

Algorithmes en blouse blanche

L'IA s'invite à l'hôpital

Nicolas Gambardella, CNRS UMR 8199





Un peu de nomenclature

Évaluations, décisions, prédictions
produites par des algorithmes

Intelligence
artificielle

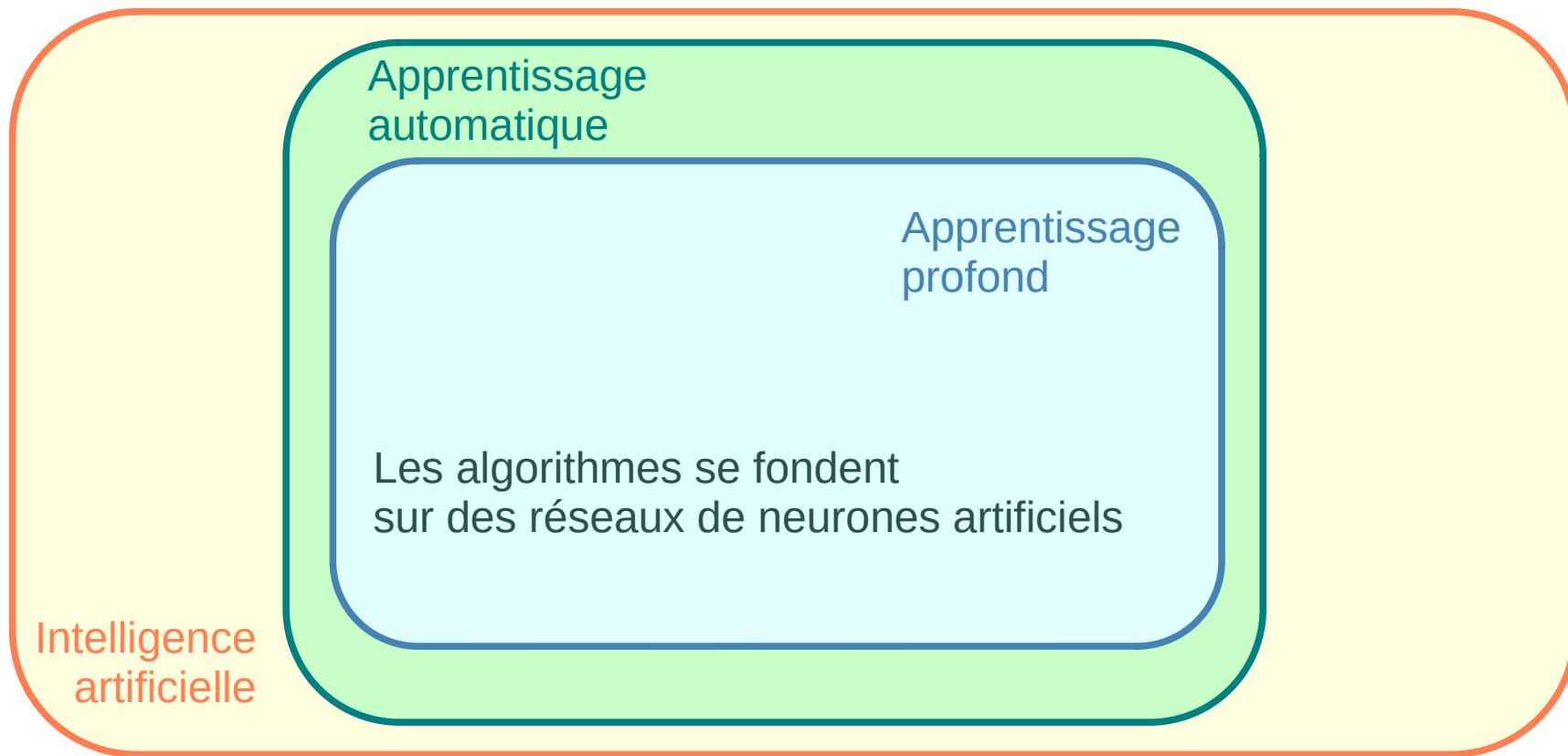
Un peu de nomenclature

Apprentissage
automatique

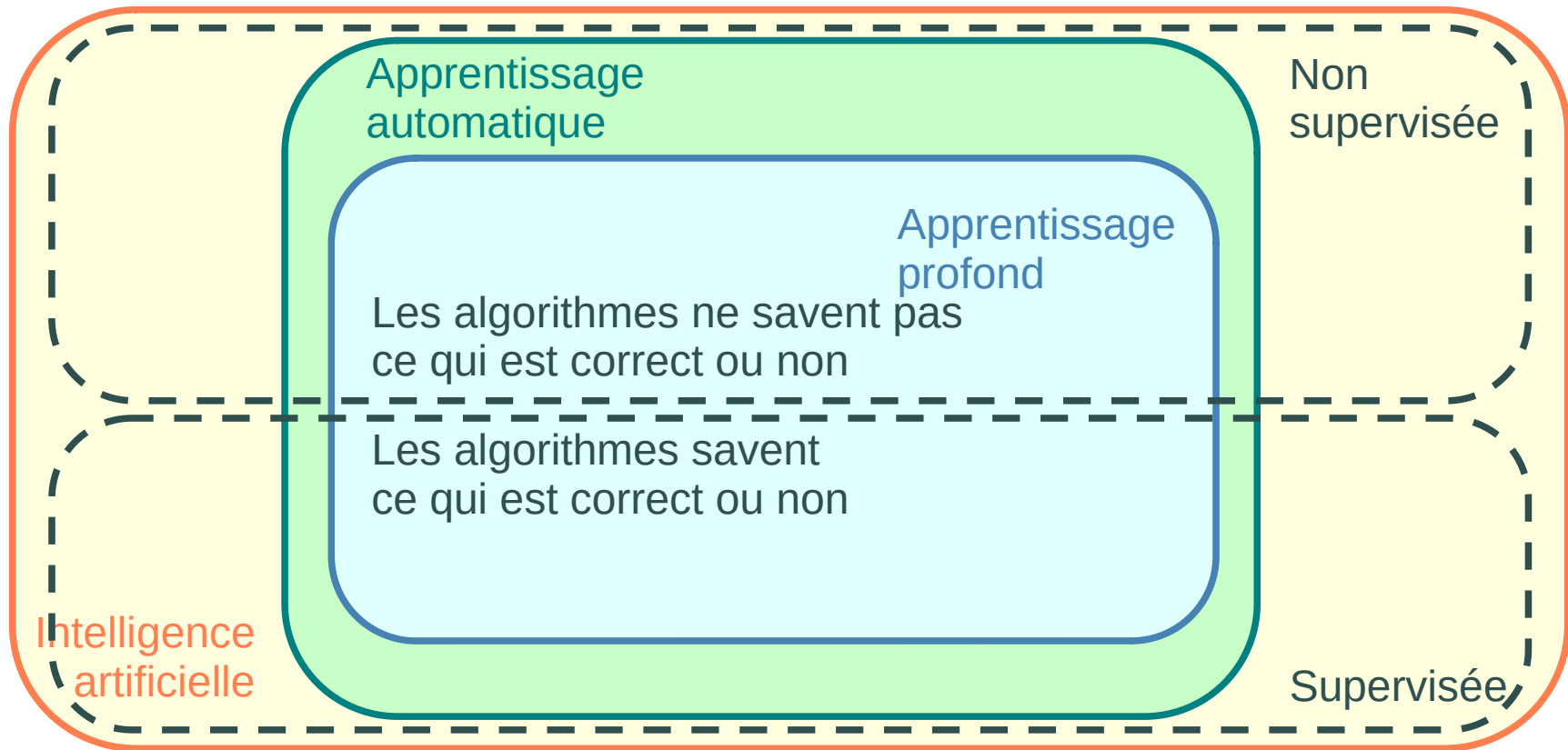
Les règles sont apprises
à partir des données

