

ÉVÉNEMENT HYBRIDE



Jeudi 18 décembre 2025  
Fondation Biermans-Lapôtre ■ PARIS

[www.masterclass-amylose.com](http://www.masterclass-amylose.com)

# IA en imagerie médicale Standardisation et quantification

Marc-Antoine DELBARRE

Médecine interne et immunologie clinique

*Groupement Hospitalier de l'Institut Catholique de Lille*



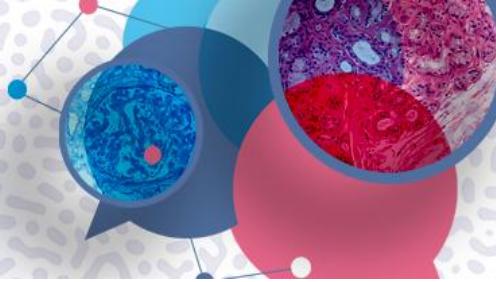
Journée organisée par :



R'EPOF



[www.masterclass-amylose.com](http://www.masterclass-amylose.com)



ÉVÉNEMENT HYBRIDE

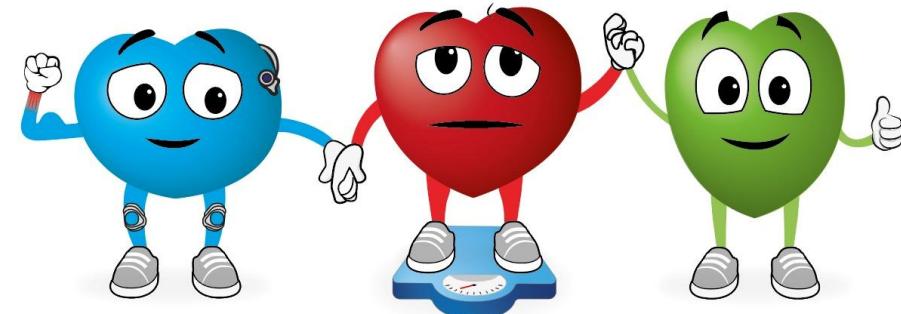


Jeudi 18 décembre 2025  
Fondation Biermans-Lapôtre ■ PARIS

[www.masterclass-amylose.com](http://www.masterclass-amylose.com)

## Liens d'intérêts

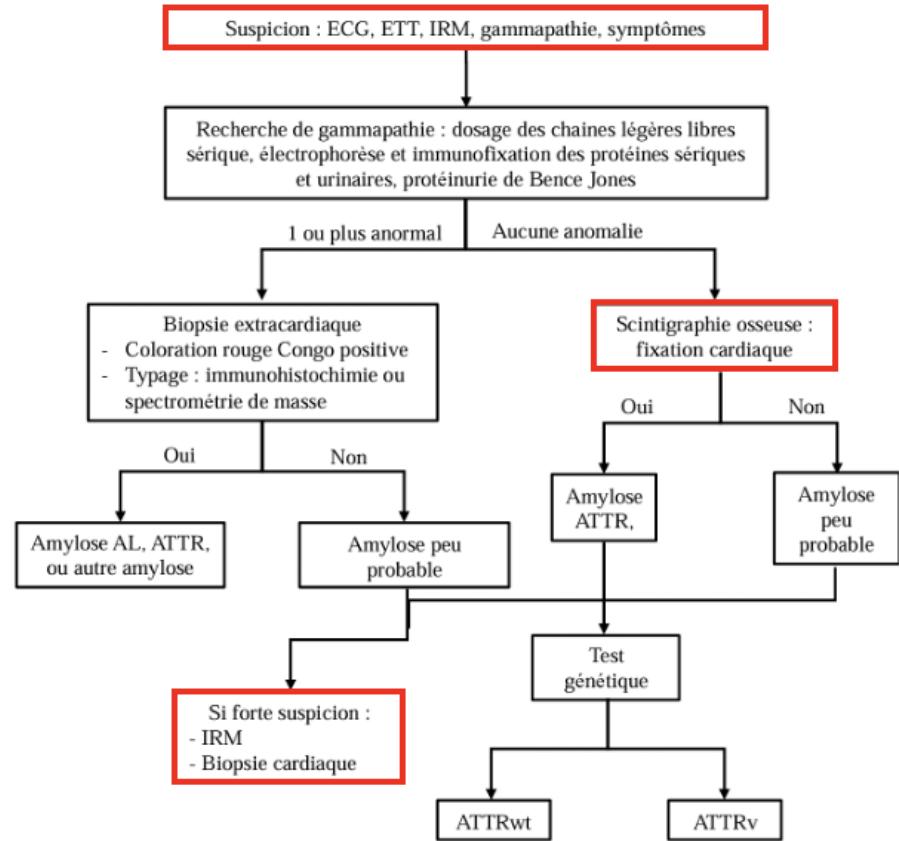
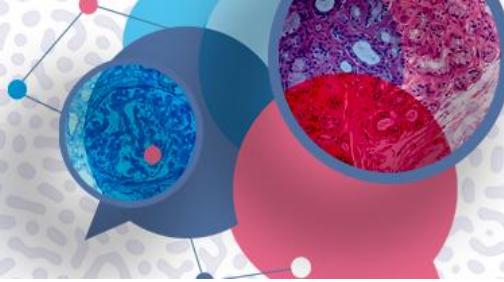
- Consulting : Pfizer / Bayer / alnylam



