

IA & ECHOGRAPHIE

UNE INNOVATION DE RUPTURE DANS
LA PRISE EN CHARGE MÉDICALE.

Anne-Laure Rousseau & Thibaut Duguet
23 avril 2019



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

IA & ECHOGRAPHIE

UNE INNOVATION DE RUPTURE DANS LA PRISE EN CHARGE MÉDICALE.

Partie 1: IA & échographie : contexte global

Partie 2: résultats de nos recherches

Partie 3: perspectives futures



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

IA & ECHOGRAPHIE

UNE INNOVATION DE RUPTURE DANS LA PRISE EN CHARGE MÉDICALE.

Partie 1: l' IA appliquée à l'échographie
pour améliorer la prise en charge du
patient



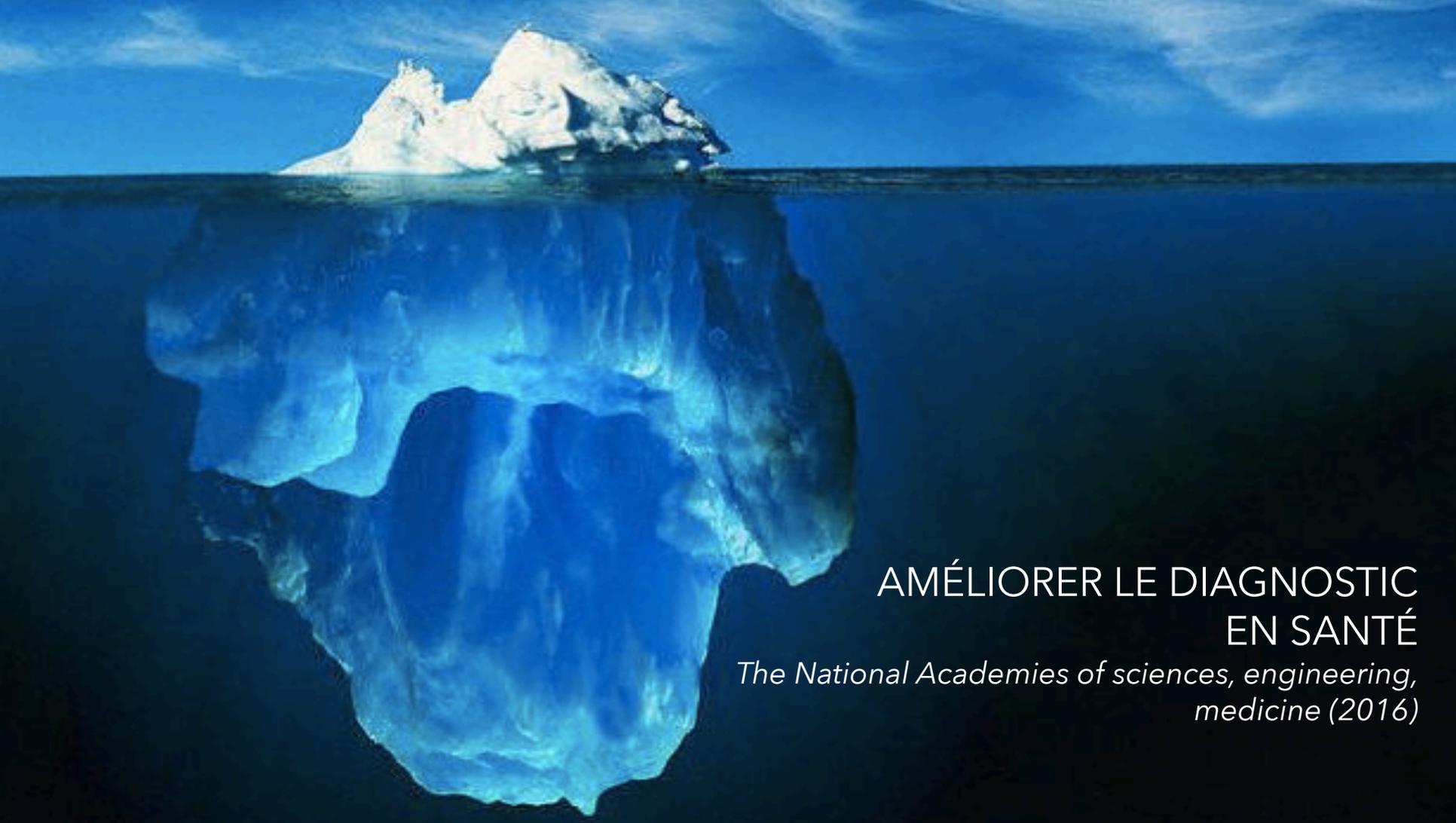
COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



55 000

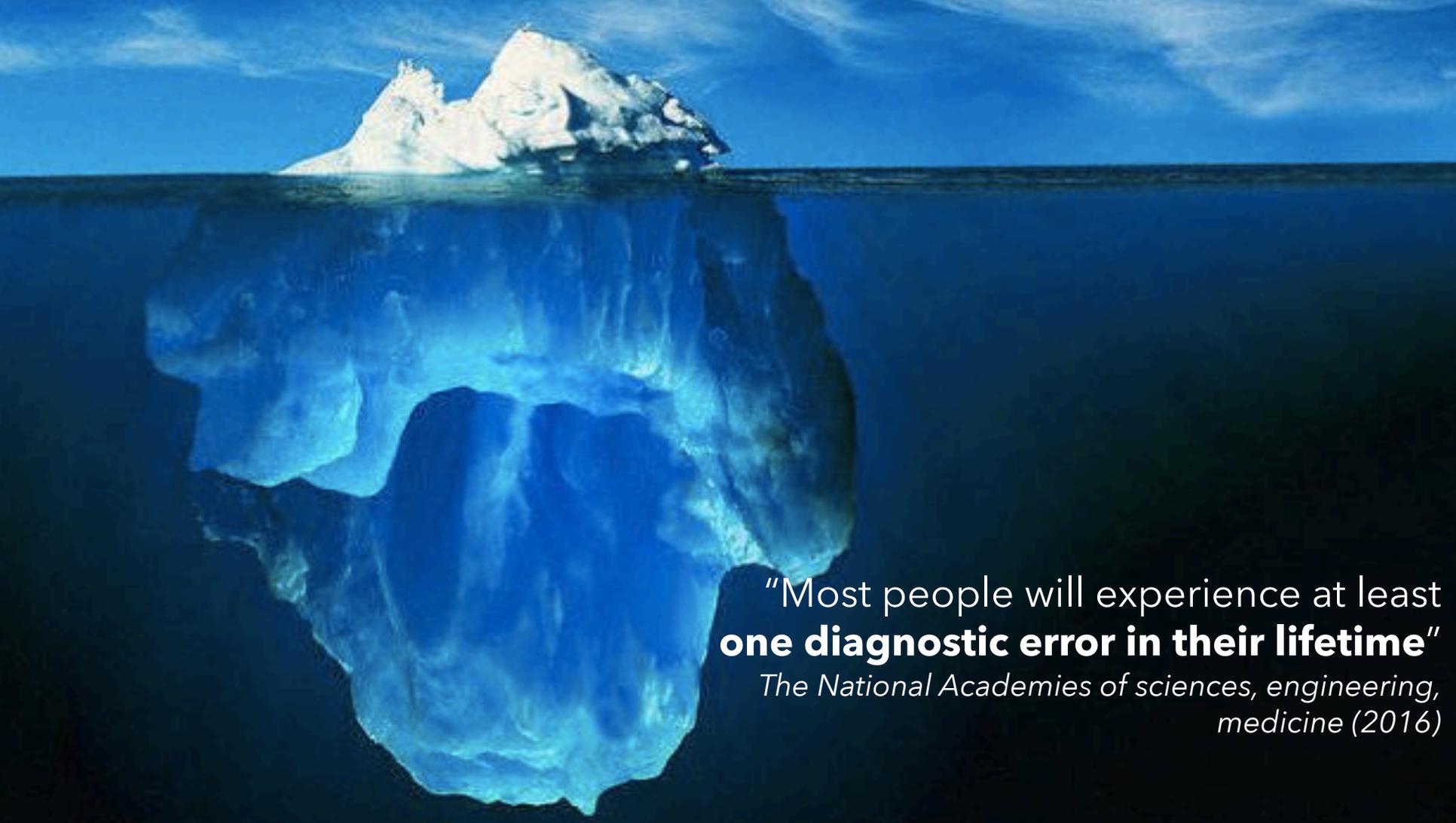
entrées uniques dans CIM 11 (x 4 vs 1975)

