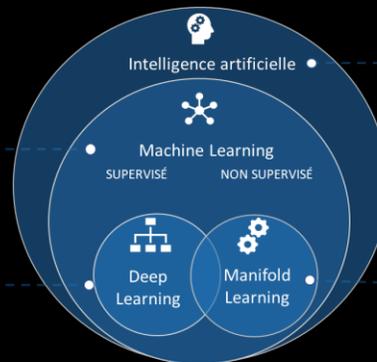


MACHINE LEARNING
APPRENTISSAGE
AUTOMATIQUE

DEEP LEARNING
APPRENTISSAGE PROFOND



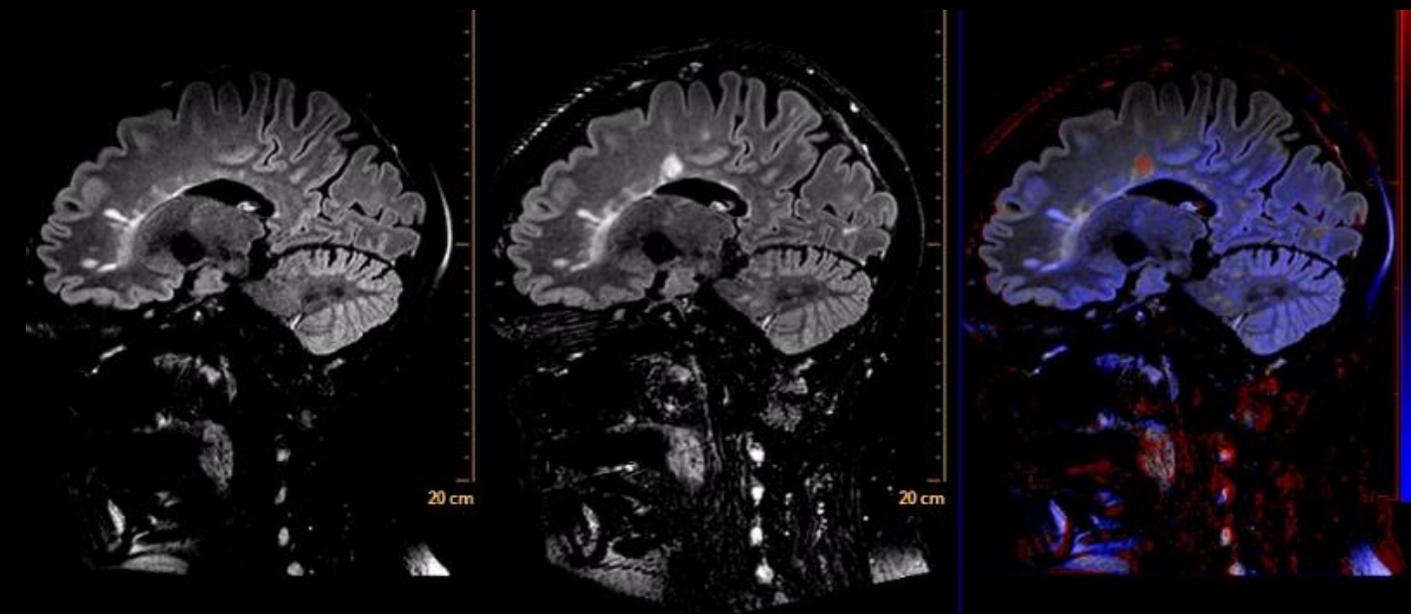
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

MANIFOLD LEARNING



Lyon le 5 novembre 2020

IA en neuroradiologie



Pr. François Cotton

Chef de pôle imagerie des Hospices Civils de Lyon
Président de la Société Française de Neuroradiologie
Responsable du groupe imagerie de l'OFSEP
CREATIS, Unité CNRS UMR 5220, INSERM U1206
équipe transversale SEP
Université Claude Bernard Lyon 1

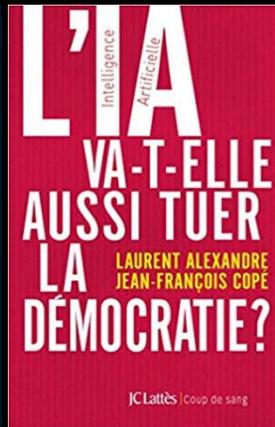
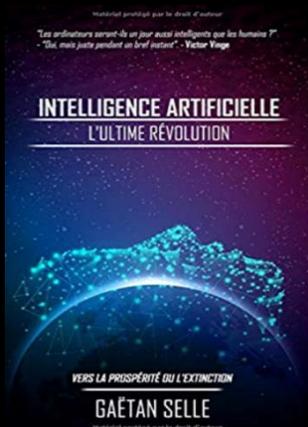
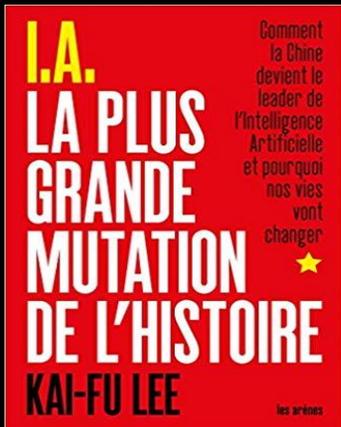
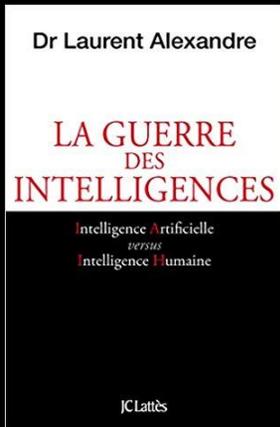
LIENS D'INTÉRÊTS

L'auteur déclare avoir des liens d'intérêts avec:

Bayer Schering, Biogen IDEC, Bracco imaging, Guerbet, Novartis

La rhétorique actuelle de l'IA

- **Les technoprophètes** (*S.Hawkins, B.Gates, Elon Musk..*)
 - L'IA n'est déjà plus un choix, mais le sens de l'Histoire
 - Ceux qui pensent que l'IA ne peut les surpasser sont plus bêtes qu'ils ne le pensent...
 - L'homme augmenté, l'homme remplacé



LE BIG DATA
Le magazine IA, Cloud et Big Data

Business Analytics Solutions Cloud Dossiers Sécurité Quantique

Accueil > Intelligence artificielle > Elon Musk : « ceux qui pensent que l'IA ne peut les surpasser sont plus bêtes qu'ils le pensent »

ELON MUSK : « CEUX QUI PENSENT QUE L'IA NE PEUT LES SURPASSER SONT PLUS BÊTES QU'ILS LE PENSENT »

L'IA forte (2030-2050)

- *La singularité : l'intelligence artificielle supérieure à l'intelligence humaine et dotée de conscience*

... et pour la médecine

- La radiologie, une profession particulièrement exposée
 - Des données numériques et normées (DICOM)
 - De grandes bases de données (PACS-RIS, cohorte OFSEP...)
 - Une image de technicien des radiologues



Geoffrey Hinton (Google Brain) 2017 :

« We should stop training radiologists now... in five years deep learning is going to do better. Radiologists are like the coyote already over the edge of the cliff who hasn't yet looked down »

Radiological Society of North America (RSNA)
23 113 abonnés
5 h

“‘Will AI replace radiologists?’ is the wrong question. The right answer is: Radiologists who use AI will replace radiologists who don’t.”
- Curtis P. Langlotz, MD, PhD

Read Dr. Langlotz’s editorial in Radiology: AI. <http://bit.ly/2VNxrXj> #AI

Voir la traduction

Radiology: Artificial Intelligence

Will Artificial Intelligence Replace Radiologists? | Radiology: Artificial Intelligence

IA en neuroradiologie, états des lieux

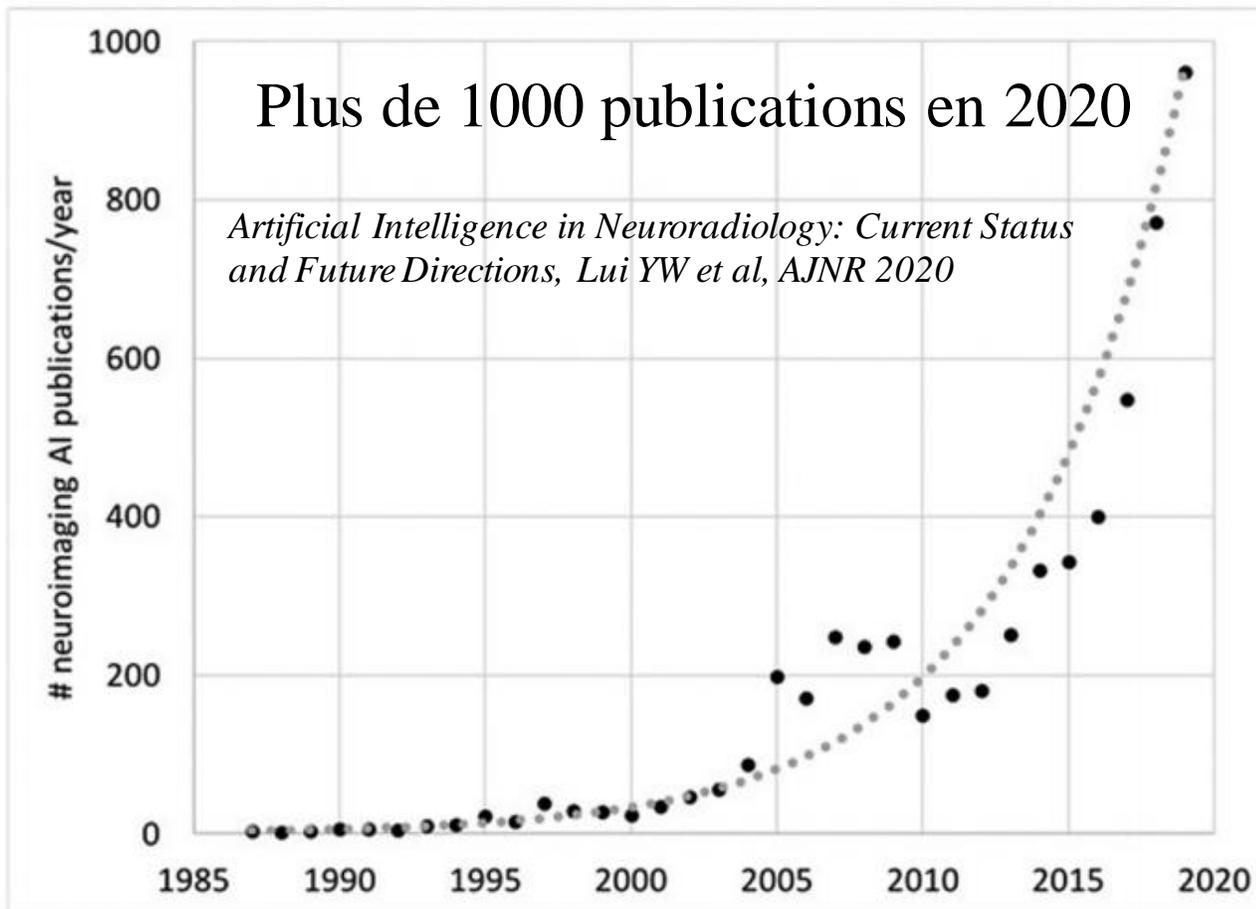
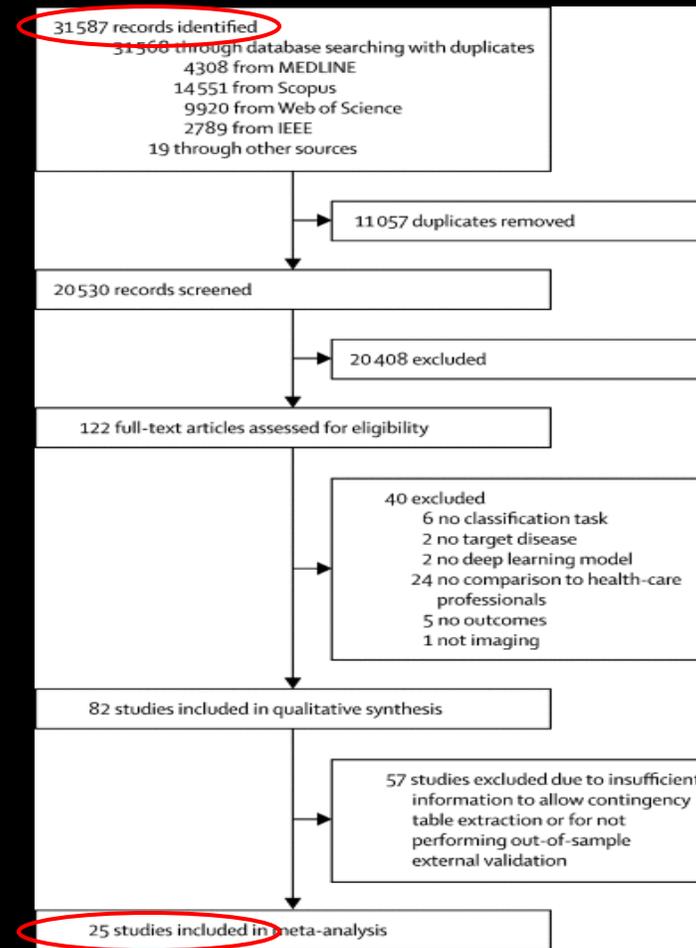


