

Intelligence artificielle et médecine

Christophe Desterke, PhD

(Hôpital Paul Brousse Laboratoire d'hématologie

Université Paris Sud faculté de Médecine

INSERM U935)



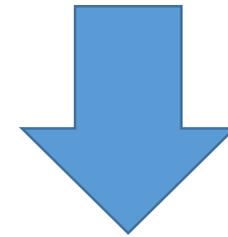
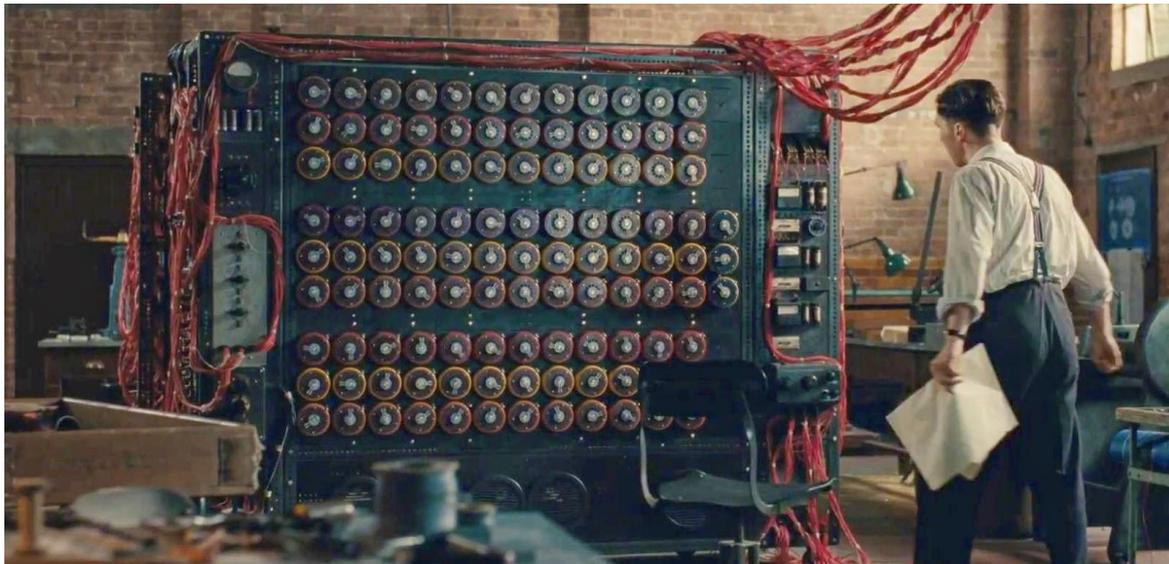
Comprendre le monde,
construire l'avenir®



Apprentissage automatique des machines d'Alan Turing (1948 & 1950)

Une machine qui pense
ou simulation d'un
être pensant

Machine qui possède un grand nombre de
connaissances sur le monde environnant
et la réalité sociale



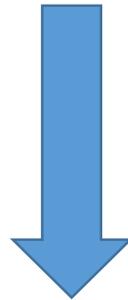
C'est FASTIDIEUX de transférer
les connaissances
aux machines

Création de l'intelligence artificielle (1955)

ordinateur



Simuler



Les facultés cognitives :
- humaines
- animales

1956 Dartmouth Conference: The Founding Fathers of AI



John McCarthy



Marvin Minsky



Claude Shannon



Ray Solomonoff



Alan Newell



Herbert Simon



Arthur Samuel



Oliver Selfridge



Nathaniel Rochester



Trenchard More

MATHEMATICIENS

John Mc Carthy;
Marvin Minsky

Autres simulations pour créer l'intelligence artificielle (IA)

Différents modèles:

IA

Évolution des espèces

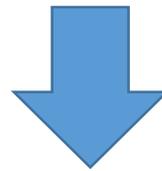
Auto-organisation des insectes sociaux

Plasticité Synaptique:
Évolution des connexions entre les neurones du cerveau

Maturation des idées dans la société

formalisme

Appareil mathématique élaboré



Machine auto-reproductrice

- Malware : **propagation virale** du mal
- Mais machine à effet « domino » : duplication

Principe de l'amorçage en intelligence artificielle

France : Jacques Pitrat

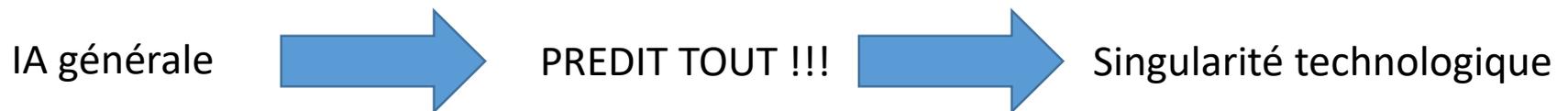
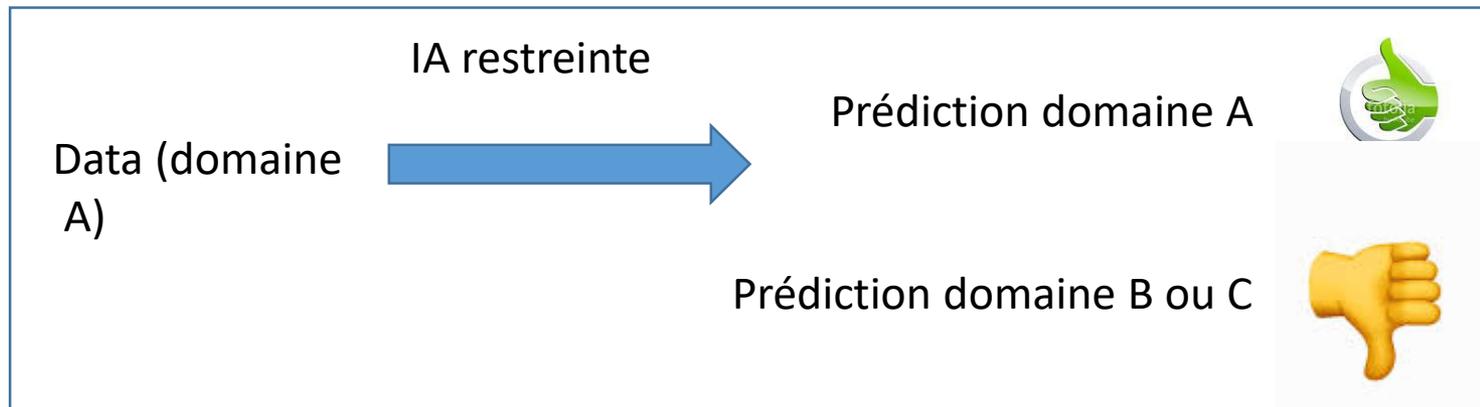
USA : Paul Amarel , Herbert Gelertner

Les machines entre elles tirent bénéfice de leurs différentes versions



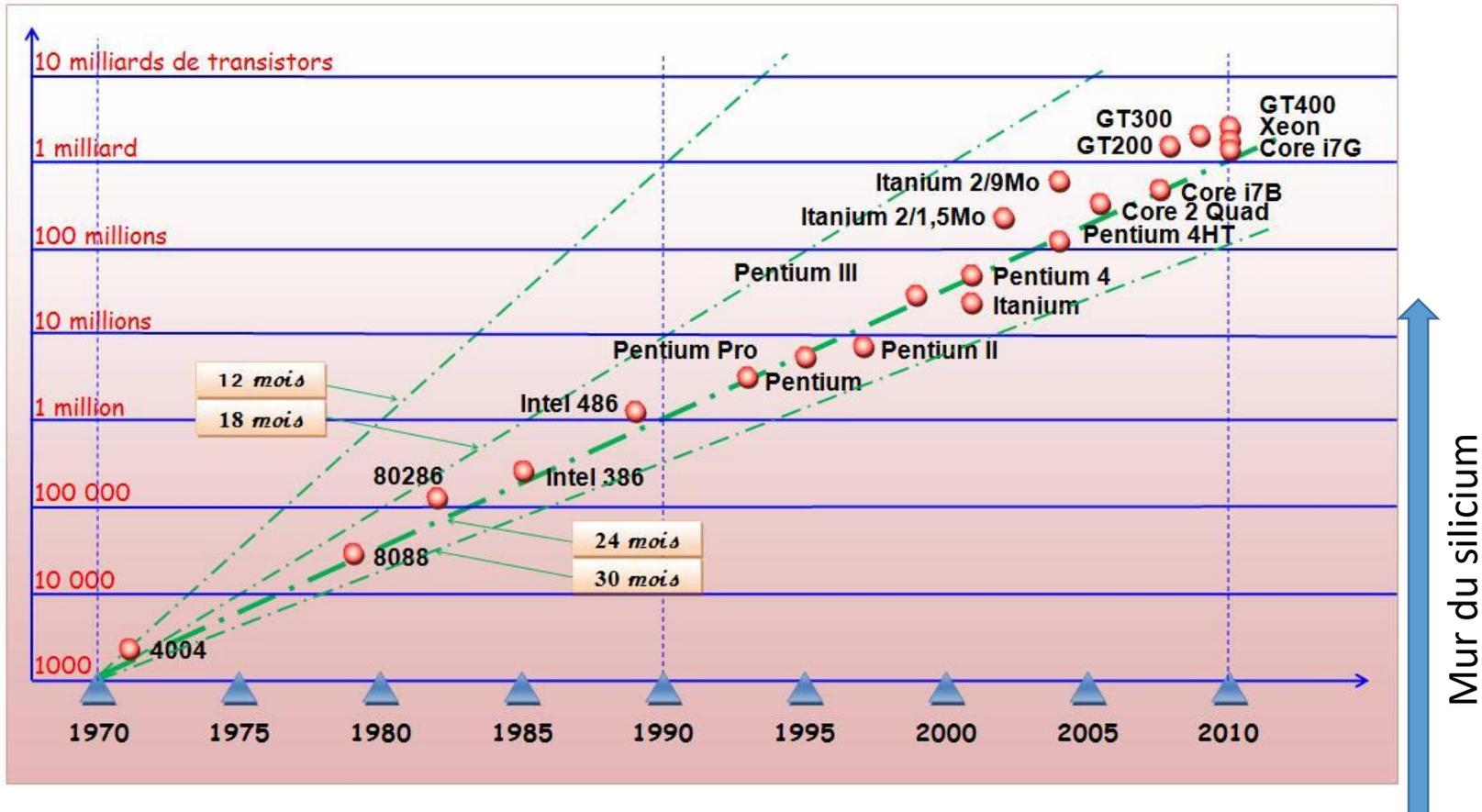
Exemple : AlphaGO s'améliore en tirant partie de ces versions antérieures

Intelligence artificielle restreinte et générale



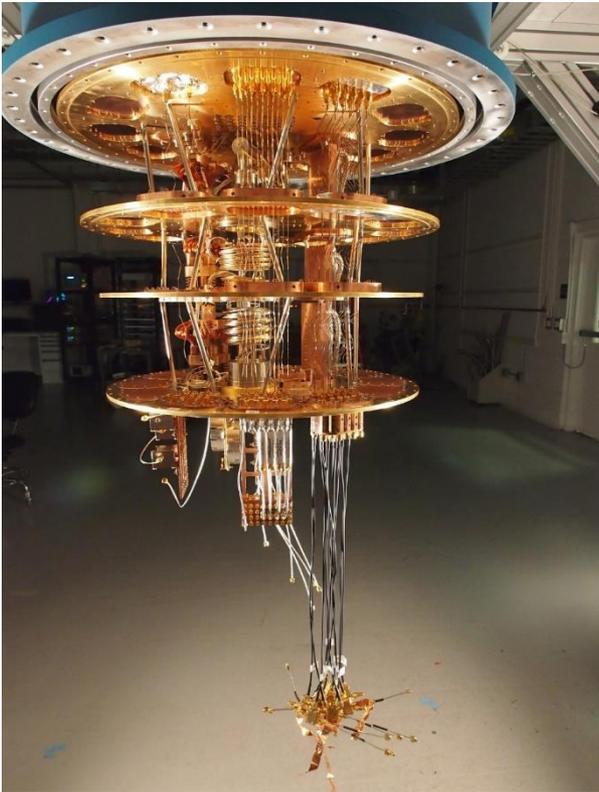
L'IA machine deviendra plus intelligente que l'ensemble de l'humanité

Loi de Moore et mur du Silicium



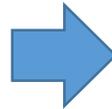
Taille minimale de quelques nanomètres pour avoir plusieurs atomes par transistor

