

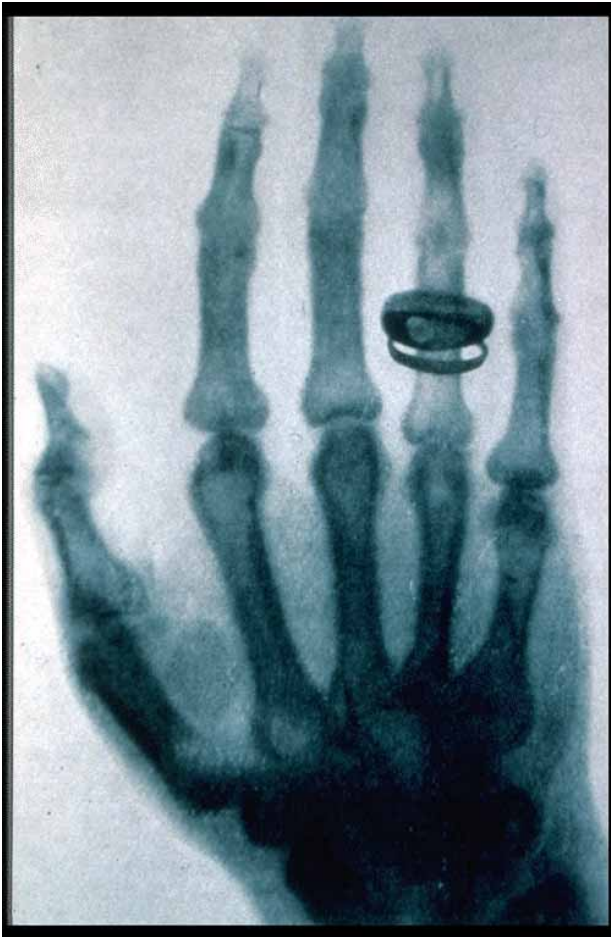
Espérances et craintes des radiologues

Francis Besse

Centre Cardiologique du Nord - St Denis France



L'imagerie par rayons X



*Wilhem Röntgen
23 janvier 1896*

LES RAYONS DE RÖNTGEN ⁽¹⁾

APPLICATIONS AUX SCIENCES MÉDICALES

Par M. BAR, Agrégé.

Vous connaissez tous, messieurs, l'importante communication que Röntgen a faite, il y a quelques semaines; à la Société physico-médicale de Würzburg, sur une nouvelle espèce de rayons.

Il annonçait que ces rayons étaient non seulement capables de traverser des lames de métal, du bois, mais que si l'on interposait la main entre leur point de départ et une plaque photographique, ils pouvaient traverser facilement les parties molles, se trouvaient arrêtés par le squelette, et que la silhouette de celui-ci se trouvait reproduite sur la plaque sensible.

Vous savez quel retentissement a eu cette communication. Dans tous les laboratoires, on a reproduit les expériences de Röntgen.

Parmi les savants qui se sont occupés de cette question, les uns ont eu surtout en vue l'étude des problèmes de physique théorique ou expérimentale que cette découverte soulevait; les autres, se préoccupant spécialement de la propriété qu'avaient ces rayons de traverser les parties molles du corps, se sont hâtés de préciser l'importance que la découverte de Röntgen devait exercer sur le diagnostic de bon nombre d'affections.

Les journaux politiques se sont emparés de la question, en s'occupant, comme il était à le prévoir, beaucoup plus de son côté médical que de tout autre. Ils annoncent chaque jour que les expériences poursuivies dans les laboratoires donnent des résultats de plus en plus merveilleux.

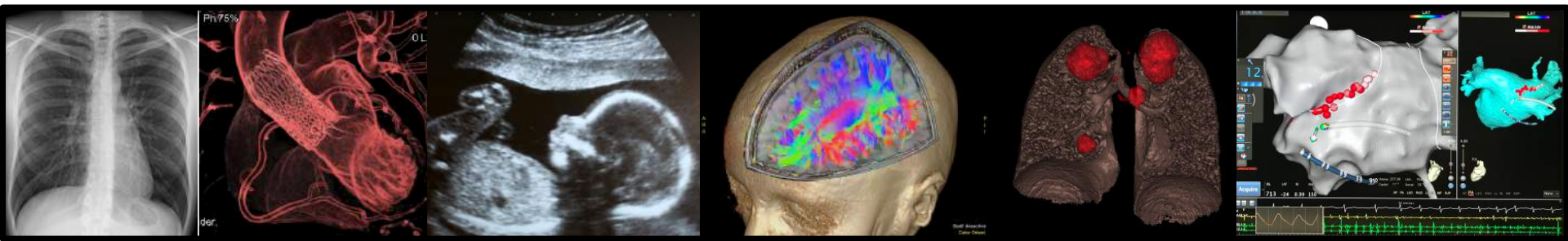
Si tout cela est vrai, si tout ce que nous lisons est réel, on ne peut guère

(1) *Clinique d'accouchement de la Faculté.* — Conférence faite le 6 février 1896.