R<sup>®</sup>EPOF

EPOF

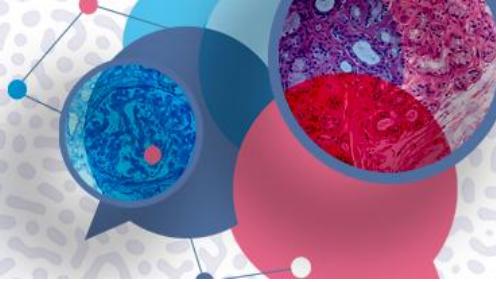
EPON



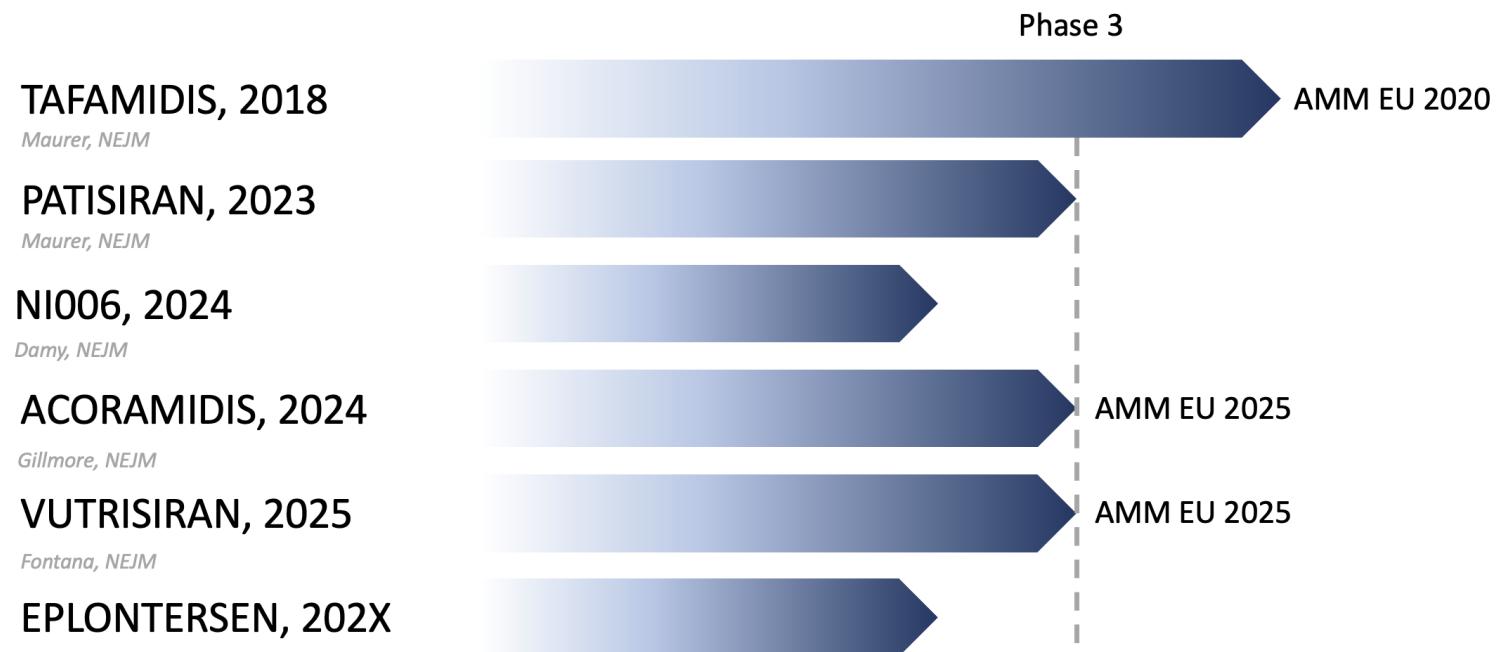
L'évaluation des amyloses cardiaques  
est largement paramétrique.



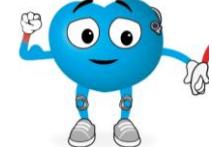
R'EPOF



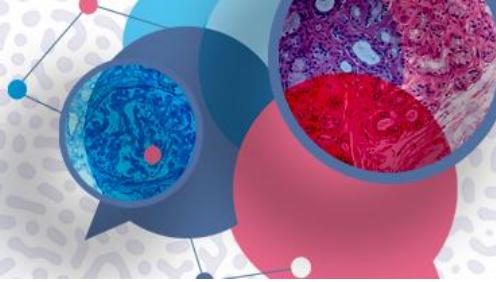
## Une offre de soin qui s'élargit...



Monitorer la maladie pour adapter les traitements ?