Intelligence
artificielle

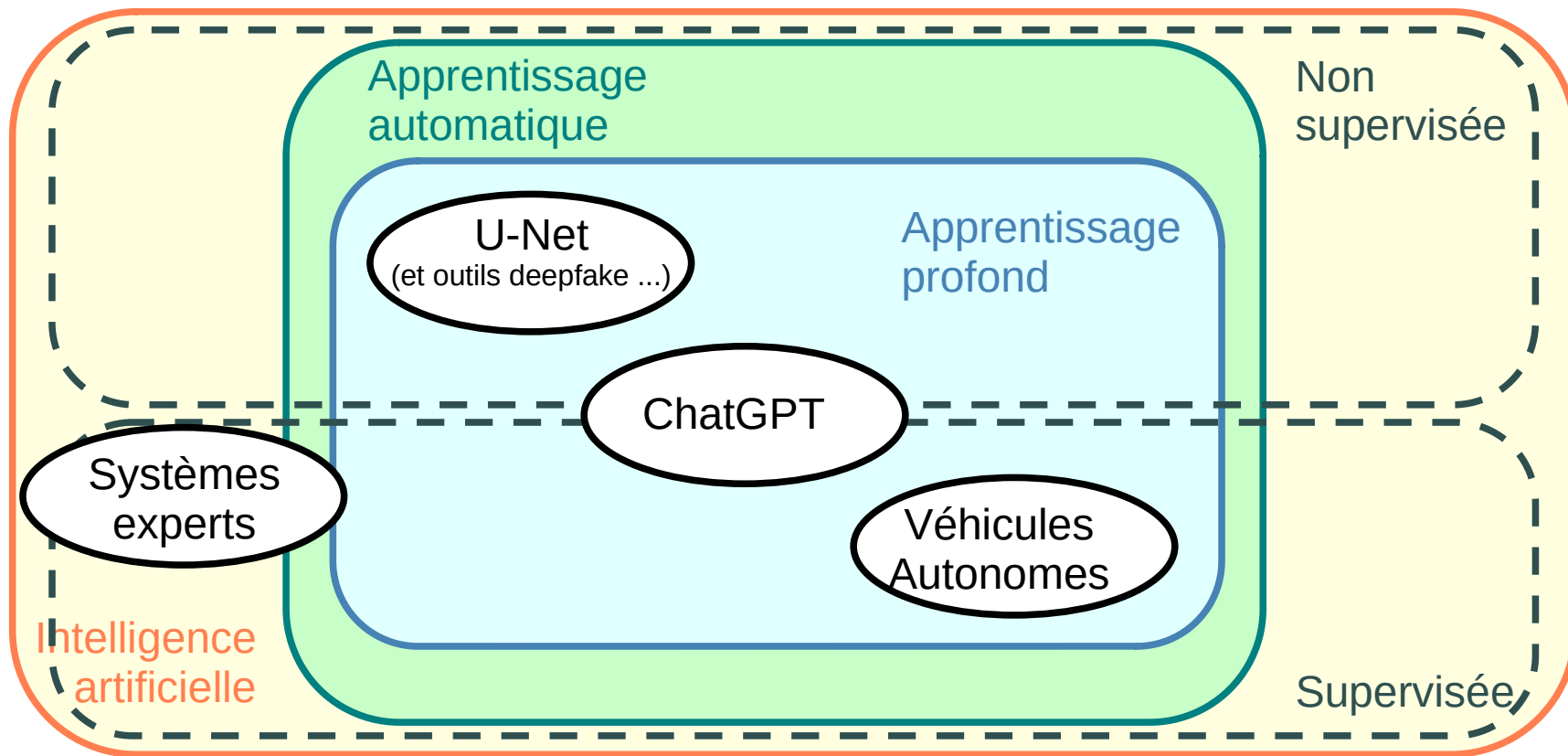
Un peu de nomenclature



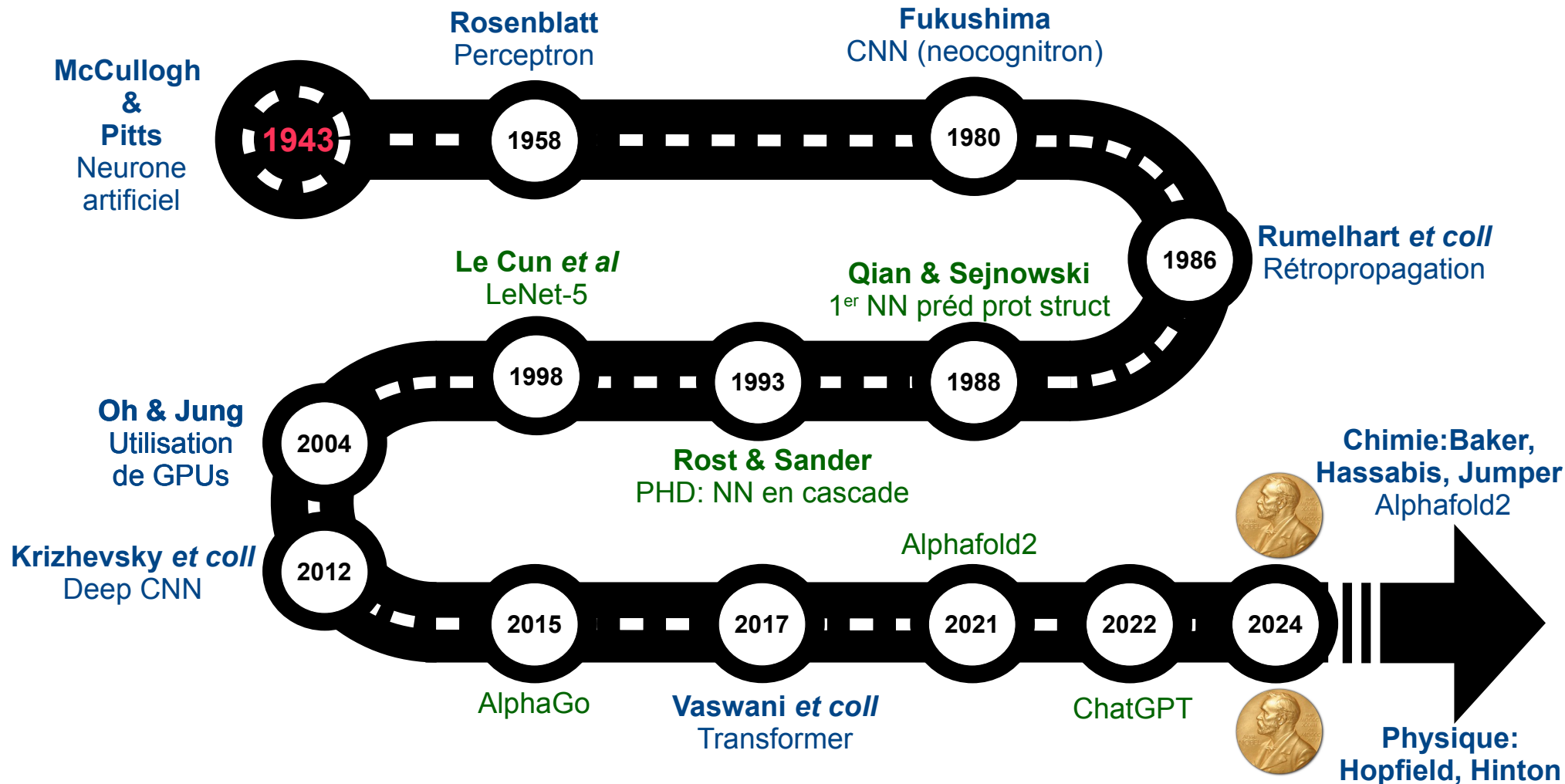
Un peu de nomenclature



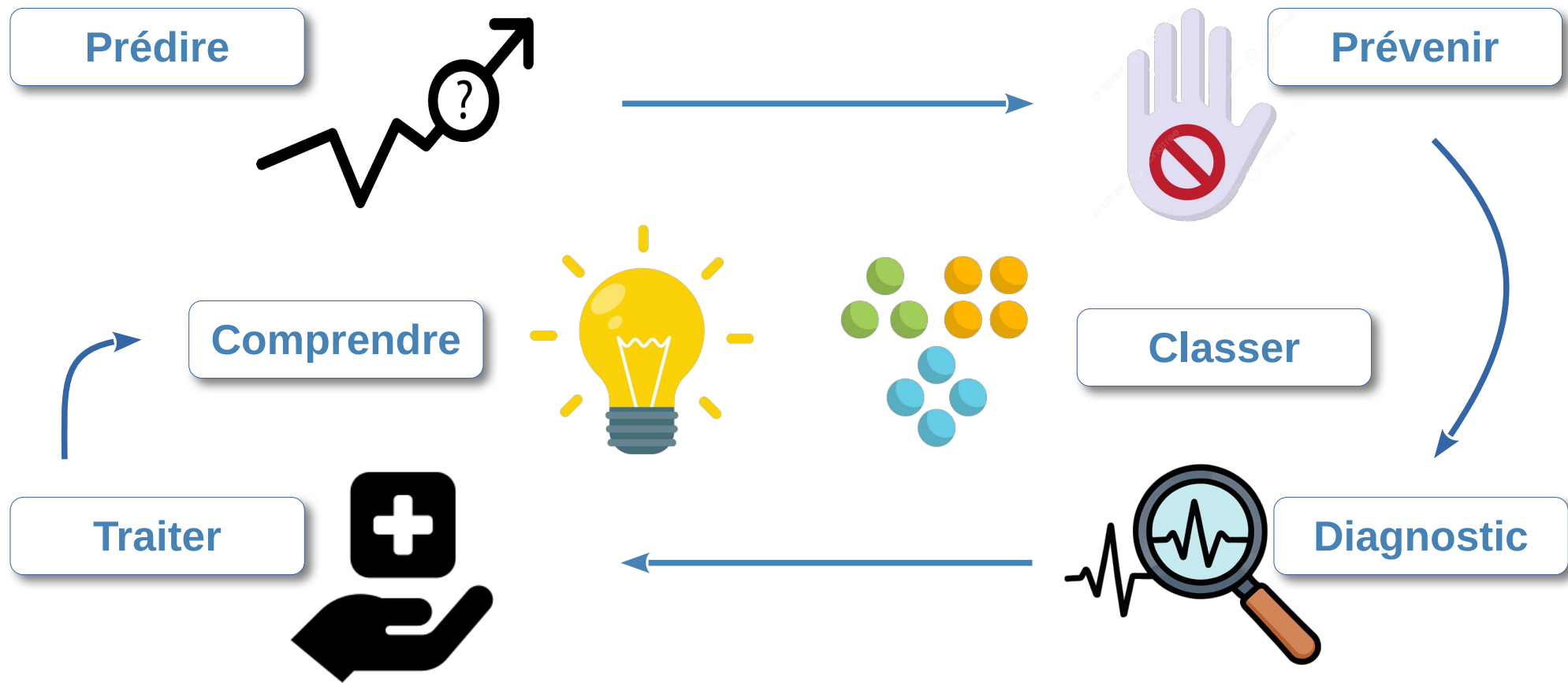
Un peu de nomenclature



Un peu d'histoire



Quel rôle pour l'IA en santé -?



Prédire

Données utilisées par l'IA pour prédire

Génétique



À la naissance
pour toute la vie

Antécédents médicaux



Environnement

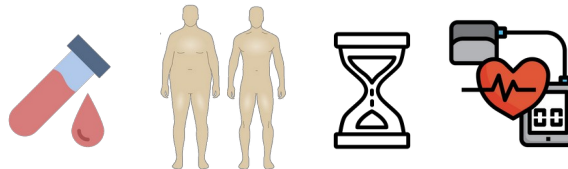


Sur une période
accumulation

Mode de vie



Données cliniques



Instantannées
actualisées

L'obésité infantile entraîne des problèmes tout au long de la vie



Seulement
chez l'adulte

- Intracranial hypertension

- Hypertension
- Dyslipidaemia
- Endothelial dysfunction
- Left ventricular hypertrophy

- Fatty liver disease

- Impaired glucose tolerance
- Polycystic ovary syndrome
- Delayed or accelerated puberty
- Metabolic syndrome
- Type 2 diabetes mellitus

- Gastro-oesophageal reflux
- Constipation
- Micronutrient deficiencies

- Coronary artery disease
- Some cancers
- Infertility
- Osteoarthritis
- Type 2 diabetes mellitus
- Adult obesity



- Reduced self esteem
- Depression
- Anxiety
- Disordered eating
- Internalizing disorders
- Body dissatisfaction



- Periodontal disease, caries

- Acanthosis nigricans, psoriasis

- Asthma
- Obstructive sleep apnoea
- Impaired exercise tolerance
- Sleep disordered breathing
- Sleep disorders
- Poor outcomes of viral infection
- Hypoventilation syndrome