6 février 1896

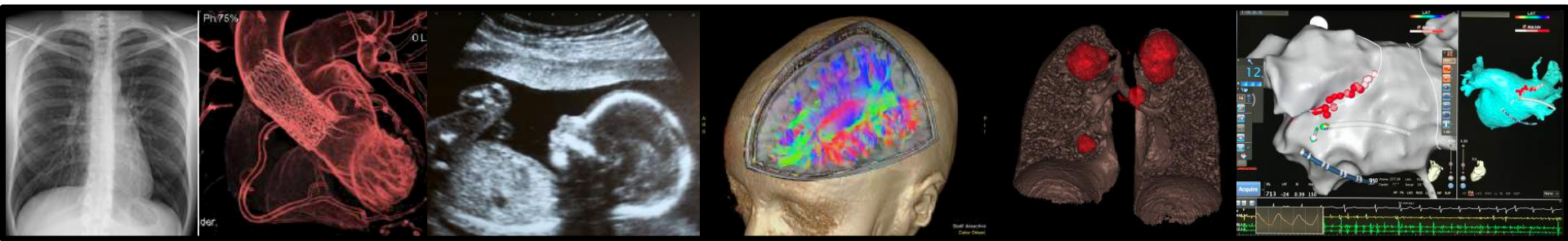
XX°s : De plus en plus de modalités

- Electronique, Traitement informatique du signal
- Modalités multiples, différents supports physiques:
 - Rayons X: Radio (Röntgen 1896), CT scan (Hounsfield 1967)
 - Ultrasons: Échographie (Wild et Reid 1951), doppler, élastographie
 - Isotopes radioactifs: Scintigraphie (Anger 1957), TEP
 - Résonance magnétique: IRM (Lauterburg 1973)
 - Méthodes combinées: PET-CT, PET-MR



XX°s : De plus en plus d'examens

- Diffusion et amélioration des techniques d'imagerie
 - Augmentation des performance
 - Simplicité de réalisation
 - Automatisation
- Méthode non invasive, non destructive : la radiologie se substitue à la chirurgie exploratoire
- Perte de savoir faire clinique
- Nécessité de la preuve



De plus en plus de données par examen

	EMI CT 1971	Revolution GE 2018
par rotation	1 coupe	160 mm
épaisseur	1 cm	<0,25mm
matrice	128 x 128	2048 x 2048
vitesse d'acquisition	5' / coupe	<1"/tour 437 mm/s
reconstruction	2h30 / coupe	temps réel
nombre de coupes	10	>2000
reformatage	axial	multiplan, 3D
territoire exploré	cerveau	corps entier



XXI°s : Analyse d'images par DL/ML

Facebook's head of AI wants us to stop using the Terminator to talk about AI

Yann LeCun chats about super-intelligent AI and the future of virtual assistants

by James Vincent | @jvincent | Oct 26, 2017, 12:34pm EDT

f SHARE TWEET in LINKEDIN



Yann LeCun | Image: Facebook

Yann LeCun is one of AI's most accomplished minds, so when he says that even recent advances in the field aren't taking us closer to super-intelligent machines, you need to pay attention.

LeCun has been working in AI for decades, and is one of the co-creators of convolutional neural networks — a type of program



NOW TRENDING



Amazon is turning The Lord of the Rings into a TV show

When you see that sort of coverage, what's the message you want to get across to people? What do you say to them?

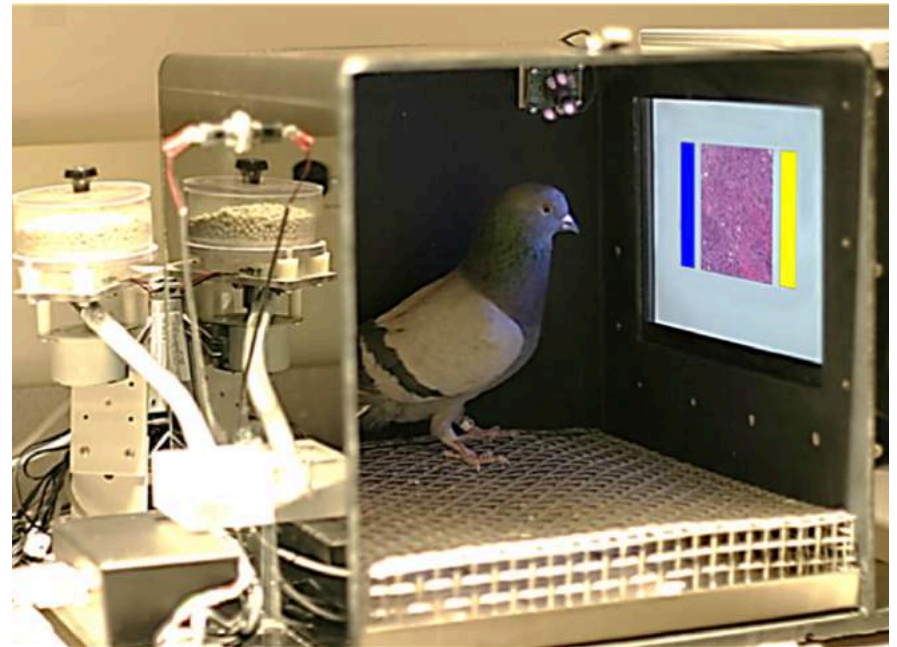
I keep repeating this whenever I talk to the public: we're very far from building truly intelligent machines. All you're seeing now — all these feats of AI like self-driving cars, interpreting medical images, beating the world champion at Go and so on — these are very narrow intelligences, and they're really trained for a particular purpose. They're situations where we can collect a lot of data.