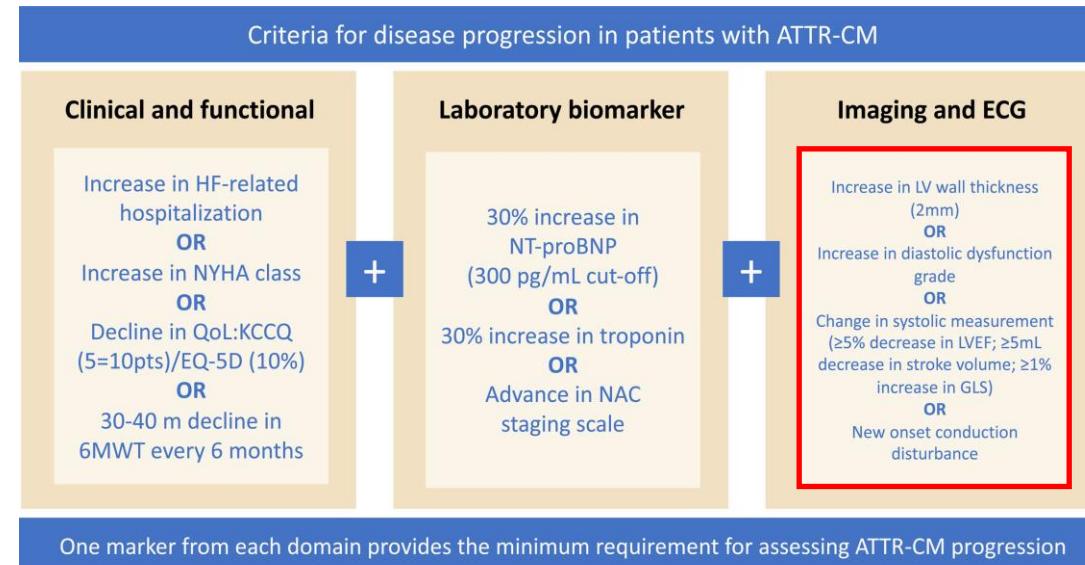


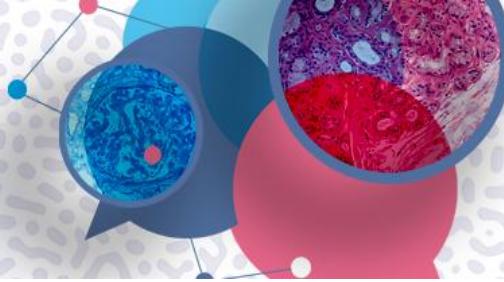
R'EPOF



# Diagnostiquer / Monitorer l'ATTR-CA ?

- Contrairement à l'AL-CA, pas de biomarqueur spécifique de l'ATTR
- Évaluation **paramétrique** (proxy de l'infiltration / csqces fonctionnelles)





## Problématique de reproductibilité



$ICC_{SIV}$  0.61 – 0.91  
 $ICC_{SGL}$  0.66 – 0.98



$K_{Perugini}$  0.31 – 1.00  
 $ICC_{HCL}$  0.78 – 0.92

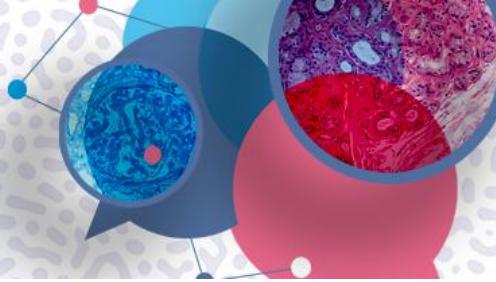


$ICC_{T1}$  0.75 – 0.97  
 $ICC_{ECV}$  0.61 – 0.99

Tromp *Nat Comm* 2022, Kleijn *EHJ Cardiovasc Img* 2012, Medvedofsky *Echocardiography* 2017, Imakhanova *J Stage* 2023,  
Saitou *J Stage* 2025, De Meester *JCMR* 2015, Pica *JCMR* 2014



R'EPOF



## Problématique de reproductibilité



**Variabilité humaine (inter / intra-individuelle) :**

- Expérience opérateur, choix des coupes, interprétation...



**Variabilité technique et de mesure :**

- Paramètres d'acquisition / de protocole,
- Contraintes patients (morphologiques, échogénicité...),
- Artefacts de mouvements ou matériels

**Progression paramétrique réelle vs. bruit de mesure ?**



R'EPOF



## Problématique de reproductibilité



**Variabilité humaine (inter / intra-individuelle) :**

- Expérience opérateur, choix des coupes, interprétation...



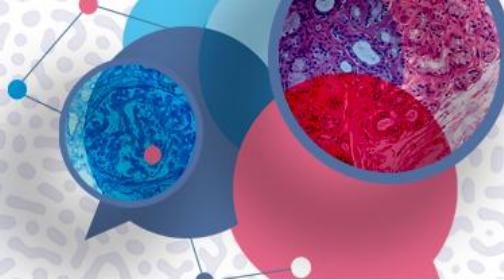
**Variabilité technique et de mesure :**

- Paramètres d'acquisition / de protocole,
- Contraintes patients (morphologiques, échogénicité...),
- Artefacts de mouvements ou matériels



R'EPOF

## Quel rôle pour l'IA ?



## Quelques notions de base

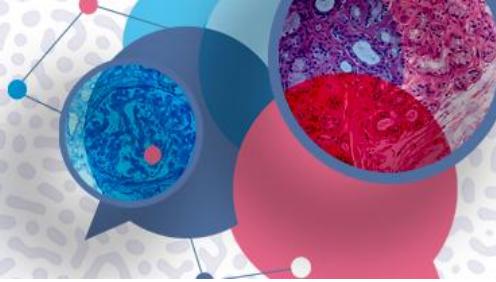


- Les réseaux de neurones résument une image par un vecteur de valeurs.
- Pour une Image X; alors  $V(X) = [v_1, v_2, \dots, v_i]$ .
- Chaque valeur  $v$  est une **dimension (une coordonnée) dans un espace à  $i$  dimensions**.
- Chaque image peut avoir plusieurs milliers de dimensions... Dont la visualisation « brut » est impossible.