Source : **OMS**



AMÉLIORER LE DIAGNOSTIC EN SANTÉ

*The National Academies of sciences, engineering,
medicine (2016)*



"Most people will experience at least
one diagnostic error in their lifetime"

*The National Academies of sciences, engineering,
medicine (2016)*

Améliorer le diagnostic : une priorité

objectif fixé par l'OMS pour le 21eme siècle



En France, le premier moyen d'imagerie

rapport commission des affaires sociales du sénat

Ultrasons : **premier poste** de dépenses

30M d'examens échographiques/an (libéral)

+1M examens tous les ans

x7 IRM

x6 SCANNER

Cour des comptes





Temps réel et non irradiant

possibilité de réitérer les examens



Un matériel qui devient abordable

Une chute des prix due à la numérisation du matériel.

Améliorer la qualité du diagnostic.

Un médecin entraîné utilisant l'échographie effectue un meilleur diagnostic que le seul examen physique du patient.

Comparaison des performances diagnostiques en cardiologie

Etudiant avec échographie portable: 75%

Cardiologues et examen clinique: 49%

de diagnostics identifiés correctement ($p < 0,001$)

exSource : Kobal SL et al Am J Cardiol 2005 Oct

résultats similaires pour l'examen du foie

Source : Mouratev G et al Teach Learn Med 2013



Une adoption dans 20+ spécialités médicales et chirurgicales

Point of care ultrasound: écho au lit du patient par un clinicien

Source : Moore et al, POC Ultrasonography, NEJM, 2011; Fox et al, Proactiv medicine, Academic medicinet, 2014;



RODGERS
CLINICAL
OFFICER



Interpréter une image reste difficile.

hautes variabilités inter et intra observateurs experts (1)

Taux d'erreur en imagerie **30% dans les études rétrospectives** (2)

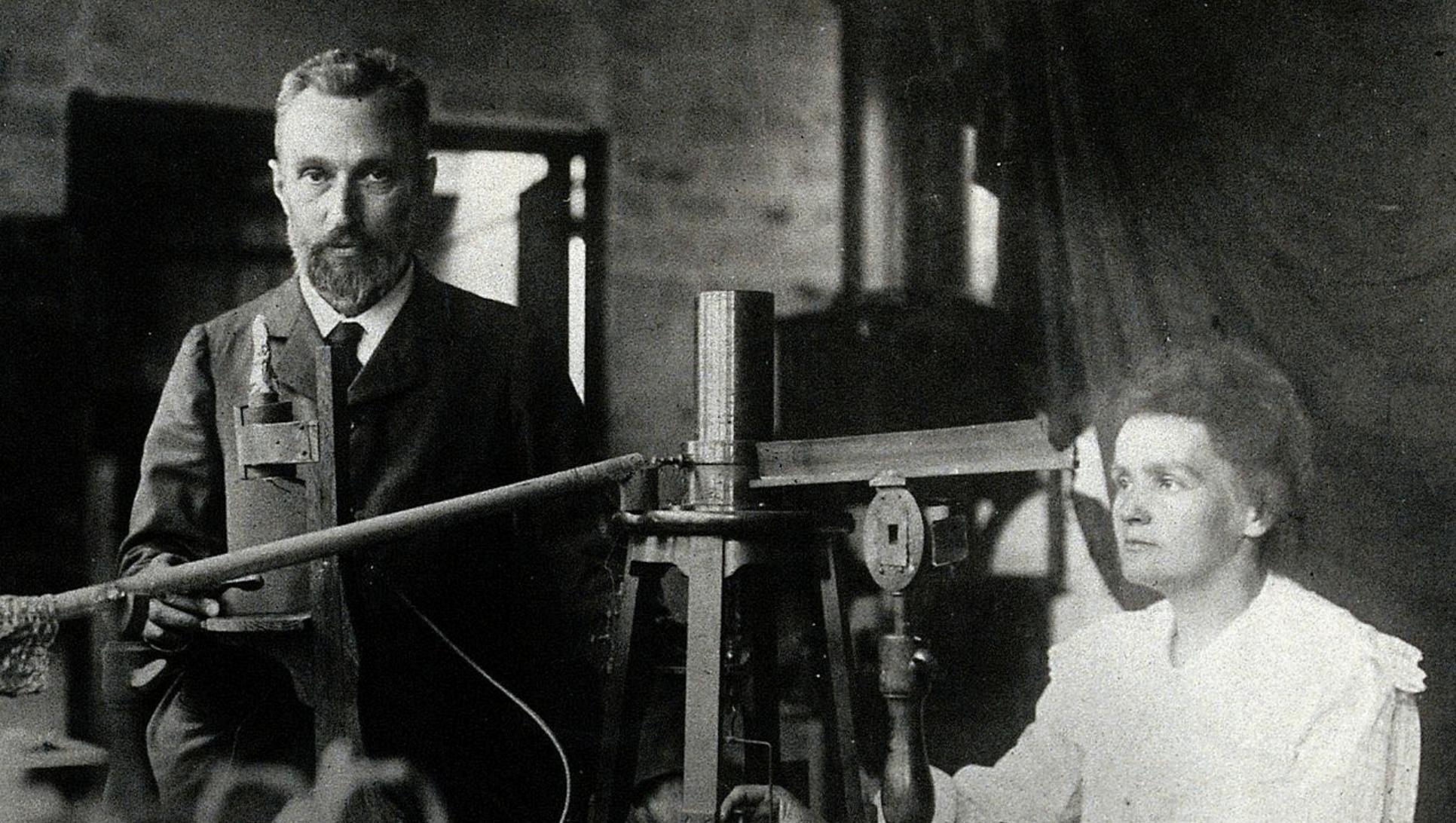
- Cause d'erreur n°1 : « Missed findings »
- Cause d'erreur n°2 : « Satisfaction of search »

Le vrai frein au déploiement de l'échographie est la capacité à interpréter des images et non le matériel. (3)

Sources : 1. Suzuki et al. Interobserver and intraobserver variability 2010

2. Bruno et al. Understanding and confronting our mistakes 2015

3. Shah et al. Perceived barriers in the use of ultrasound in developing countries 2015



IA & ECHOGRAPHIE

UNE INNOVATION DE RUPTURE DANS LA PRISE EN CHARGE MÉDICALE.

Partie 2: résultats de l'application
d'algorithmes d'IA à l'échographie



Comment faire un projet IA Santé?

Premiers pas

Récupérer une base de données en libre accès

Comment faire un projet IA Santé?

Premiers pas

~~Récupérer une base de données en libre accès~~

Se débrouiller.

Comment faire un projet IA Santé?

Premiers pas

~~Récupérer une base de données en libre accès~~

Se débrouiller.

Accéder aux données anonymisées du serveur

Comment faire un projet IA Santé?

Premiers pas

~~Récupérer une base de données en libre accès~~

Se débrouiller.

~~Accéder aux données anonymisées du serveur~~

Se débrouiller.

Comment faire un projet IA Santé?

Premiers pas

~~Récupérer une base de données en libre accès~~

Se débrouiller.

~~Accéder aux données anonymisées du serveur~~

Se débrouiller.

Utiliser les outils existants pour traiter les données

Comment faire un projet IA Santé?