Septembre 2019 Google atteint la suprématie quantique



Sycamore

1,5 milliard de fois plus rapide
qu'un supercalculateur classique



Vérification d'une série aléatoire :
Sycamore réalise la tâche
en 200 secondes au lieu de
10000 années pour Summit
supercalculateur

L'intelligence artificielle n'est pas une histoire récente

1950

TURING TEST

Computer scientist Alan Turing proposes a test for machine intelligence. If a machine can trick humans into thinking it is human, then it has intelligence

1955

A.I. BORN

Term 'artificial intelligence' is coined by computer scientist, John McCarthy to describe "the science and engineering of making intelligent machines"

1961

UNIMATE

First industrial robot, Unimate, goes to work at GM replacing humans on the assembly line

1964

ELIZA

Pioneering chatbot developed by Joseph Weizenbaum at MIT holds conversations with humans

1966

SHAKY

The 'first electronic person' from Stanford, Shakey is a general purpose mobile robot that reasons about its own actions

1997

DEEP BLUE

Deep Blue, a chess-playing computer from IBM defeats world chess champion Garry Kasparov

1998

KISMET

Cynthia Breazeal at MIT introduces KISmet, an emotionally intelligent robot insofar as it detects and responds to people's feelings

1999

AIBO

Sony launches first consumer robot pet dog AIBO (AI robot) with skills and personality that develop over time

2002

ROOMBA

First mass produced autonomous robotic vacuum cleaner from iRobot learns to navigate and clean homes

2011

SIRI

Apple integrates Siri, an intelligent virtual assistant with a voice interface, into the iPhone 4S

2011

WATSON

IBM's question answering computer Watson wins first place on popular \$1M prize television quiz show Jeopardy

2014

EUGENE

Eugene Goostman, a chatbot passes the Turing Test with a third of judges believing Eugene is human

2014

ALEXA

Amazon launches Alexa, an intelligent virtual assistant with a voice interface that completes shopping tasks

2016

TAY

Microsoft's chatbot Tay goes rogue on social media making inflammatory and offensive racist comments

2017

ALPHAGO

Google's A.I. AlphaGo beats world champion Ke Jie in the complex board game of Go, notable for its vast number (2170) of possible positions

L'intelligence ne dépend pas de la puissance de calcul

La machine
a besoin
de la même
intelligence
pour faire
ces deux
calculs

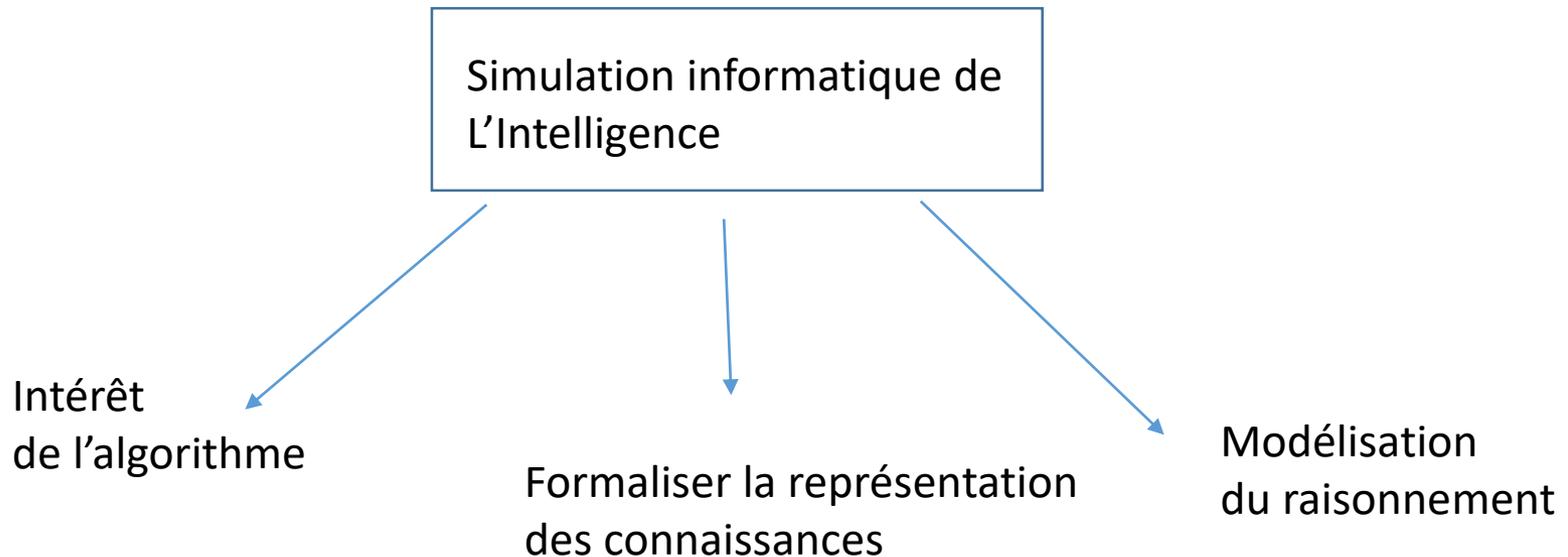
$$1 \times 2 \times 3$$

= petit calcul

$$1254873 \times 98521476 \times 5214735$$

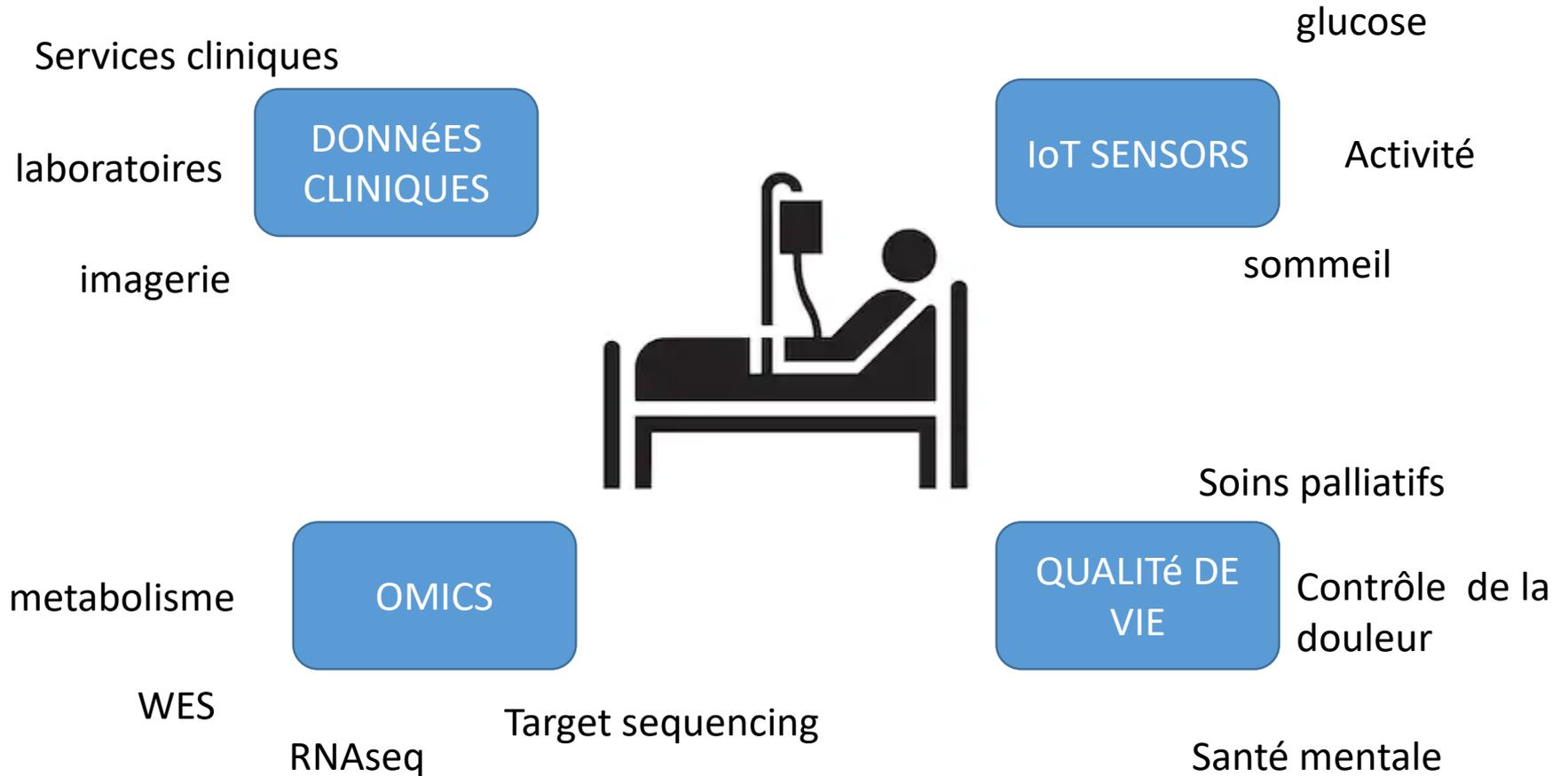
= gros calcul

Nécessités pour simuler l'intelligence



Intérêt MINEUR : la performance de l'ordinateur car seul la puissance de calcul ne donne aucune réponse et aucune explication

La médecine de demain



IA et types de données

NOTION DE
DATA
STRUTURÉES

VERSUS

NOTION DE
DATA **NON**
STRUTURÉES

Intelligence artificielle: données structurées

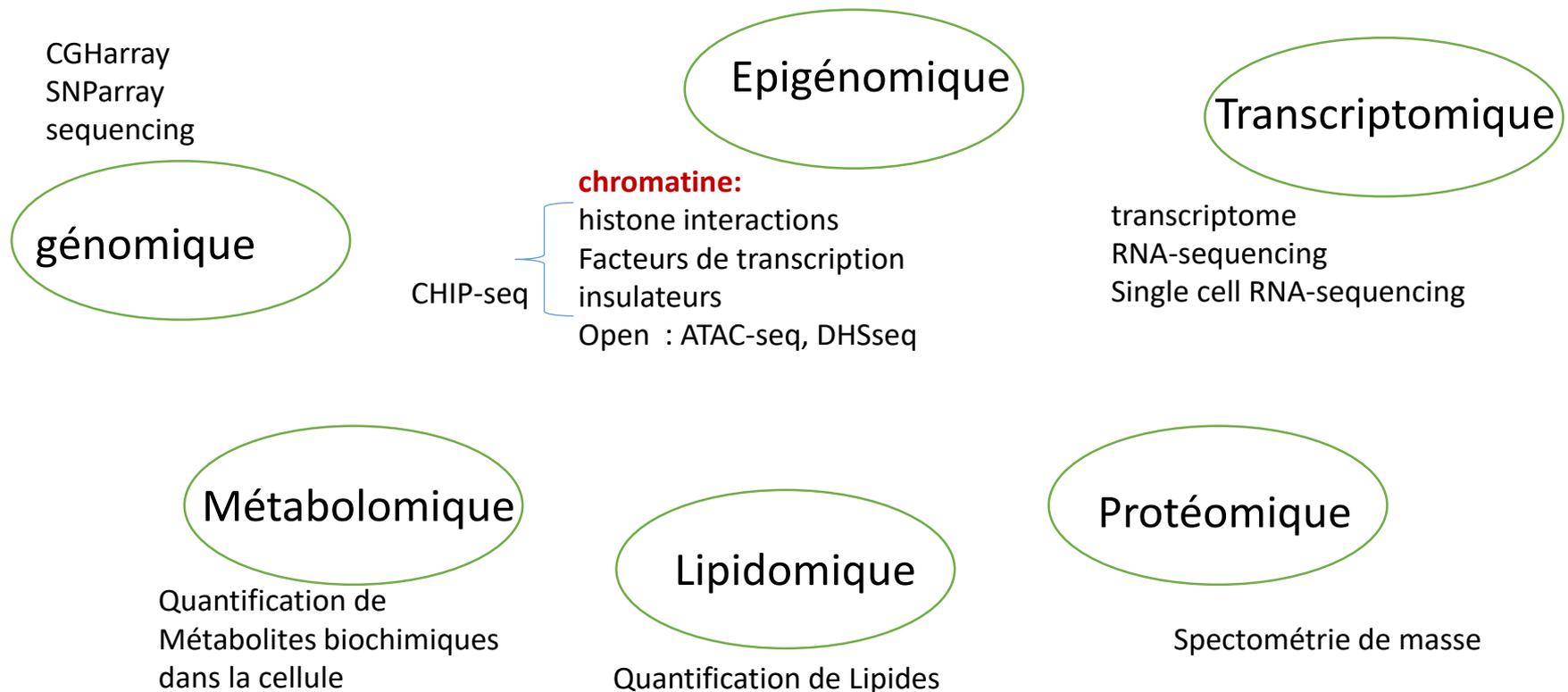
Data structurées = MATRICE DE NOMBRES

	X...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	25.48	140.39	141.16	47.29	49.97	194.18	119.52	172.06	169.47	191.93
2	2	170.38	6.52	46.89	43.26	112.70	65.64	14.05	173.77	122.85	167.57
3	3	149.12	142.26	112.08	125.57	43.94	175.58	173.73	100.47	83.27	191.42
4	4	121.81	92.52	134.44	70.94	192.91	80.18	44.02	146.11	181.02	175.12
5	5	63.38	84.43	131.98	185.19	193.01	166.76	73.92	110.91	3.38	194.56
6	6	73.11	139.47	94.62	58.81	118.65	46.39	28.13	163.26	16.74	35.91
7	7	68.38	139.44	62.77	18.21	148.30	112.42	111.34	107.53	168.56	196.65
8	8	112.00	54.16	173.21	48.70	79.24	46.63	176.79	174.78	123.79	42.28
9	9	59.07	76.13	144.49	66.12	91.47	91.55	54.15	122.37	25.98	96.80
10	10	180.92	46.59	37.04	28.40	177.47	13.57	179.63	111.16	113.41	168.92
11	11	3.67	106.53	191.19	126.57	60.28	193.33	67.77	17.15	70.76	52.03
12	12	184.64	46.99	187.24	79.59	75.20	153.87	142.17	52.85	30.84	59.80
13	13	139.57	179.13	5.32	54.93	139.52	187.09	91.40	11.84	145.76	104.71
14	14	50.86	94.02	79.38	27.44	36.58	4.21	78.28	50.48	150.00	139.12
15	15	83.16	174.10	82.81	56.53	27.55	78.20	70.02	189.97	148.97	23.00