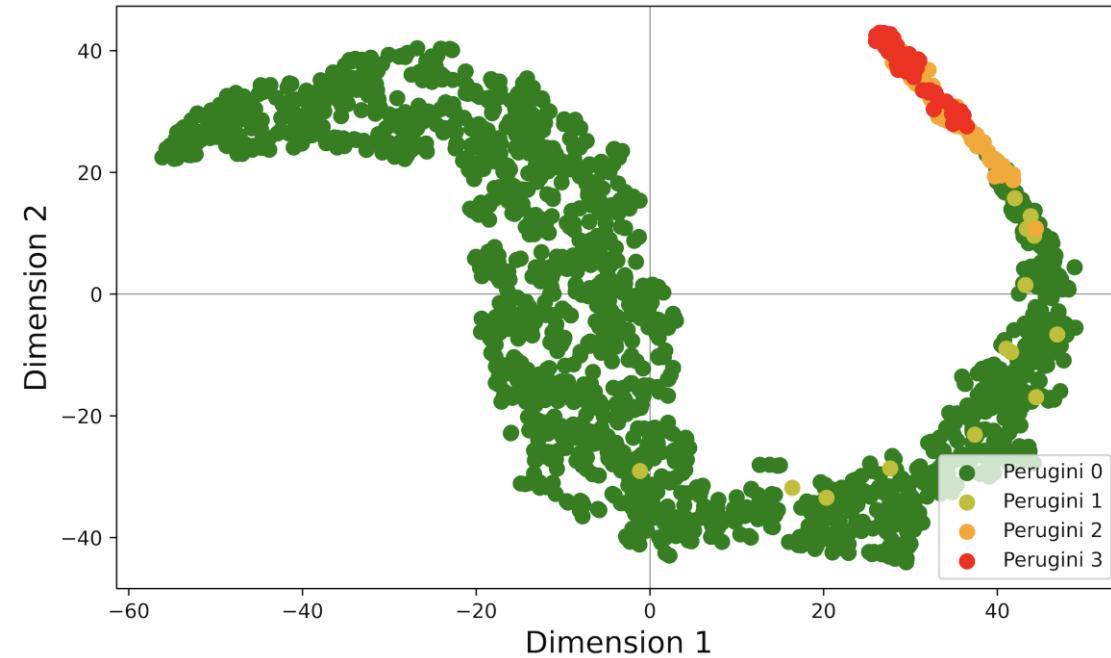
Mais on peut déterminer les distances entre les vecteurs de 2 images dans cet espace à  $i$  dimensions.



R'EPOF



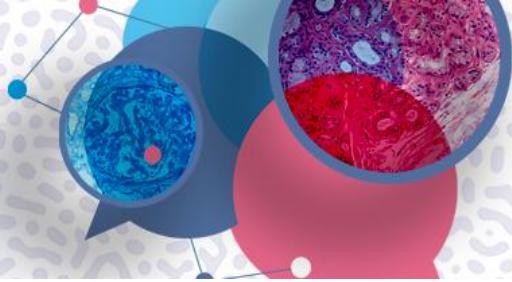
## Réduction dimensionnelle (t-SNE / ACP...)



T-SNE plot de scintigraphies osseuses de Mondor (n = 3048)



R'EPOF



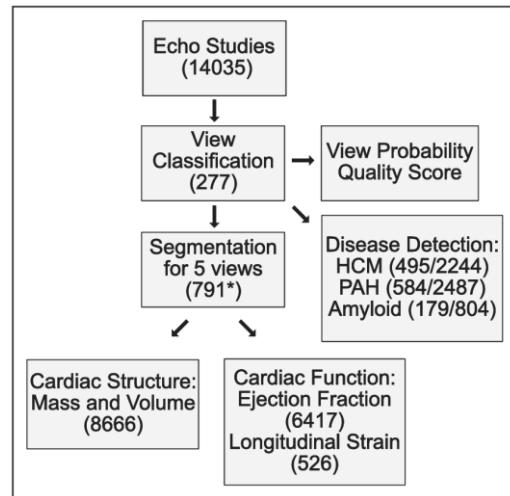
## Circulation

### ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

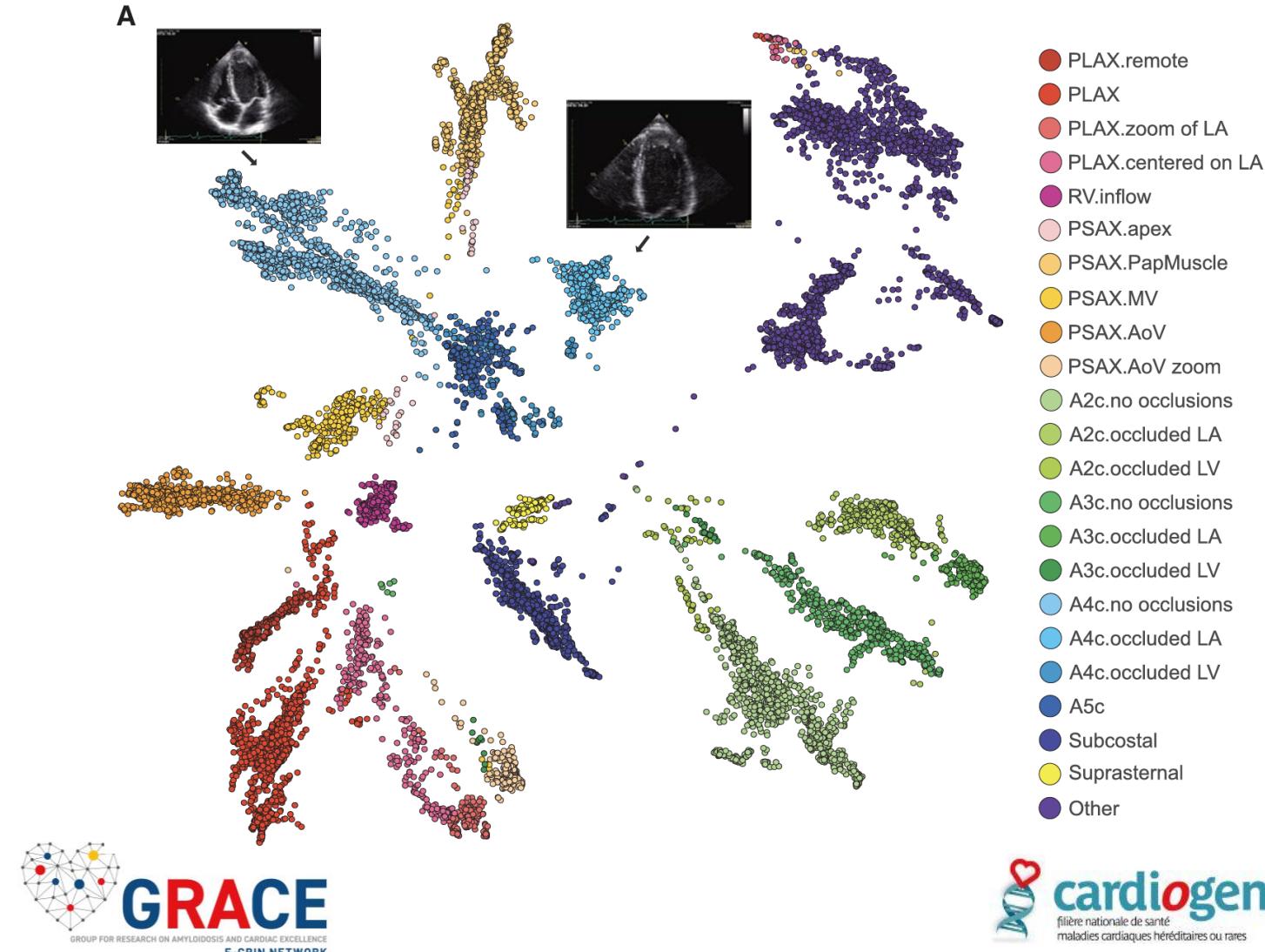
## Fully Automated Echocardiogram Interpretation in Clinical Practice

