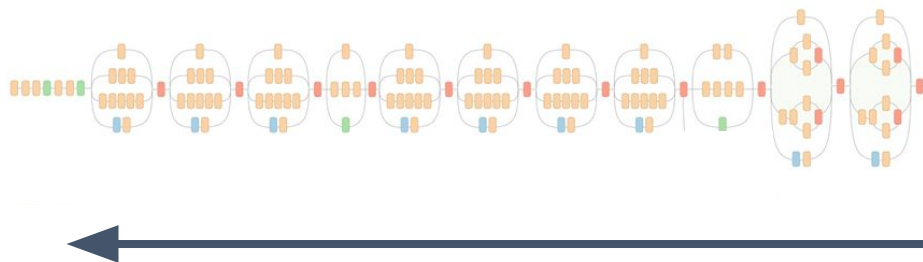
Phase “forward”



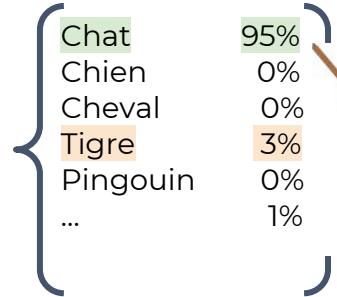
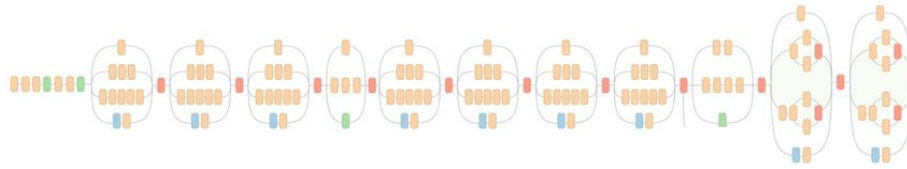
Évaluation



Phase “backward”



Phase mise à jour

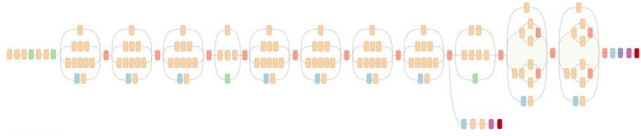


État de la science

Empirisme

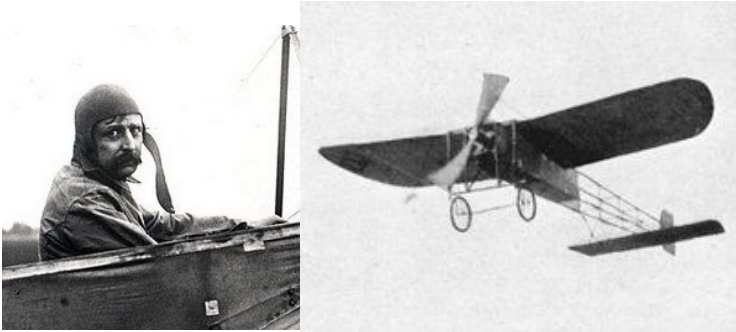
Théorie

ML



?

Aviation



À retenir

- L'apprentissage automatique est une science en devenir.
- On commence toujours par la définition de la tâche.
- L'apprentissage profond concerne des modèles complexes qui apprennent efficacement des associations avec des représentations hiérarchiques.
- Le sur-apprentissage est le problème majeur.

Question ouverte

Causalité et
apprentissage profond?

Références

- Leçon inaugurale de Stéphane Mallat au Collège de France: [vidéo sur youtube](#)
- 3Blue1Brown: But what *is* a Neural Network? | Chapter 1, deep learning: <https://goo.gl/BMRoPo>
- [Livre Deep Learning de Michael Nielsen](#)
- [Livre de Deep Learning de Goodfellow, Bengio et Courville](#)