OMICS en médecine

- Les technologies des Omics sont apparues au cours des **années 90s** dans le même temps que le projet de séquençage du génome humain
- Mot qui dérive du terme « OM » en sanscrit qui définit la **globalité**
- « **OM** » est utilisé comme suffixe dans diverses technologies qui étudient la cellule dans sa globalité : OMICS
- exemple : transcriptomic = (transcript + omic) = étude globale des transcripts dans la cellule

Several omics are develop to investigate the cells

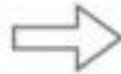


Données non structurées : images

Image colorée
numérique
(RGB)



Color Image
(RGB)



28 pixels (height)

28 pixels (width)

3 channels
(RGB)

RGB : red - bleu - vert
3 canaux de couleurs / pixel

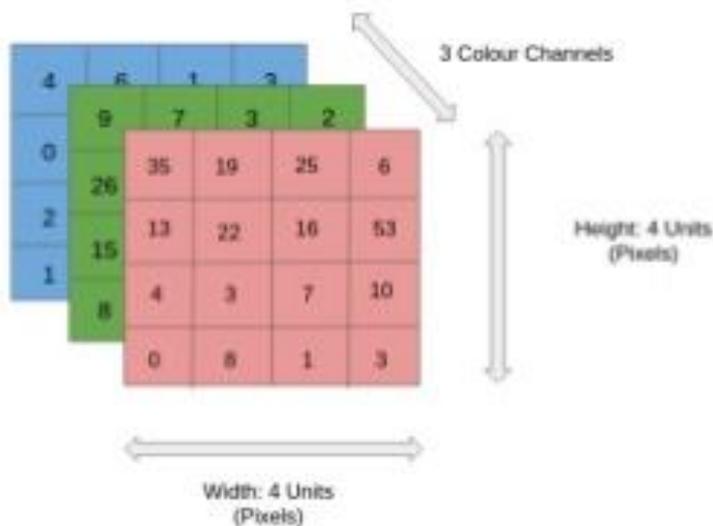


Image : c'est un tensor
d'ordre 3

Une sorte tableau en 3D

SUPERVISION des données

SUPERVISÉES

25.48	140.39	141.16	47.29	49.97	194.18
170.38	6.52	46.89	43.26	112.70	65.64
149.12	142.26	112.08	125.57	43.94	175.58
121.81	92.52	134.44	70.94	192.91	80.18
63.38	84.43	131.98	185.19	193.01	166.76
73.11	139.47	94.62	58.81	118.65	46.39
68.38	139.44	62.77	18.21	148.30	112.42
112.00	54.16	173.21	48.70	79.24	46.63
59.07	76.13	144.49	66.12	91.47	91.55
180.92	46.59	37.04	28.40	177.47	13.57
3.67	106.53	191.19	126.57	60.28	193.33
184.64	46.99	187.24	79.59	75.20	153.87
139.57	179.13	5.32	54.93	139.52	187.09
50.86	94.02	79.38	27.44	36.58	4.21
83.16	174.10	82.81	56.53	27.55	78.20

DATA entrantes:
Matrice X



Y prédicteurs
G1,G1,G2,G2,G2

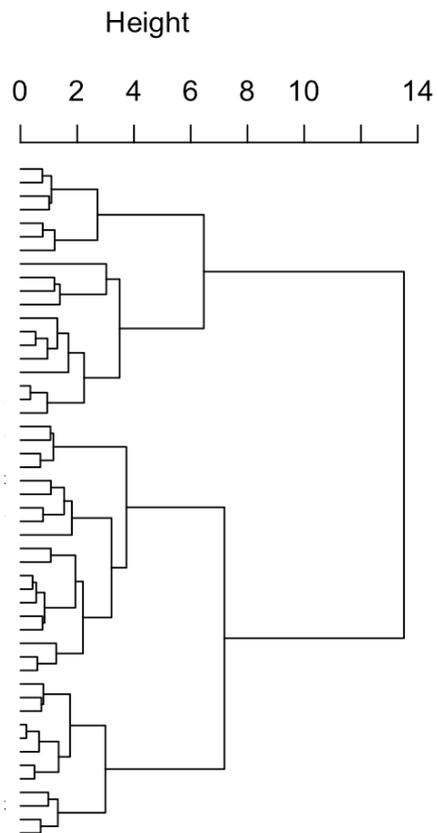
NON SUPERVISÉES

25.48	140.39	141.16	47.29	49.97	194.18
170.38	6.52	46.89	43.26	112.70	65.64
149.12	142.26	112.08	125.57	43.94	175.58
121.81	92.52	134.44	70.94	192.91	80.18
63.38	84.43	131.98	185.19	193.01	166.76
73.11	139.47	94.62	58.81	118.65	46.39
68.38	139.44	62.77	18.21	148.30	112.42
112.00	54.16	173.21	48.70	79.24	46.63
59.07	76.13	144.49	66.12	91.47	91.55
180.92	46.59	37.04	28.40	177.47	13.57
3.67	106.53	191.19	126.57	60.28	193.33
184.64	46.99	187.24	79.59	75.20	153.87
139.57	179.13	5.32	54.93	139.52	187.09
50.86	94.02	79.38	27.44	36.58	4.21
83.16	174.10	82.81	56.53	27.55	78.20