Pigeons (*Columba livia*) as Trainable Observers of Pathology and Radiology Breast Cancer Images

Richard M. Levenson , Elizabeth A. Krupinski, Victor M. Navarro, Edward A. Wasserman - Published: November 18, 2015

Glasgow Univ UK

« Les pigeons, ont montré une remarquable capacité à distinguer en anapath les lésions bénigne des lésions malignes du sein . Ils ont pu généraliser ce qu'ils avaient appris lorsqu'ils étaient confrontés à de nouveaux ensembles d'images. »

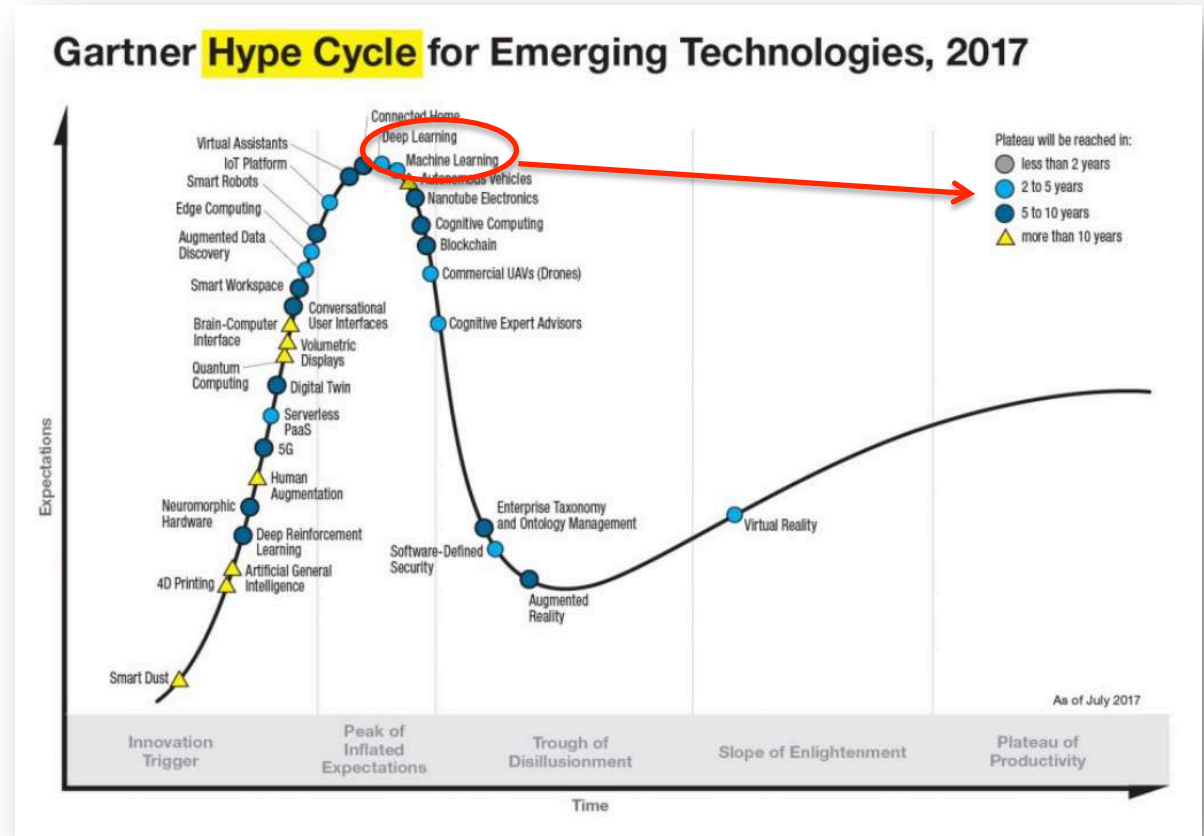


« En ce qui concerne la radiologie, les oiseaux se sont avérés être également capables de détecter des microcalcifications liées au cancer sur les images de mammographie. »

L'avenir annoncé



Geoffrey Hinton (Google Brain)



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

Fevr 2017: Cette équipe de Stanford Univ a utilisé le réseaux neuronal convolutif (CNN), Google's Inception v3, pré-entraîné à la reconnaissance d'images à partir de plus d'un million d'images.

Elle lui a appris à faire des diagnostics de tumeurs cutanées à l'aide de 129 450 images.

Les performances de l'algorithme ont été comparées à celles de 21 dermatologues pour le diagnostic différentiel entre mélanomes et naevus bénins, et entre carcinomes et lésions épithéliales bénignes.

Le CNN est aussi performant que les dermatologues, avec des niveaux de sensibilité et de spécificité comparables.

<https://www.nature.com/articles/nature21056>

The image shows a screenshot of a Nature journal article page. At the top, the Nature logo is visible. Below it, there are navigation icons and metrics: 'Altmetric: 2728' and 'Citations: 85'. The article title is 'Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks'. The authors listed are Andre Esteve, Brett Kuperl, Roberto A. Novoa, Justin Ko, Susan M. Swetter, Helen M. Blau & Sebastian Thrun. The article is from Nature 642, 115–118 (02 February 2017). It was received on 28 June 2016, accepted on 14 December 2016, and published on 25 January 2017. The article is categorized under 'Diagnosis' and 'Machine learning', with a sub-category of 'Skin cancer'. The abstract text is visible below the article information.