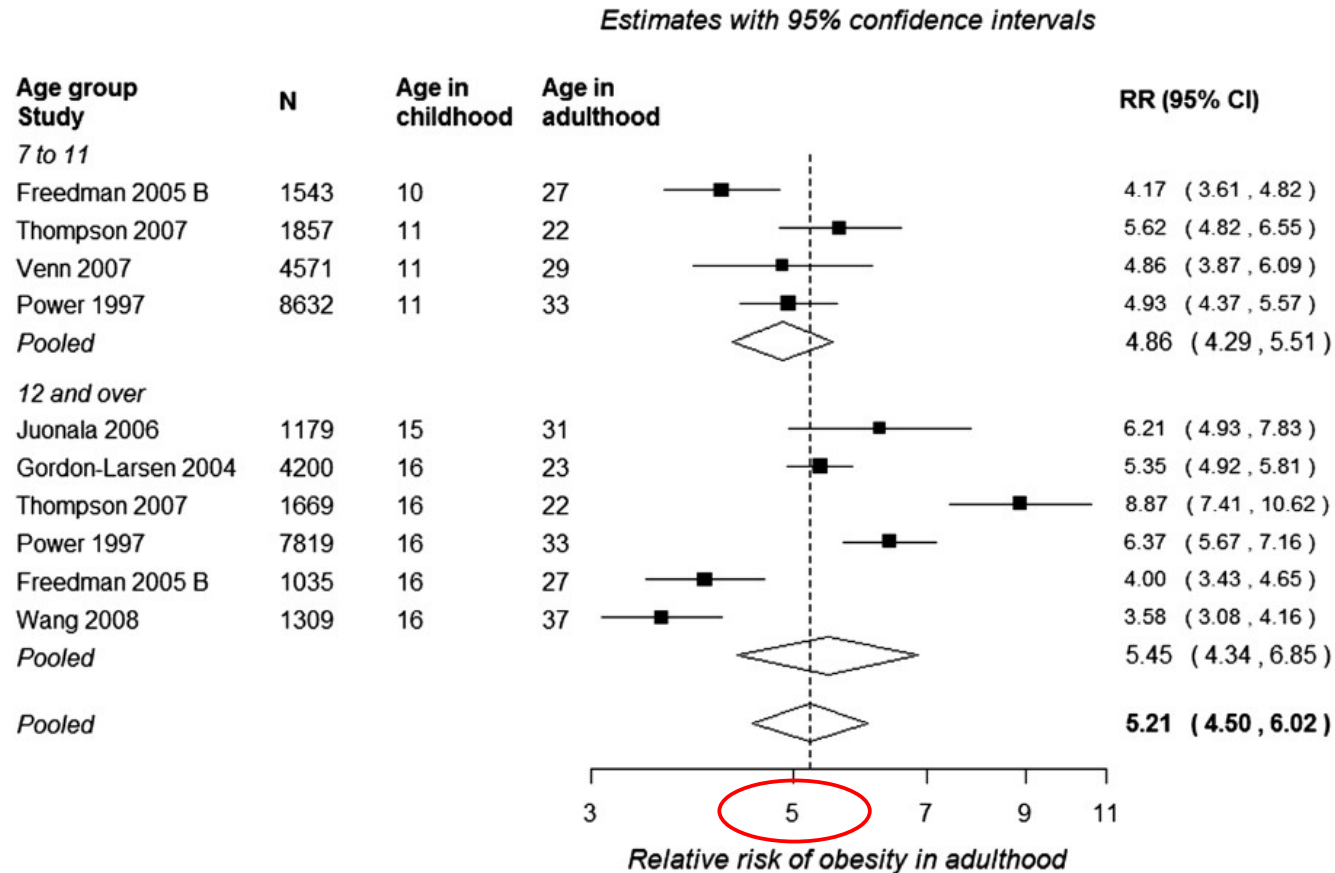
- Glomerulosclerosis, enuresis

- Pain
- Acute injuries
- Impaired balance and coordination
- Impaired muscle strength
- Gait deviations
- Postural malalignment
- Fractures
- Slipped capital femoral epiphysis
- Blount disease

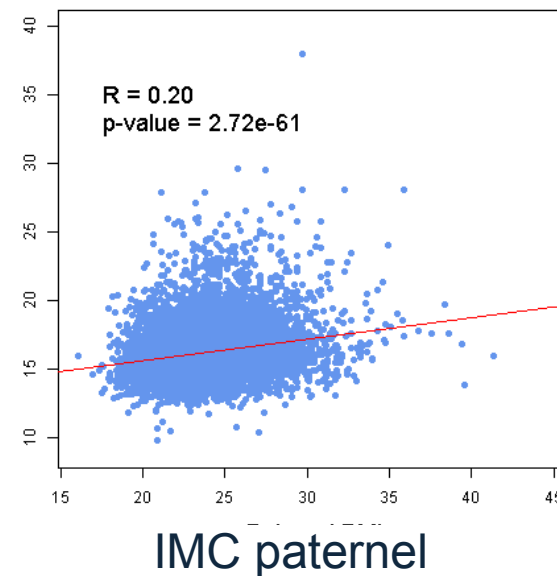
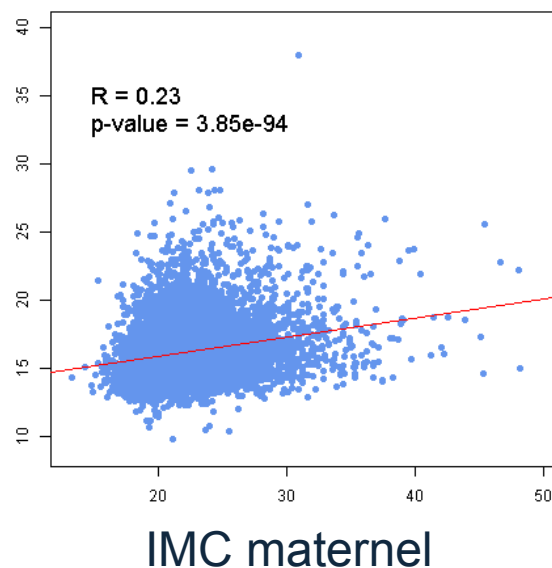
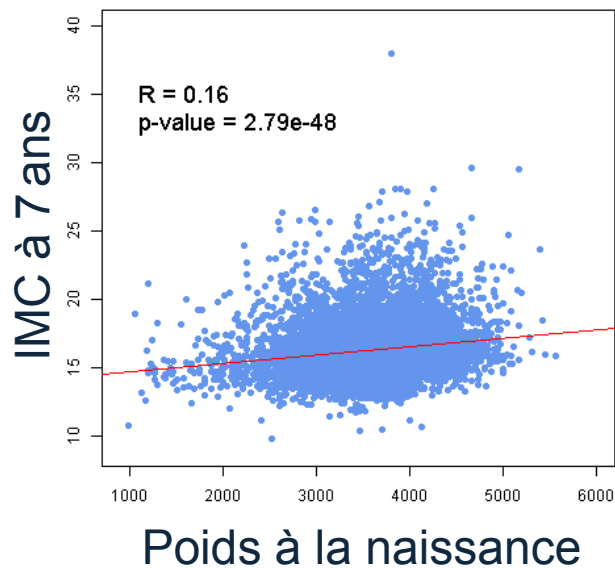
- Impaired motor skill and competency
- Fatigue
- Impaired functional mobility
- Reduced health-related quality of life
- Reduced moderate-vigorous physical activity level



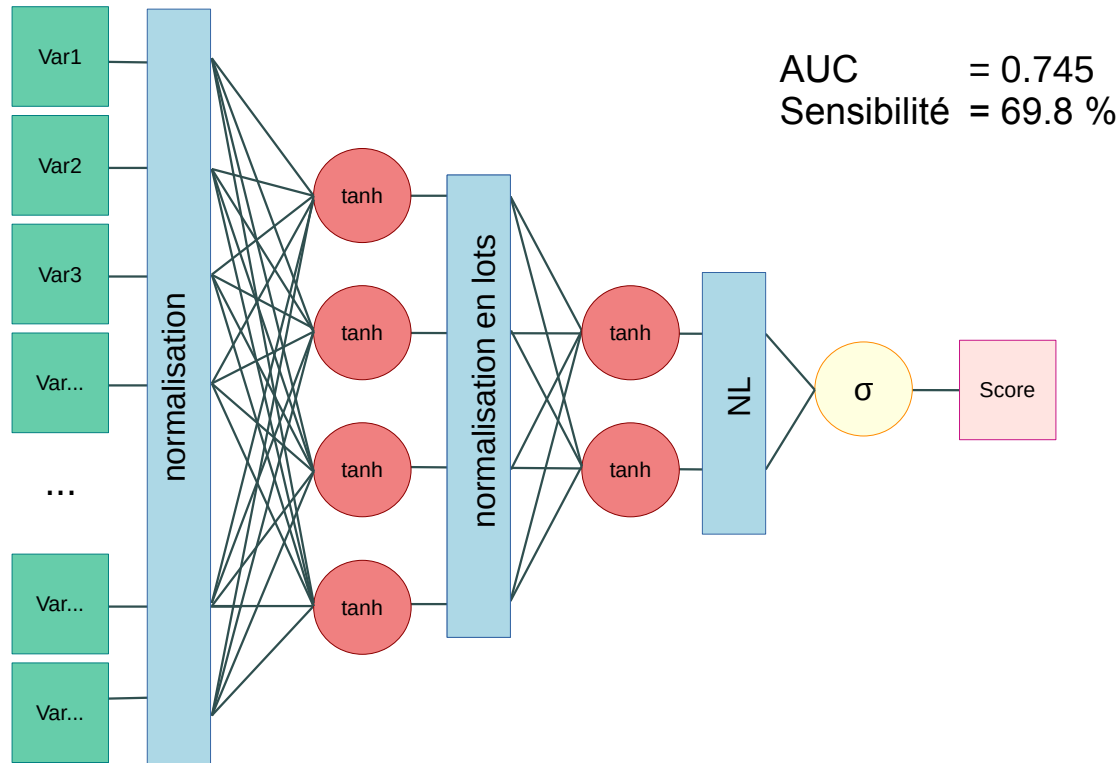
L'obésité infantile prédit l'obésité chez l'adulte



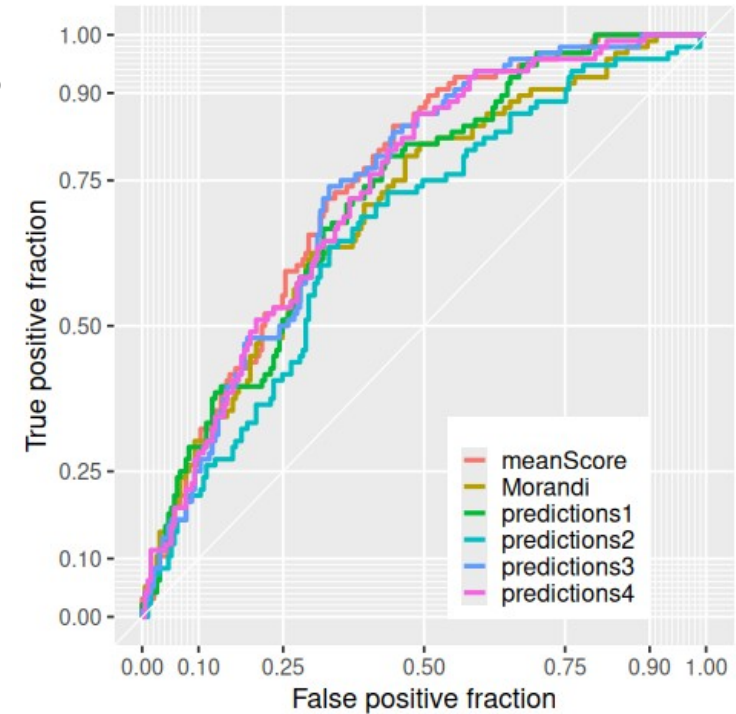
Quelques variables sont clairement corrélées à l'obésité infantile