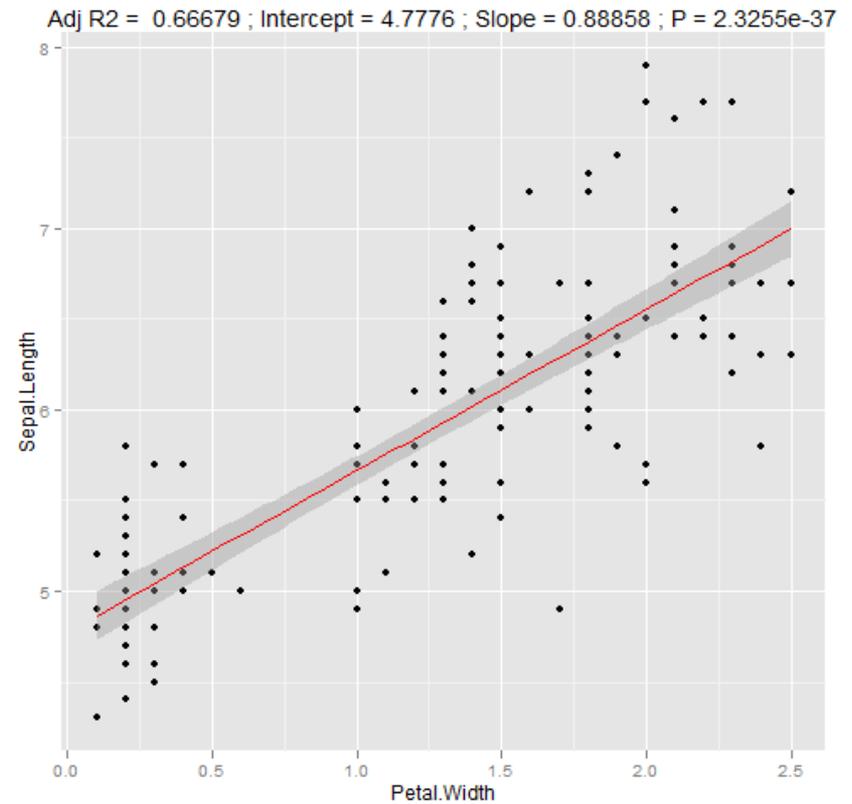
DATA entrantes:
Matrice X

Familles d'algorithmes

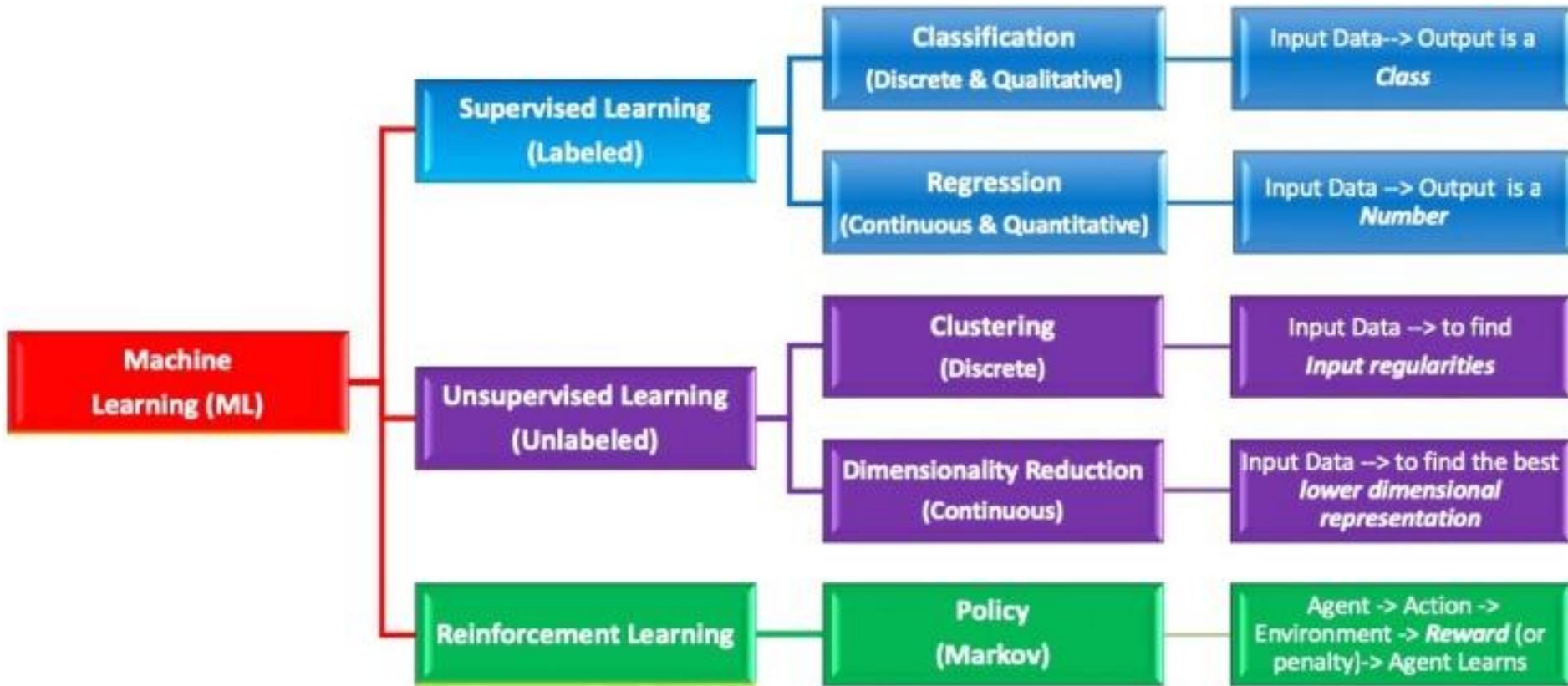
Algorithmes de classification



Algorithmes de régression



Différentes approches

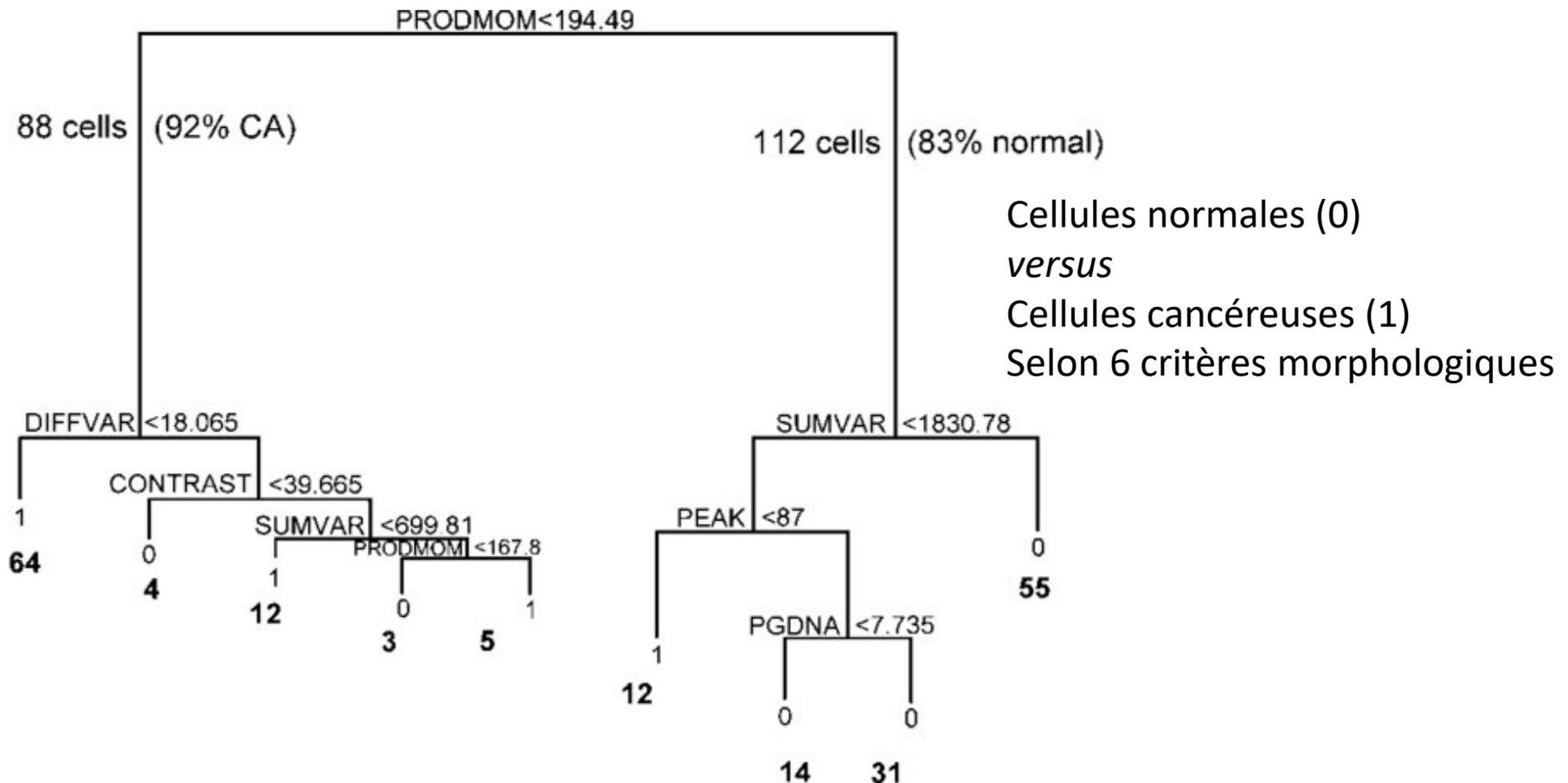


Caractéristiques cellulaires pour distinguer les cellules normales des cellules cancéreuses

Size	Shape	General Texture	Markovian Texture
Nuclear area	Perimeter	Run length	Angular second moment
DNA content (pg)	Elongation	Configurable run length	Contrast
Absorbance	Min diameter	Valley, slope, peak	Correlation
Average absorbance	Max diameter	SD	Difference moment
Sum absorbance	Cell Feret X		Inverse difference moment
	Cell Feret Y		Sum average
	Shape		Sum variance
			Sum entropy
			Entropy
			Difference variance
			Difference entropy
			Information measure A
			Information measure B
			Maximal correlation coefficient
			Coefficient of variation
			Peak transitional probability
			Diagonal variance
			Diagonal moment
			Second diagonal moment
			Product moment
			Triangular symmetry

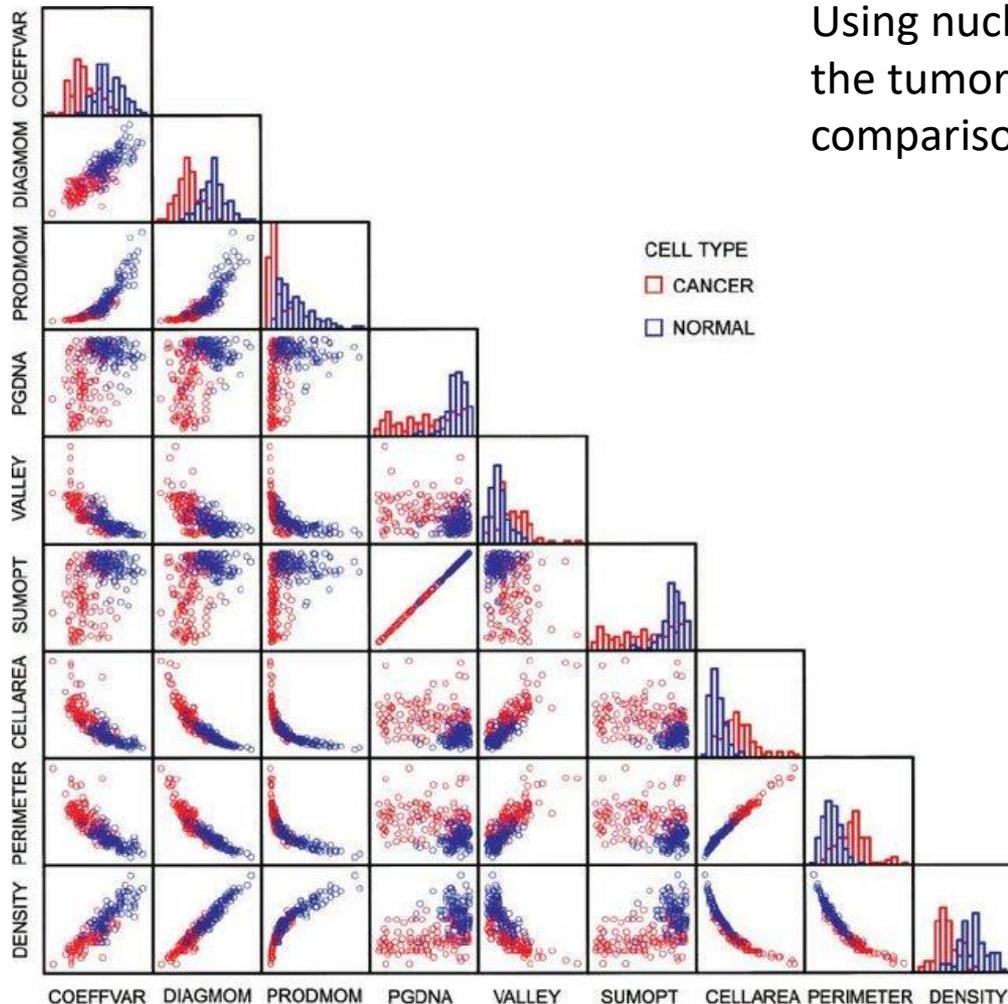
Wolfe P. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2004 Jun;13(6):976-88. PubMed PMID: 15184254.

« CART trees » : arbres de décision multi-paramétriques avec classification terminale



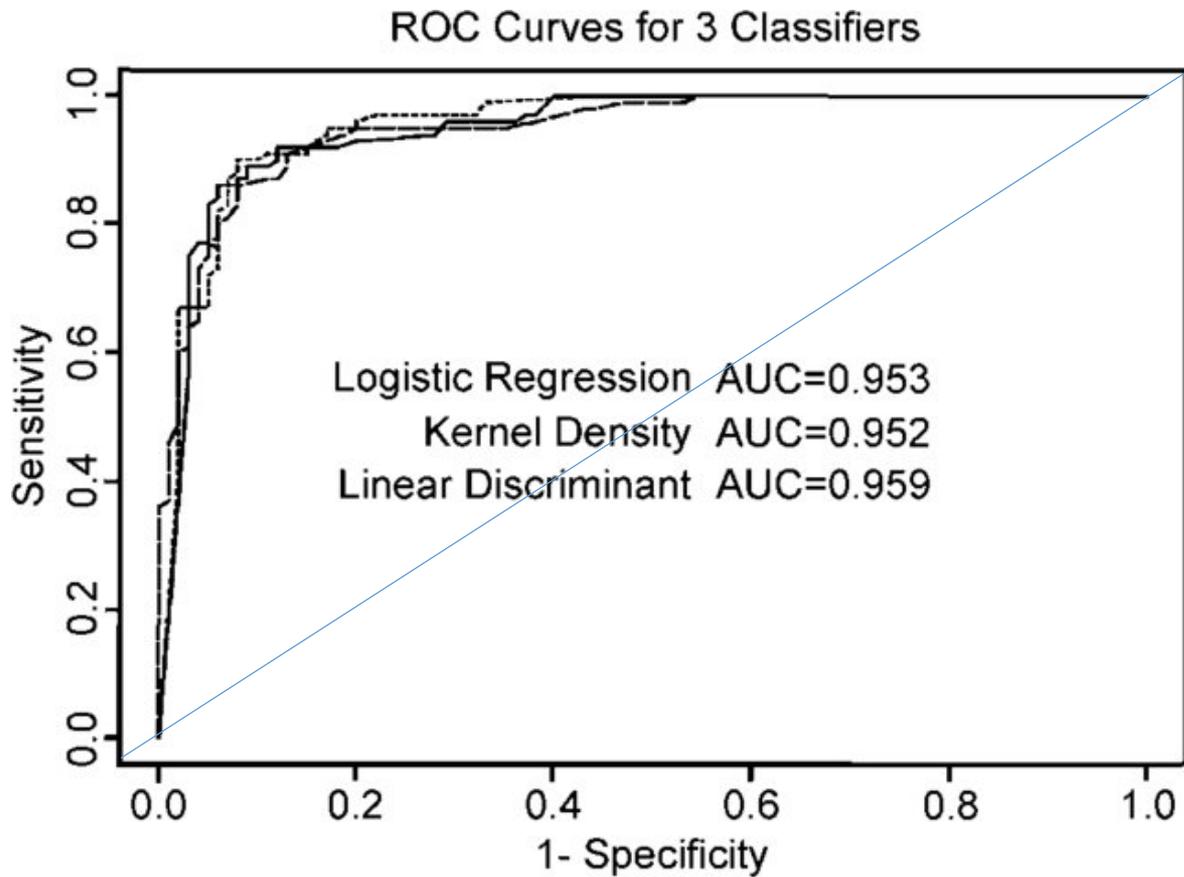
Modélisation de régressions multiples

Using nuclear morphometry to discriminate the tumorigenic potential of cells: A comparison of statistical methods