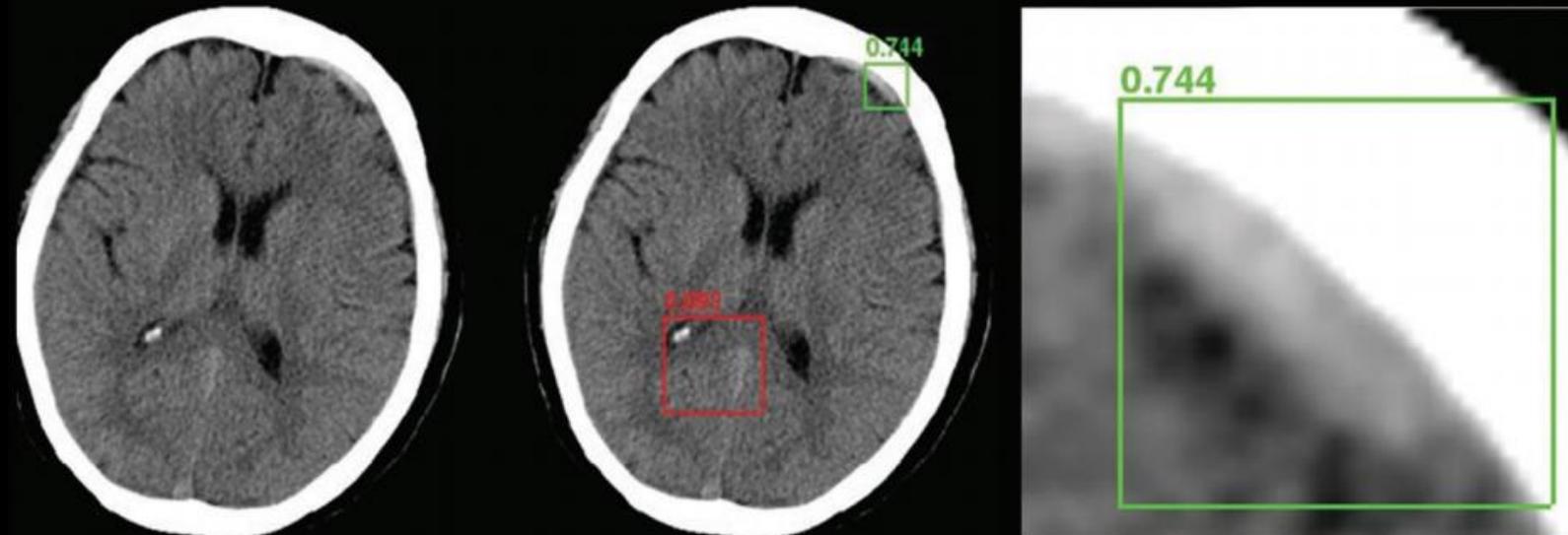
FIG 1. Total number of publications from PubMed using search of “brain” AND [“artificial intelligence” OR “machine learning” OR “deep learning”] showing exponential growth in AI-related neuroimaging publications since 1987.



Mais... Méta-analyse dans **Lancet Digital Health** 2019
David Spiegelhalter, University of Cambridge
“the massive hype over AI in medicine obscures the lamentable quality of almost all evaluation studies”

IA en neuroradiologie, états des lieux

- Reconstruction d'images (diminuer les doses au CT...)
- Rehaussement d'images
- Détection des lésions (plaques, métastases...)
- Post-traitement des données et quantification
- Classification des anomalies (hématome, ischémie...), radiomique
- Workflow
- Prédiction

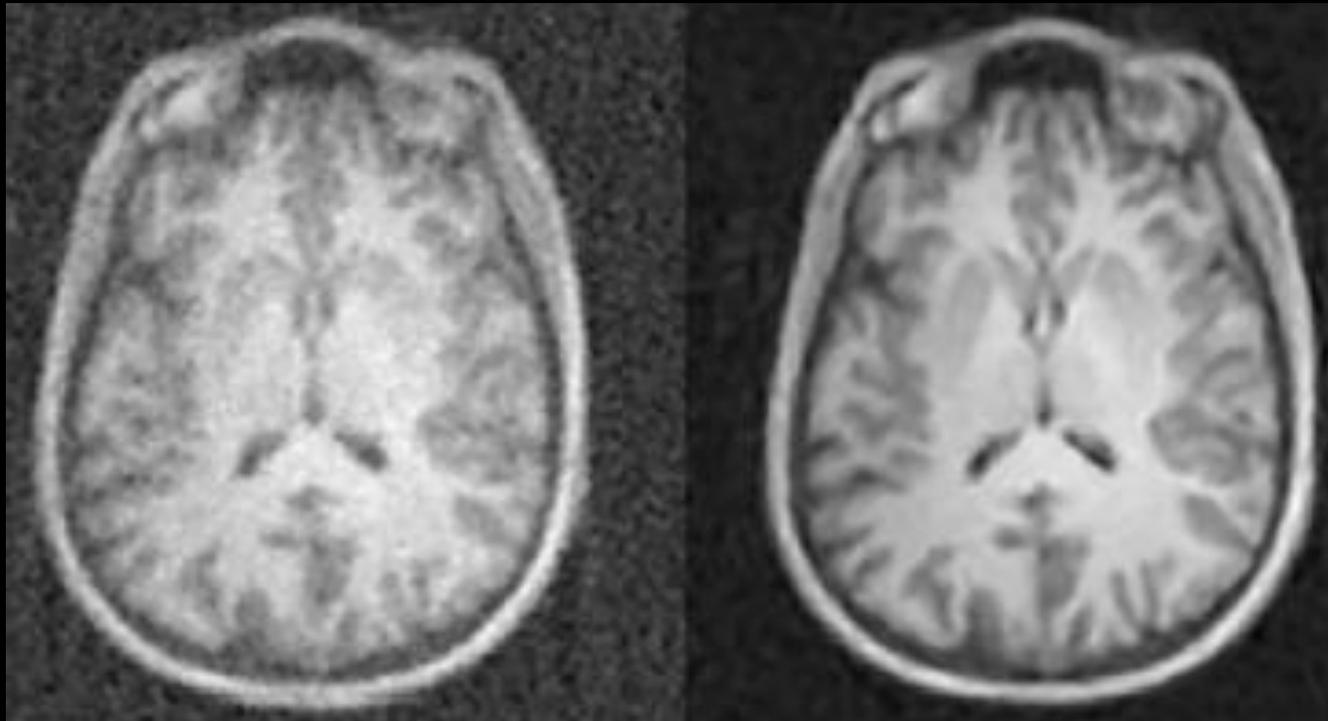


*Artificial Intelligence in Neuroradiology:
Current Status and Future Directions, Lui
YW et al, AJNR 2020*

Détection automatique des saignements sur
un scanner cérébral sans IV

Reconstruction d'images

Manifold Learning, Using Automap



Credit: Athinoula A. Martinos Center for Biomedical Imaging, Massachusetts General Hospital

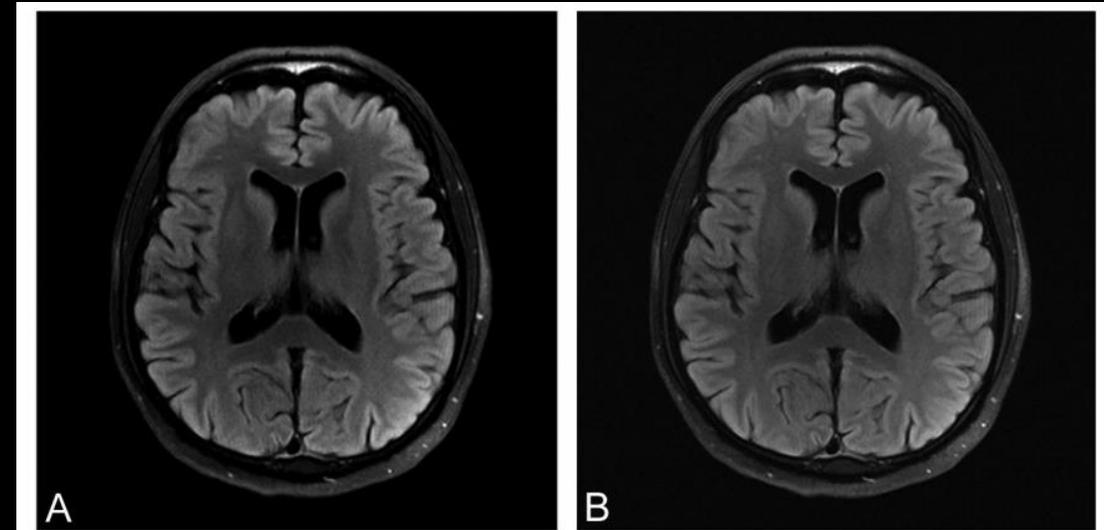
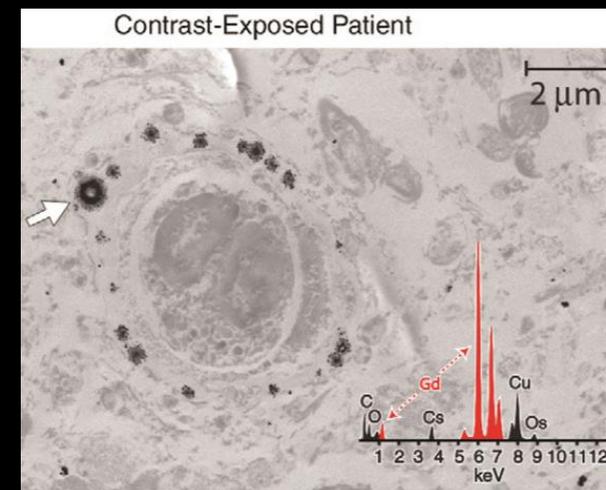


FIG 3. Deep learning-based image reconstruction algorithms will pave the way to accelerating MR imaging acquisitions and reduce scan time; here a deep learning model (A) achieves a high-quality brain MR imaging reconstruction with 6-fold undersampling, compared with the criterion standard, fully sampled image (B) (unpublished data courtesy of Yvonne Lui, Tullie Murrell, May 24, 2020).