Réseau de neurones à 6 couches entraîné sur NFBC 1986



Sur l'ensemble de validation

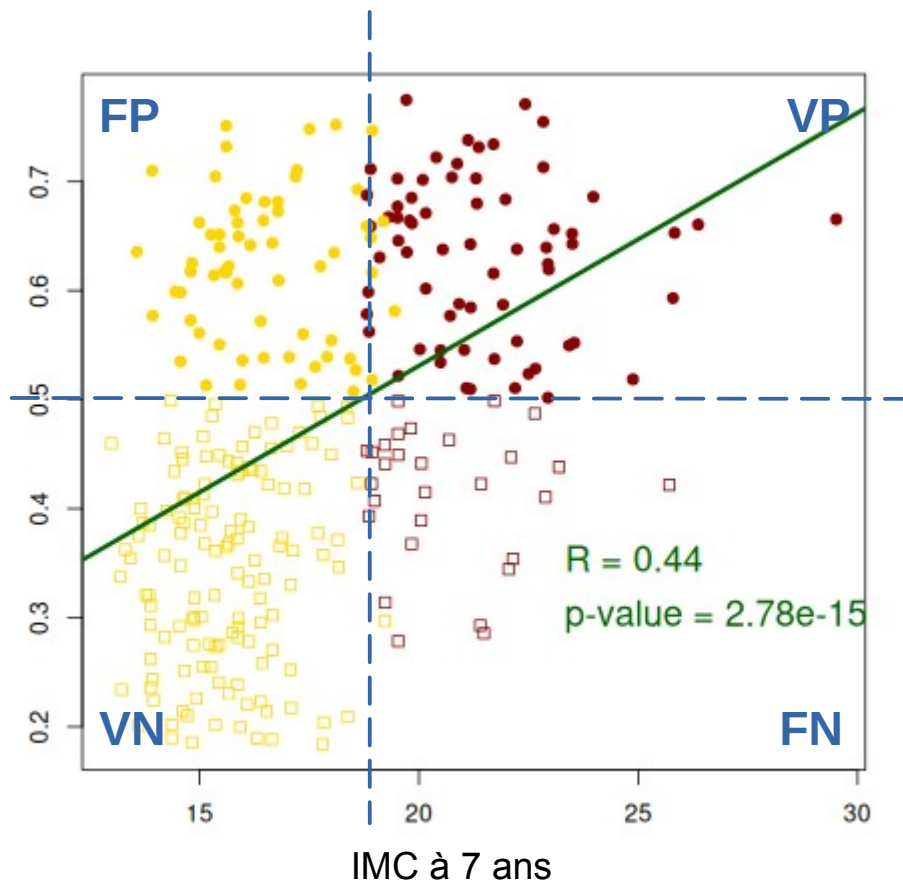


Variables = sexe, poids à la naissance, IMC maternel et paternel, gain de poids maternel durant la gestation, nombre de personnes dans le foyer, tabagisme maternel durant la gestation, consommation d'alcool par les parents, éducation des parents, occupation des parents

Faux positifs et faux négatifs, conséquences ?

Trop zélé :
Risque de
stigmatisation ?

Moyenne des
scores de 4 modèles



Manqués :
Non assistance
à personnes
en danger ?

Utiliser vos antécédents pour prédire le prochain problème

Article

Learning the natural history of human disease with generative transformers

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09529-3>

Received: 18 May 2024

Accepted: 13 August 2025

Published online: 17 September 2025

Artem Shmatko^{1,2,3,13}, Alexander Wolfgang Jung^{2,4,5,6,13}, Kumar Gaurav^{2,13}, Søren Brunak^{4,7},
Laust Hvas Mortensen^{8,13}, Ewan Birney^{2,13}, Tom Fitzgerald^{2,13} & Moritz Gerstung^{1,2,9,10,11,12}✉

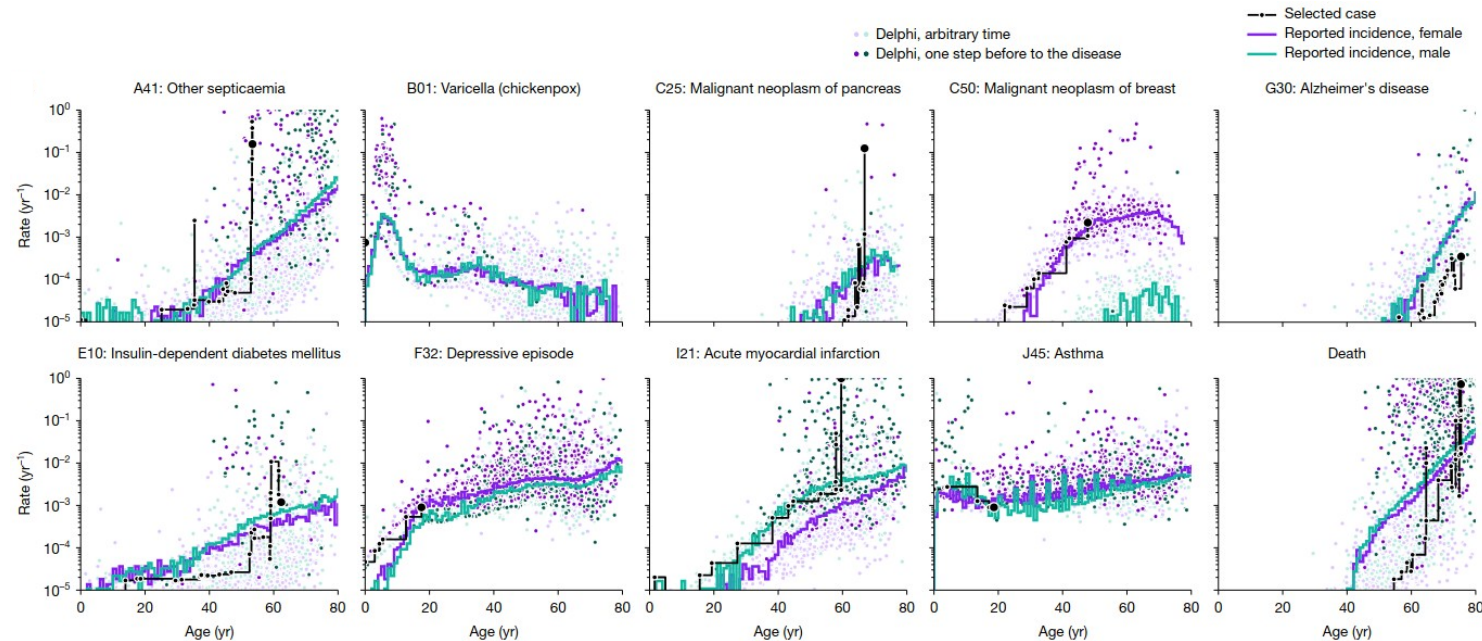
Decision-making in healthcare relies on understanding patients' past and current health states to predict and, ultimately, change their future course^{1–3}. Artificial

Input:

Age: Token
0.0: Male
2.0: B01 varicella (chickenpox)
3.0: L20 atopic dermatitis
5.0: No event
10.0: No event
15.0: No event
20.0: No event
20.0: G43 migraine
21.0: E73 lactose intolerance
22.0: B27 infectious mononucleosis
25.0: No event
28.0: J11 influenza, virus not identified
30.0: No event
35.0: No event
40.0: No event
41.0: Smoking low
41.0: BMI mid
41.0: Alcohol low
42.0: No event

Output:

43.2: No event
43.5: M54 dorsalgia
44.6: I86 varicose veins of other sites
50.4: K52 other non-infective gastroenteritis and colitis
52.2: H83 other diseases of inner ear
53.9: J22 unspecified acute lower respiratory infection
54.5: L30 other dermatitis
55.3: No event
57.5: L50 urticaria
59.4: K62 other diseases of anus and rectum
...
69.8: J90 pleural effusion, not elsewhere classified
70.0: K21 gastro-oesophageal reflux disease
70.1: K76 other diseases of liver
70.3: I10 essential primary hypertension
70.4: M85 other disorders of bone density and structure
70.7: M81 osteoporosis without pathological fracture
71.2: J98 other respiratory disorders
72.1: J80 adult respiratory distress syndrome
72.2: No event
72.7: Death



Diagnostiquer

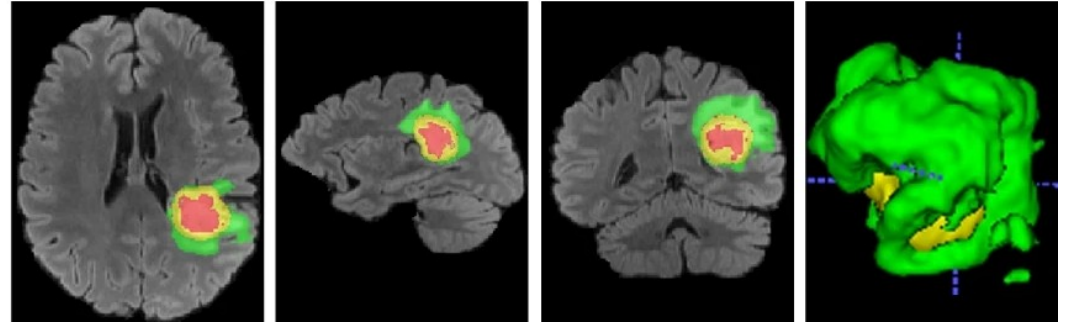
Segmentation

Research | [Open access](#) | Published: 14 February 2023

Swin Unet3D: a three-dimensional medical image segmentation network combining vision transformer and convolution

[Yimin Cai](#), [Yuqing Long](#), [Zhengdong Han](#), [Mingkun Liu](#), [Yuchen Zheng](#), [Wei Yang](#)  & [Liming Chen](#) 

BMC Medical Informatics and Decision Making 23, Article number: 33 (2023) | [Cite this article](#)



 **frontiers**
in Neuroscience

ORIGINAL RESEARCH
published: 28 February 2019
doi: 10.3389/fnins.2019.00097



A U-Net Deep Learning Framework for High Performance Vessel Segmentation in Patients With Cerebrovascular Disease

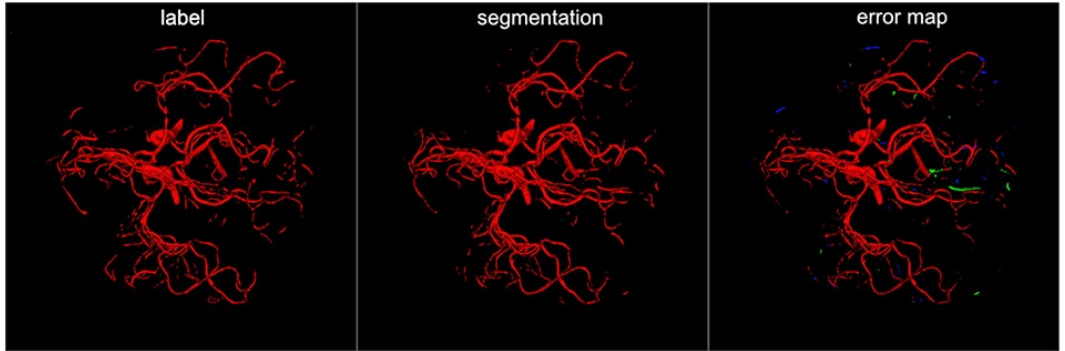
Michelle Livne^{1,2*}, Jana Rieger¹, Orhun Utku Aydin¹, Abdel Aziz Taha³, Ela Marie Akay¹, Tabea Kossen^{1,2}, Jan Sobesky^{2,4}, John D. Kelleher⁵, Kristian Hildebrand⁶, Dietmar Frey¹ and Vince I. Madai^{1,2}

Article | [Open access](#) | Published: 22 November 2023

Automatic segmentation of inconstant fractured fragments for tibia/fibula from CT images using deep learning

[Hyeonjoo Kim](#), [Young Dae Jeon](#), [Ki Bong Park](#), [Hayeong Cha](#), [Moo-Sub Kim](#), [Juyeon You](#), [Se-Won Lee](#), [Seung-Han Shin](#), [Yang-Guk Chung](#), [Sung Bin Kang](#), [Won Seuk Jang](#)  & [Do-Kun Yoon](#) 

Scientific Reports 13, Article number: 20431 (2023) | [Cite this article](#)