Abstract

Skin cancer, the most common human malignancy^{1,2,3}, is primarily diagnosed visually, beginning with an initial clinical screening and followed potentially by dermoscopic analysis, a biopsy and histopathological examination. Automated classification of skin lesions using images is a challenging task owing to the fine-grained variability in the appearance of skin lesions. Deep convolutional neural networks (CNNs)^{4,5} show potential for general and highly variable tasks across many fine-grained object categories^{6,7,8,9,10}. Here we demonstrate classification of skin lesions using a single CNN, trained end-to-end from images directly, using only pixels and disease labels as inputs. We train a CNN using a dataset of 129,450 clinical images—two orders of magnitude larger than previous datasets¹¹—consisting of 2,032 different diseases. We test its performance against 21 board-certified dermatologists on biopsy-proven clinical images with two critical binary classification use cases: keratinocyte carcinomas versus benign seborrheic keratoses; and malignant melanomas versus benign nevi. The first case represents the identification of the most common cancers, the second represents the identification of the deadliest skin cancer. The CNN achieves performance on par with all tested experts across both tasks, demonstrating an artificial intelligence capable of classifying skin cancer with a level of competence comparable to dermatologists. Outfitted with deep neural networks, mobile devices can potentially extend the reach of dermatologists outside of the clinic. It is projected that 6.3 billion smartphone subscriptions will exist by the year 2021 (ref. 13) and can therefore potentially provide low-cost universal access to vital diagnostic care.

Qu'est-ce que le métier de radiologue?

- 1°) En fonction des données cliniques, proposer le(s) examen(s) d'imagerie permettant d'arriver le plus efficacement au diagnostic
- 2°) S'assurer des bonnes conditions de réalisation de l'examen

- Physiologiques
- Techniques
- Psychologiques

} compromis



- 3°) Vérifier la qualité de l'examen dont dépendra sa pertinence diagnostique: pondération

- 4°) Analyser les images produites -> reconnaissance d'image: ML/DL

- 5°) Formuler un diagnostic



Qu'est-ce que le métier de radiologue?

- 6°) Communiquer, commenter et discuter ses conclusions avec le clinicien et avec le patient
- 7°) Participer aux décisions thérapeutiques (RCP)



- 8°) Réaliser des interventions guidées par l'image:
 - biopsies
 - traitements (curatifs, palliatifs)



- 9°) Evaluer les thérapeutiques mises en œuvre

Un écosystème favorable

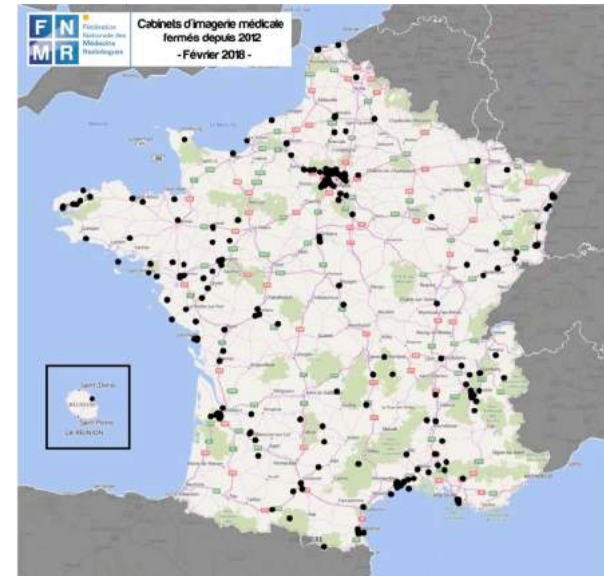
- progrès de l'IA en analyse d'image (GAFA)
- données numériques et normées: Dicom
- existence de grandes bases de données labélisées ou aisément labélisables (*Picture Archiving and Communication System*)
- appétence des radiologues pour l'informatique et la technologie



Pour répondre à quel besoin?

- Alléger la charge de travail des radiologues
 - Masse toujours croissante des données à analyser
 - Taches routinières et chronophages
- Palier le manque de médecins
 - Permanence des soins
 - Maillage territorial
 - Déserts médicaux

} Avec la téléradiologie
- Mettre en place rapidement des structures hospitalières
 - Durée de formation des médecins / création des infrastructures
- **Trouver du temps à consacrer aux patients et aux cliniciens et à la Radiologie Interventionnelle**