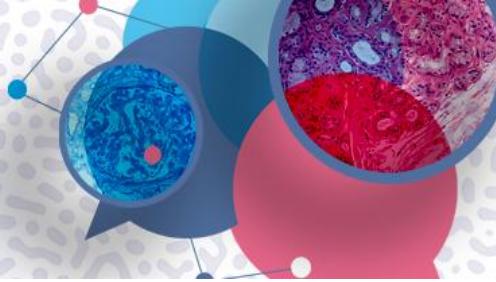
### Feasibility and Diagnostic Accuracy

Zhang, *Circulation* 2018



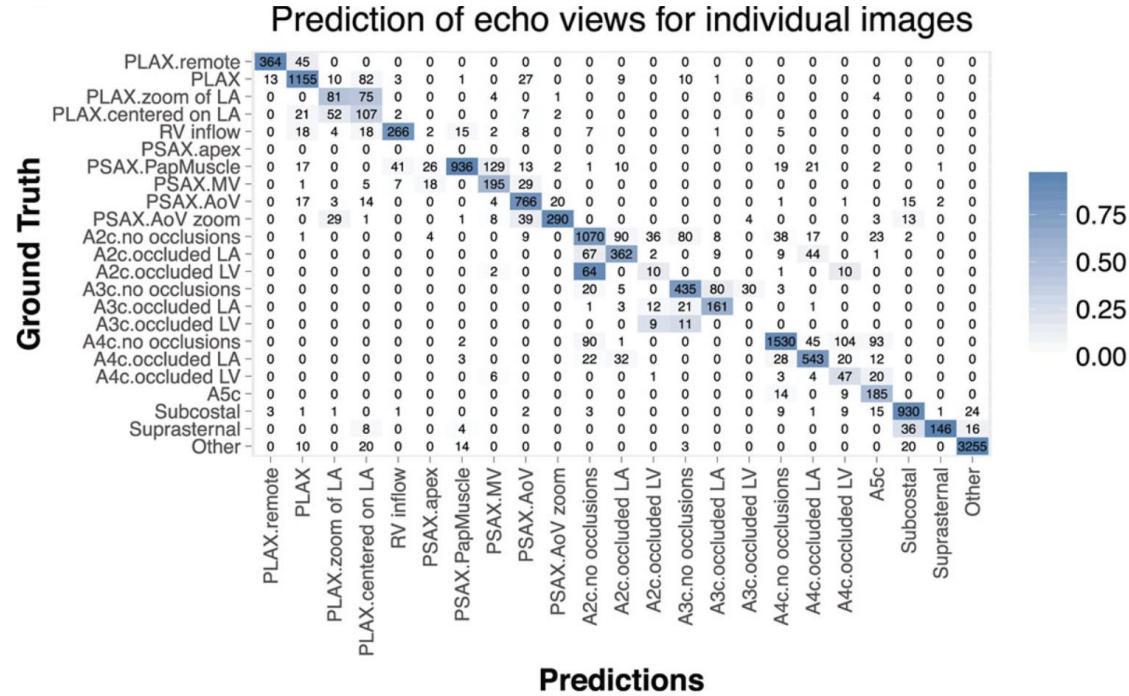
[www.reseau-amylose.org](http://www.reseau-amylose.org)





1

## Contrôle qualité

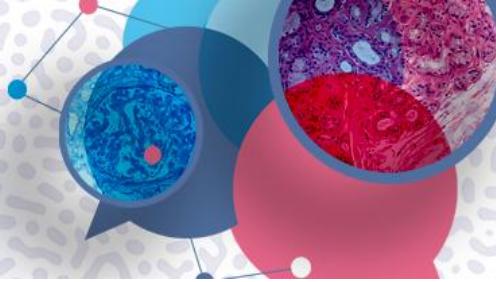


Pour chaque boucle d'une étude, calcul la probabilité d'appartenir à chaque vue standard (23 vues ≠).