Prédictions multiples non-invasives et bon marché

ARTICLES

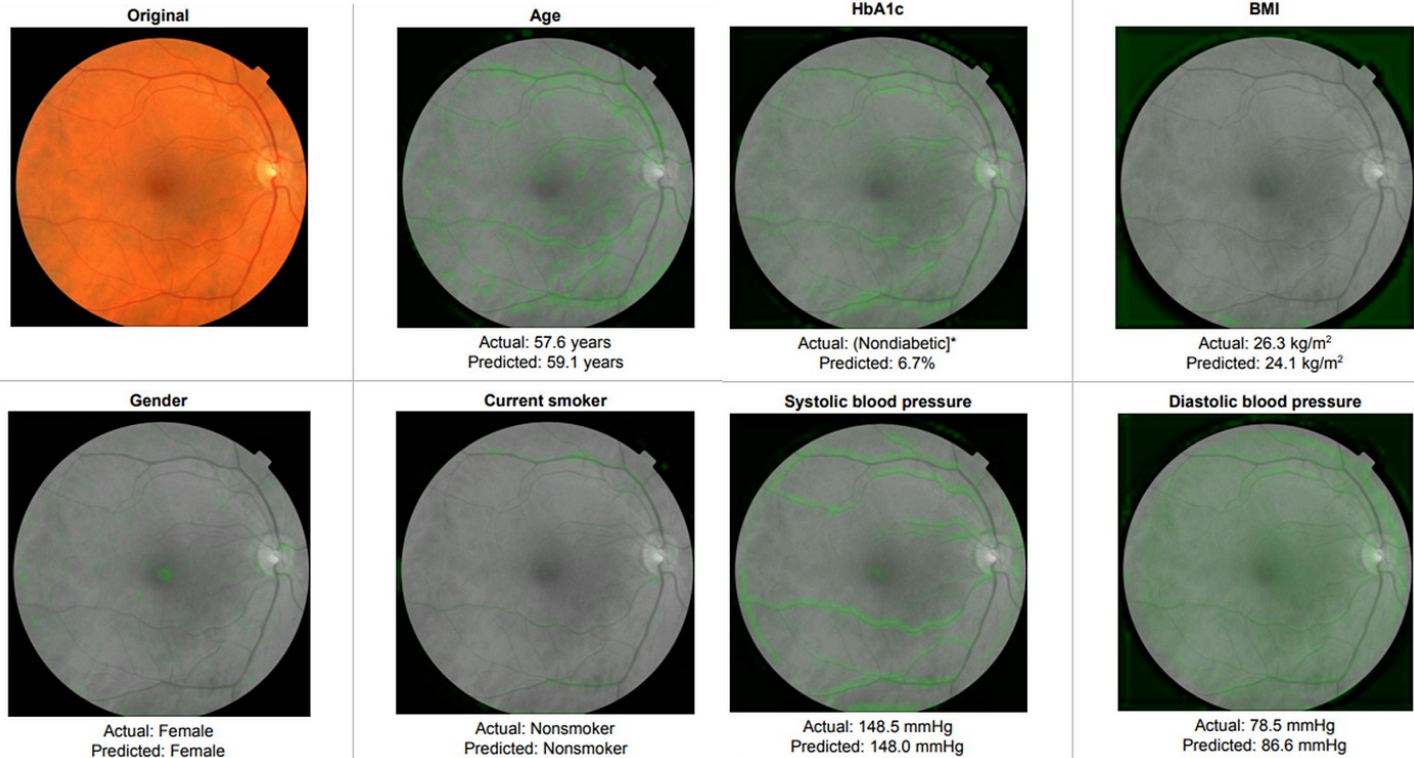
<https://doi.org/10.1038/s41551-018-0195-0>

nature
biomedical engineering

Prediction of cardiovascular risk factors from retinal fundus photographs via deep learning

Ryan Poplin^{1,4}, Avinash V. Varadarajan^{1,4}, Katy Blumer¹, Yun Liu¹, Michael V. McConnell^{2,3}, Greg S. Corrado¹, Lily Peng^{1,4*} and Dale R. Webster^{1,4}

Google DeepMind



L'IA dépasse (parfois) l'humain

Article

International evaluation of an AI system for breast cancer screening

<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6>

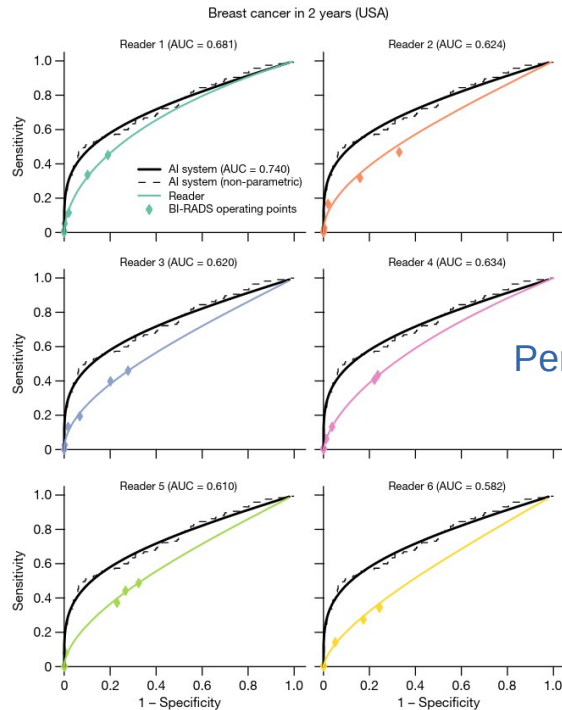
Received: 27 July 2019

Accepted: 5 November 2019

Published online: 1 January 2020

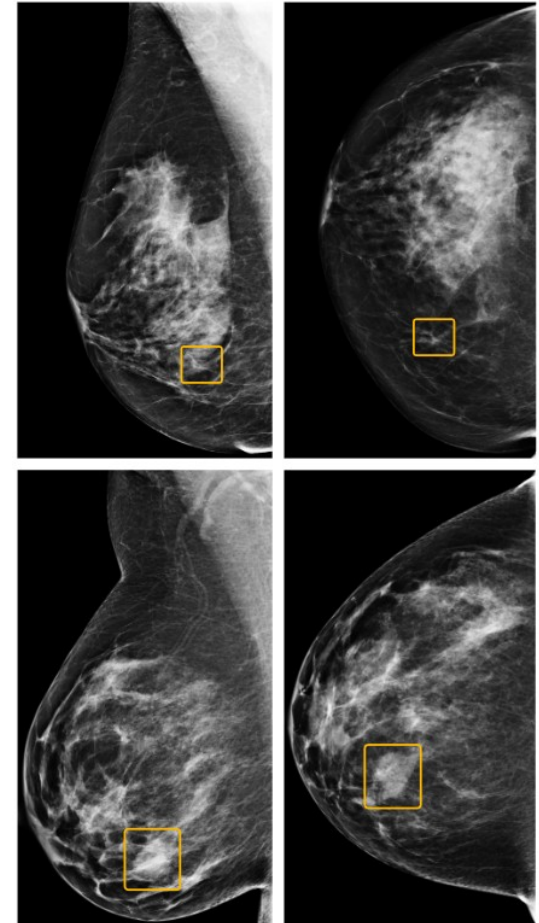
Scott Mayer McKinney^{1,2*}, Marcin Sieniek^{1,2*}, Varun Godbole^{1,2*}, Jonathan Godwin^{2,14},
Natasha Antropova², Hutan Ashrafian^{3,4}, Trevor Back², Mary Chesus², Greg S. Corrado¹,
Ara Darzi^{2,4,5}, Moziyar Etemadi⁶, Florencia Garcia-Vicente⁶, Fiona J. Gilbert⁷,
Mark Halling-Brown⁸, Demis Hassabis², Sunny Jansen⁹, Alan Karthikesalingam¹⁰,
Christopher J. Kelly¹⁰, Dominic King¹⁰, Joseph R. Ledsam², David Melnick⁴, Hormuz Mostofi¹,
Lily Peng¹, Joshua Jay Reicher¹¹, Bernardino Romera-Paredes², Richard Sidebottom^{12,13},
Mustafa Suleyman², Daniel Tse¹⁴, Kenneth C. Young⁴, Jeffrey De Fauw^{2,15} & Shravya Shetty^{1,15*}

Manquée par
les évaluateurs humains



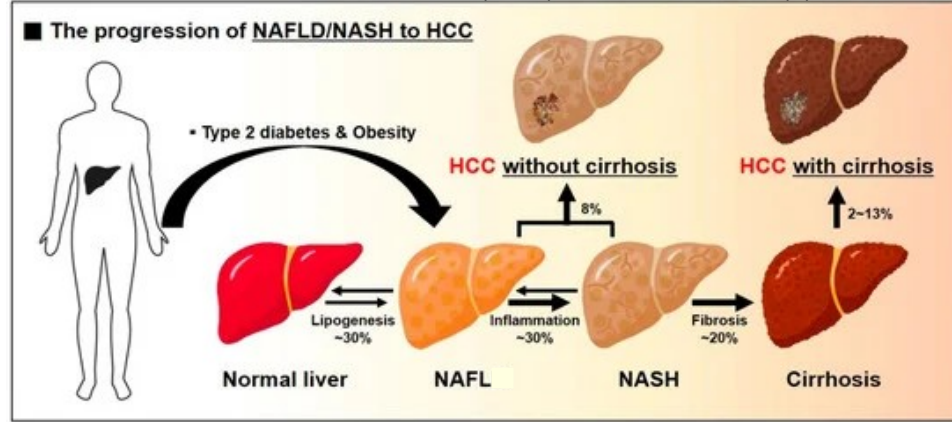
Performance sur 465
tumeurs

Manquée par
le système IA

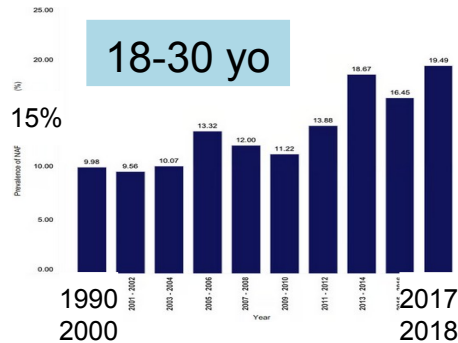
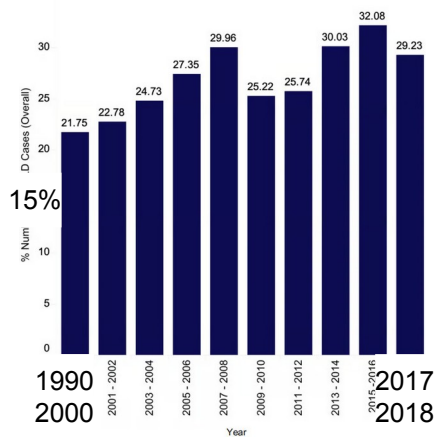
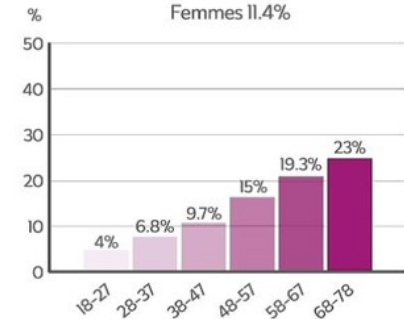
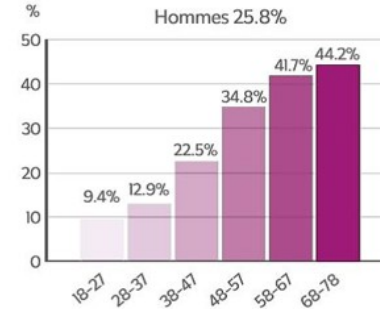