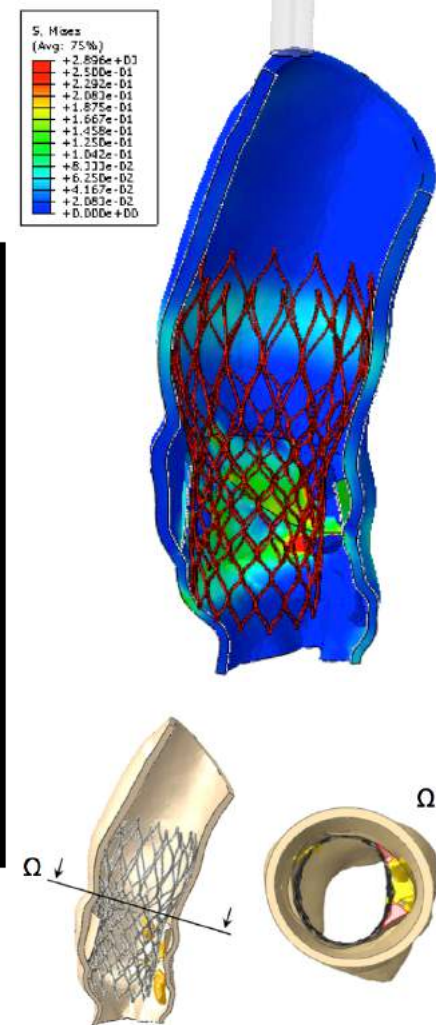
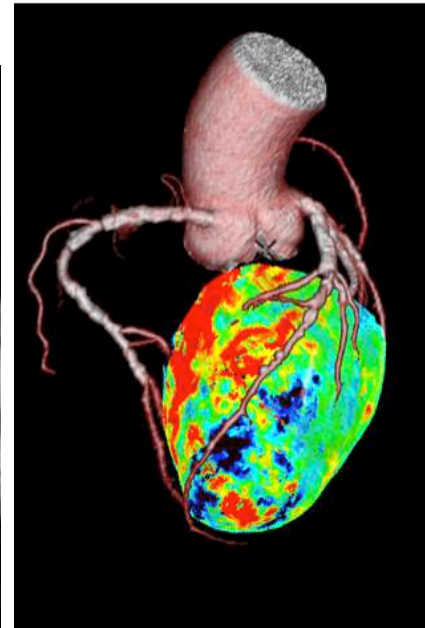
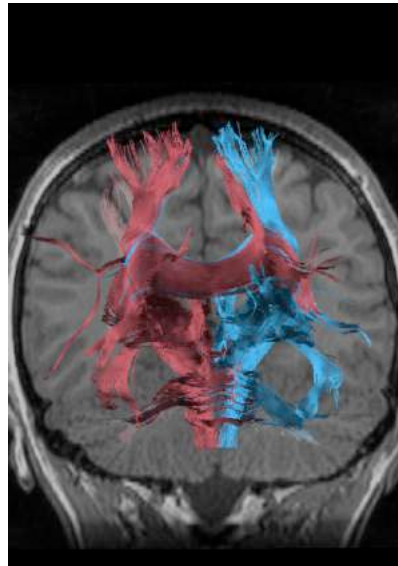
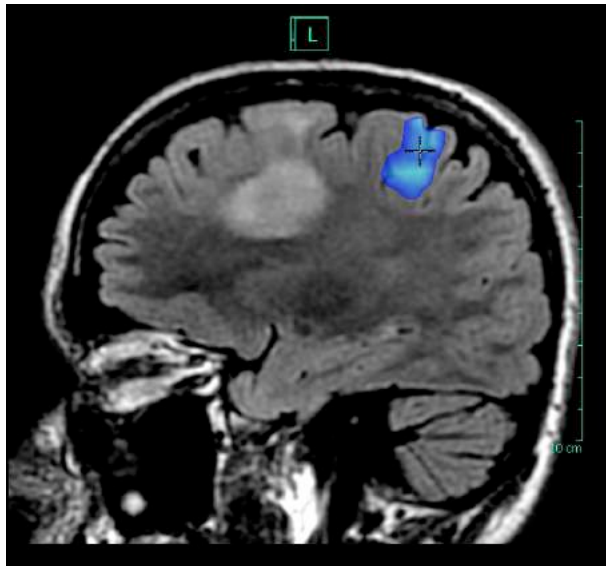
Valeur ajoutée potentielle de l'IA

- Stabilité et robustesse
 - Problème de la variabilité inter et intra observateurs
- Production de données normées
 - Images reconstruites
 - Mesures
 - CR structuré, normalisés

} directement utilisables par d'autres algorithmes
- Production de CR augmentés plus informatifs
- Disponibilité
 - Capacité de travail 24/365
- Ubiquité
 - Non liée à un lieu (en particulier au lieu de production)

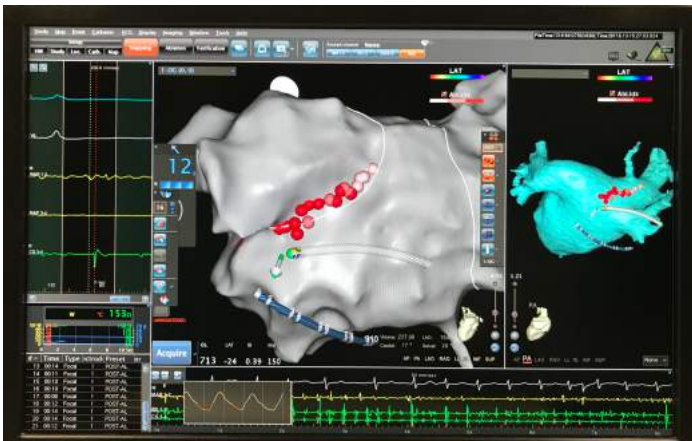
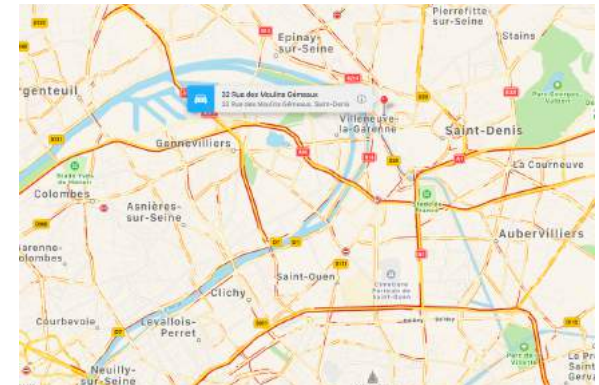
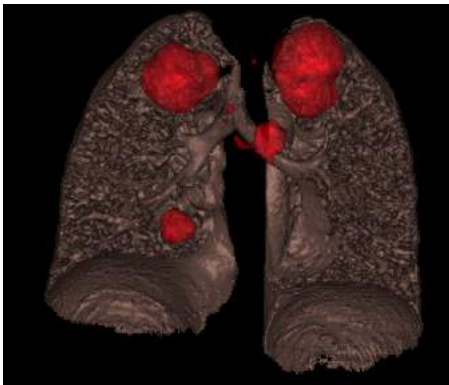
Aller au-delà de l'analyse anatomique

- Imagerie augmentée, simulation
 - Neuro: IRMf
 - Cardio vasculaire: flux, perfusion,...