Artificial Intelligence in Neuroradiology: Current Status and Future Directions, Lui YW et al, AJNR 2020

Rehaussement d'images

Le Gadolinium s'accumule dans le cerveau (noyaux dentelés, néocortex...), peut on s'en affranchir ou diminuer les doses ?

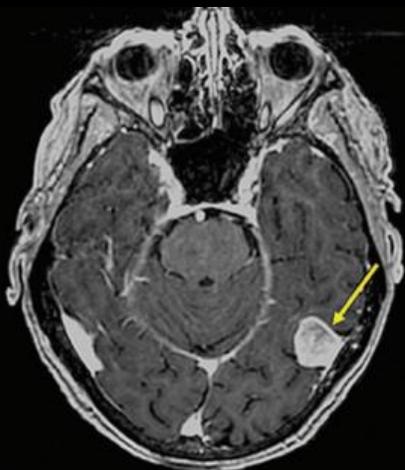


Intracranial Gadolinium Deposition after Contrast-enhanced MR Imaging. Radiology. 2015 McDonald RJ and al.

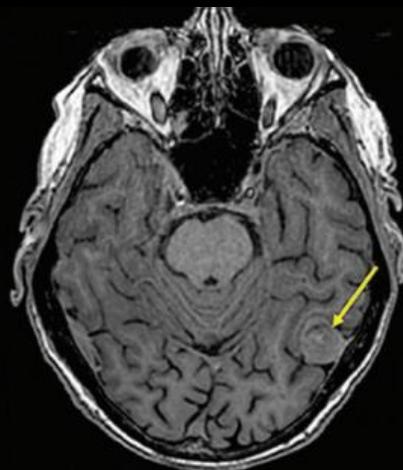
Dose standard

10% dose

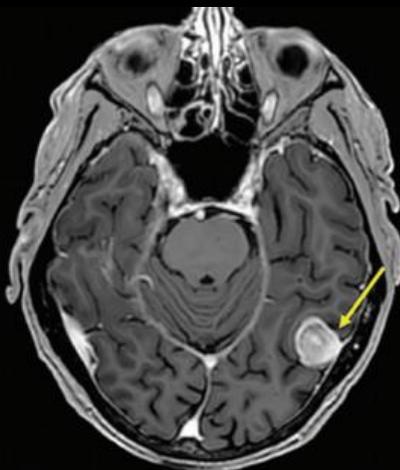
10% dose DL



Dose: 0.10 mmol/kg



Dose: 0.01 mmol/kg



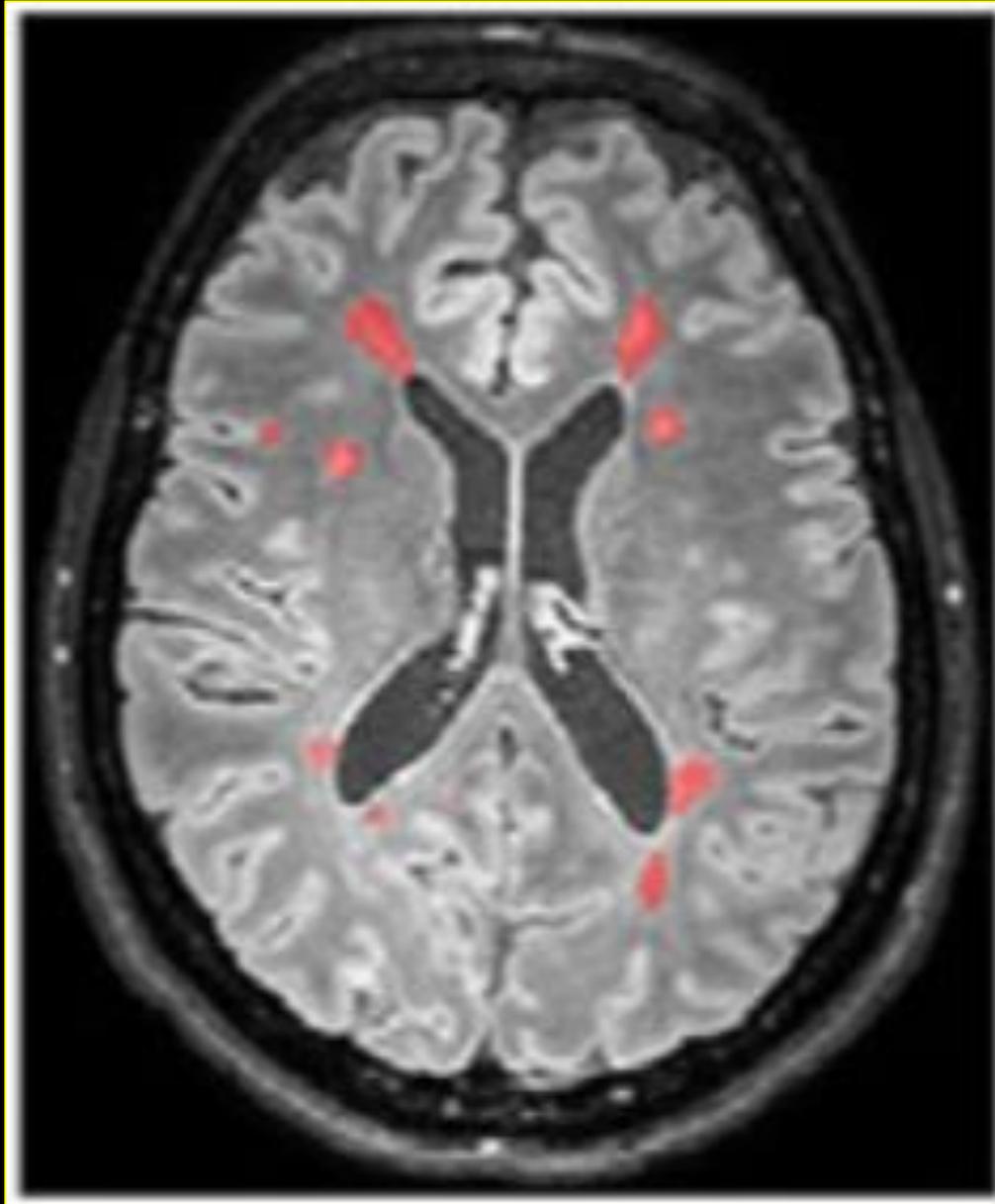
Dose: 0.01 mmol/kg



By Jurii - <http://images-of-elements.com/gadolinium.php>, CC BY 3.0,

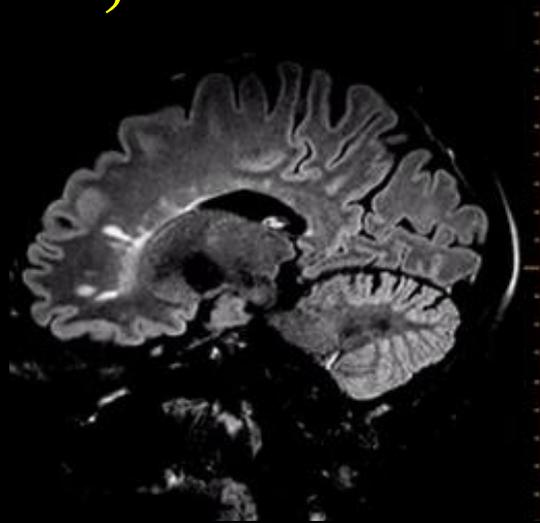
Artificial Intelligence in Neuroradiology: Current Status and Future Directions, Lui YW et al, AJNR 2020

DEEP LEARNING: Détection, segmentation

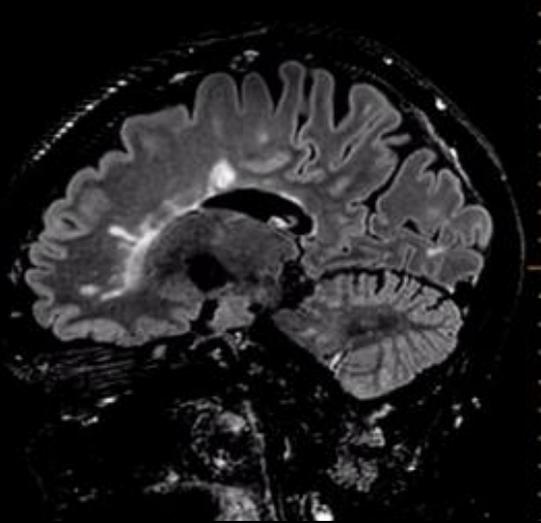


Obtention d'une cartographie
à partir d'une séquence
FLAIR de la charge
lésionnelle dans la SEP

IA, aide à la détection de lésions actives



*Philips 3T ingenia 3DFLAIR
Mai 2013, 5 mn*



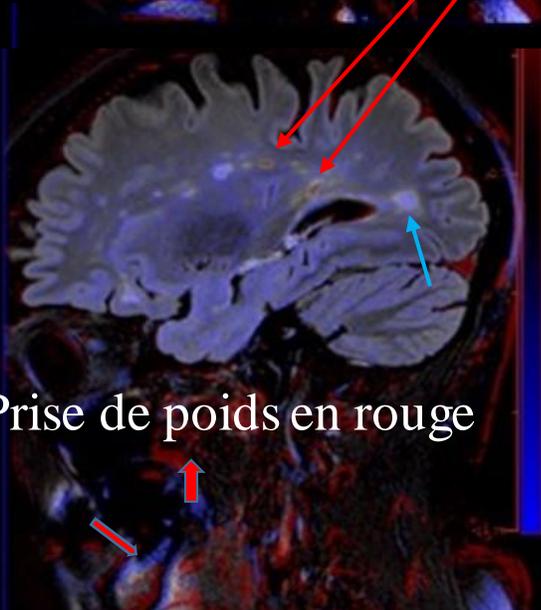
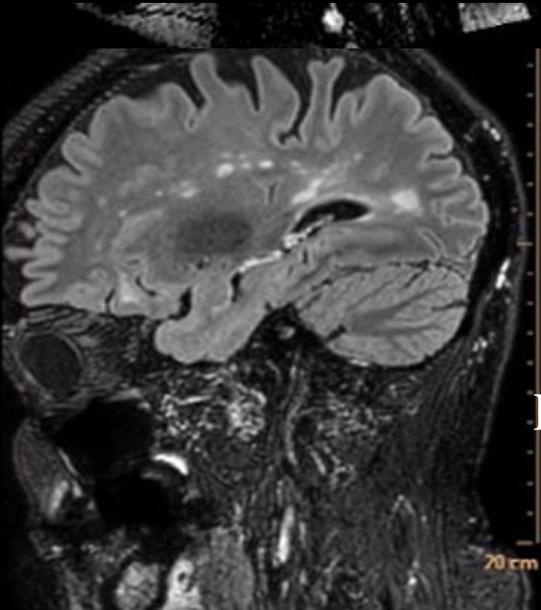
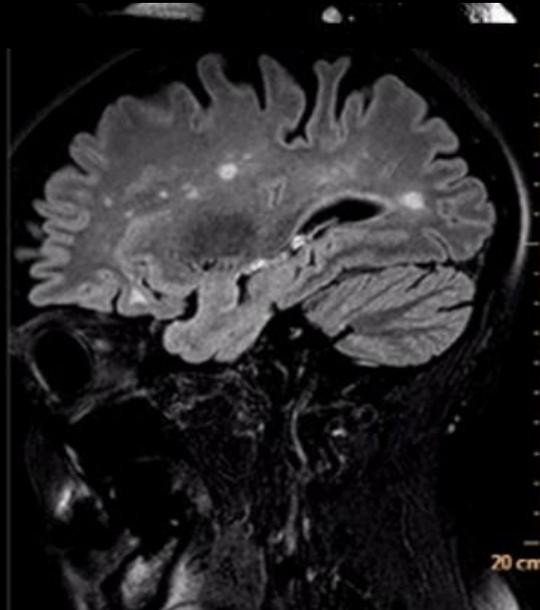
*Philips 3T Elition CS 3DFLAIR
Septembre 2018, 3 mn*