Sévérité de la stéatose hépatique (« foie gras »)

Kim et al (2021) *Int. J. Mol. Sci.*, 22(9): 4495

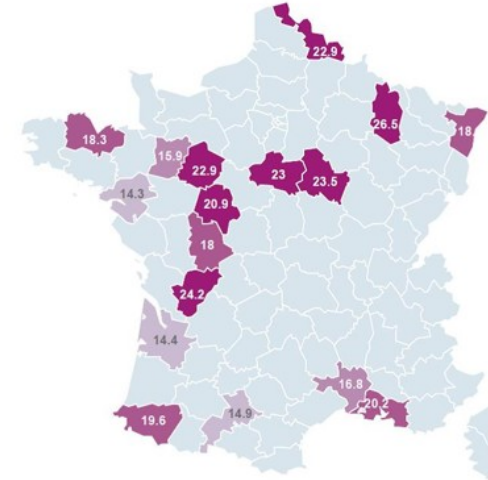


Prévalence en fonction de l'âge et du sexe



Kim et al (2022) *Met. Target Organ Damage*, 2: 19

NAFLD (now MASLD)



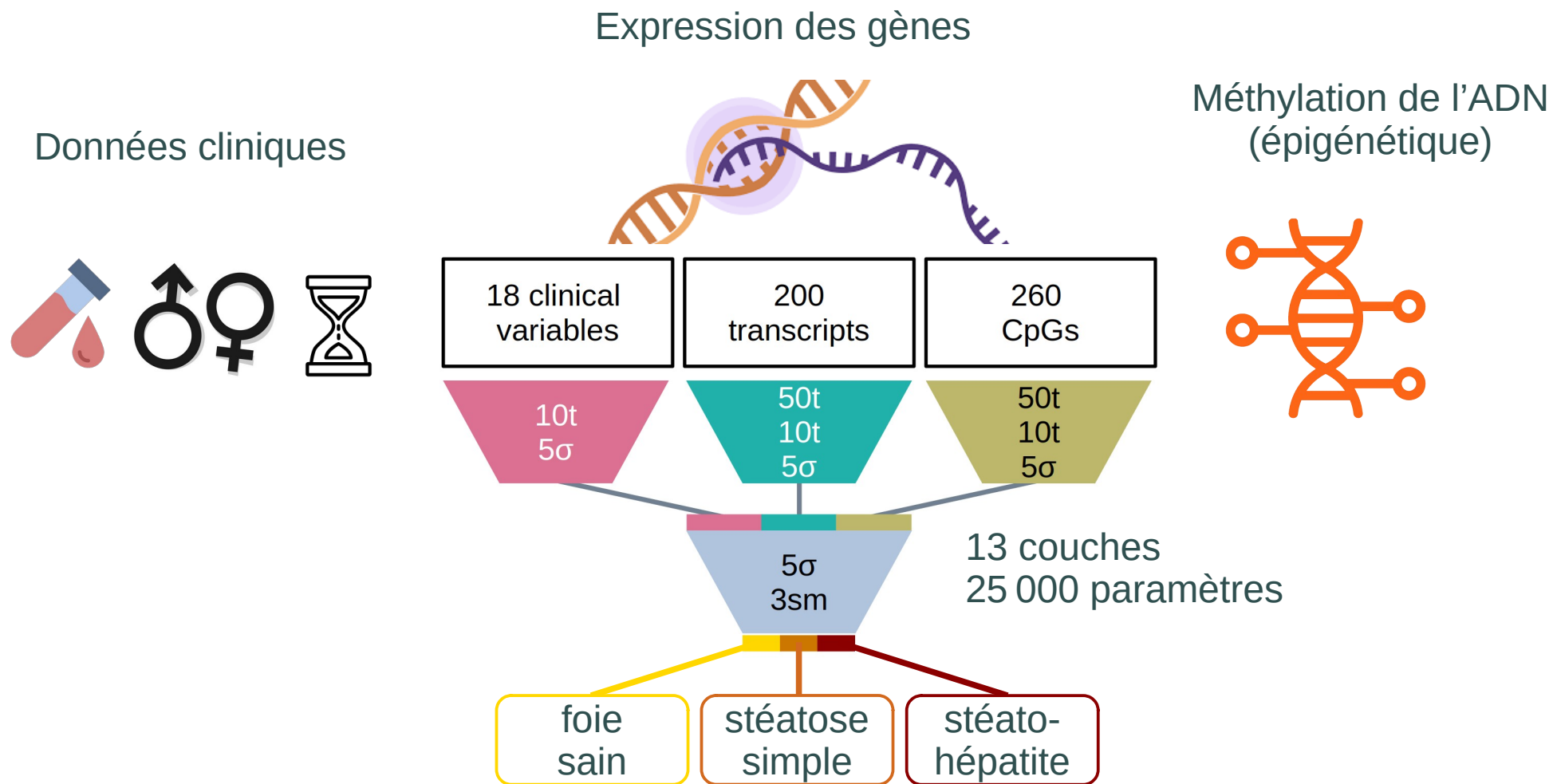
Répartition par régions

NASH (now MASH)

Paris MASH Meeting

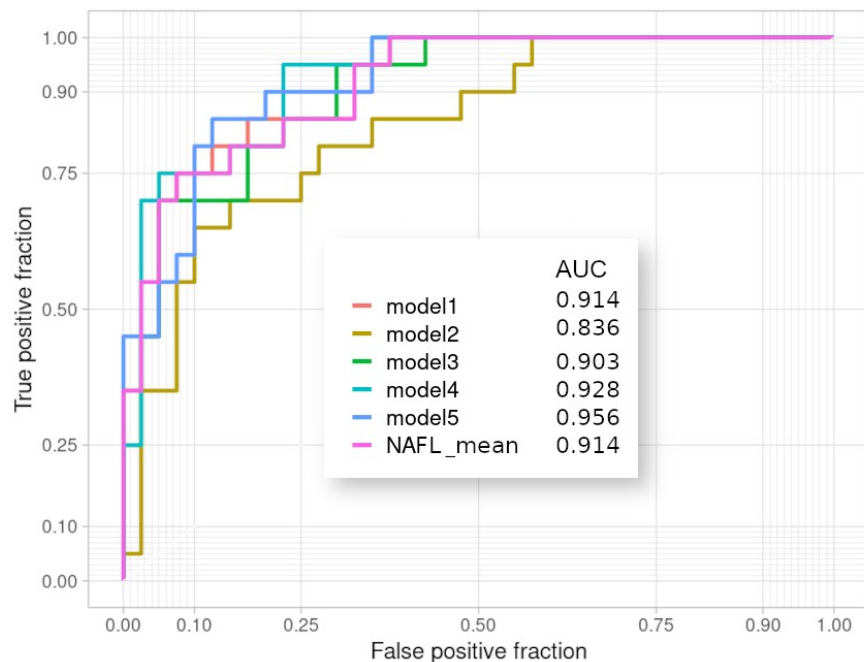
(11-12 juillet 2019)