- Très haute probabilité d'appartenir à une classe : ressemble à une image standard (confiance+++)
- Probabilité moyenne (répartie entre plusieurs classes) : boucle ambiguë / mauvaise qualité

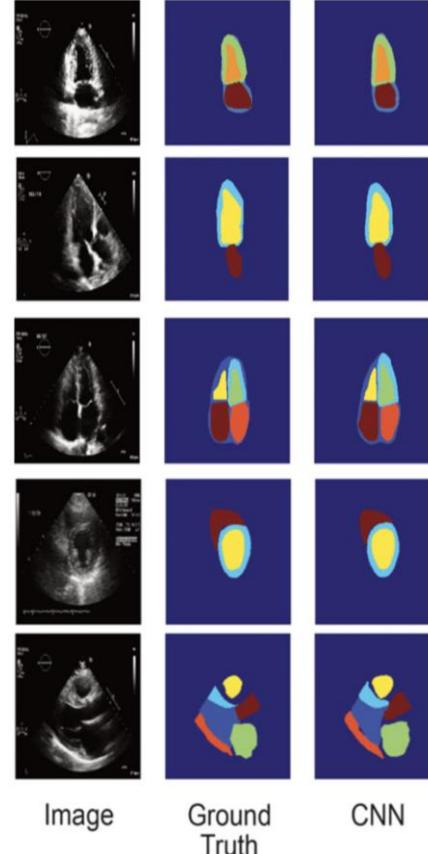


R<sup>2</sup>EPOF



2

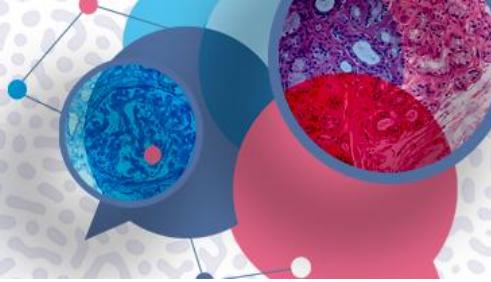
## Segmentation



View	Number of Images Used for Training	Segmented Area	IoU Accuracy
A2c	214	Left atrium blood pool	88.2
		Left ventricle blood pool	89.1
		Left ventricle myocardium	72.2
A3c	141	Left atrium blood pool	88.3
		Left ventricle blood pool	88.3
		Left ventricle myocardium	72.7
A4c	182	Left atrium blood pool	89.8
		Left ventricle blood pool	88.9
		Left ventricle myocardium	73.7
		Right atrium blood pool	88.1
		Right ventricle blood pool	83.3
PLAX	130	Left atrium blood pool	86.1
		Left ventricle blood pool	87.9
		Right ventricle blood pool	85.2
		Aortic root	86.4
		Anterior septum	76.8
		Posterior wall	74.9
PSAX	124	Left ventricle blood pool	79.6
		Left ventricle myocardium	74.0
		Right ventricle blood pool	64.6



R'EPOF



3

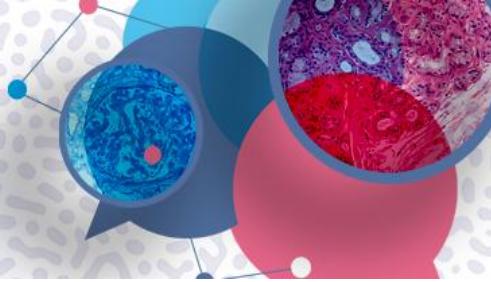
## Quantification

5% des études ont une déviation >5.8% du SGL

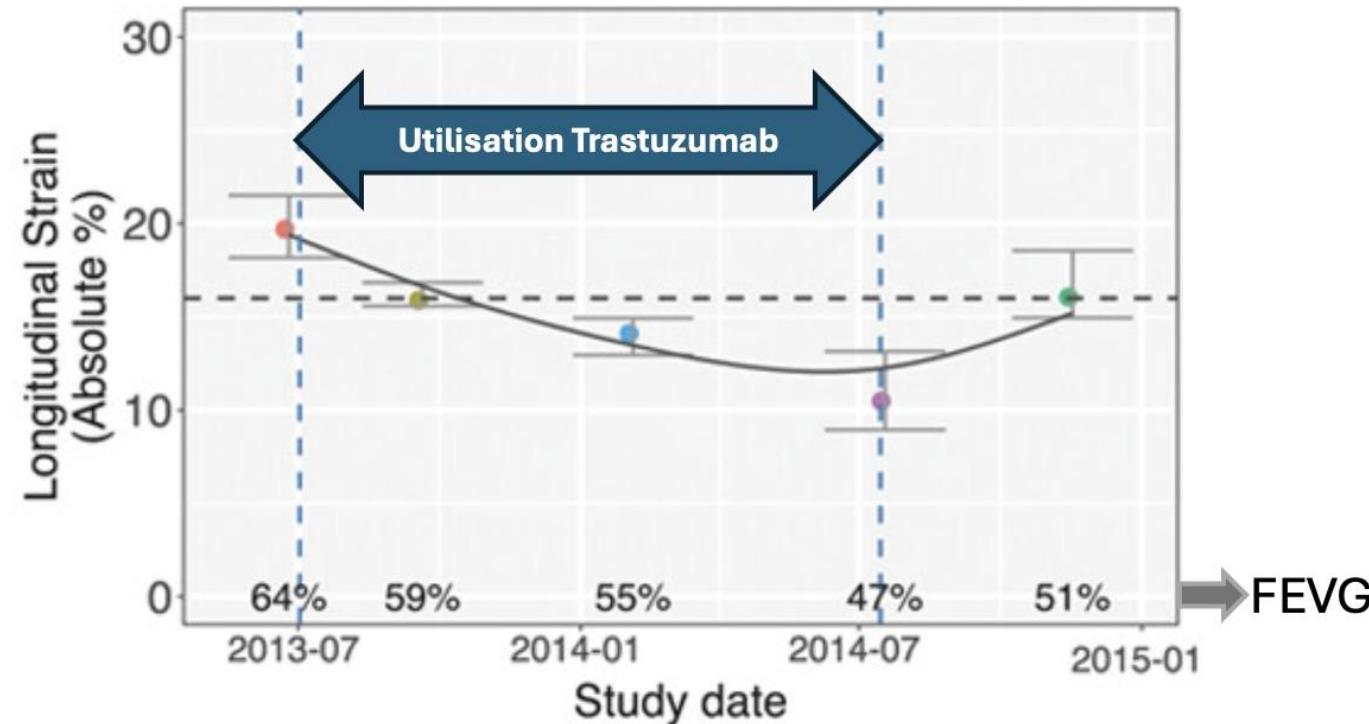
Metric	Number of Echocardiograms Used	Median Value (IQR)	Absolute Deviation: Automated vs Manual (% of Manual)		
			50	75	95
Left atrial volume, mL	4800	53 (40–71)	9 (16)	16 (29)	33 (66)
Left ventricular diastolic volume, mL	8457	92 (72–119)	16 (17)	29 (31)	56 (68)
Left ventricular systolic volume, mL	8427	33 (24–47)	9 (26)	16 (47)	39 (108)
Left ventricular mass, g	5952	148 (11–160)	23 (15)	42 (28)	91 (95)
Left ventricular ejection fraction	6407	65 (58–69)	6 (10)	11 (17)	20 (40)
Global longitudinal strain	418	19 (17–21)	1.4 (8)	2.7 (14)	5.8 (31)
Global longitudinal strain (Johns Hopkins PKD study)	110	18 (16–20)	1.6 (9)	2.8 (17)	5.4 (39)