Premiers pas

~~Récupérer une base de données en libre accès~~

Se débrouiller.

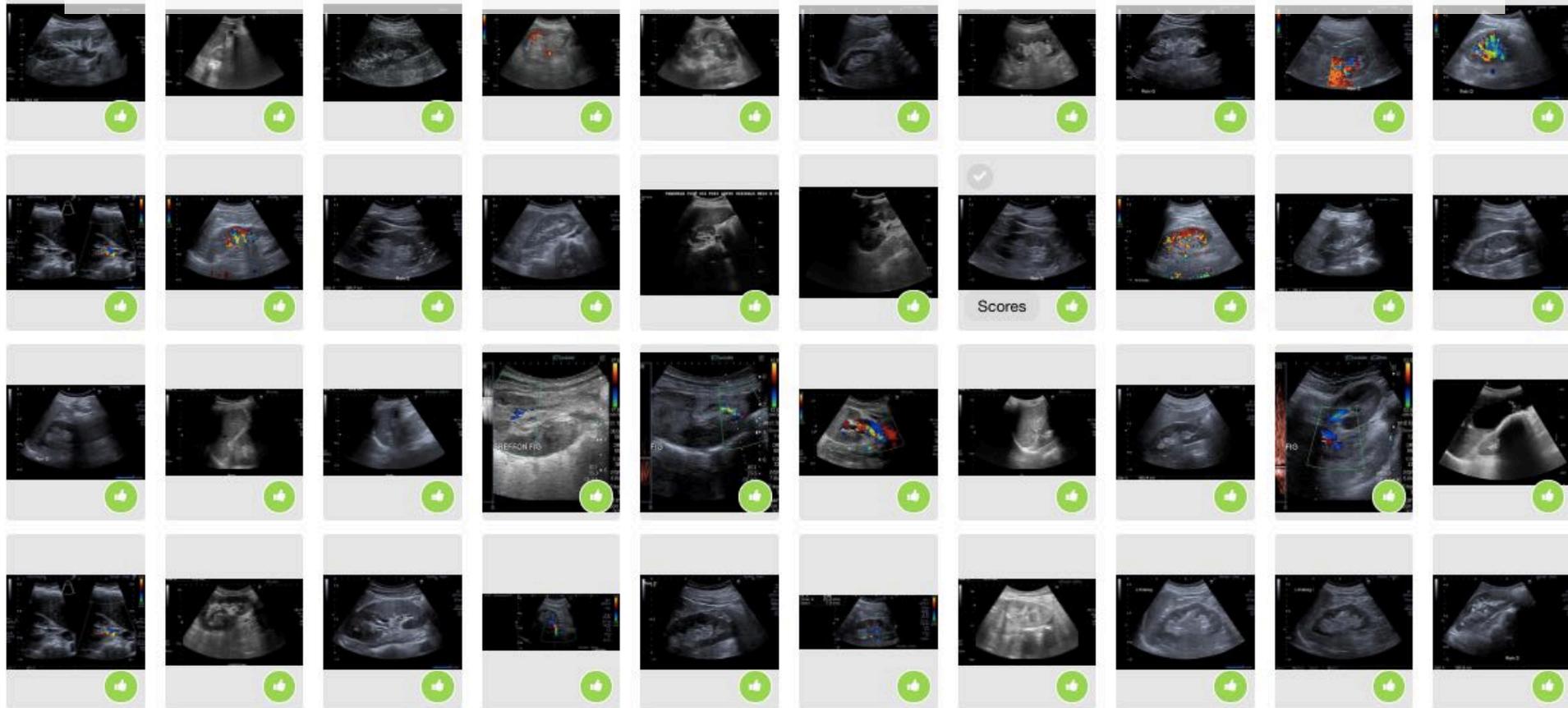
~~Accéder aux données anonymisées du serveur~~

Se débrouiller.

~~Utiliser les outils existants pour traiter les données~~

Se débrouiller.

Apprentissage supervisé



Systeme D.

labels reins V2 AN.xlsx

Rechercher dans la feuille

Accueil Mise en page Tableaux Graphiques SmartArt Formules Données Révision

Modifier Police Alignement Nombre Format Cellules Thèmes

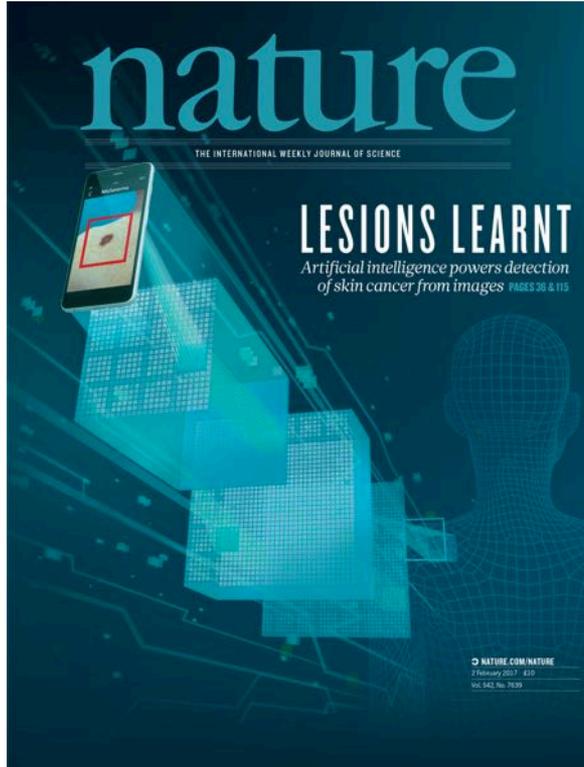
Remplir Calibri (Corps) 12 Renvoyer à la ligne automatiquement Standard Mise en forme conditionnelle Styles Insérer Supprimer Format Thèmes

E1 caractère rein

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
38		37	T rein	natif	anomalie					masse évocatrice d'angiomyolipome au niveau de la lèvre postérieure du hile		
39		38	T rein	natif	anomalie					masse évocatrice d'angiomyolipome au niveau de la lèvre postérieure du hile		
40		39	T rate, rein	natif	sain							
41		40	T rein	natif	anomalie					masse évocatrice d'angiomyolipome cortical à la jonction tiers moyen tiers supérieur du r		
42		41	T rein	greffon	sain							
43		42	T rein	greffon	sain							
44		43	T foie, rein	natif	sain							
45		44	T foie, rein	natif	sain							
46		45	T rate, rein	natif	sain							
47		46	T rate, rein	natif	sain							
48		47	SS rate, rein	natif	anomalie							
49		48	SS rate, rein	natif	anomalie							
50		49	SS rate, rein	natif	anomalie							
51		50	SS rein	natif	anomalie							
52		51	SS rein	natif	anomalie							
53		52	SS rein	natif	anomalie							
54		53	SS rate, rein	natif	anomalie							
55		54	SS foie, rein	natif	sain							
56		55	SS foie, rein	natif	sain							
57		56	SS foie, rein	natif	sain							
58		57	SS foie, rein	natif	sain							
59		58	SS rate, rein	natif	sain							
60		59	SS rate, rein	natif	sain							
61		60	SS foie, rein	natif	sain							
62		61	SS rein	natif	sain							
63		62	SS foie, rein	natif	sain							
64		63	SS foie, rein	natif	sain							
65		64	SS rein	natif	sain							
66		65	SS rate, rein	natif	sain							

À la recherche du temps médical perdu

janvier 2017 : un réseau de neurones aussi performant qu'un expert
Brett Kuprel et al -> 129 450 images



La plateforme Deepomatic

Donner aux experts les outils pour qu'ils s'approprient eux-mêmes les techniques d'IA