Réseau de neurones profond lisant données cliniques et omiques

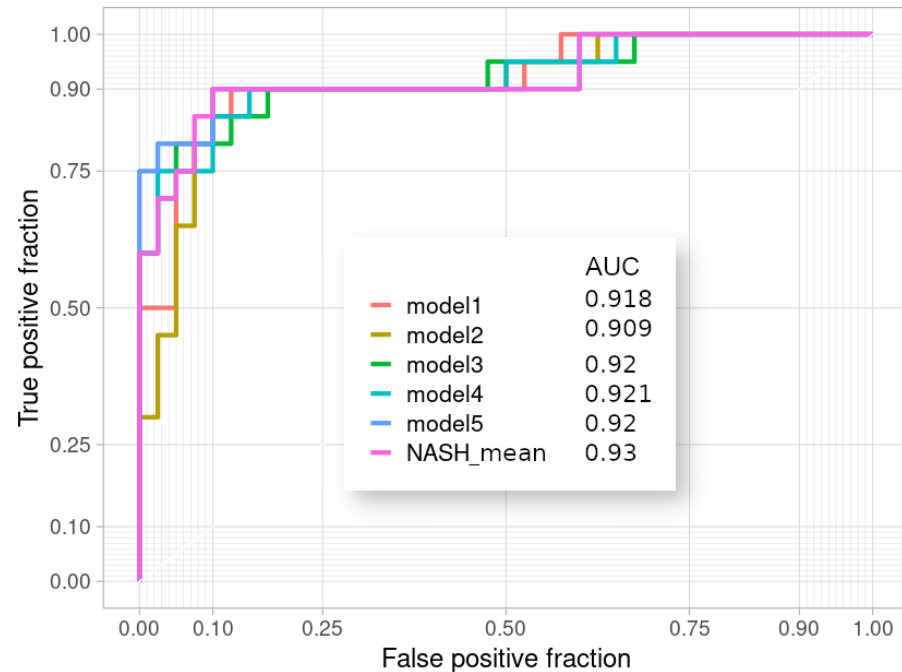


Performance : $AUC > 0,9$ pour la stéatose et la stéatohépatite

sensibilité

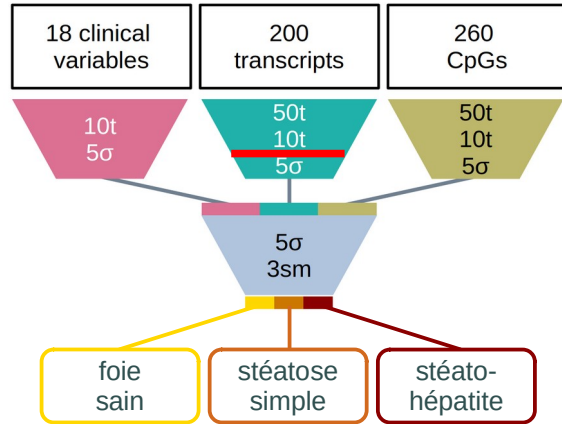


1 - spécificité



1 - spécificité

Les modèles d'IA ne sont *PAS* (toujours) des boîtes noires

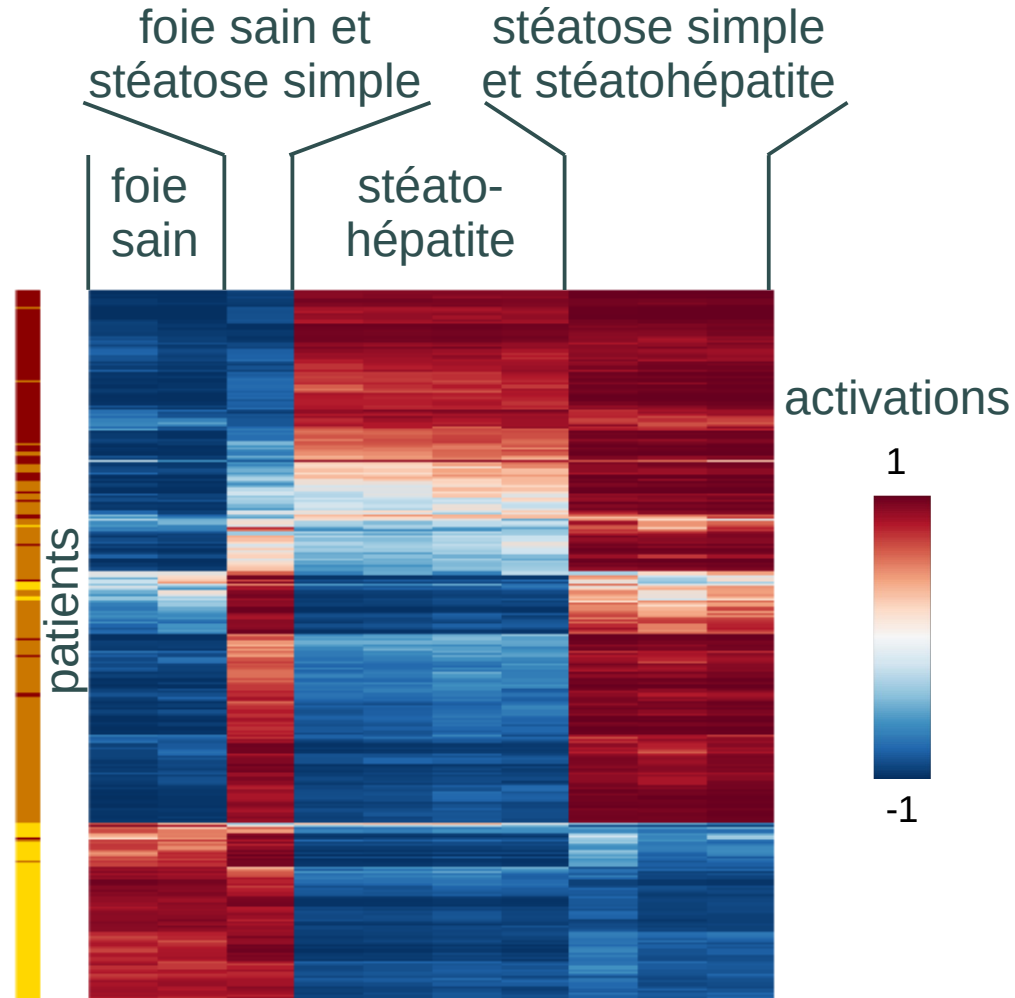


sévérité

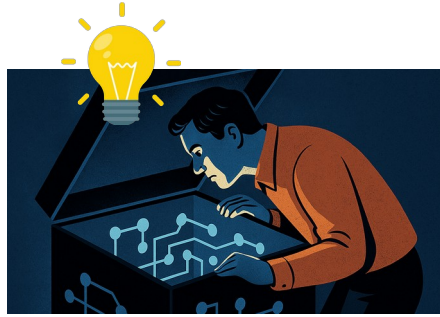
foie sain

stéatose simple

stéato-hépatite



Quels sont les gènes observés le plus par les modèles

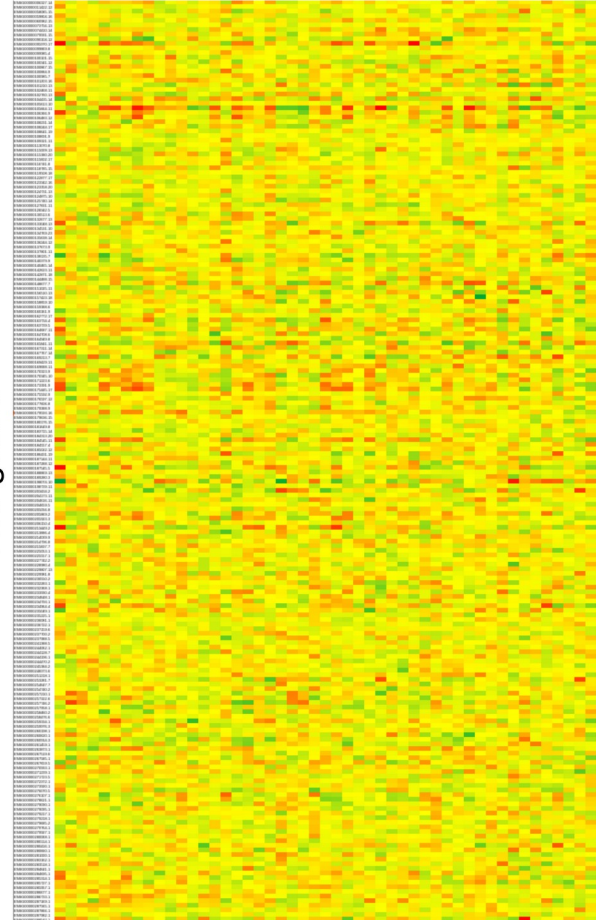


« poids synaptiques »

50 neurones



200 genes



$|\text{poids}|$

1 2 3 4 5



Implication connue dans le foie gras

Nouveaux gènes

μ σ

COMP	TREM2
ANKRD1	AKR1B10
PRAMEF10	LPL
SFRP4	STMN2
CHI3L1	DUSP8
unknown	unknown
RAB3B	GAPDHP28
FABP5P7	CA12
KRTAP5-1	unknown
PGAM2	CYP2C19
THBS1-AS1	SPP1
FABP4	ART5
PADI1	EEF1A2
CXCL3	unknown
THY1-AS1	CH25H
RGS1	OLR1
unknown	THBS1-IT1
PRAMEF33	CEMP1
GDF15	DHRS2
PNPLA5	ALOX15B
GPR158	CCL20
FCAR	HKDC1
LINC02348	MMP9
MMP7	unknown
ESPNL	KRT80
CYP1A1	TRIM31
MT1B	BCL2A1
KRTAP5-AS1	LINC00940
SDHAP2	FOS

18 clinical variables

200 transcripts

260 CpGs

10t
5 σ

50t
10t
5 σ

50t
10t
5 σ

5 σ
3sm

foie sain

stéatose simple

stéato-hépatite

Traiter

ChatBots et assistants médicaux

OpenEvidence®

OpenEvidence

Ask a medical question...

Ask about Drug Side Effects

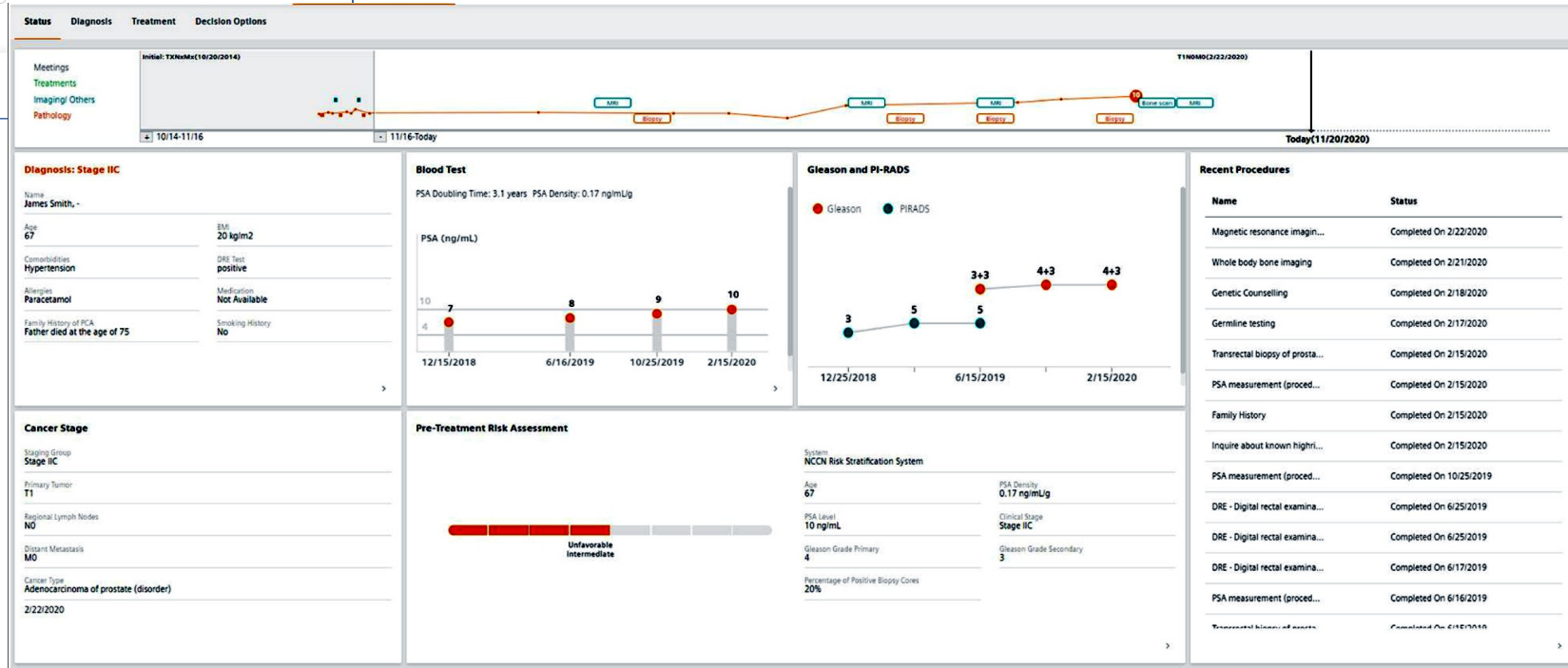
Double Check with a Quick Curbside Consult

Ask about Primary Evidence

Explore More Capabilities

OpenEvidence is free and unlimited for health care professionals.

AI Pathway
Companion,
Siemens



Xiaoyi, le petit docteur chinois robotisé est testé depuis un an dans plusieurs centres de santé

Par Hugo Jalinière le 11.11.2018 à 09h00

ABONNÉS

Lecture 4 min.

Le premier robot médecin est doté d'une intelligence artificielle. Il fait gagner un temps précieux aux praticiens dans les centres de soins de Chine.



L'androïde, qui a obtenu brillamment son diplôme de médecine, peut établir des prédiagnostics et orienter les patients.

IMAGINE CHINA/AFP

SUR LE MEME SUJET

- Un robot chinois réussit le concours d'entrée en médecine et

Fin 2017, il décrochait haut la main son diplôme de médecine en obtenant 456 points sur 600 à l'épreuve écrite de l'examen national chinois. Xiaoyi, "le petit docteur" en chinois, est ainsi le tout premier modèle de

ADAM: a robotic companion for enhanced quality of life in aging populations

Alicia Mora [✉]*, Adrian Prados [✉]*, Alberto Mendez [✉]†, Gonzalo Espinoza [✉]†, Pavel Gonzalez [✉], Blanca Lopez [✉], Victor Muñoz [✉], Luis Moreno [✉], Santiago Garrido [✉] and Ramon Barber [✉]

RoboticsLab, Systems Engineering and Automation Department, Universidad Carlos III, Madrid, Spain

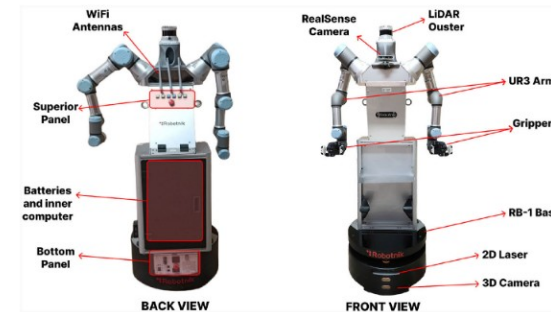


FIGURE 2
General scheme of ADAM elements from back and front view.