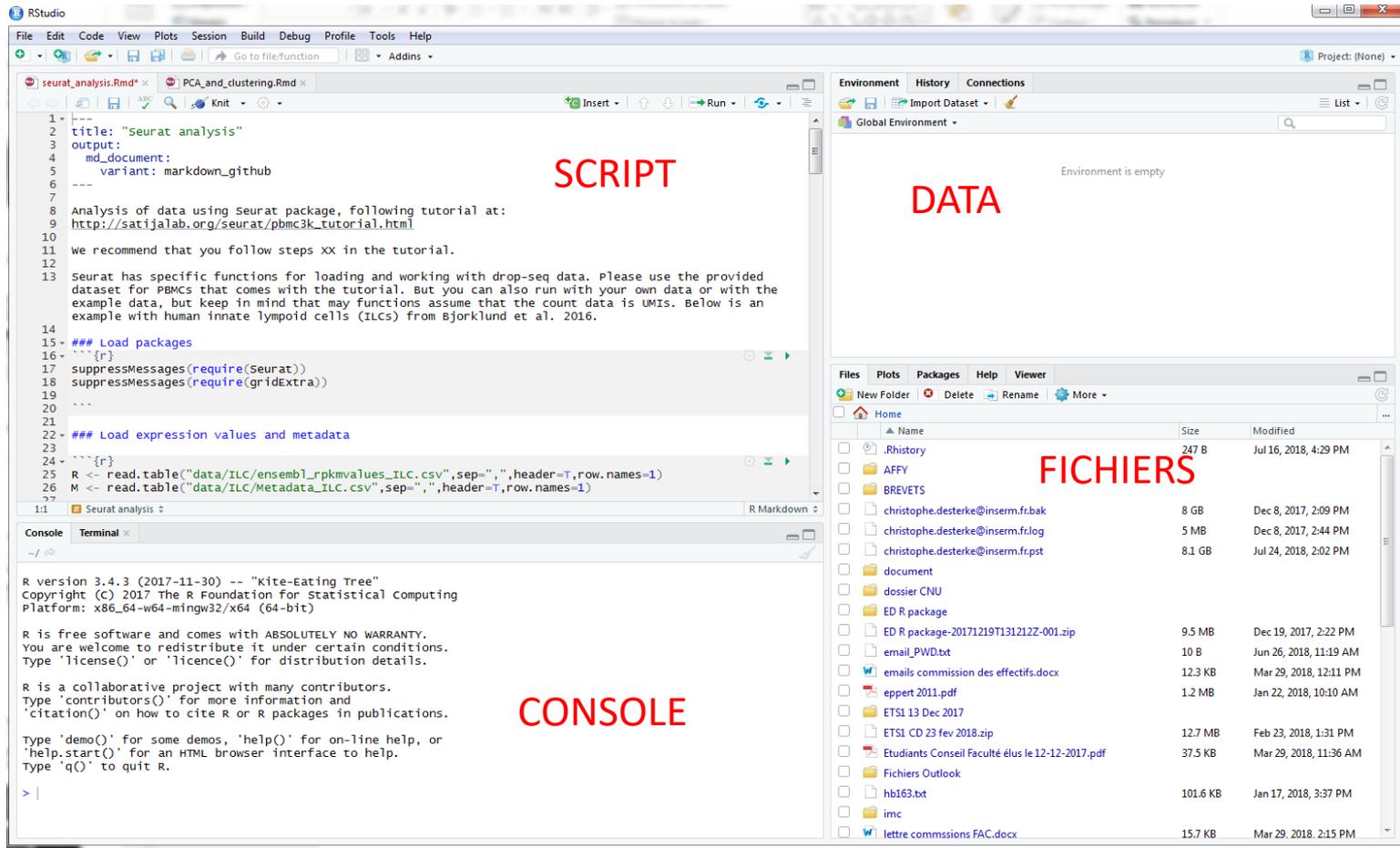
ROC curves

receiver operating characteristic



AUC : area un der the curve

R studio : integrated development environment (IDE) pour le langage R

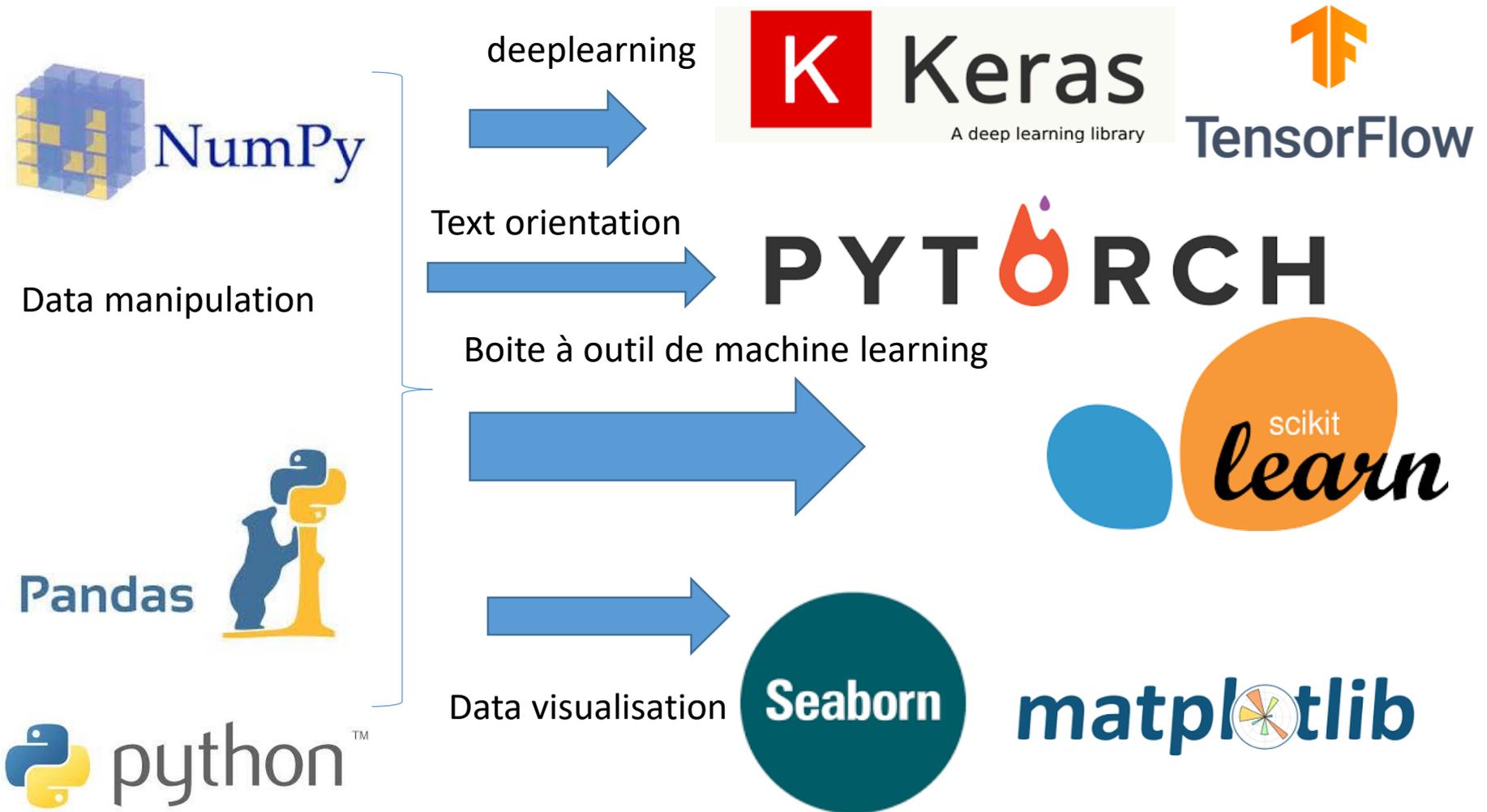


Rstudio aide à traiter les bigdata dans R

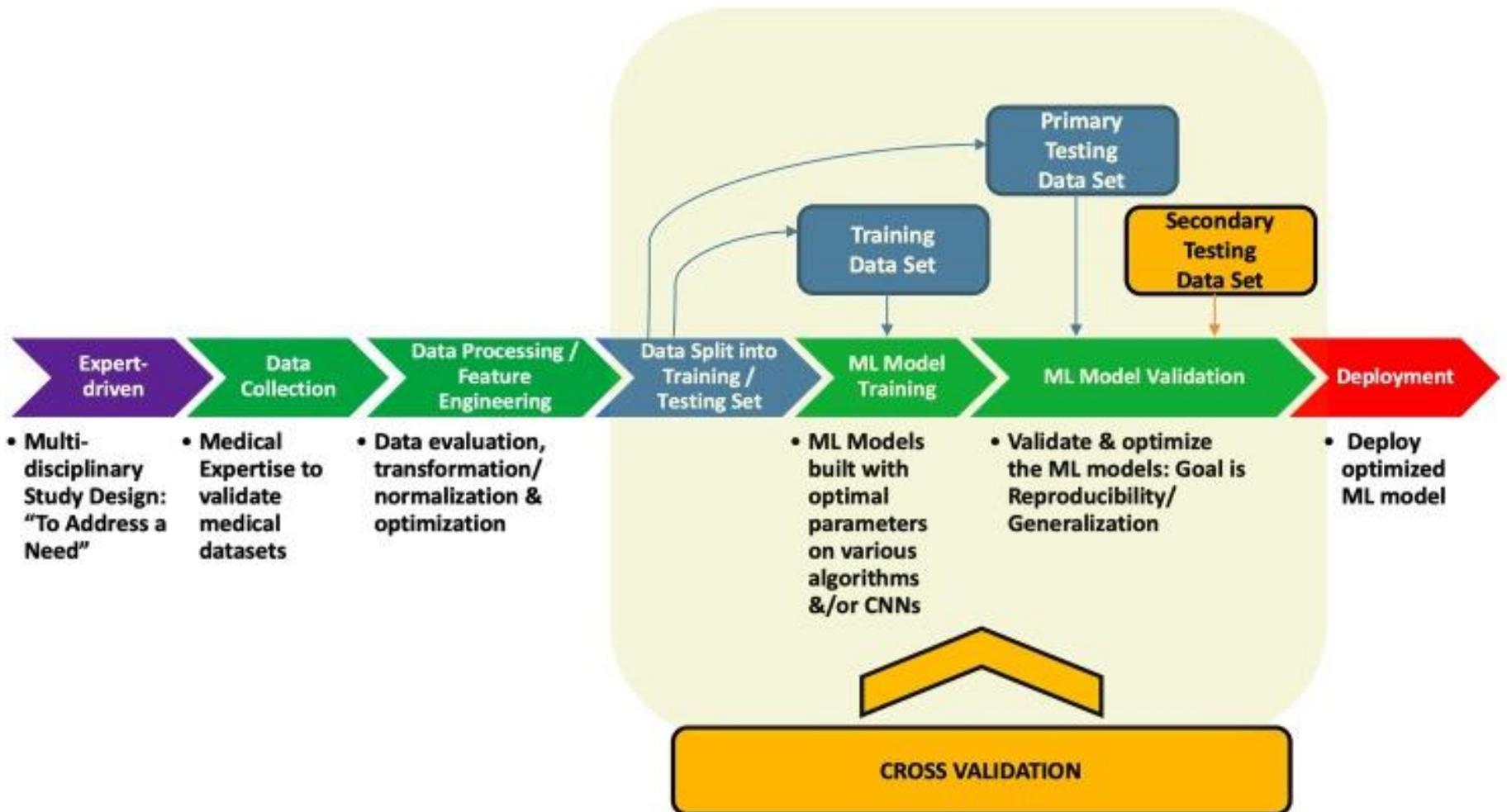
Intelligence artificielle dans R (bibliothèques)

- **Caret** : tuning pour de nombreux modèles de machine learning
- **Random Forest, VSURF** : forêt d'arbres de classification
- **Neuralnet** : deeplearning
- **Keras**: deeplearning
- **Glmnet** : Ridge, Lasso ; méthodes de pénalisations