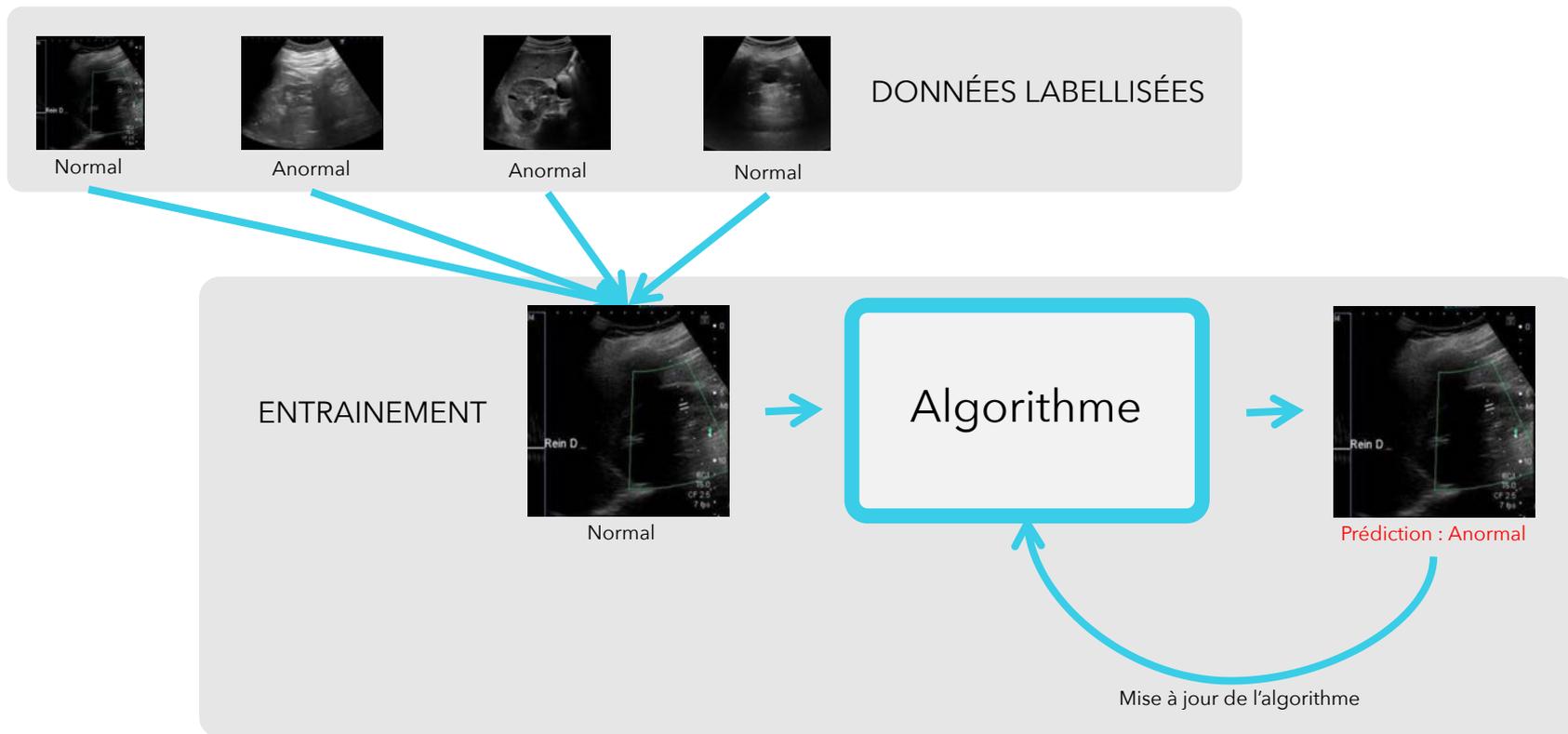
rein anormal



rein normal



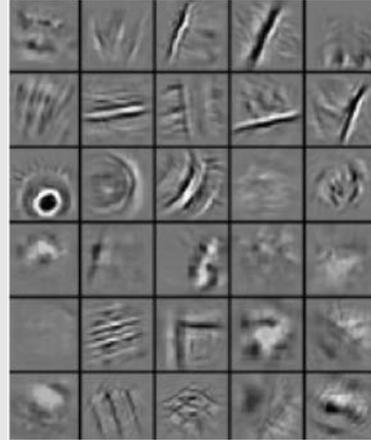
Apprentissage Automatique



Apprentissage Profond



Image



Extraction de caractéristiques visuelles de plus en plus complexes

Premiers Résultats

4428 images labellisées

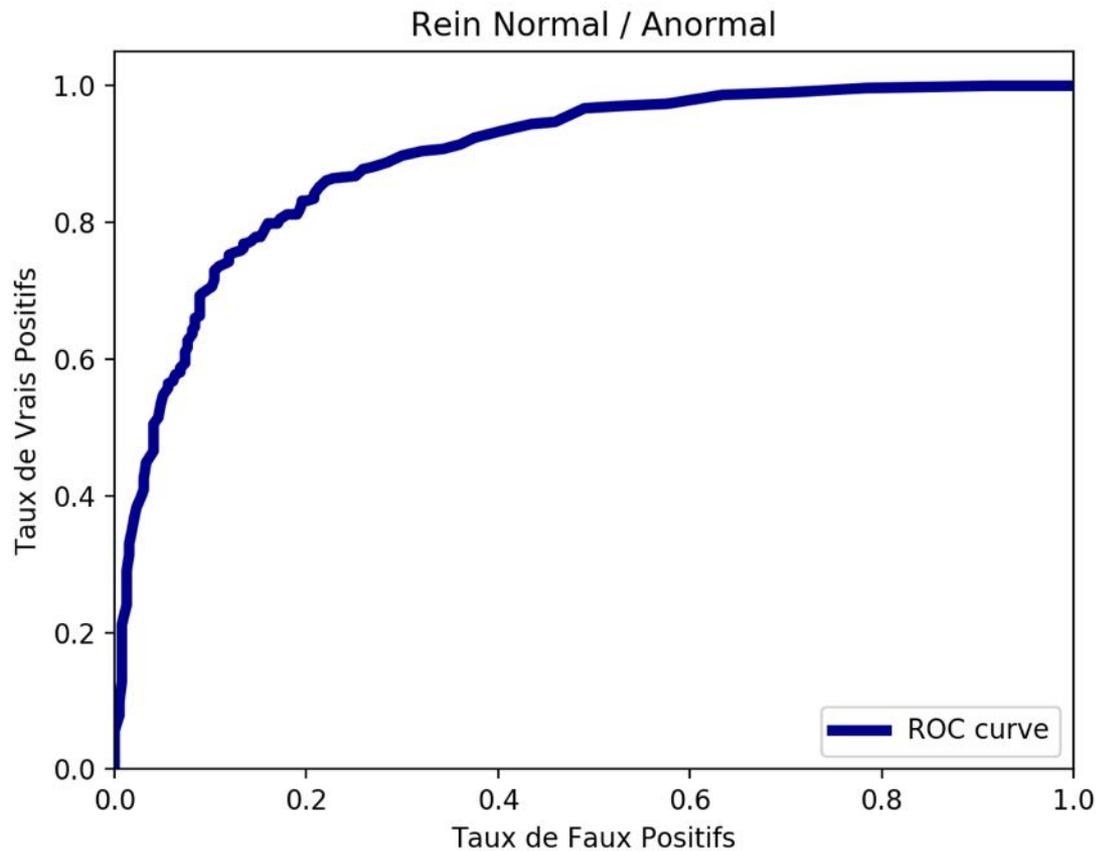
84%

Entraînement

16%

Test

AUC : 0.90



Une équipe interdisciplinaire



Dr Anne-Laure Rousseau
HEGP, Robert Debré



Mr Thibaut Duguet
Deepomatic



Pr Eric De Kerviler
Hôpital Saint Louis



Pr. Jean-François Meder
SFR



M. Marc Vaucher
Elsan



Mme Fanny Joujou
Hôpital Saint Louis



Mr Kamel Khezzane
Hôpital Saint Louis



Mr Gervais Gbabodé
CH de Haute Gironde



Mme Annie Graul
CHR Metz-Thionville



Dr Julien Lecoz
Hôpital Robert Debré



Adrien Badevant
Badevant associés



M. Guillaume Oulés
Gopro



Mr Rémi Rousseau
Mimesys



Dr Albane De Keratem
Institut Mutualiste Montsouris



Dr Mariama Bah
Hôpital Saint Joseph



Dr Damien Bouda
Hôpital Saint Louis



Dr Jérôme Lambert
Hôpital Saint Louis



Dr Anne-Marie Tissier
Hôpital Necker



WWW.NHANCE.NGO

Enhance quality of care for everyone



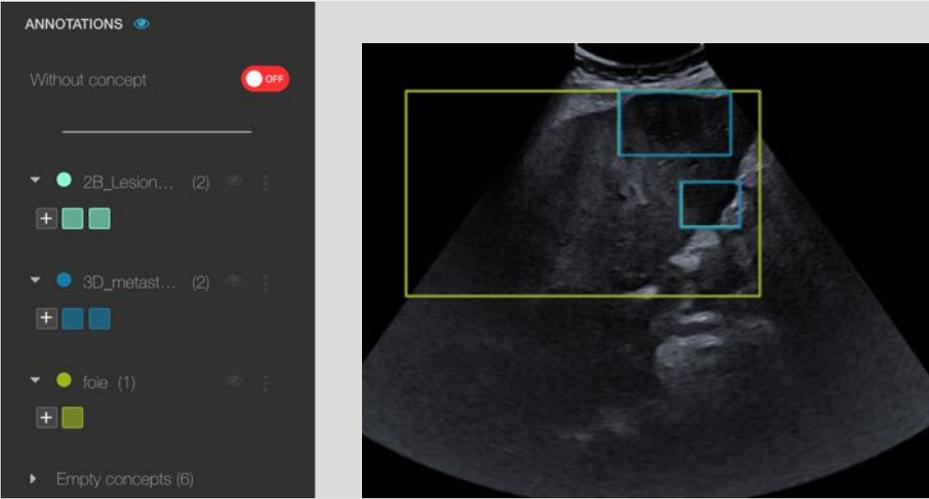
- 1. Donner un sens aux données:** Identifier des enjeux de santé importants où l'échographie a un impact
2. Constituer une **base de données**
- 3. Annoter les données** avec une communauté d'experts médicaux
4. Travailler avec les experts IA sur la définition de **meilleurs algorithmes**
- 5. Tester** les algorithmes sur le terrain
- 6. Distribuer** les résultats

La réglementation: n'imitons pas, innovons

- Définition de processus d'accès; protection, finalités, conservation (base active et archivage)
- Responsable de traitement
- Création de l'Institut National des Données de Santé (2017)
- Règlement Général sur la Protection des Données (mai 2018)

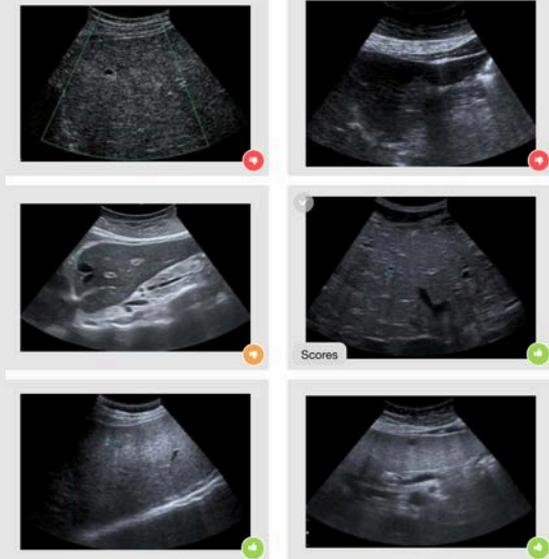
La plateforme Deepomatic

Donner aux experts les outils pour qu'ils s'approprient eux-mêmes les techniques d'IA



The screenshot displays the 'ANNOTATIONS' panel on the left, which includes a toggle for 'Without concept' (OFF), a list of concepts such as '2B_Lesion...', '3D_metast...', and 'foie', and a section for 'Empty concepts'. The main area shows an ultrasound image with a yellow bounding box around a region and two smaller blue bounding boxes within it, indicating object detection and localization.

DÉTECTION / LOCALISATION D'OBJETS



The screenshot shows a grid of six ultrasound images arranged in three rows and two columns. Each image has a small colored circle in the bottom right corner, likely representing a score or status. The middle-right image has a 'Scores' label below it. The overall layout suggests a collaborative environment for reviewing and scoring AI detections.

VISUALISATION / COLLABORATION

NHANCE: Pathologies du rein

Professeur De Kerviler

Professeur Corr as



← pathologies_re...
Edit image

EDIT TAGS Reset

- amincissement cortical (0.00)
- calcul (0.00)
- dedifferentiation cortico-medullaire (0.00)
- dilatation cavites pyelo-caliceles (0.96)
- epanchement peri-renal (0.00)
- kyste simple (0.16)
- lesion suspecte (0.40)
- rein normal (0.00)
- sonde JJ (0.02)
- temp_not_annotated (0.00)



NHANCE: Pathologies du rein

Professeur De Kerviler

Professeur Corr as



nhance
pathologies re...
Edit image

- amincissement cortical (0.02)
- calcul (0.02)
- dediffrenciation cortico-medullaire (0.26)
- dilatation cavites pyelo-calicielles (0.00)
- epanchement peri-renal (0.00)
- kyste simple (0.02)
- lesion suspecta (0.99)
- rein normal (0.00)
- sonde JJ (0.00)