Aller au-delà de l'imagerie

- Intégrer tout type de données (biomarqueurs, génomique, signaux physiologiques, ...)
- ➔ Y compris des données non médicales et libres d'accès

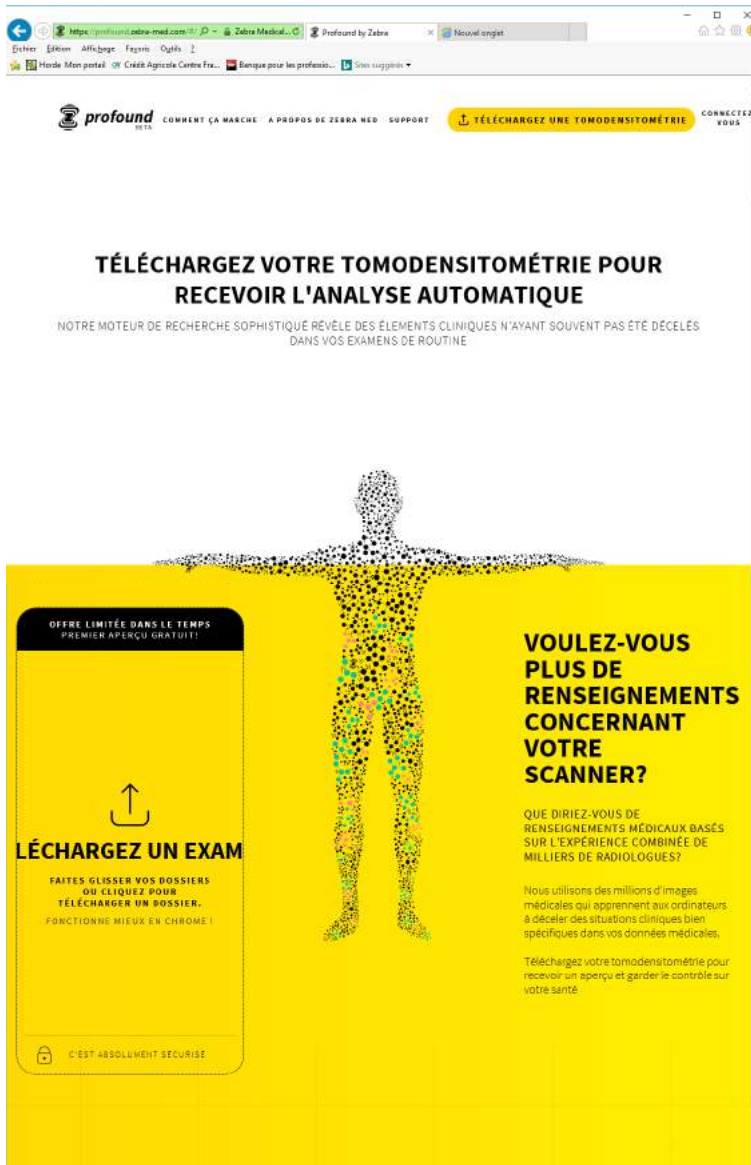


A screenshot of a Google search results page for the query "grippe 2018". The page shows the search bar, navigation tabs (Tous, Actualités, Images, Vidéos, Shopping, Plus), and a list of search results. The first result is titled "La campagne de vaccination contre la grippe 2017-2018 débutera le ..." and includes a URL and a brief description. Other results include "Grippe saisonnière : la campagne de vaccination 2017-2018 est lancée" and "VIDAL - Vaccination contre la grippe 2017-2018 : en pratique - Actualités".

Patient numérique ou médecine intrusive?



Quels acteurs?



The screenshot shows a web browser window displaying the Zebra Medical website. The page features a yellow and black color scheme. At the top, there is a navigation bar with the 'profound' logo and links for 'COMMENT ÇA MARCHE', 'A PROPOS DE ZEBRA MED', and 'SUPPORT'. A prominent yellow button reads 'TÉLÉCHARGEZ VOTRE TOMODENSITOMÉTRIE'. Below this, the main heading asks 'TÉLÉCHARGEZ VOTRE TOMODENSITOMÉTRIE POUR RECEVOIR L'ANALYSE AUTOMATIQUE'. A sub-headline states: 'NOTRE MOTEUR DE RECHERCHE SOPHISTIQUÉ RÉVÈLE DES ÉLÉMENTS CLINIQUES N'AYANT SOUVENT PAS ÉTÉ DÉCELÉS DANS VOS EXAMENS DE ROUTINE'. The central graphic is a human silhouette composed of dots, with a yellow and black gradient. To the left, a smartphone mockup shows an upload icon and the text 'TÉLÉCHARGEZ UN EXAMEN'. To the right, a text box asks 'VOULEZ-VOUS PLUS DE RENSEIGNEMENTS CONCERNANT VOTRE SCANNER?' and provides information about the AI engine's capabilities and security.

TÉLÉCHARGEZ VOTRE TOMODENSITOMÉTRIE POUR RECEVOIR L'ANALYSE AUTOMATIQUE

NOTRE MOTEUR DE RECHERCHE SOPHISTIQUÉ RÉVÈLE DES ÉLÉMENTS CLINIQUES N'AYANT SOUVENT PAS ÉTÉ DÉCELÉS DANS VOS EXAMENS DE ROUTINE

VOULEZ-VOUS PLUS DE RENSEIGNEMENTS CONCERNANT VOTRE SCANNER?

QUE DIRIEZ-VOUS DE RENSEIGNEMENTS MÉDICAUX BASÉS SUR L'EXPÉRIENCE COMBINÉE DE MILLIERS DE RADILOGUES?