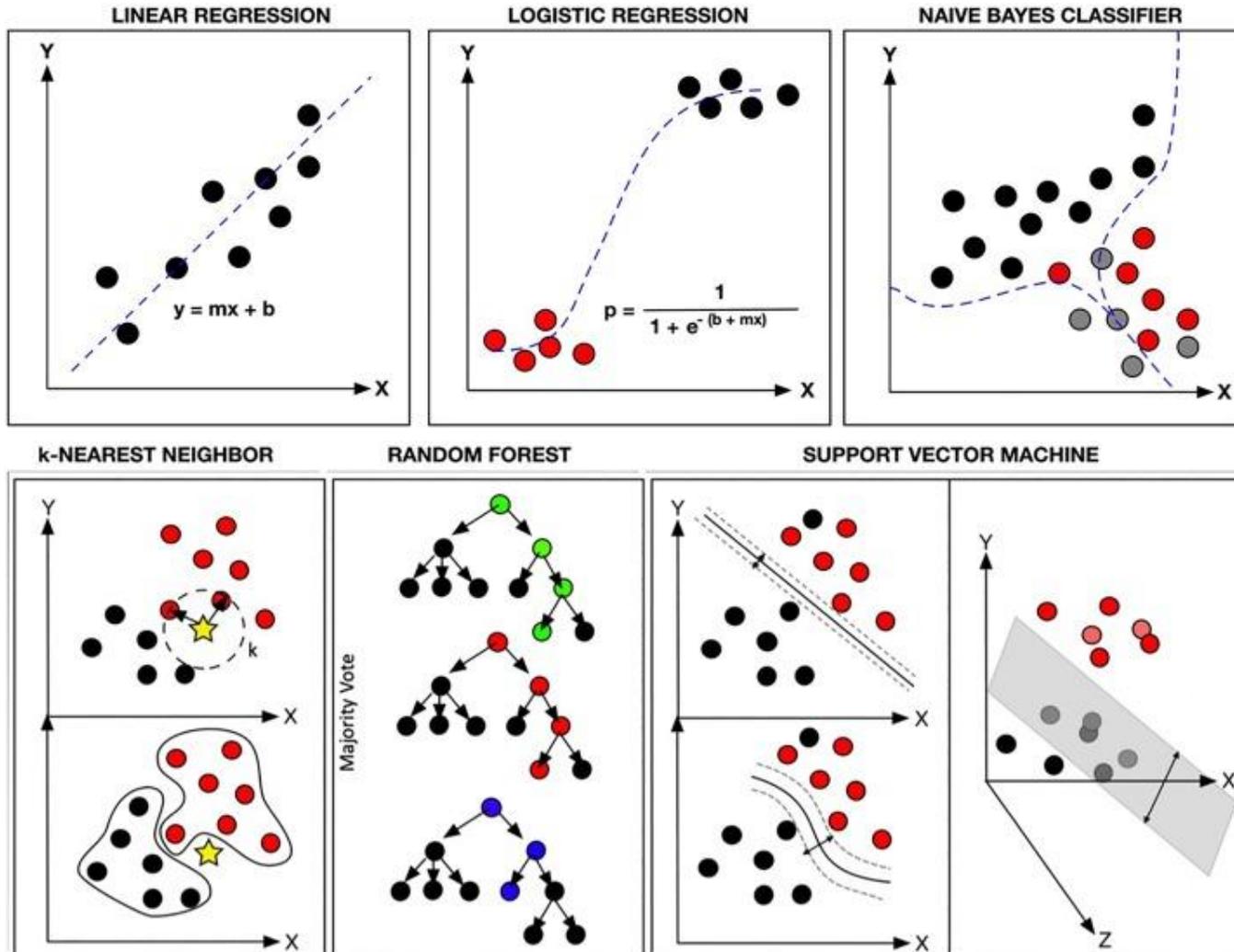
Python : langage approprié à l'intelligence artificielle



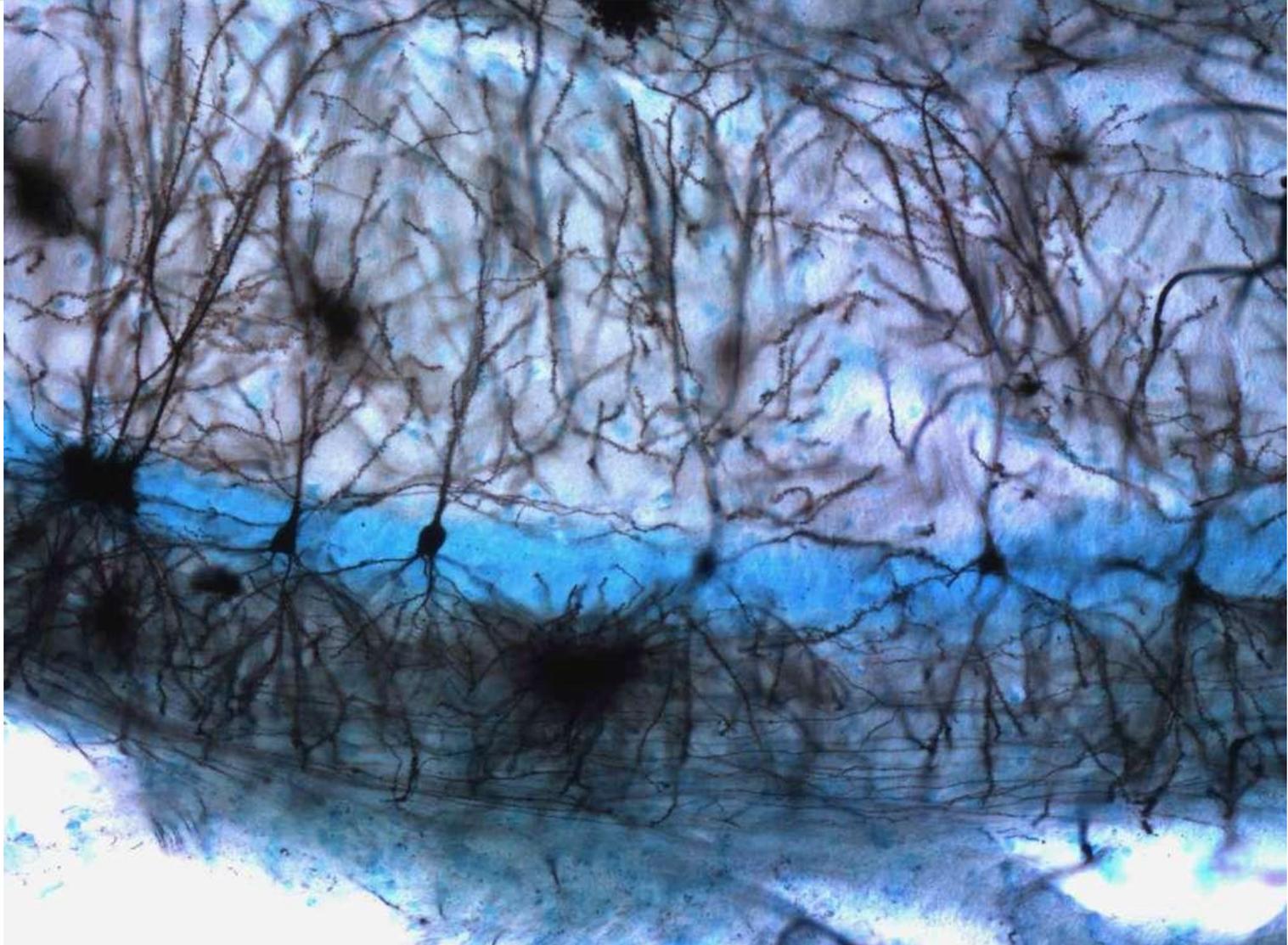
Étapes pour le déploiement d'un modèle d'apprentissage machine



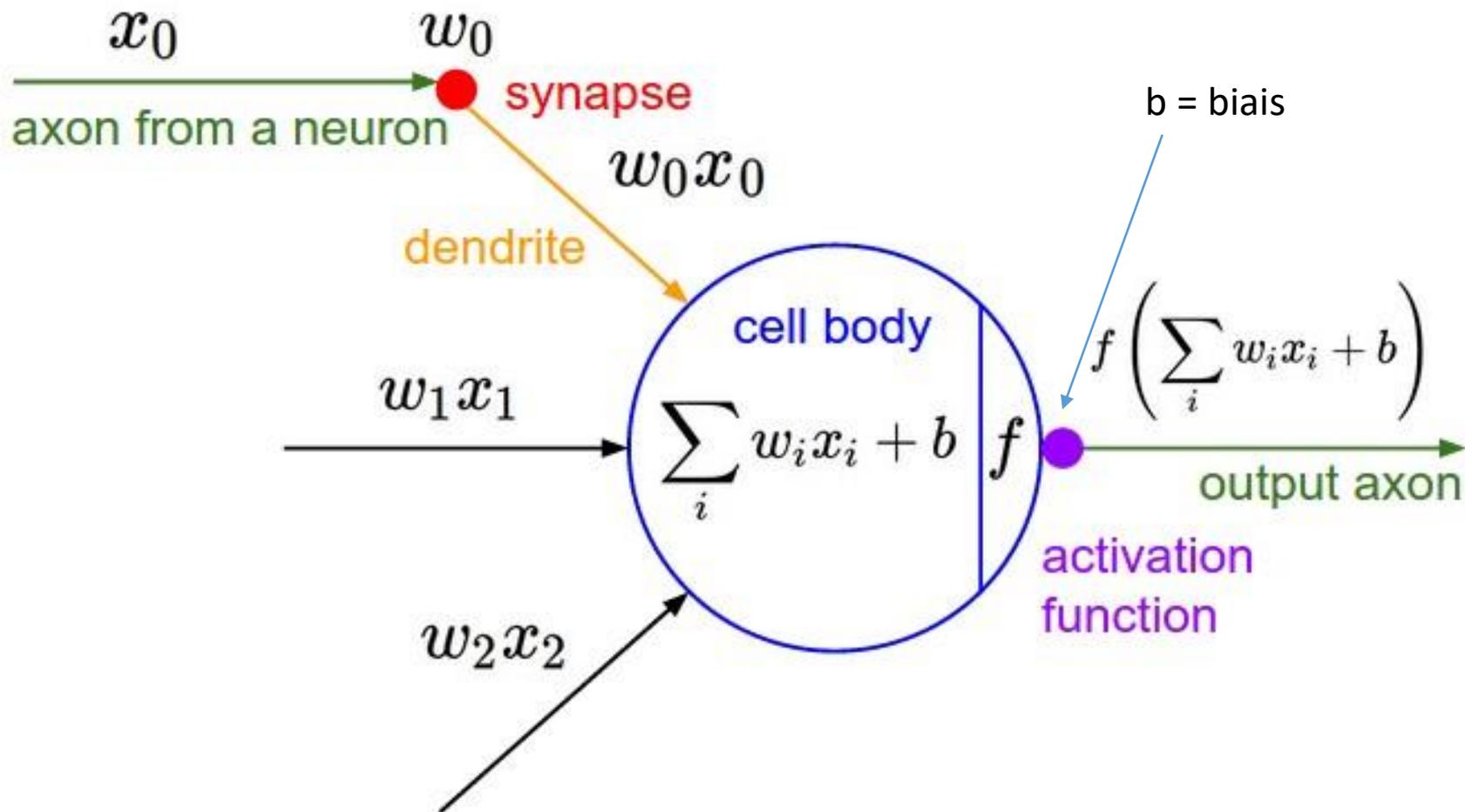
Principaux algorithmes supervisés d'apprentissage machine



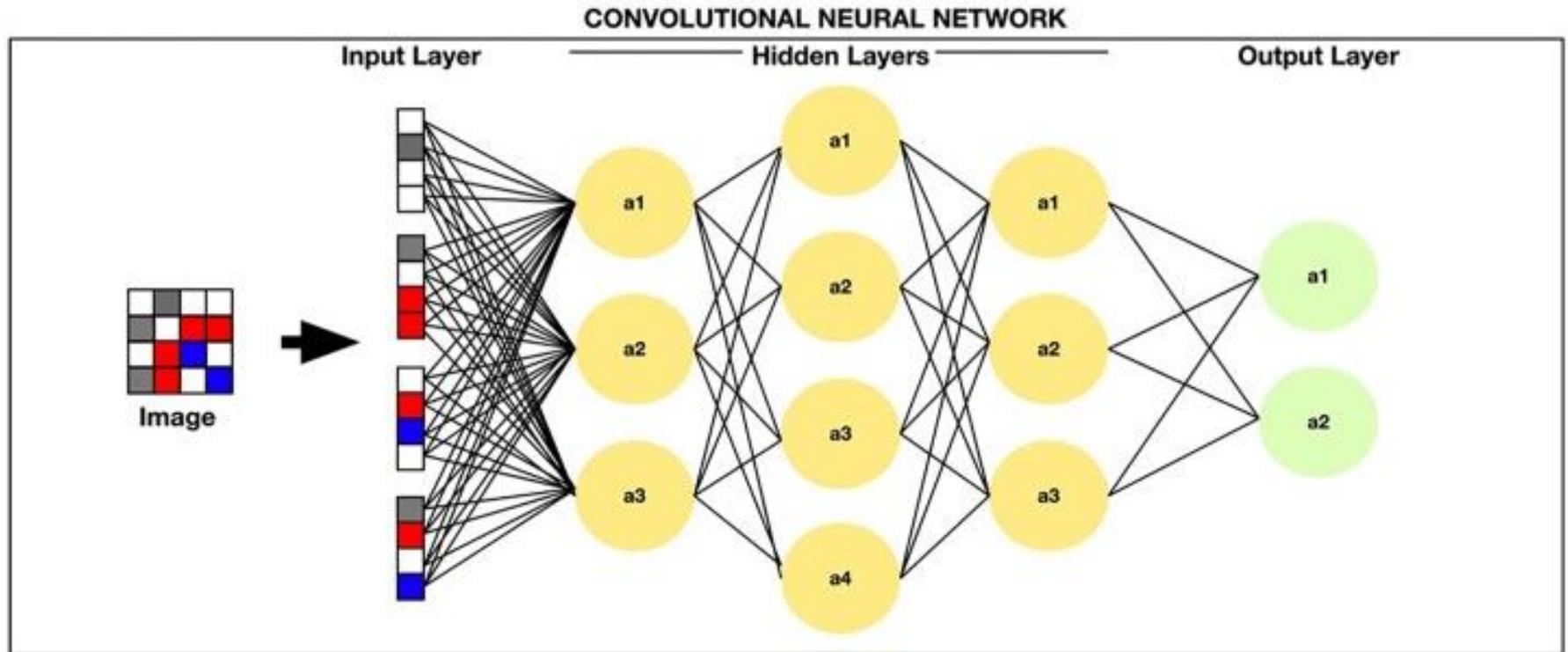
Intelligence: complexe inter-connection des neurones dans le cerveau