← Back



Résultats - Lésions du Parenchyme Rénal

4445 images labellisées

86%

Entraînement

14%

Test

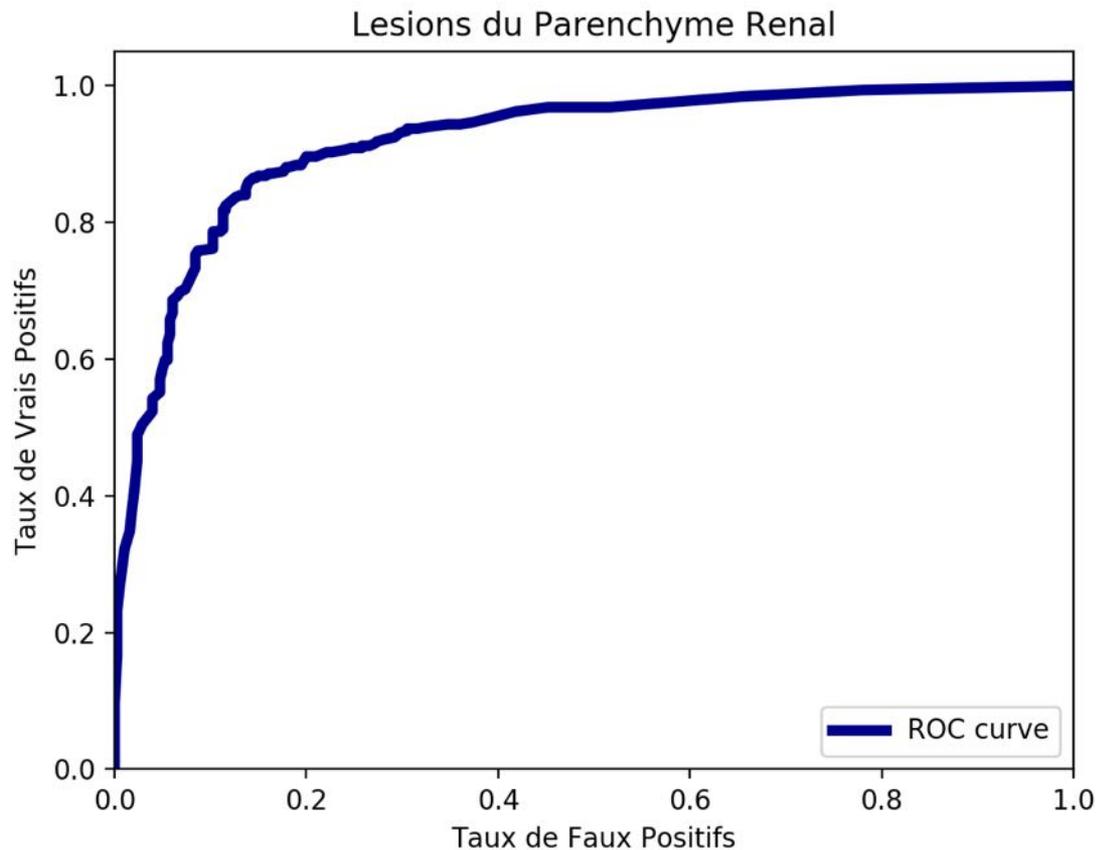
53%

Exemples Positifs

47%

Exemples Négatifs

AUC : 0.92



Résultats - Dilatation Pyélocalicielle

4445 images labellisées

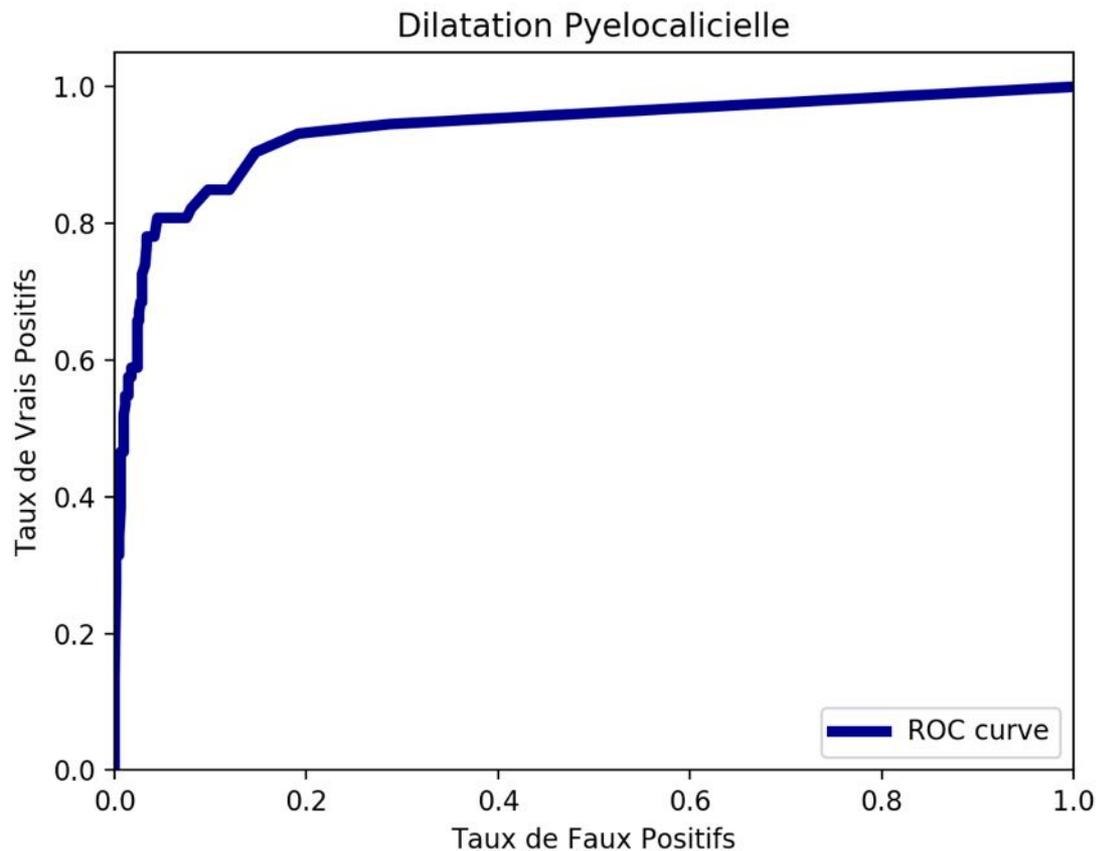
78%
Entraînement

22%
Test

6.7%
Exemples
Positifs

93.3%
Exemples Négatifs

AUC : 0.94



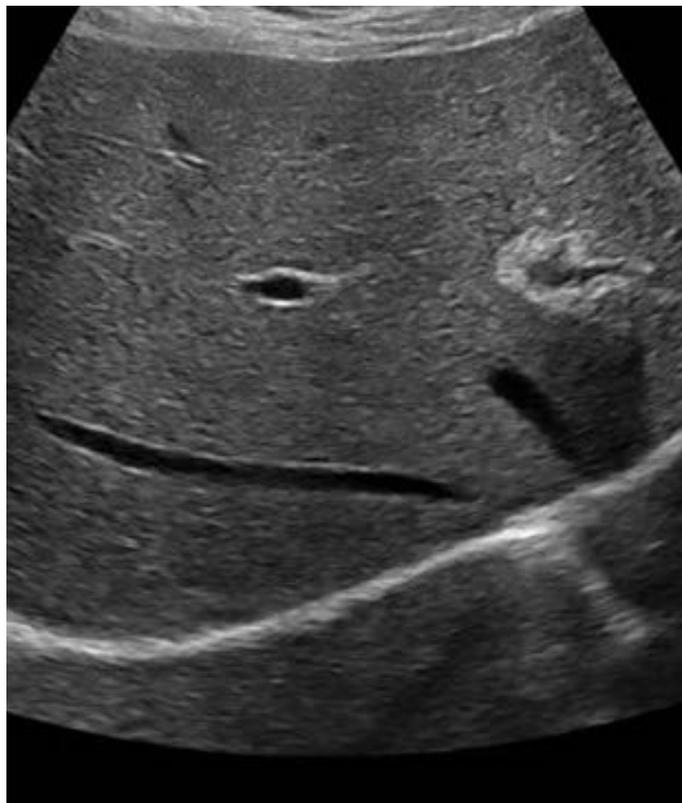
NHANCE: lésions du foie: data challenge 2018

Professeur De Kerviler

Professeur Corr as



Société Française de Radiologie



Challenge foie
Edit image

- 3B angrome (bénin)
- 3C HNF (bénin)
- 3D métastase (malign)
- 3E CHC (malign) (1)
- 3E CHC (malign)_1
- 3F adénome (bénin)

PREDICTIONS

- 1A. Foie HOMOGENE (1)
- 1B. foie avec LESION (1)
- 2A. Lesion BENIGNE (3)
- 2B. Lesion MALIGNE (1)
- 3A kyste (bénin)
- 3B angrome (bénin)
- 3C HNF (bénin) (2)
- 3D métastase (malign) (1)
- 3E CHC (malign) (1)
- 3F adénome (bénin)