Lésions qui diminuent
de taille en bleu

Atrophie en bleu

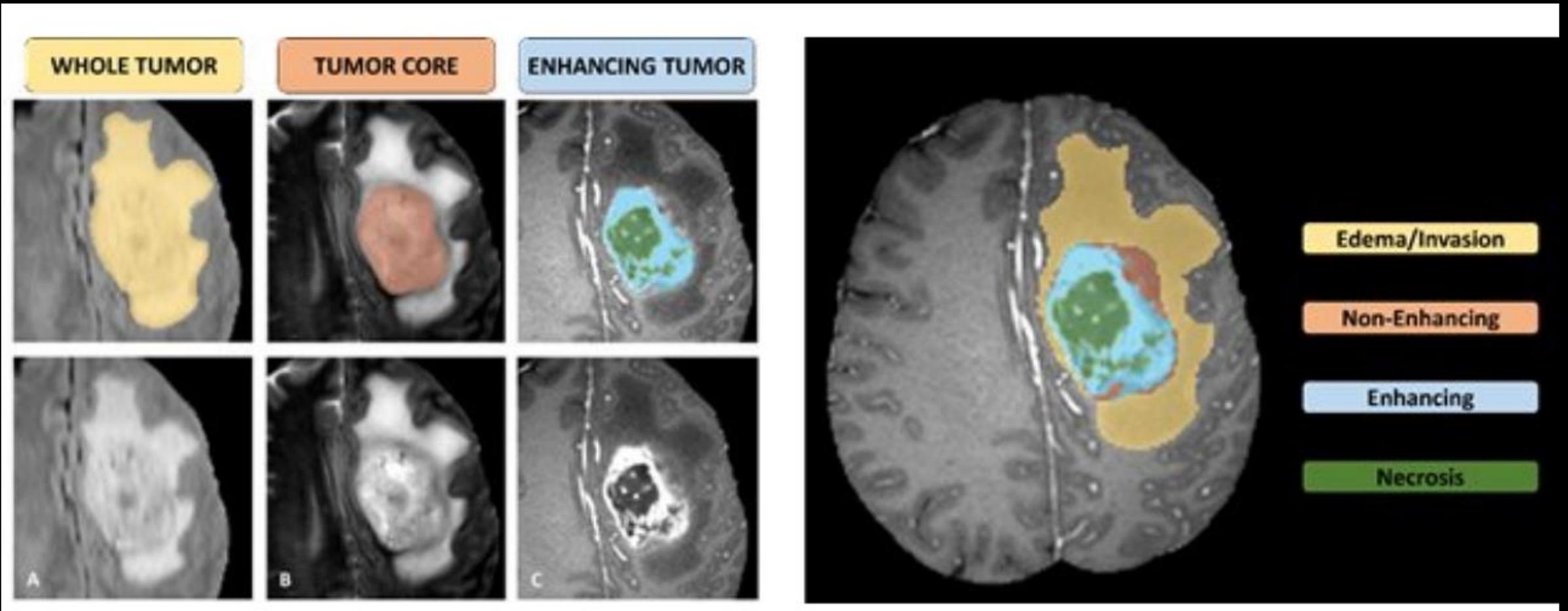
Nouvelles
lésions en rouge



Prise de poids en rouge

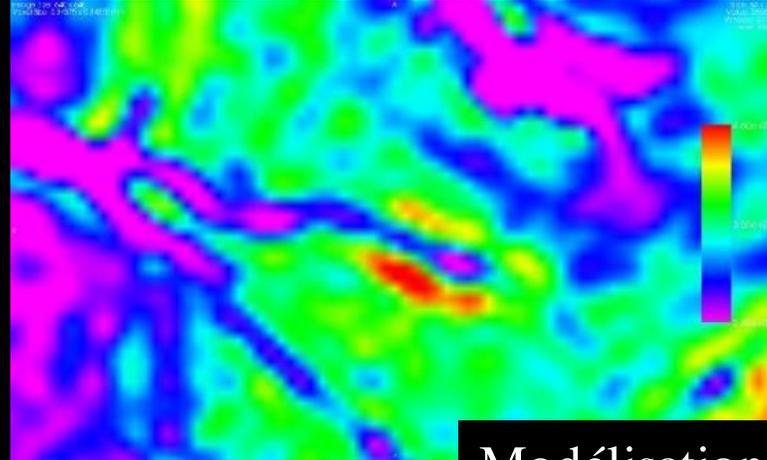
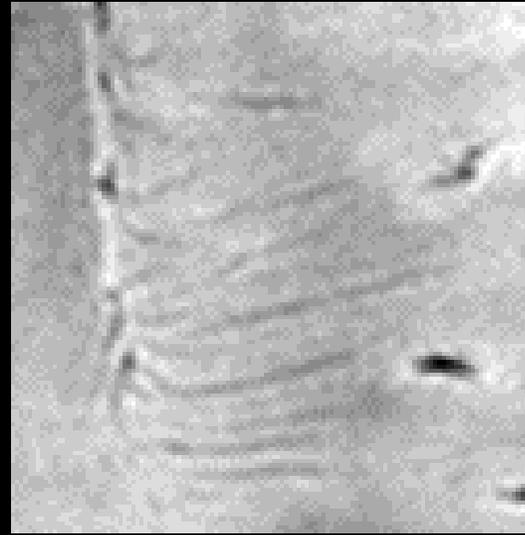
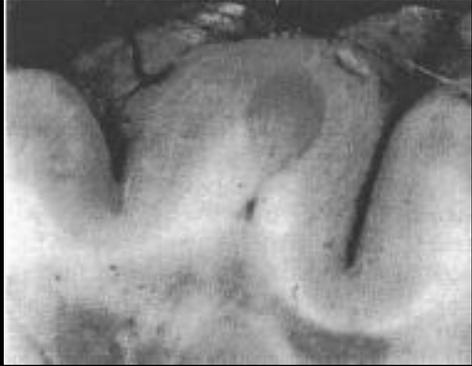
LOBBI (ISP concerto 9.3): technique de soustraction entre plusieurs points temporels

IA et post-traitement, un exemple de quantification

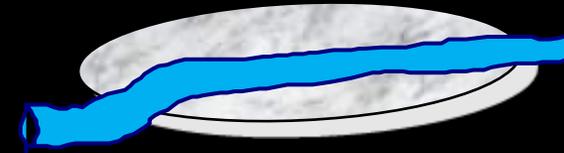


Identifying the Best Machine Learning Algorithms for Brain Tumor Segmentation, Progression Assessment, and Overall Survival Prediction in the BRATS Challenge. March 2019, Spyridon Bakas et al.

Quantification, une force de l'IA

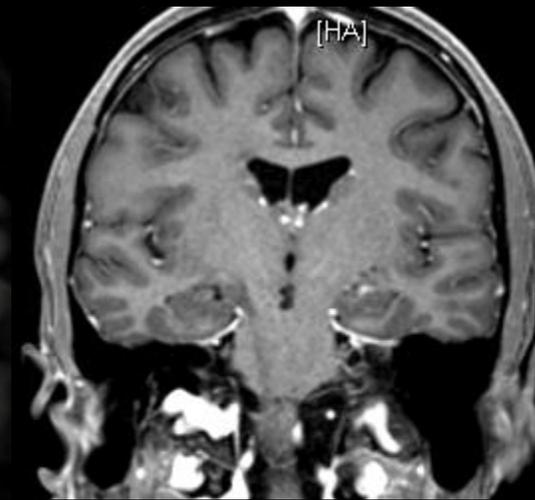
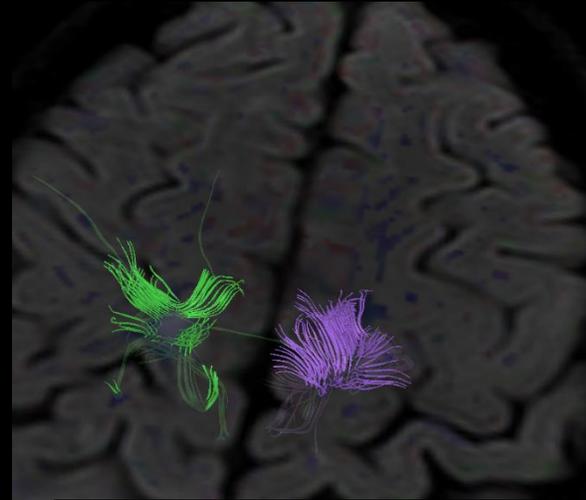
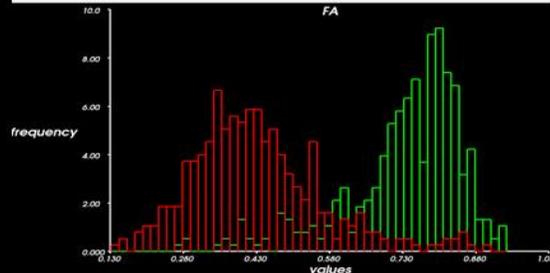
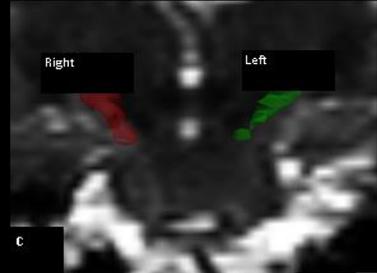
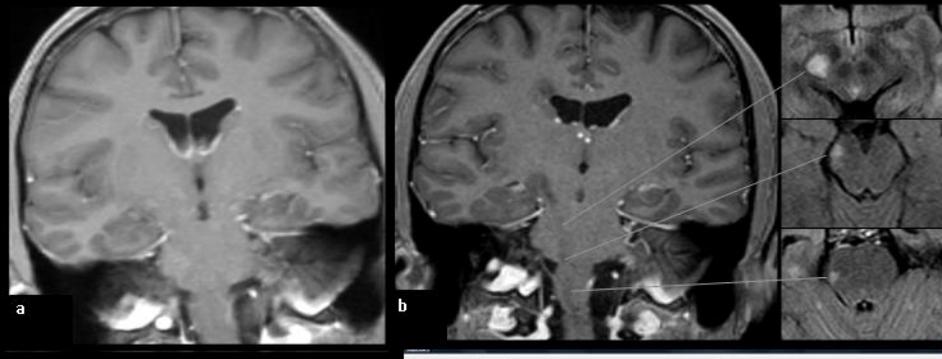