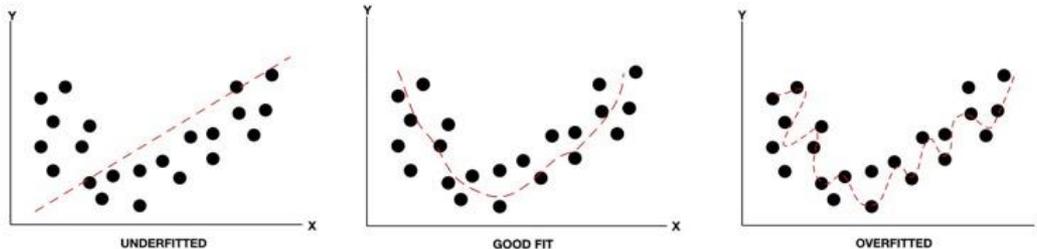
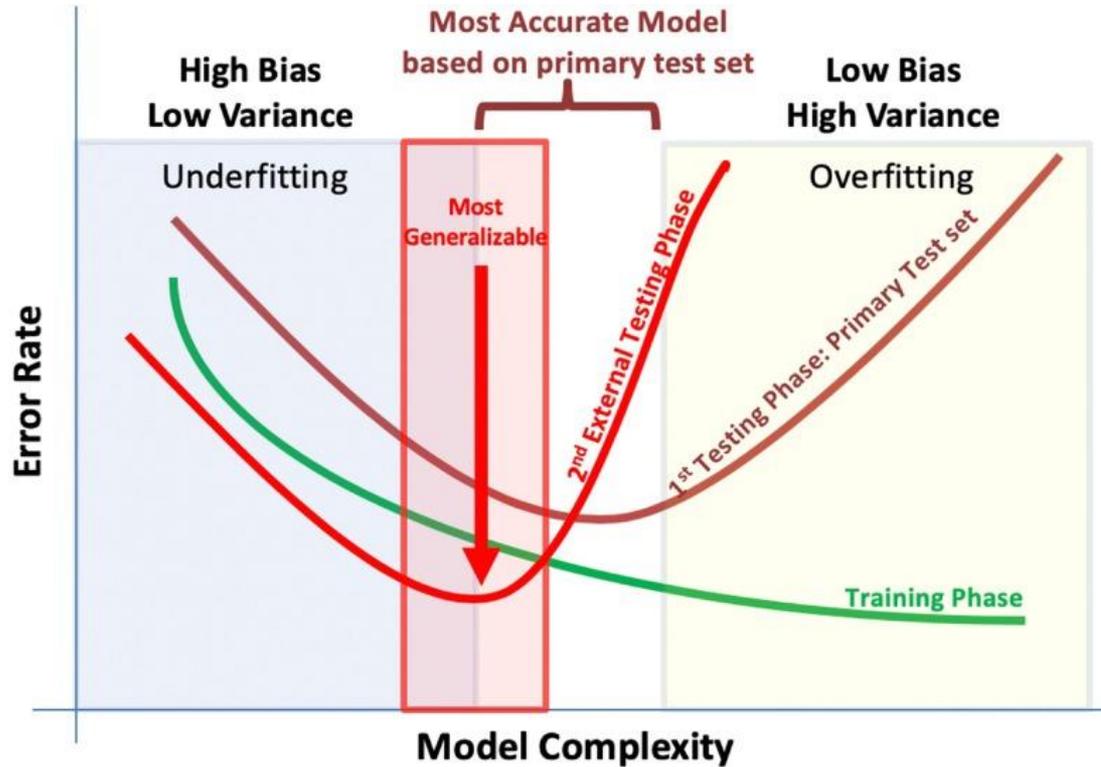
Apprentissage profond: réseaux de neurones



Réseaux de neurones supervisés



Contrôle du sur-apprentissage: split data en training et validation sets



Hooman H. Rashidi,
Acad Pathol. 2019

Kaggle.com : compétition d'algorithmes d'intelligence artificielle



Détection et classification des cancers de la peau avec des photos de smartphone



Esteva A Nature 2017

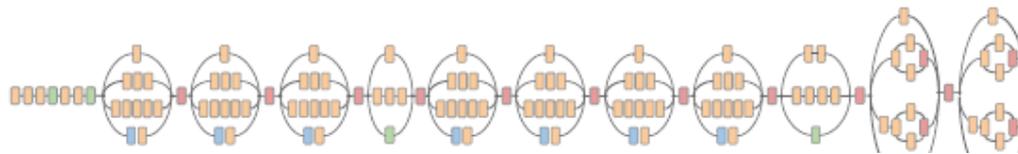


Bibliothèque d'images de la peau pour entraîner un réseau de neurones

Skin lesion image



Deep convolutional neural network (Inception v3)



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

Training classes (757)

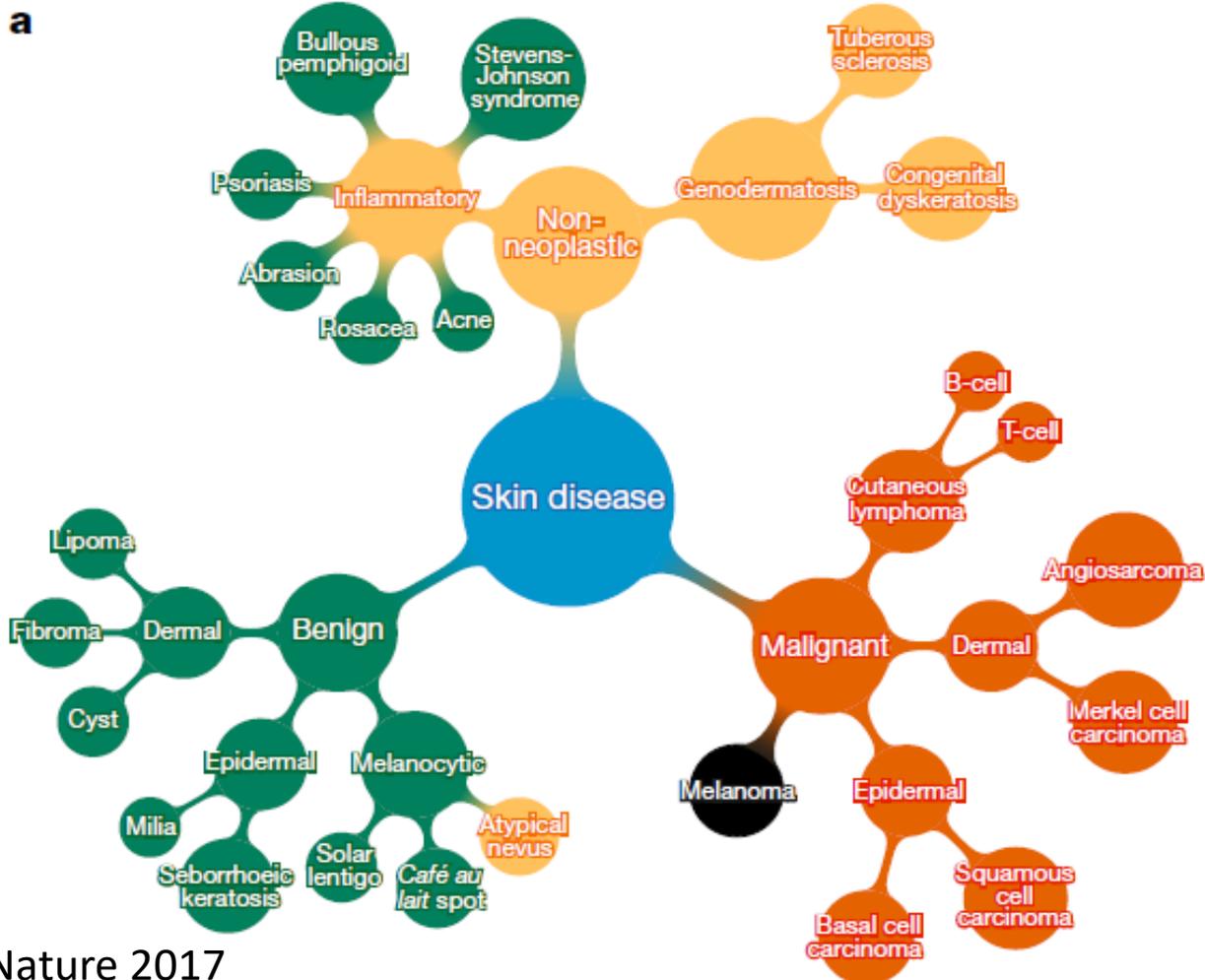
- Acral-lentiginous melanoma
- Amelanotic melanoma
- Lentigo melanoma
- ...
- Blue nevus
- Halo nevus
- Mongolian spot
- ...

Inference classes (varies by task)