← Back ← Previous Next →

file_name: CHC897068977466296207589997.spj

MI: 1.5
6C1
diffT5.0
27 fps
G:78
DR:60
A:2
P:5

0
5
10
12

Foie Droit

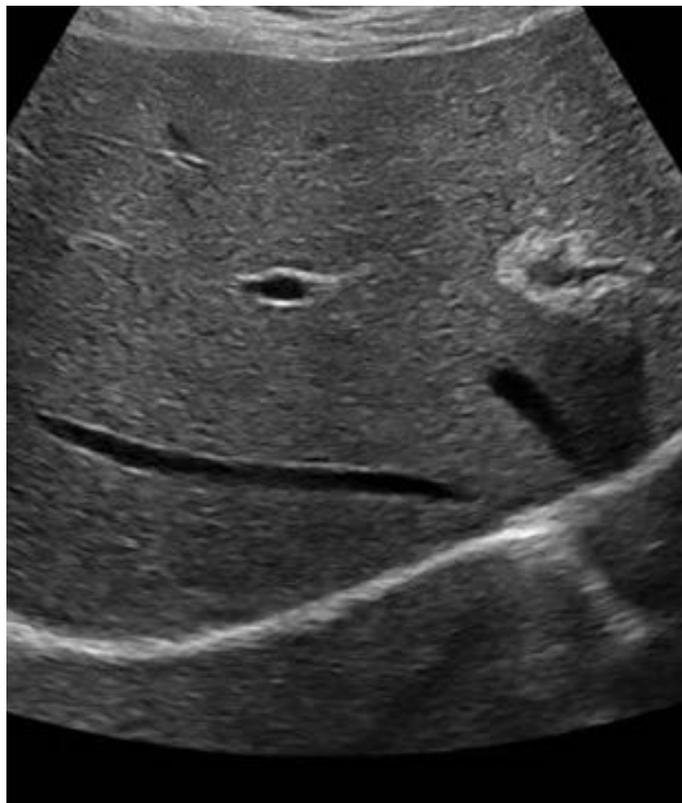
NHANCE: lésions du foie: data challenge 2018

Professeur De Kerviler

Professeur Corr as



Société Française de Radiologie



Challenge foie
Edit image

3D CHC (main) [green arrow]
3D métastase (main) [green dot]
3E CHC (main) (1) [blue dot]
3E CHC (main)_1 [blue dot]
3F adénome (bénin) [green dot]

EDICTIONS [blue eye icon]

1A. Foie HOMOGENE (1) [plus icon]
• 1A. Foie HOMOGENE_1 0.638 [plus icon]

1B. foie avec LESION (1) [plus icon]
• 1B. foie avec LESION_1 0.921 [plus icon]

2A. Lesion BENIGNE (3) [plus icon]
• 2A. Lesion BENIGNE_1 0.046 [plus icon]
• 2A. Lesion BENIGNE_2 0.0244425051 [plus icon]
• 2A. Lesion BENIGNE_3 0.0237446111 [plus icon]