Demyelinating plaque
(Dawson finger)



Lumsden, 1955

Modélisation du développement
d'une lésion autour d'une veinule



Quantification du nombre de fibres manquantes en tractographie
Sur dégénérescence wallérienne du tractus cortico-spinal droit

Évaluation longitudinale de l'atrophie (plusieurs points IRM)

L'atrophie cérébrale chez un adulte jeune est faible, $< 0,3\%$ par an¹

L'atrophie est présente à tous les stades de la SEP, dès les formes CIS

Les outils de quantification doivent avoir une précision $< 0,3\%$ ¹

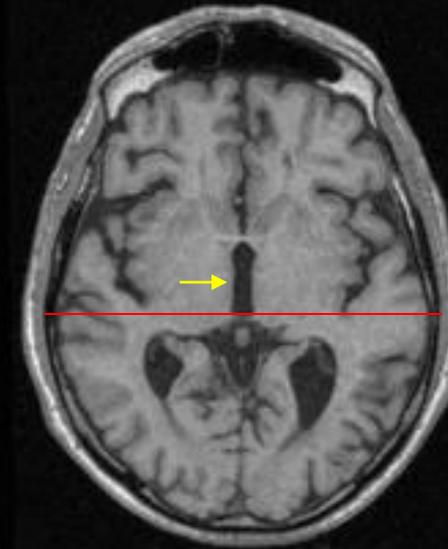
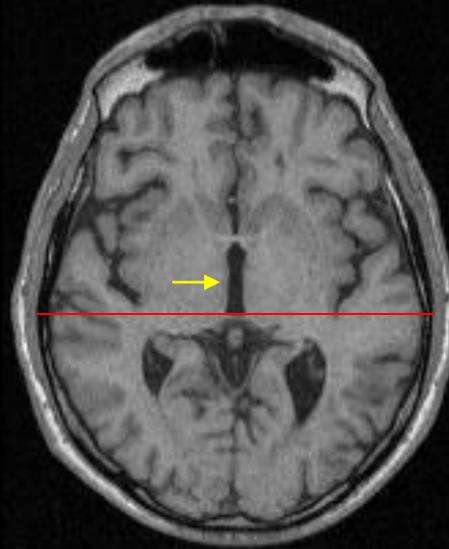
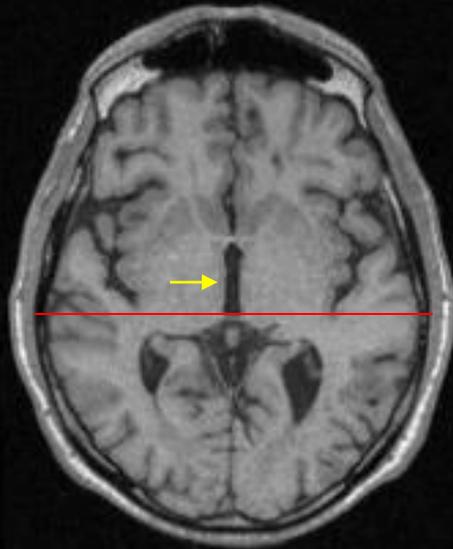
Pour comparer les IRM, nécessité de protocoles homogènes (Ref OFSEP)

Temps 1

10 mois

23 mois

Femme 29 ans ?



Pente d'atrophie importante

Surface of
CA-CP(mm²) plane

14836

14365

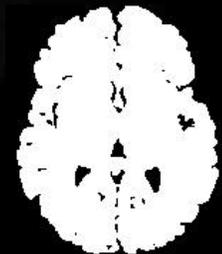
14123

Variability 0-10 months

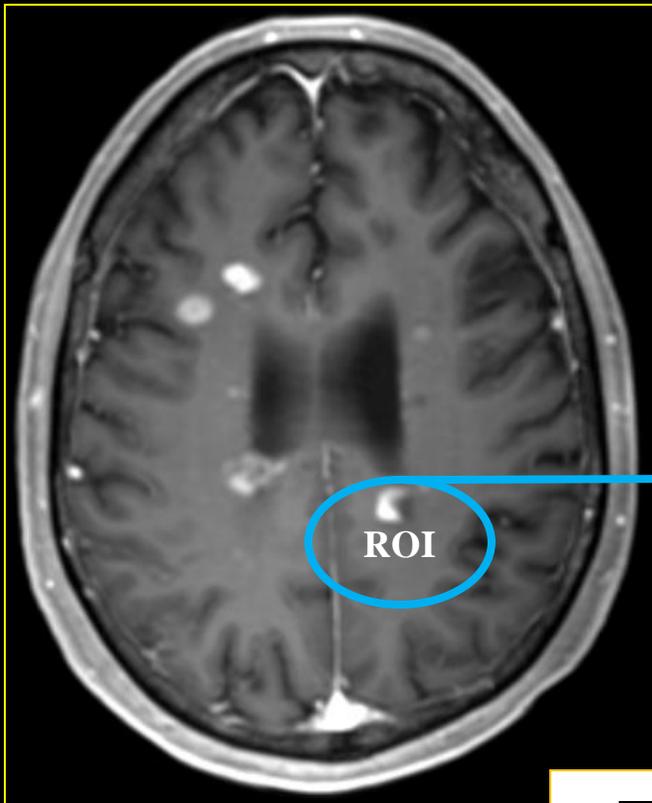
- 3.22 %

Variability 0-23 months

- 4.92%



IA et caractérisation, ex de la RADIOMICS



ROI

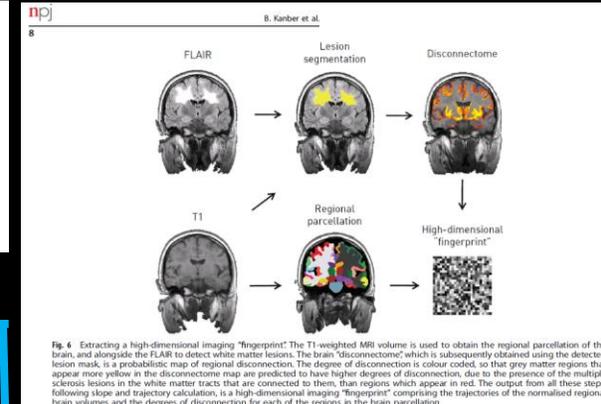
npj | Digital Medicine www.nature.com/npjdigitalmed

Corrected: Author Correction

ARTICLE OPEN

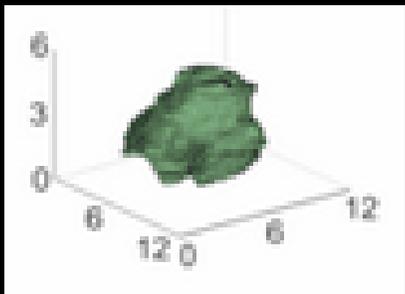
High-dimensional detection of imaging response to treatment in multiple sclerosis

Baris Kanber^{1,2,3}, Parashkev Nachev^{3,4}, Frederik Barkhof^{1,2,3,5}, Alberto Calvi², Jorge Cardoso⁶, Rosa Cortese², Ferran Prados^{1,2}, Carole H. Sudre⁶, Carmen Tur⁶, Sebastien Ourselin⁶ and Olga Ciccarelli^{2,3}

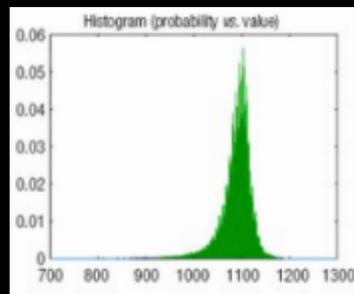


Pré traitement de l'image (filtres, agrégation de pixels, agrégation de niveaux de gris)

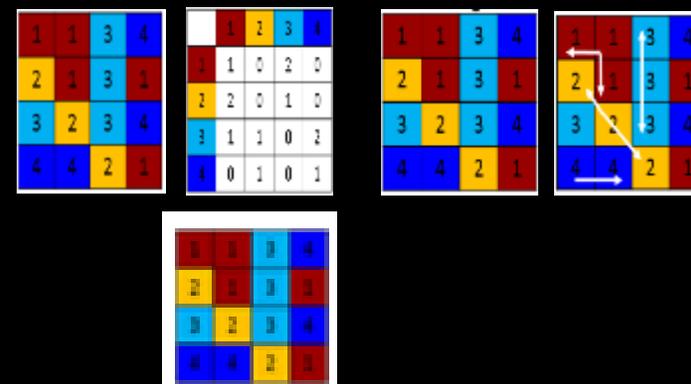
Forme



1er ordre



Texture

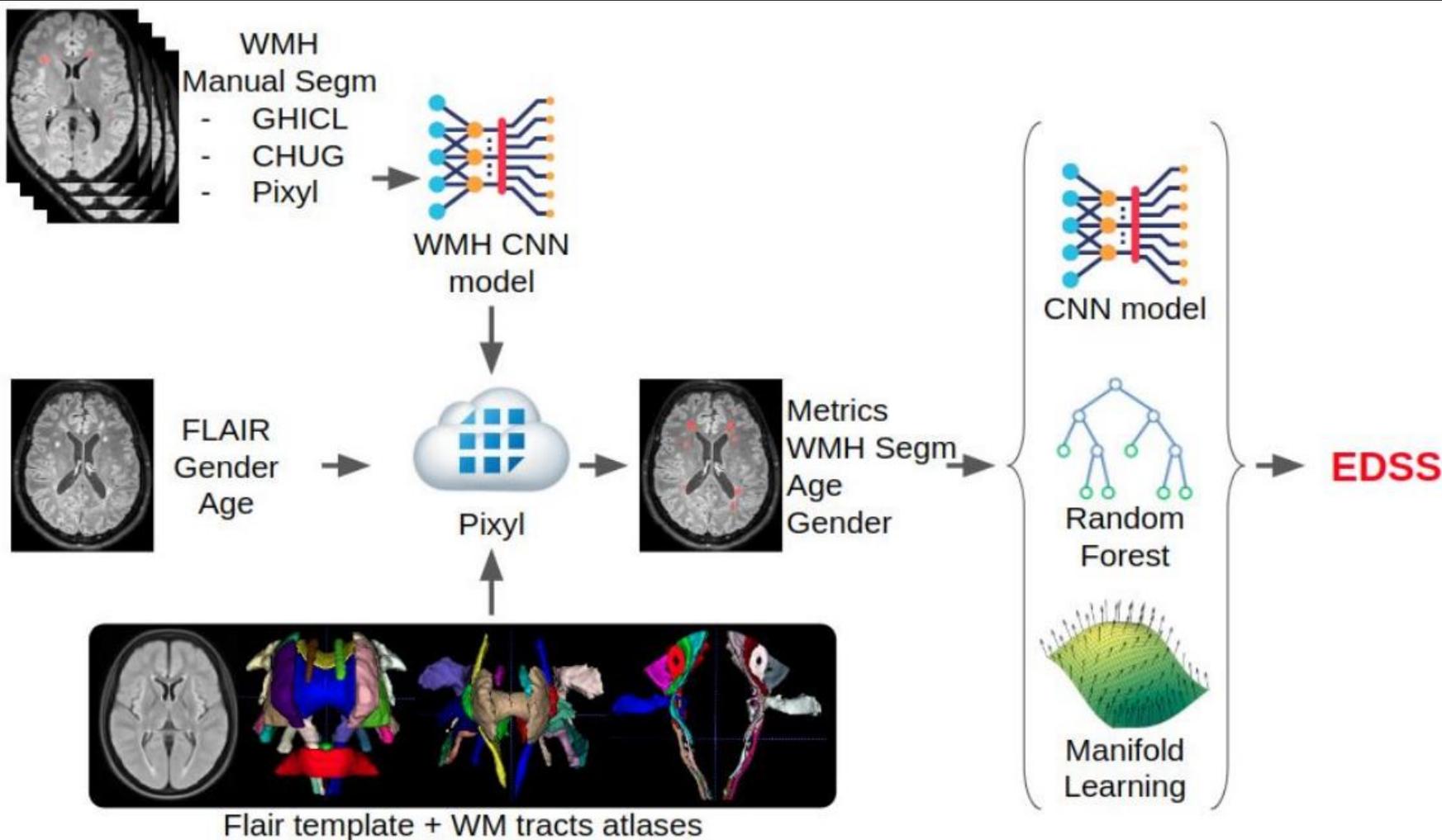


Réponse
lésion démyélinisante



Courtesy
Augustin Lecler, Arnaud Attye, Afef Bouchouicha

IA et prédiction, challenge JFR 2019



L'IA peut elle remplacer les neurologues ?