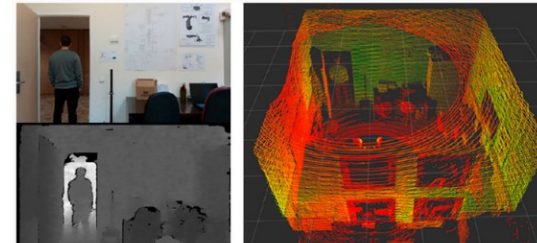


FIGURE 3
Information captured by the perception system. The main sources of information are the RGB image and the corresponding depth values from the RGBD sensor and the 3D spatial information from the LIDAR sensor, which covers a full room.

AlphaFold 2 and 3 : nouveaux médicaments

Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold



Prix Nobel de chimie 2024

<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>

Received: 11 May 2021

Accepted: 12 July 2021

Published online: 15 July 2021

Open access

Check for updates

John Jumper^{1,4}, Richard Evans^{1,4}, Alexander Pritzel^{1,4}, Tim Green^{1,4}, Michael Figurnov^{1,4}, Olaf Ronneberger^{1,4}, Kathryn Tunyasuvunakool^{1,4}, Russ Bates^{1,4}, Augustin Židek^{1,4}, Anna Potapenko^{1,4}, Alex Bridgland^{1,4}, Clemens Meyer^{1,4}, Simon A. A. Kohl^{1,4}, Andrew J. Ballard^{1,4}, Andrew Cowie^{1,4}, Bernardino Romera-Paredes^{1,4}, Stanislav Nikolov^{1,4}, Rishub Jain^{1,4}, Jonas Adler¹, Trevor Back¹, Stig Petersen¹, David Reiman¹, Ellen Clancy¹, Michal Zielinski¹, Martin Steinegger^{2,3}, Michalina Pacholska¹, Tamas Berghammer¹, Sebastian Bodenstein¹, David Silver¹, Oriol Vinyals¹, Andrew W. Senior¹, Koray Kavukcuoglu¹, Pushmeet Kohli¹ & Demis Hassabis^{1,4}

Covid-19 spike
et anticorps

Chemical
Science



EDGE ARTICLE

[View Article Online](#)

[View Journal](#) | [View Issue](#)

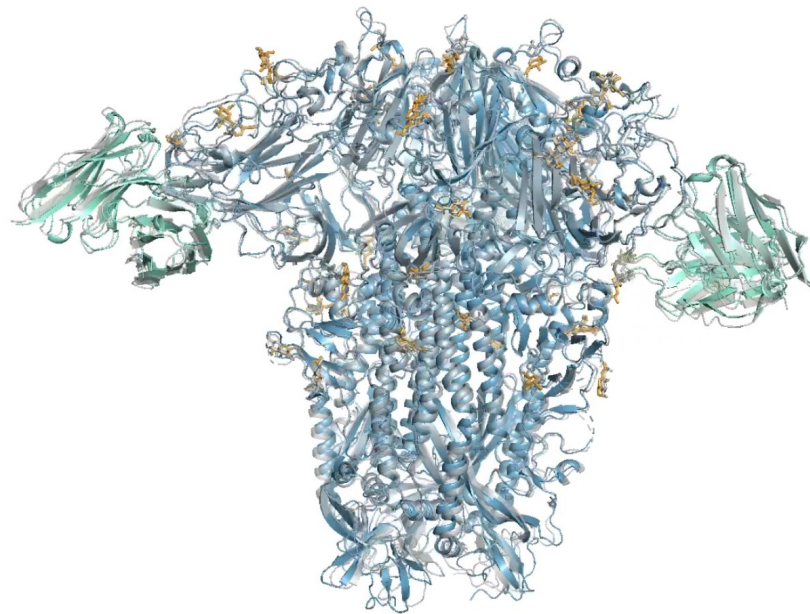
Check for updates

Cite this: *Chem. Sci.*, 2023, 14, 1443

All publication charges for this article have been paid for by the Royal Society of Chemistry

AlphaFold accelerates artificial intelligence powered drug discovery: efficient discovery of a novel CDK20 small molecule inhibitor†

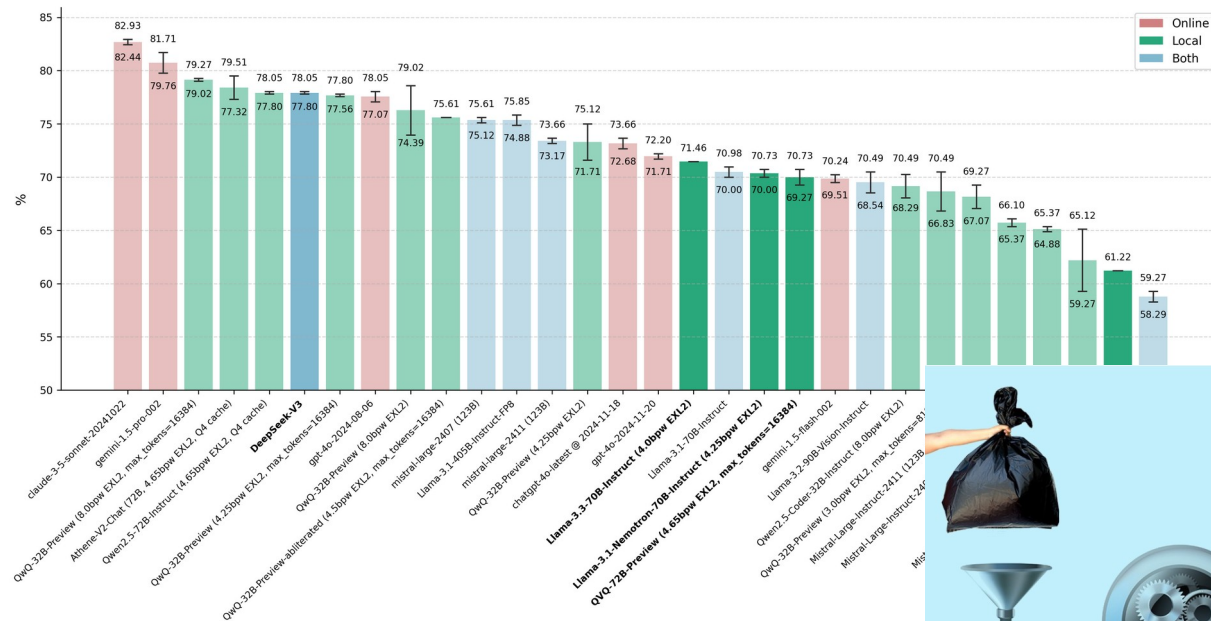
Feng Ren,^a Xiao Ding,^a Min Zheng,^a Mikhail Korzinkin,^b Xin Cai,^a Wei Zhu,^a Alexey Mantsyzov,^b Alex Aliper,^b Vladimir Aladinskiy,^b Zhongying Cao,^a Shanshan Kong,^a Xi Long,^b Bonnie Hei Man Liu,^b Yingtao Liu,^a Vladimir Naumov,^b Anastasia Shneyderman,^b Ivan V. Ozerov,^b Ju Wang,^a Frank W. Pun,^b Daniil A. Polykovskiy,^b Chong Sun,^c Michael Levitt,^d Alán Aspuru-Guzik^{*c} and Alex Zhavoronkov^{id} ^{*ab}



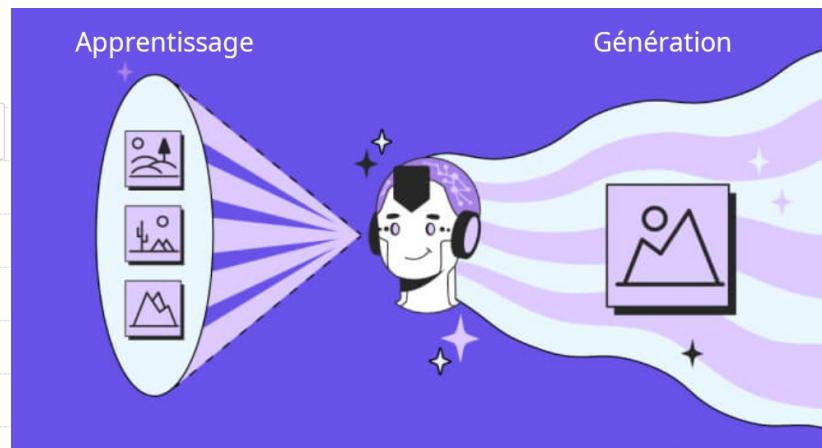
Les dangers

L'IA n'est pas infaillible

Les modèles d'IA ne sont pas parfaits ;
les jeux d'apprentissages sont incomplets,
biaisés, contextualisés → mauvaise généralisation



Les systèmes d'IA générative hallucinent ;
conséquence même de leur versatilité.

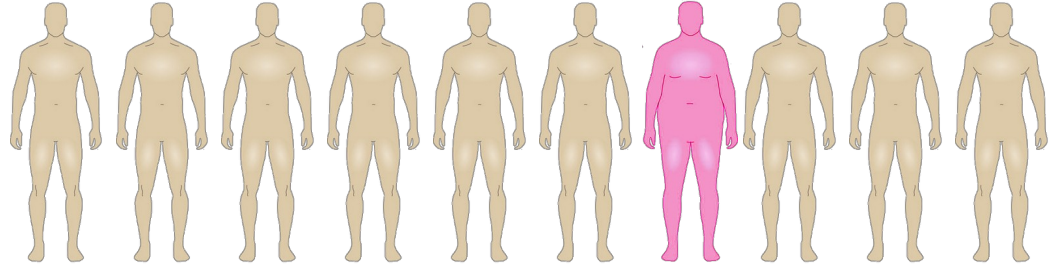


Les jeux d'apprentissage
comportent des erreurs



L'IA peut être biaisée

Les jeux d'apprentissages
sont déséquilibrés.
(Comment prédire facilement le
status obèse avec 90 %
d'exactitude ?)



Les jeux d'apprentissages
ne sont pas représentatifs
du contexte d'application



Équité de l'accès aux soins

Les modèles peuvent ne pas être disponibles pour tous



L'utilisation des modèles peut être couteux



Les modèles peuvent nécessiter des données difficiles à recueillir

L'application des modèles et l'interprétation des résultats peut dépendre du contexte, par exemple des praticiens.

L'IA est un outil fantastique améliorant
les approches existantes, et
ouvrant de nouvelles voies pour
la prédiction, le dépistage, le diagnostic,
et le traitement d'affections variées.

Cependant, il faut l'utiliser
de manière encadrée et réfléchie...

...comme tous les autres outils de santé !

Algorithmes en blouse blanche

L'IA s'invite à l'hôpital

Nicolas Gambardella, CNRS UMR 8199