R'EPOF



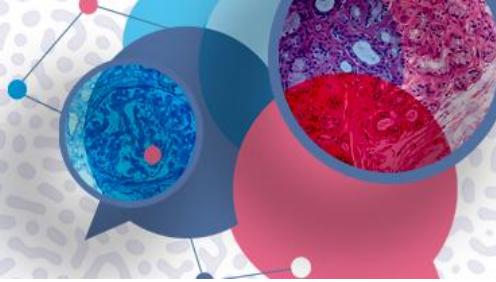
## Application pratique du modèle



Exemple de suivi automatisé de SLG sous anthracycline

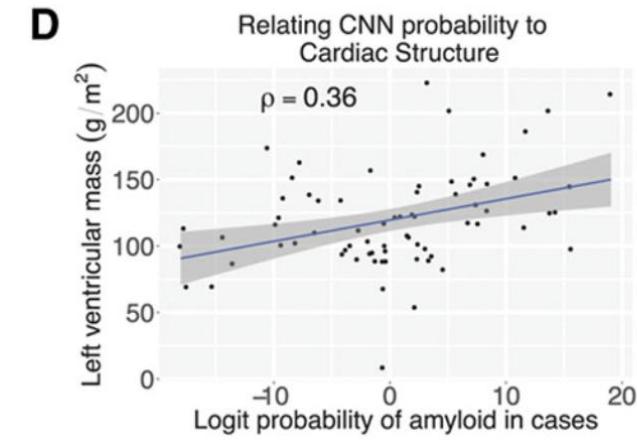
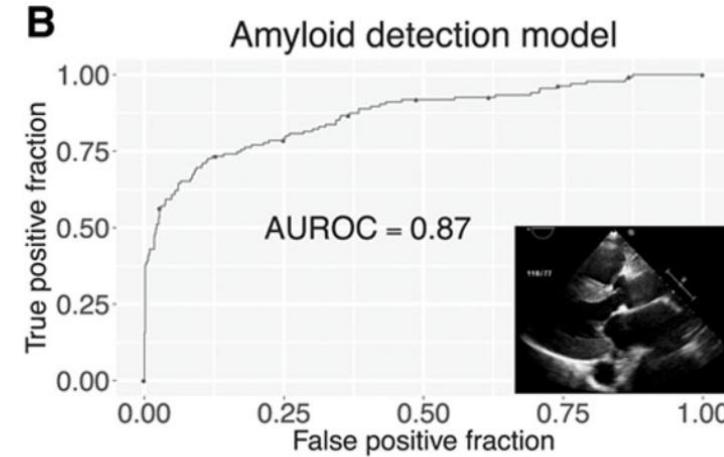
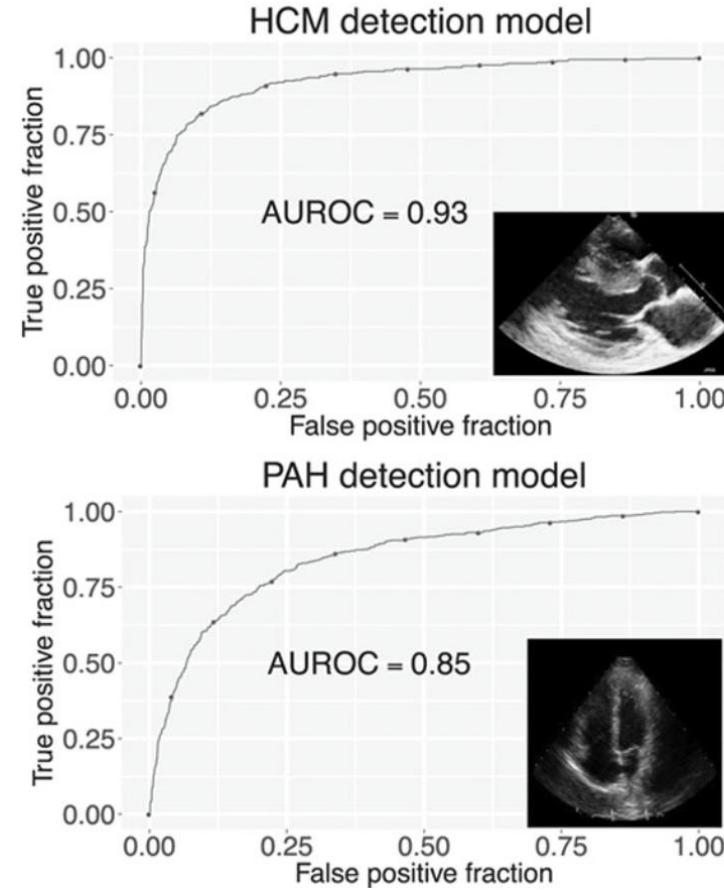