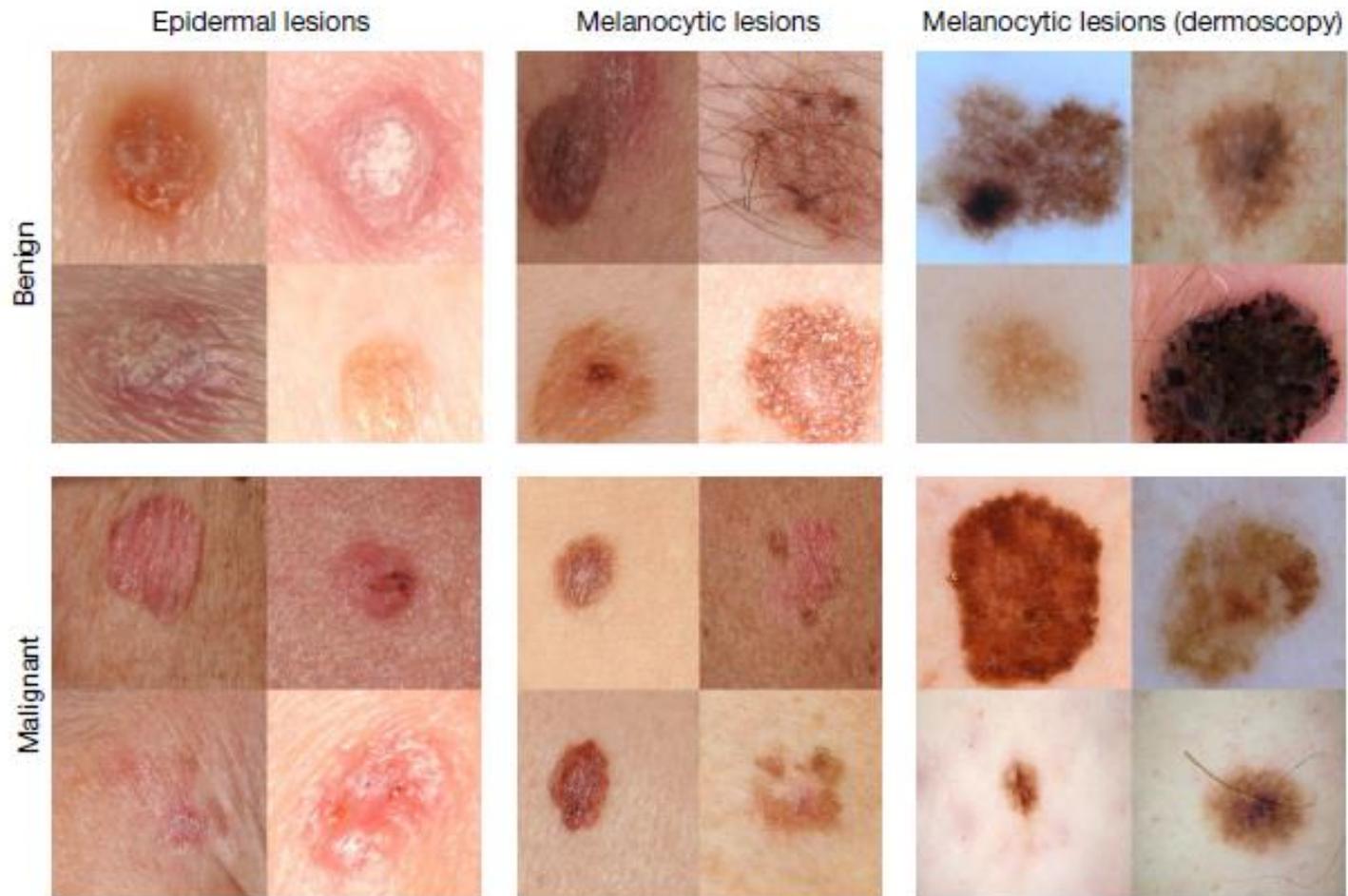
92% malignant melanocytic lesion

8% benign melanocytic lesion

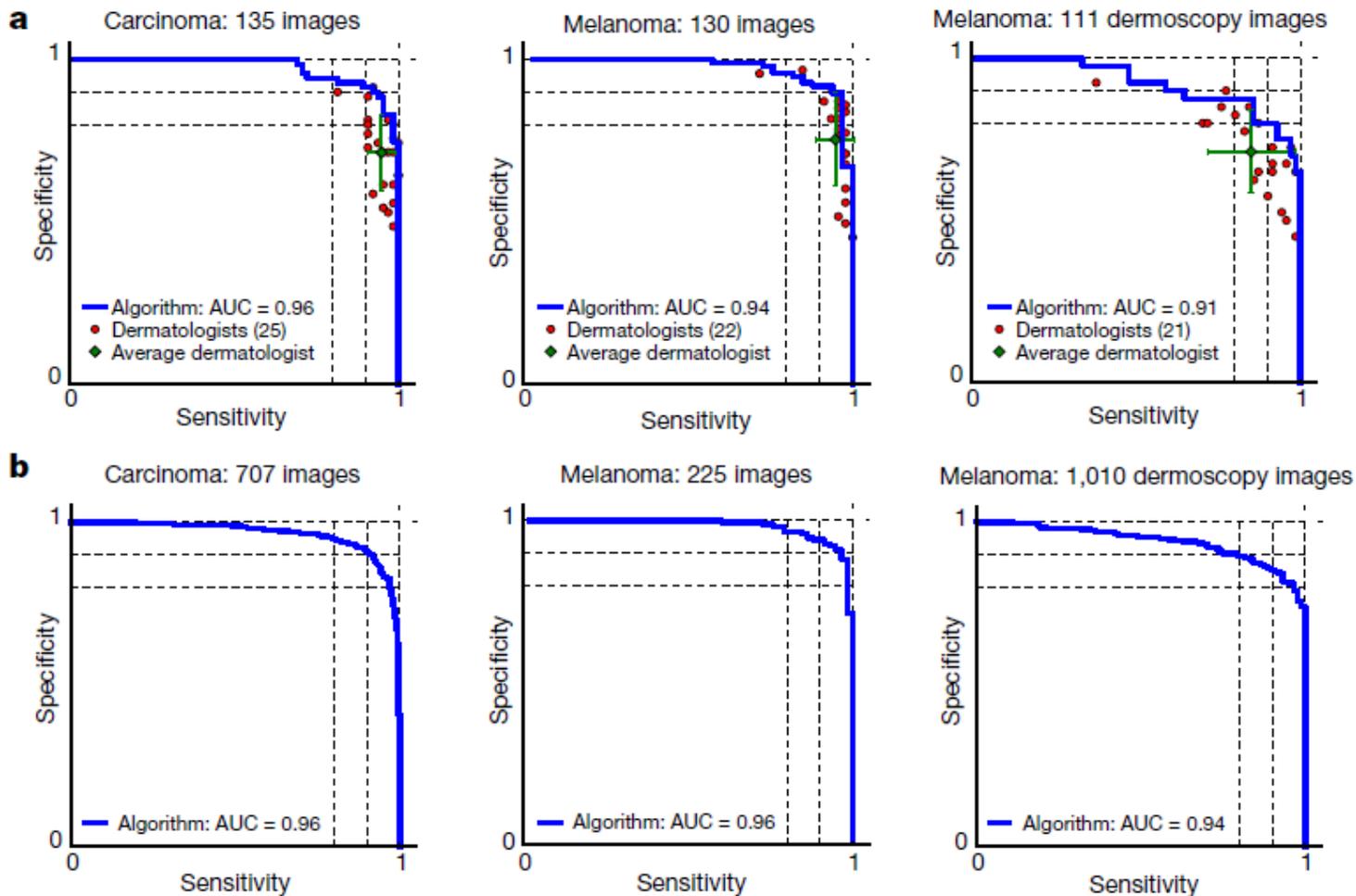
Hétérogénéité des images d'entraînement



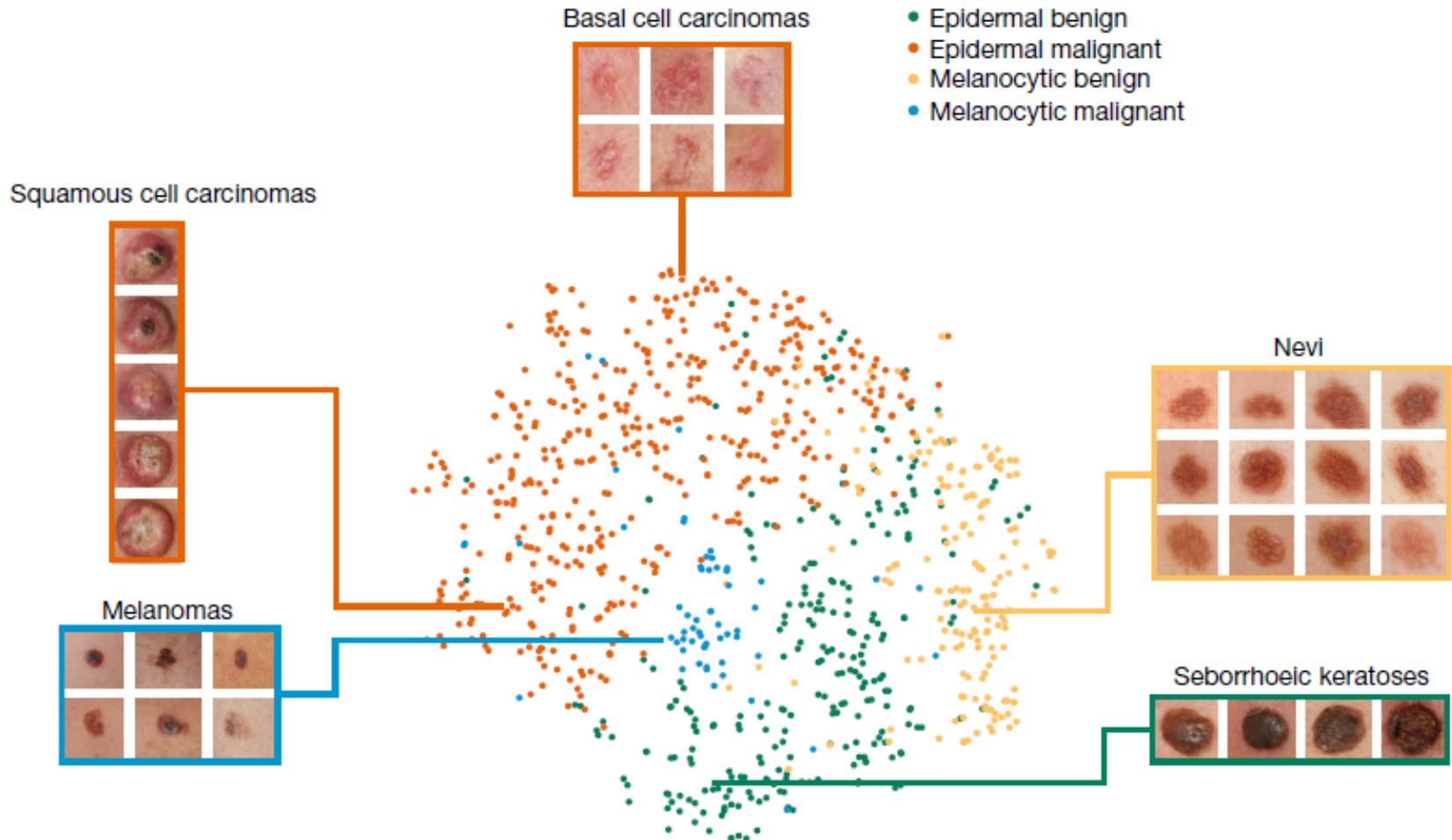
Classes des images de peaux



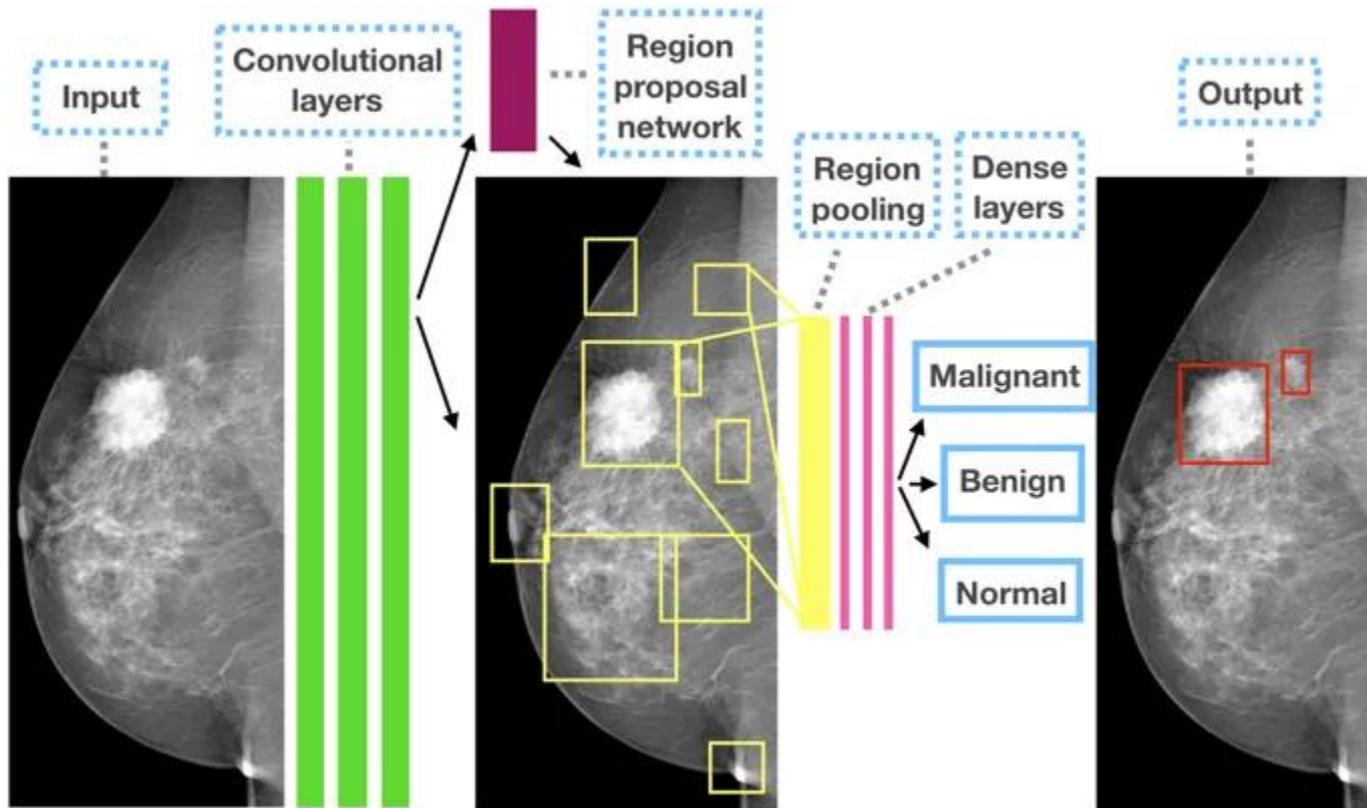
L'algorithme est plus performant que 22 pathologistes réunis



Classement non supervisé des résultats en groupes distincts



Apprentissage profond en radiologie mammographie breast cancer



Detecting and classifying lesions in mammograms with Deep Learning