← Back Previous Next →

file_name CHC897068977466296207589997.jpg

MI 1.5
6C1
diffT5.0
27 fps
G:78
DR:60
A:2
P:5

0
5
10
12

Foie Droit

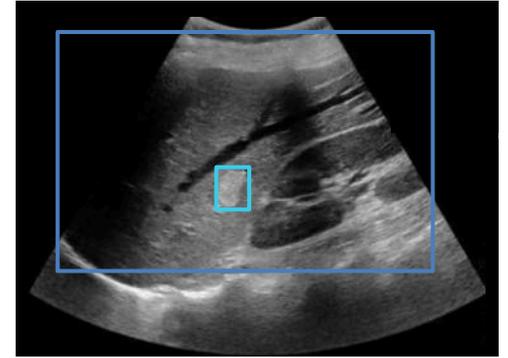
Etude sur le foie - Prétraitement



IMAGE BRUTE



FOCUS ZONE ECHOGRAPHIE



LABELLISATION

Résultats - Présence ou Absence de Lésion

2759 images labellisées

80%

Entraînement

20%

Test

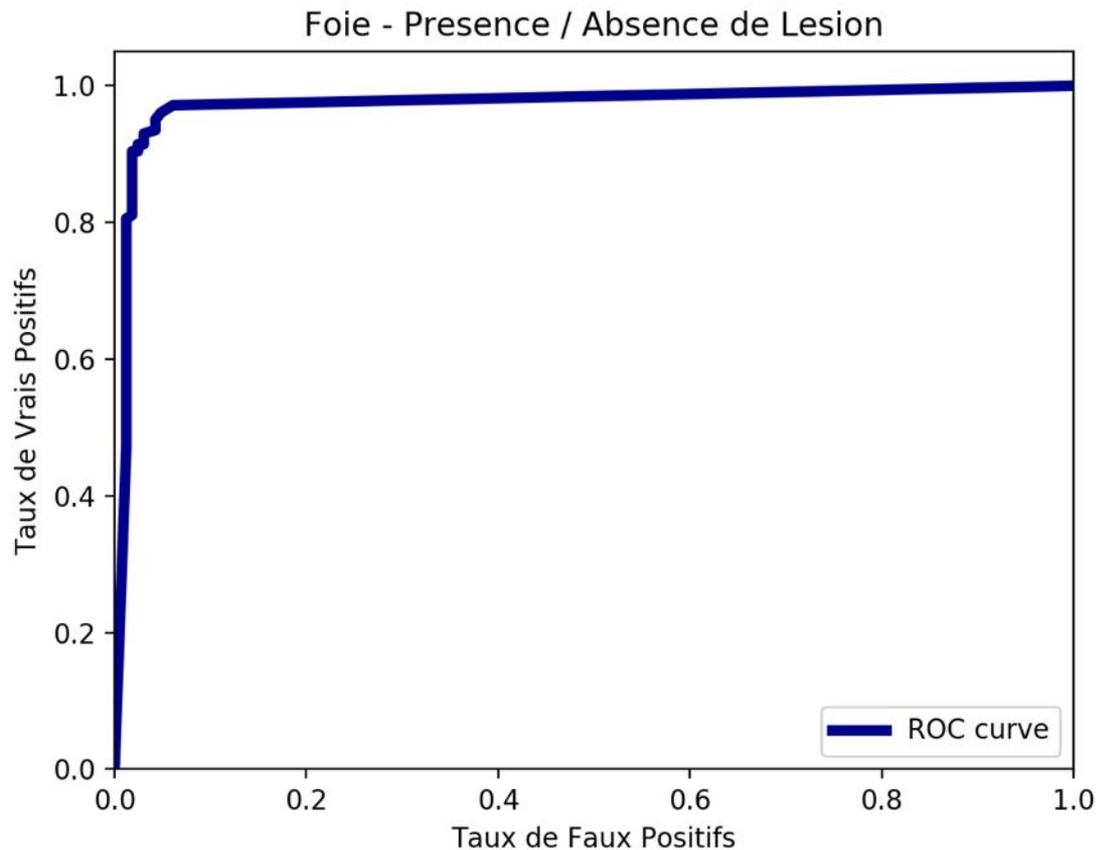
70%

Exemples Positifs

30%

Exemples Négatifs

AUC : 0.97



Résultats - Caractérisation de la lésion

2759 images labellisées

Lésion Maligne

35%

Exemples
Positifs

65%

Exemples Négatifs

0.91

Lésion Bénigne

36%

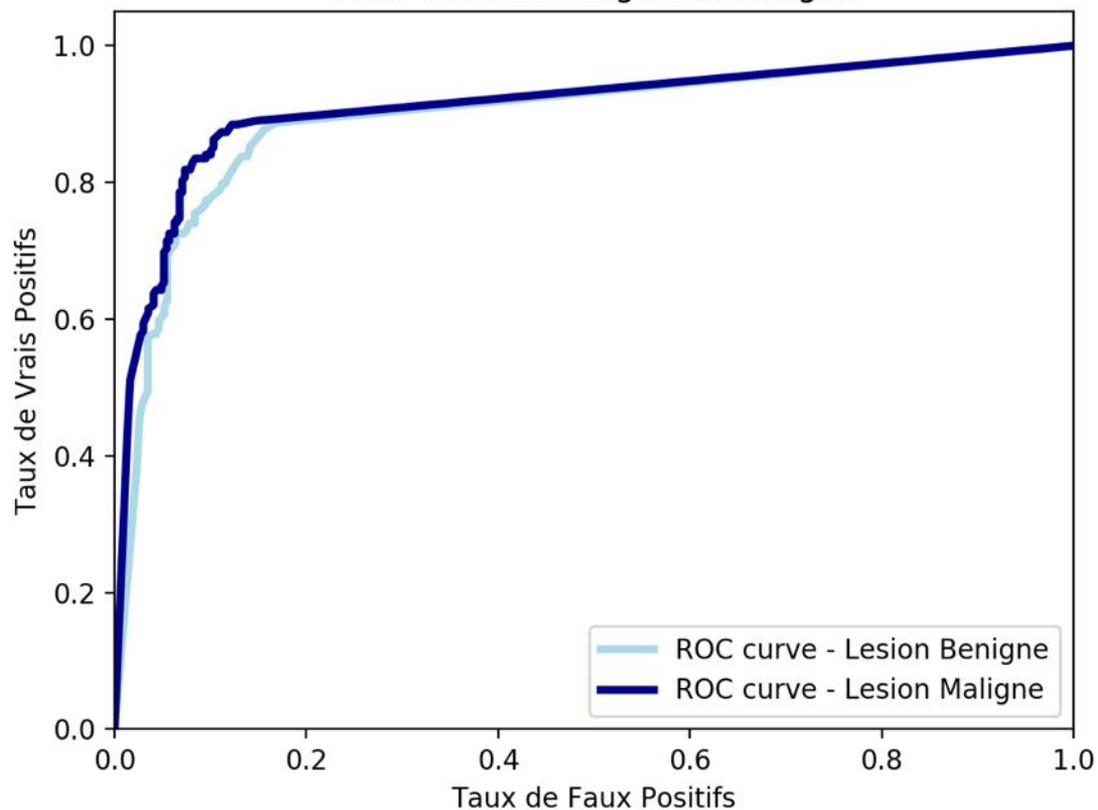
Exemples
Positifs

64%

Exemples Négatifs

0.90

Foie - Lésion Benigne vs Maligne



Résultats - Types de pathologies

2759 images labellisées

Carcinome Hépatocellulaire

21%

79%

0.89

Angiome

14%

87%

0.86

Métastase

13%

95%

0.90

Kyste

5%

95%

0.79

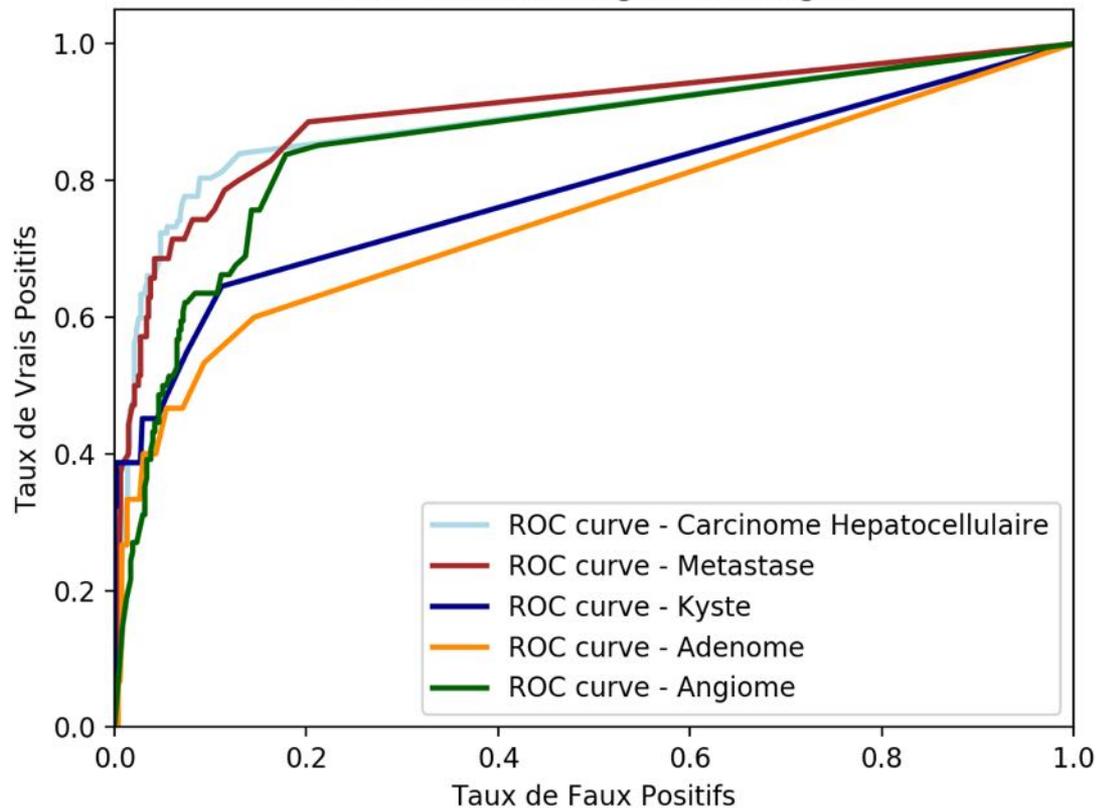
Adenome

2%

98%

0.75

Foie - Lesion Benigne vs Maligne



Quelle mise en œuvre pratique?



Mise en Situation



IA & ECHOGRAPHIE

UNE INNOVATION DE RUPTURE DANS LA PRISE EN CHARGE MÉDICALE.

Partie 3: IA et échographie, les perspectives futures



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Plus de 2.12M de patients/an



3.1. Validation clinique des algorithmes

Douleurs abdominales aiguës aux urgences

Etude multicentrique - Fanny Joujou

- Captation du flux vidéo de la machine d'échographie
- Résultats des algorithmes en temps réel
- Protocole de coopération manipulateurs- médecins

3.2. Projet APHP/NHance/INRIA : équipe Epione

LA RECHERCHE

- 1.3 MILLIONS D'EXAMENS
Base de données d'une taille inédite (environ 13M images)
- Entrepôt des données de santé
APHP
- Objectif:
Outil d'assistance en échographie abdominale



3.2. Projet APHP/NHance/INRIA : passer à l'échelle

Outil d'assistance à l'échographie abdominale

- Identifier les organes et leurs principales lésions