Nous utilisons des millions d'images médicales qui apprennent aux ordinateurs à détecter des situations cliniques bien spécifiques dans vos données médicales.

Téléchargez votre tomodensitométrie pour recevoir un aperçu et garder le contrôle sur votre santé.

TÉLÉCHARGEZ UN EXAMEN

FAITES GLISSER VOS BOSSIERS OU CLIQUEZ POUR TÉLÉCHARGER UN BOSSIER. FONCTIONNE MEILLEUR EN CHROME!

C'EST ABSOLUMENT SÉCURISÉ

COMMENT CELA MARCHE-T-IL?

Nous combinons nos archives de millions d'examen d'imagerie avec un moteur et des techniques d'apprentissage profondes pour construire un logiciel qui détecte et diagnostique automatiquement les conditions médicales. Apprentissage profond est une technique algorithmique qui permet aux ordinateurs d'analyser d'importantes quantités.

Apprentissage profond est une technique algorithmique qui permet aux ordinateurs d'analyser de vastes quantités de données et de détecter automatiquement des modèles et des caractéristiques ou de faire des prévisions relatives à certaines conditions. Il a déjà révolutionné les domaines de la finance de la communication, de l'automatisation et de la vision informatique - et aujourd'hui nous introduisons cette même révolution dans le domaine de la santé.

REMPLECEZ-VOUS LES MÉDECINS?

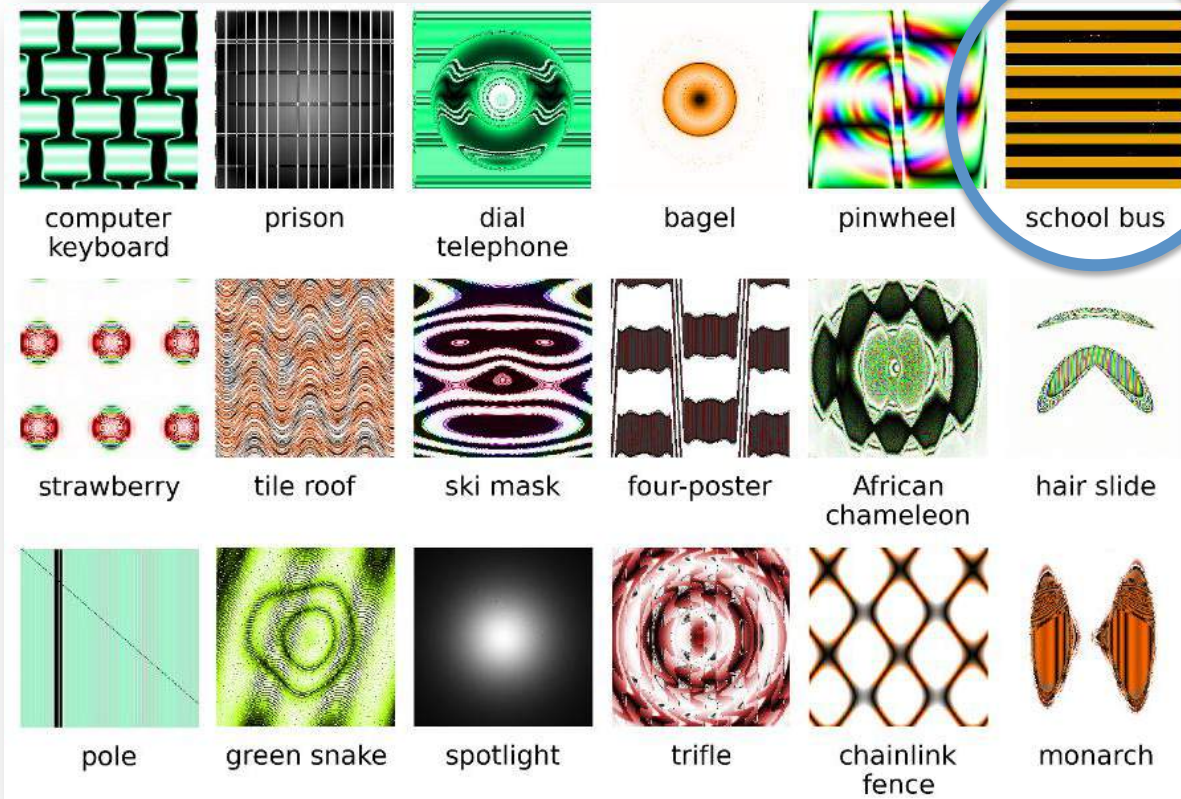
Non. Zebra ne fournit pas un diagnostic médical et nous ne remplaçons pas les médecins. Nos renseignements sont donnés afin de vous prévenir de problèmes potentiels concernant votre santé et doivent être considérés comme tel. Vous devez toujours suivre les conseils de votre médecin pour tout ce qui concerne votre santé.

Protection des données



Les limites

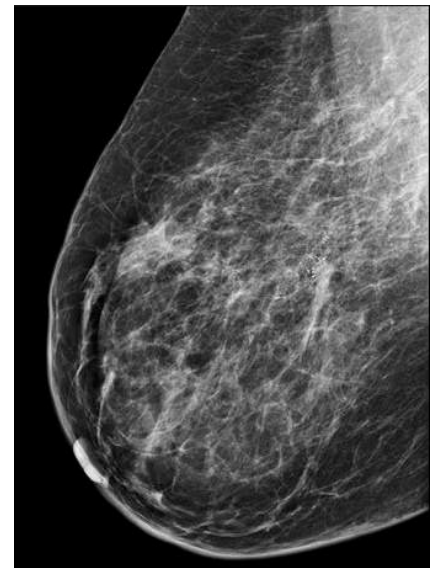
- Boite noire: difficulté à prouver la robustesse des algorithmes => Normalisation, standards de certification
- Capable d'erreurs grossières



Quelle utilisation?