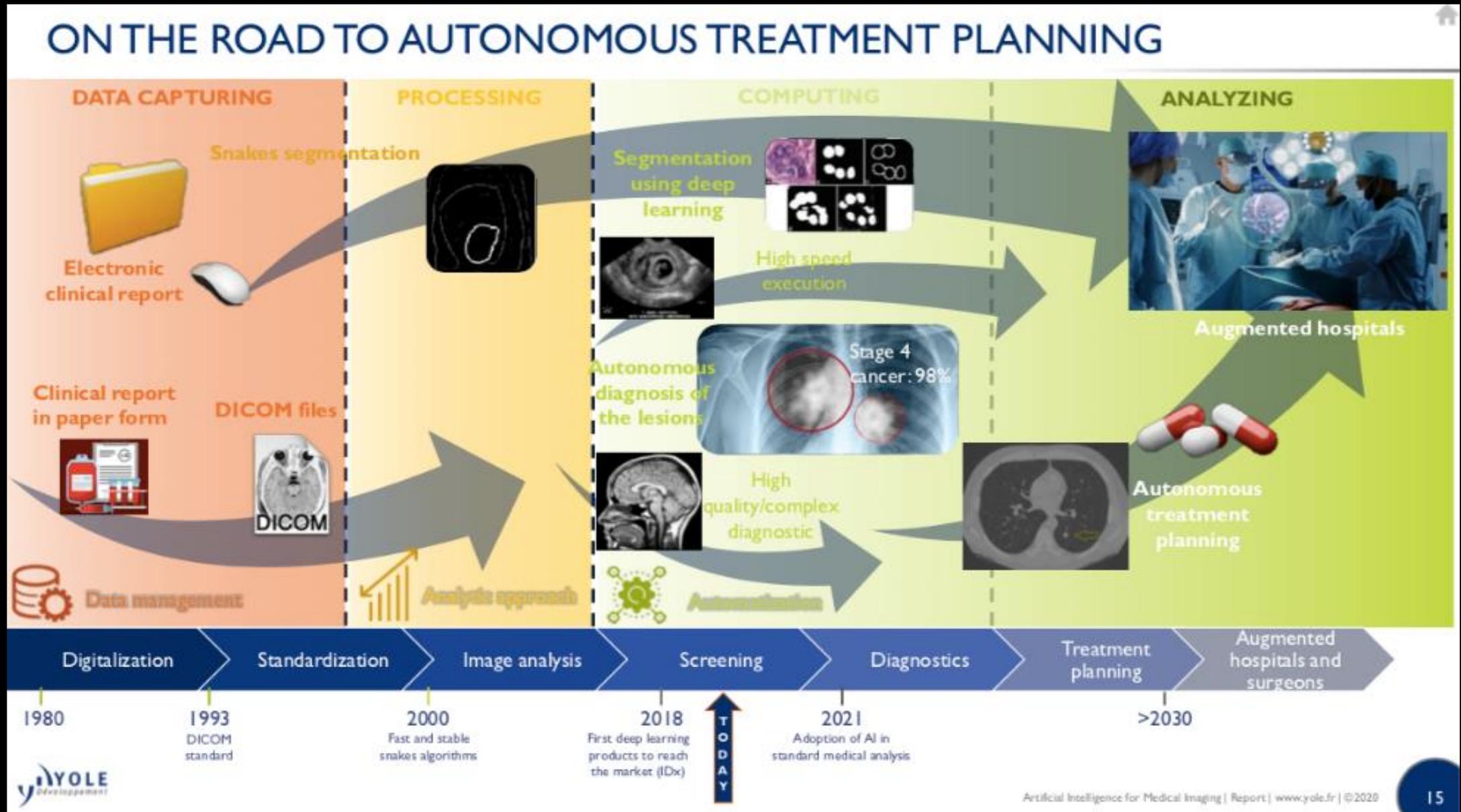


Will AI replace Neurologists ? is the wrong question The right answer is: Neurologist who use AI will replace neurologists who don't

Artificial intelligence to predict clinical disability in patients with multiple sclerosis using FLAIR MRI.

Roca P, Attye A, Colas L, Tucholka A, Rubini P, Cackowski S, Ding J, Budzik JF, Renard F, Doyle S, Barbier EL, Bousaid I, Casey R, Vukusic S, Lassau N, Vercllytte S, Cotton F; OFSEP Investigators; Steering Committee; Investigators; Imaging group.

L'IA collaborative, le workflow

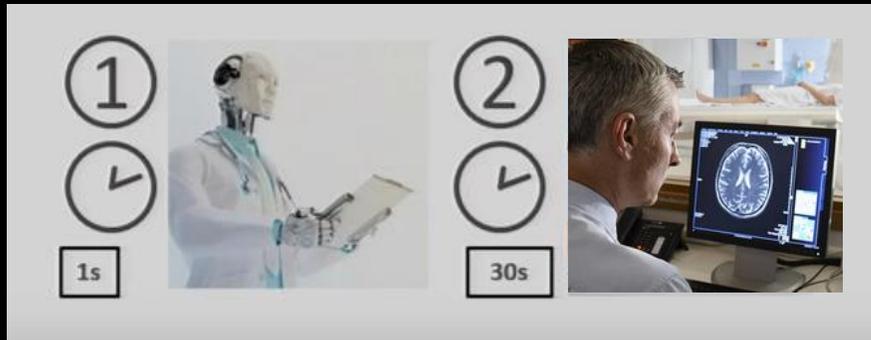


L'IA collaborative, comment intégrer l'IA dans le workflow de la lecture des examens ?

France



USA



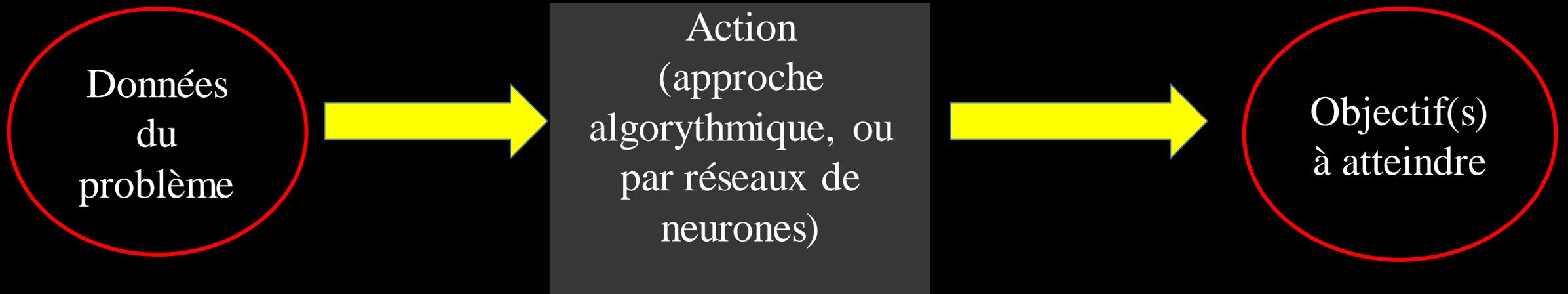
	IA -	IA +
RX -	VN	FN?
RX +	FP?	VP

Problème de la perte de vigilance, la perte de compétence sur le long terme, la décision...



Que peut réellement faire l'IA ?

- Penser comme l'homme ?
- Acter, se comporter comme l'homme ?



Exemple : jouer comme l'homme

Approche algorithmique

Vision tactique : meilleur coup suivant

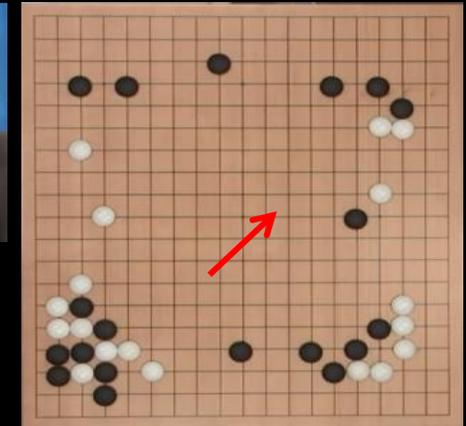
- 1997 : Deep Blue - Kasparov = 3-2 (puissance de calcul)



Approche par réseau de neurones

Vision stratégique : probabilité de gagner la partie

- 2016 : AlphaGo - Lee Sedol = 4-1 (apprentissage supervisé)
- 2018 : Alpha0 - AlphaGo = 100-0 (apprentissage par renforcement)



L'IA a donc (avec les jeux) comme l'homme une capacité :

- *de représentation d'une situation d'ensemble et donc de prédiction (fonction d'évaluation)*
- *d'auto-apprentissage et donc de progression (fonction d'apprentissage)*
- *d'innovation*

Et peut ainsi acter de manière autonome et optimale en fonction d'un objectif à atteindre

Dark Side of IA...Exemple: MUSTANG sur google ?

Google   

Tous **Images** Vidéos Shopping Actualités Plus Paramètres Outils

Collections SafeSearch

cheval sauvage états unis ouest américain pur sang horse troupeau étalon ford mustang mustang espagnol Amérique jument



Mustang (cheval) — Wikipédia
fr.wikipedia.org



TRAVEL I À la rencontre des mustangs de l'Ouest A...
georgettemag.com



Soon a horse: Zoom su...
soon-a-horse.blogspot.co...