Hypothèse : IA aussi performante que l'œil d'un médecin
- Extraction automatique de contenu
1 compte rendu / 5 à 25 images
- Apprentissage non supervisé
Réseaux antagonistes génératifs



Vers un outil d'assistance en temps réel.



3.3. Créer une encyclopédie de la base de données

Améliorer la formation en créant les algorithmes de demain

- Transformer la plateforme d'annotation en outil de formation
- Les annotations contribuent à augmenter la base de données



3.4. Protocole d'anonymisation INRIA NHance

circulation des données entre équipes pluridisciplinaires

- **Analyse de bases de données**
identification des risque
de revenir au patient
- **Ajout de bruit**
et réduction
des singularités
- **Validation du protocole**

```
30
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51

if path:
    self.file = open(os.path
    self.file.seek(0)
    self.fingerprints.update

@classmethod
def from_settings(cls, settings
    debug = settings.getbool('
    return cls(job_dir(setting

def request_seen(self, request
    fp = self.request_fingerp
    if fp in self.fingerprint
        return True
    self.fingerprints.add(fp)
    if self.file:
```

Merci.

- Rémi Rousseau, Mimesys
- Professeur Eric De Kerviler, Saint Louis
- Professeur Alain Deloche,
La Chaîne de l'espoir
- Monsieur Jean-Jacques Puyoo
et Madame Monique Coiffard
- Madame Marie Ridou,
Association ARESATO
- Professeur Julia, HEGP
- Professeur Olivier Lucidarme, Pitié
- Monsieur Aloïs Brunel, Deepomatic
- Monsieur Augustin Marty, Deepomatic
- Madame Valérie De Margerie,
Le chaînon manquant
- Monsieur Vincent Delaitre, Deepomatic
- Monsieur Alexandre Dubreucq,
Armée de Terre
- Madame Véronique Caloc, Hôpital Saint Louis
- Madame Claudine Sing, Hôpital Saint Louis
- Professeur Cédric de Bazelaire,
Hôpital Saint Louis
- Monsieur Brett Kuprel,
Stanford
- Docteur Cécile Monteil, Debré
- Professeur J-Michel Corréas, Necker
- Monsieur Hugues Berry,
INRIA