- Améliorer la productivité:
 - Tri de première intention
- Améliorer l'efficacité diagnostique:
 - Double lecture: radiologue + IA
 - Combinée ou en aveugle?
- L'un et l'autre ou l'un ou l'autre?
 - En fonction de l'indication et du type d'examen
 - En fonction du contexte local
- Définition de la norme:
 - Significativité d'une anomalie en fonction du contexte
 - Variabilité individuelle
 - Micro lésions et lésions infracliniques

=> Bonne intégration au workflow



Comment gérer les erreurs?

- Faux positifs:
 - Imposent la relecture
 - ↘ Fréquence = ↗ faux négatifs

- Faux négatifs:
 - Indétectables
 - ↘ Fréquence => ↗ faux positifs

- Acceptabilité de l'erreur: qu'aurait conclu un radiologue dans le même cas?

=> Responsabilité juridique

- Discordances avec des avis non médicaux



Modifier les comportements

- Eviter les examens inutiles
 - Décider, avec le clinicien, des meilleurs moyens d'imagerie à mettre en œuvre pour parvenir au diagnostic
 - Réorienter les demandes non pertinentes
- Etendre le concept de Réunion de Concertation Pluridisciplinaire à d'autres champs que l'oncologie
- Sortir de la seule imagerie pour devenir agrégateur de données

=> Retrouver du temps et de la disponibilité pour le dialogue avec le clinicien et le malade

Les écueils à éviter

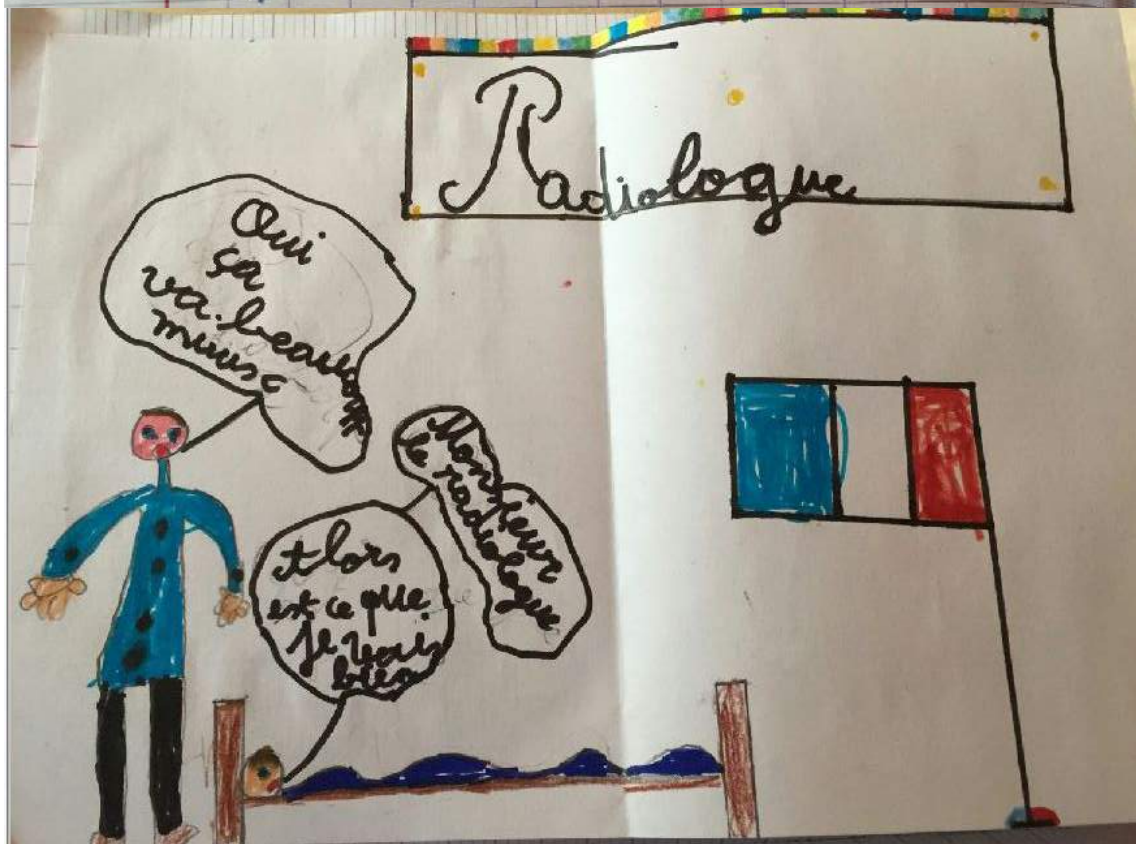
- Croire les augures avec la foi du charbonnier:
 - Diminuer l'effort de formation -> il faudra plus de radiologues
 - Baisser la valorisation des actes -> aller vers plus de qualité
- Surestimer les capacités (et l'objectivité) des algorithmes:
 - => Utiliser l'IA comme amplificateur de nos préjugés et de nos erreurs

« *Algorithms are opinions embedded in code* » C. O'Neil

Vendredi 16 mars 2018

Futur

Quand je serai grand je serai
Radiologue. Parce que j'aime bien
soigner les gens.



Victor 7 ans

francis.besse@caramigeas.com