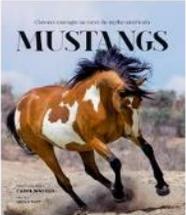
Madeleine Pickens se mobilise pour les chevaux must...
blog.cheval-daventure.com



Rencontrez Picasso, le plus célèbre cheval s...
fr-mb.theepochtimes.com



Le mustang : la race - Hippologie.fr
hippologie.fr



Mustangs: Chevaux sa...
amazon.fr



Le mustang - Webécoles - Voiron 1
ac-grenoble.fr



https://www.courrierinternational.com/sites/ci...
courrierinternational.com



Mustang (cheval) — Wikipédia
fr.wikipedia.org



Il était une fois... Le Mustang Espagnol ...
youtube.com



cheval mustang - siteducheval.com
siteducheval.com



Le mustang : la race - Hippologie.fr
hippologie.fr



TRAVEL I À la rencontre des mustangs de l'Ouest A...
georgettemag.com



Le Mustang Espagnol - U...
pinterest.fr



Pin by Elena on Horsing Aro...
br.pinterest.com



Mustang espagnol — W...
fr.wikipedia.org



Des chevaux mustangs bientôt vendus pour...
soigner-son-animal.com



Le mustang - Webécoles - Voiron 1
ac-grenoble.fr



Le Mustang, cheval de légende | animOgen
animogen.com



Le mustang : la race - Hippologie.fr
hippologie.fr



Mustangs (chevaux sauvages) - YouTube
youtube.com



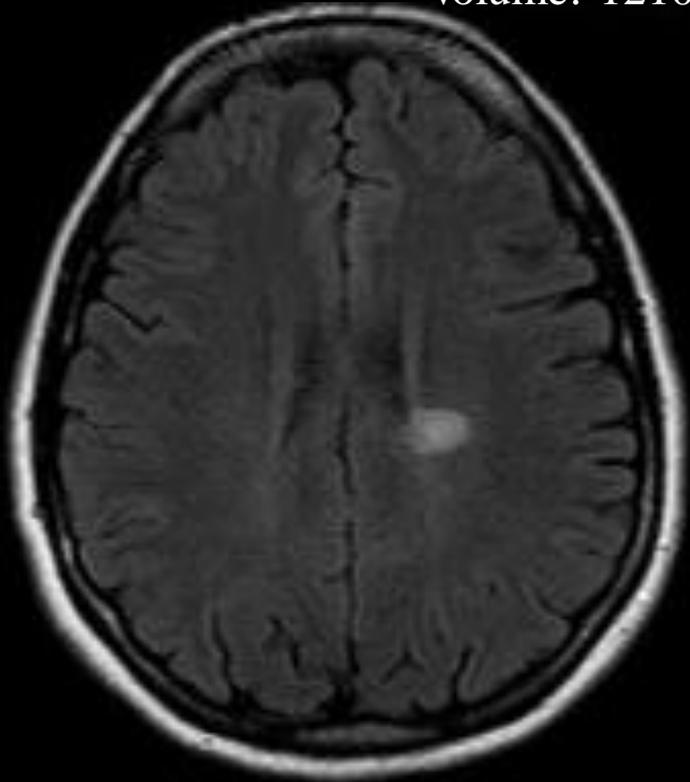
Le cheval Mustang - Races de cheva...
contre-galop.com



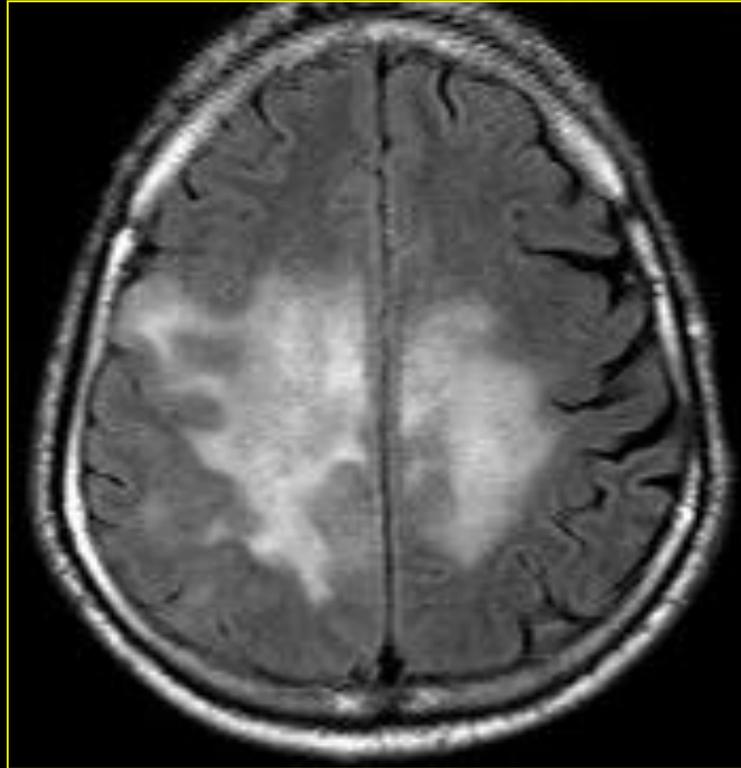
Le mustang - Photos Cheval - Cheval...
pinterest.fr

L'expertise médicale a encore sa place

Volume: 1210 cm³



Volume: 1320 cm³



Volumétrie du cerveau:
augmentation du volume dans le
temps...

Femme 46 ans, SEP RR, nouveau traitement neuroprotecteur...mais...

Fausse augmentation de volume cérébral liée à l'apparition d'une gliomatose...
nécessité d'un contrôle qualité des données

L'IA raisonne, apprend et peut acter comme l'homme

... mais l'IA peut-elle remplacer l'homme ?

1. Acter aussi bien que l'homme (en toutes circonstances) ?
2. Décider comme l'homme ?
3. Faire progresser l'homme ?

1. ACTER COMME L'HOMME

mais qu'en est-il ...

- Des idées fausses ?
- Des erreurs ?
- Des risques ?
- Des limites ?
- De la valeur des évaluations ?

Les idées fausses

- « **La supériorité de l'IA sur l'homme (échecs, Go) peut être généralisée à tous les problèmes** »
 - Les jeux sont **déterministes**, la vraie vie est **stochastique**
- « **Les données (bigdata) sont une représentation immédiate, exhaustive et non biaisée du monde** »
 - Doivent être annotées (fiabilité des experts)
 - Pas collectées au hasard : buts, objectifs
 - Reproduisent des biais, des préjugés lors de la collecte : genre, origine géographique, ethnique (mélanome)
 - non exhaustives



Les erreurs de l'IA (images)

- Le piège des apophénies : corrélations trompeuses
- L'absence de raisonnement en dehors des données de l'image



Humain :
jeune fille



IA :
bouteille



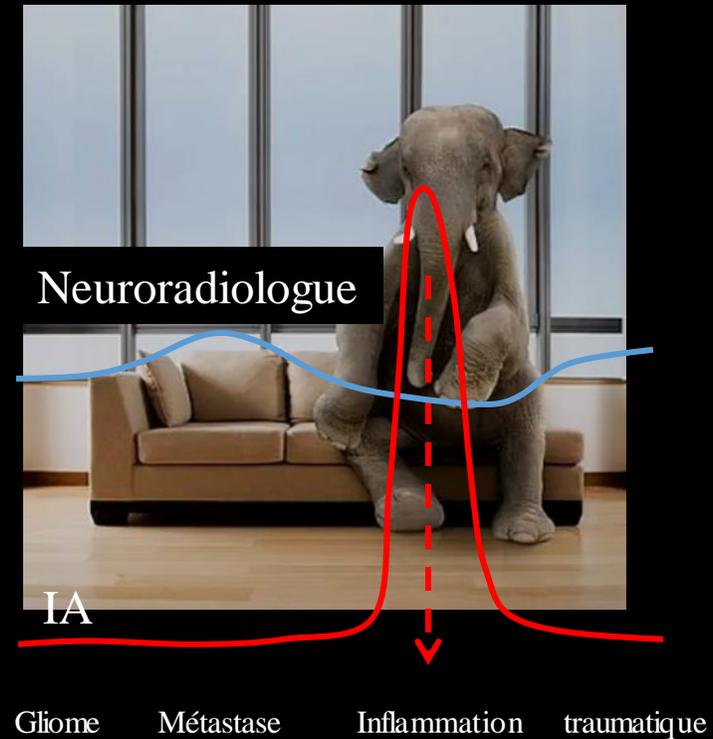
Humain :
Nuage



IA :
Chien

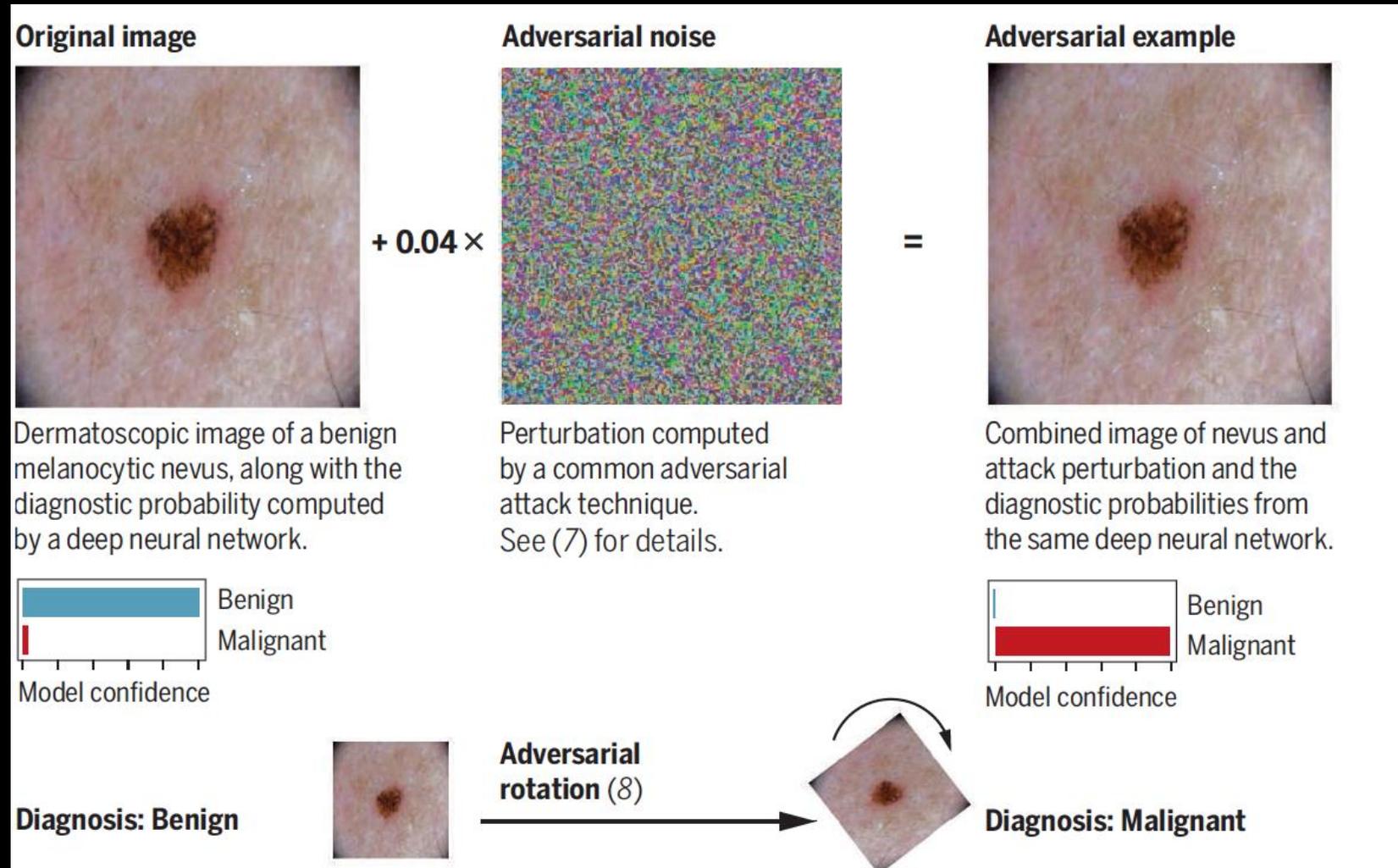
Les erreurs de l'IA (images)

- L'absence de savoir transversal dans un domaine
- L'IA est performante pour une question et une seule question



La vulnérabilité des data (fakes)

- Les données sont manipulables



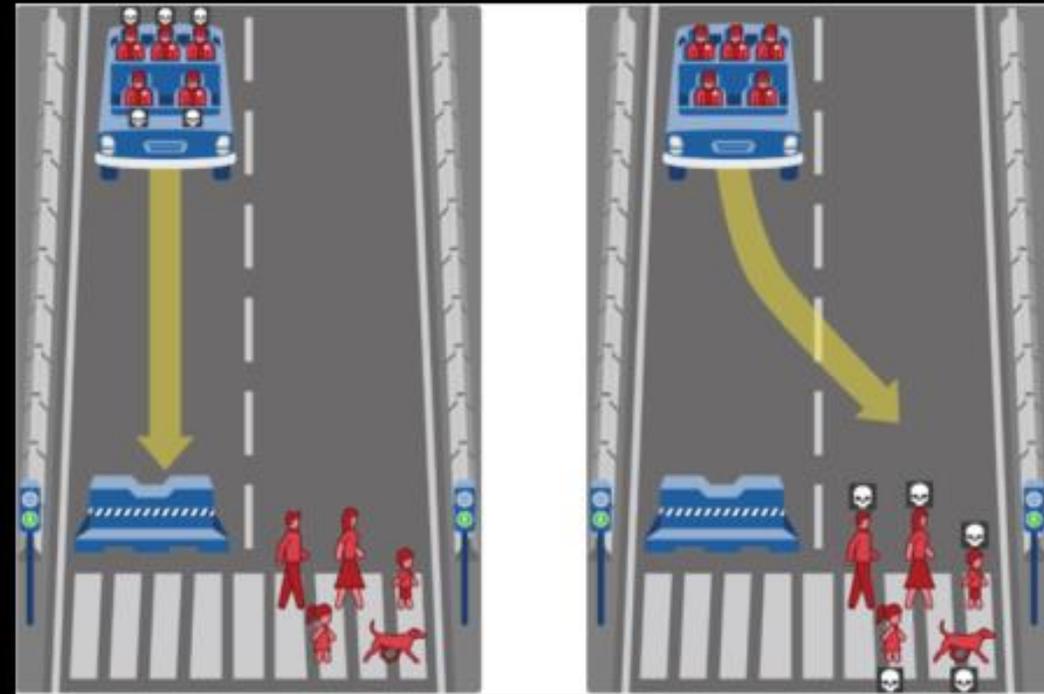
2. DECIDER COMME L'HOMME

mais qu'en est-il ...

- Des facteurs psychologiques ?
- De l'irrationnel ?
- Du sens commun ?

Les facteurs non rationnels de la décision

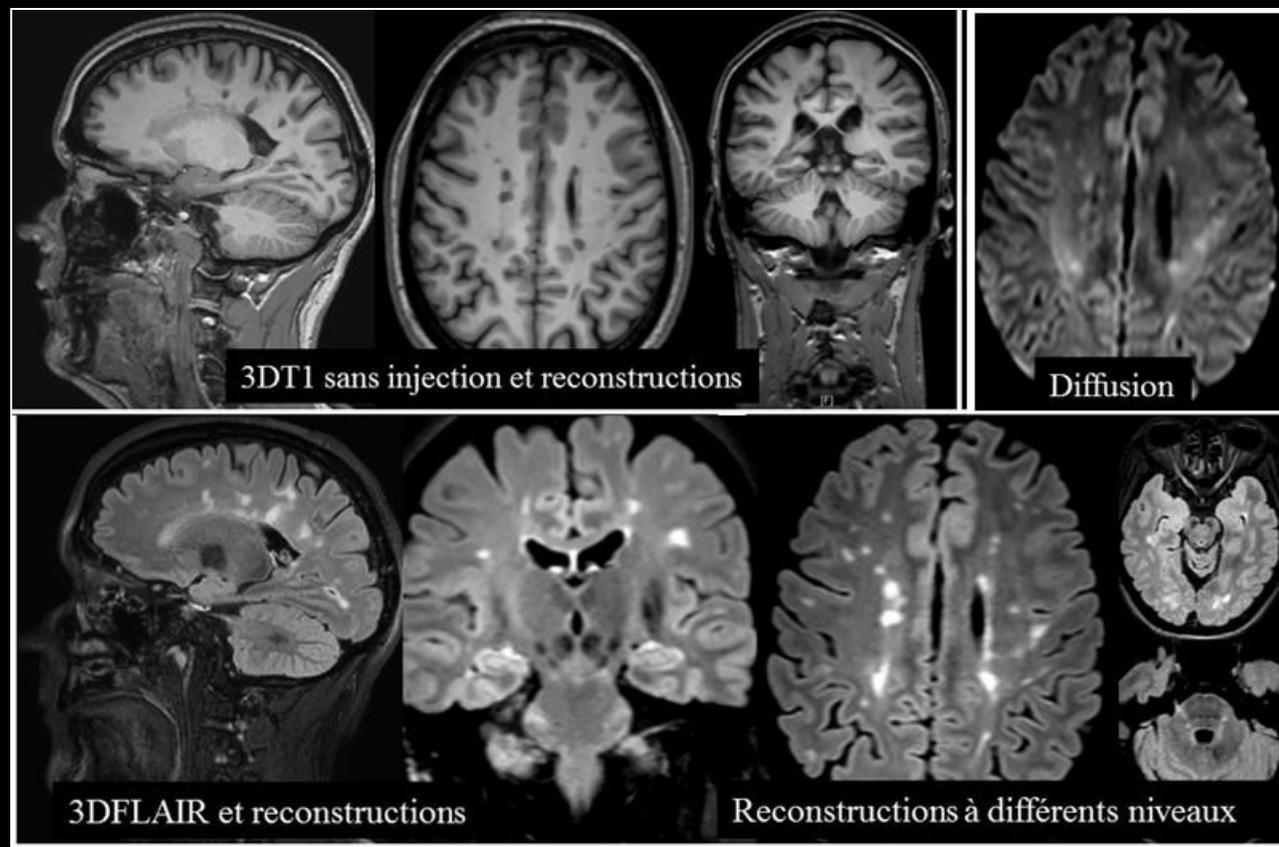
- Il manquera (toujours ?) à l'IA dans son action les décisions qui relèvent :
 - Des réflexes
 - De la psychologie, de l'empathie
 - De l'ensemble des informations permettant d'appréhender une situation dans la globalité
 - De la morale
 - De l'intuition
 - De l'irrationnel assumé
 - De l'émotion contraire à la raison
- Et surtout, le sens commun :
 - Tout ce que nous savons sans jamais l'avoir appris.



3. FAIRE PROGRESSER L'HOMME

Intérêts de l'IA dans la SEP

- Caractérisation des lésions (SEP ou pas SEP)
- Détection automatiques des lésions
- Quantification de la charge lésionnelle
- Dépistage des complications comme la LEMP
- Dépistage automatique des nouvelles lésions impliquant des modifications de la prise en charge thérapeutique
- Prédiction du handicap ou des poussées



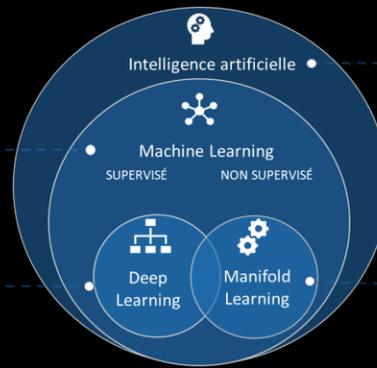
Ce qui sera en fait déterminant pour le succès de l'IA en médecine

- Le business modèle : bénéfice économique ou amélioration des soins, qui finance les logiciels ?
- L'impact sur les dépenses de santé
- Le rôle permissive de la FDA
- L'acceptabilité sociale des erreurs
- La judiciarisation et le coût financier des erreurs



MACHINE LEARNING
APPRENTISSAGE
AUTOMATIQUE

DEEP LEARNING
APPRENTISSAGE PROFOND



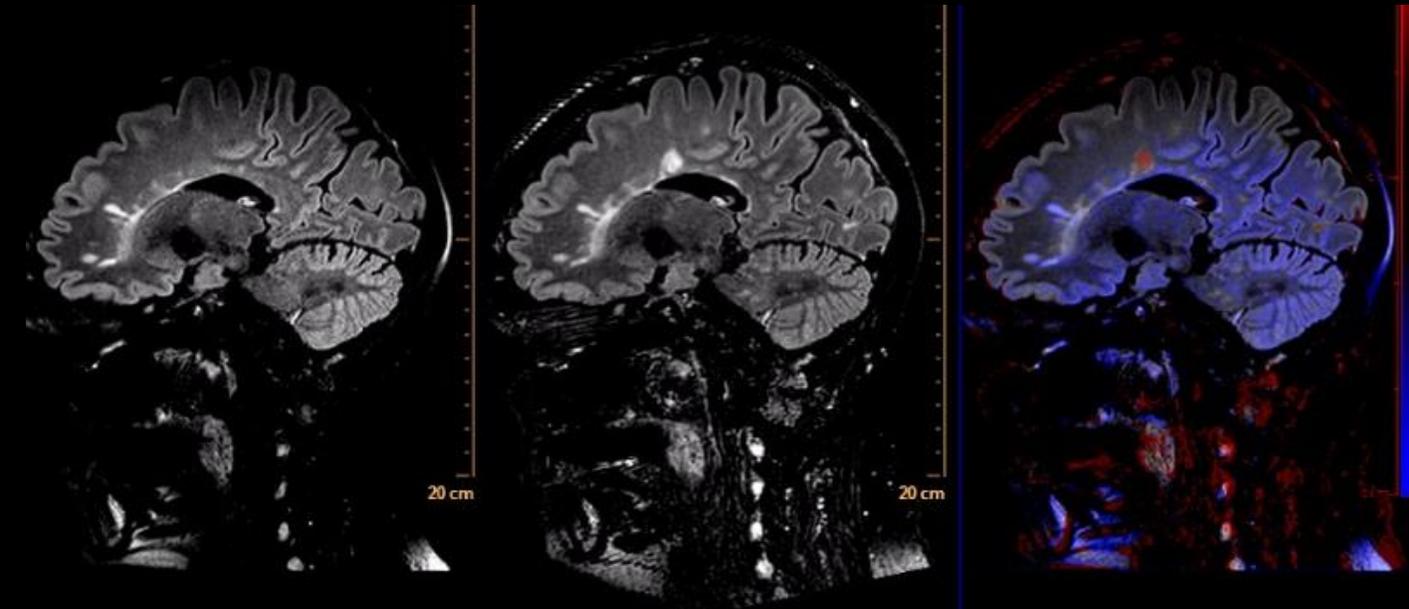
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

MANIFOLD LEARNING



Lyon le 5 novembre 2020

Je vous remercie



Pr. François Cotton

Chef de pôle imagerie des Hospices Civils de Lyon
Président de la Société Française de Neuroradiologie
Responsable du groupe imagerie de l'OFSEP
CREATIS, Unité CNRS UMR 5220, INSERM U1206
équipe transversale SEP
Université Claude Bernard Lyon 1