R'EPOF

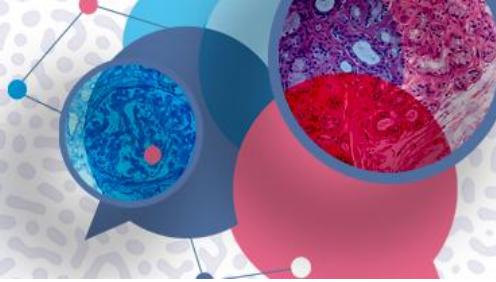


4

## Classification



R'EPOF



## IA en écho

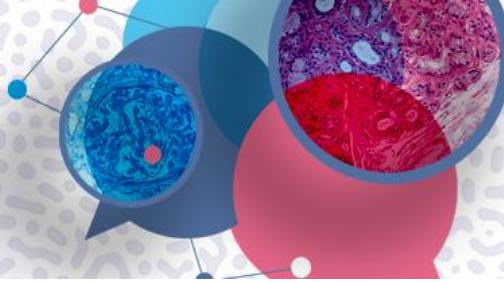
- **Automatisation** de la chaîne de quantification en ETT
- **Performances comparables** à la pratique clinique
- Le gain majeur n'est pas le diagnostic, mais **la standardisation** :
  - ✓ **Mêmes règles de mesure**
  - ✓ Moins de dépendance à l'opérateur
  - ✓ Ouvre la porte à un **suivi longitudinal plus fiable**

- ! La quantification n'a de valeur clinique qu'avec un **contrôle qualité**
- ! Les erreurs existent et sont identifiables : le modèle doit flagger l'incertitude



R'EPOF

L'IA rend possibles des mesures répétées, comparables et interprétables.



ORIGINAL RESEARCH

## Deep Learning-Derived Myocardial Strain



Alan C. Kwan, MD,<sup>a,\*</sup> Ernest W. Chang, MD, PhD,<sup>b,\*</sup> Ishan Jain,<sup>a</sup> John Theurer, BS,<sup>a</sup> Xiu Tang, RDMS,<sup>c</sup> Nadia Francisco, MSc,<sup>c</sup>  
Francois Haddad, MD,<sup>c</sup> David Liang, MD, PhD,<sup>c</sup> Alexandra Fábián, MD, PhD,<sup>d</sup> Andrea Ferencz,<sup>d</sup> Neal Yuan, MD,<sup>e</sup>  
Béla Merkely, MD, PhD, DSc,<sup>d</sup> Robert Siegel, MD,<sup>a</sup> Susan Cheng, MD, MMSc, MPH,<sup>a</sup> Attila Kovács, MD, PhD,<sup>d,f</sup>  
Márton Tokodi, MD, PhD,<sup>d,f</sup> David Ouyang, MD<sup>a,†</sup>

MINI-FOCUS: AI, MACHINE LEARNING, AND ECHOCARDIOGRAPHY

## Artificial Intelligence for Automatic Measurement of Left Ventricular Strain in Echocardiography



Ivar M. Salte, MD,<sup>a,b</sup> Andreas Østvik, MSc,<sup>c</sup> Erik Smistad, MSc, PhD,<sup>c</sup> Daniela Melichova, MD,<sup>b,d</sup>  
Thuy Mi Nguyen, MD,<sup>a,b</sup> Sigve Karlsen, MD,<sup>d</sup> Harald Brunvand, MD, PhD,<sup>d</sup> Kristina H. Haugaa, MD, PhD,<sup>b,e</sup>  
Thor Edvardsen, MD, PhD,<sup>b,e</sup> Lasse Lovstakken, MSc, PhD,<sup>c</sup> Bjørnar Grenne, MD, PhD<sup>c,f</sup>

## Fully Automated Versus Standard Tracking of Left Ventricular Ejection Fraction and Longitudinal Strain

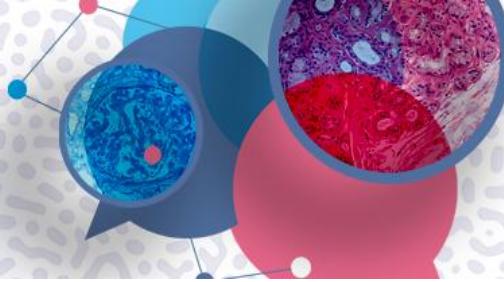


The FAST-EFs Multicenter Study

Christian Knackstedt, MD,<sup>\*</sup> Sebastiaan C.A.M. Bekkers, MD, PhD,<sup>\*</sup> Georg Schummers,<sup>†</sup> Marcus Schreckenberg,<sup>†</sup>  
Denisa Muraru, MD, PhD,<sup>‡</sup> Luigi P. Badano, MD, PhD,<sup>‡</sup> Andreas Franke, MD,<sup>§</sup> Chirag Bavishi, MD, MPH,<sup>||</sup>  
Alaa Mabrouk Salem Omar, MD, PhD,<sup>||</sup> Partho P. Sengupta, MD, DM<sup>||</sup>



R<sup>2</sup>EPOF



ÉVÉNEMENT HYBRIDE



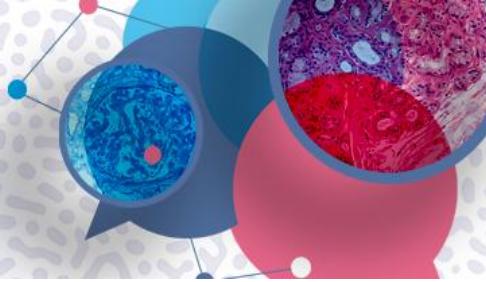
Jeudi 18 décembre 2025  
Fondation Biermans-Lapôtre ■ PARIS

[www.masterclass-amylose.com](http://www.masterclass-amylose.com)

# Exemples de modèles en scintigraphie

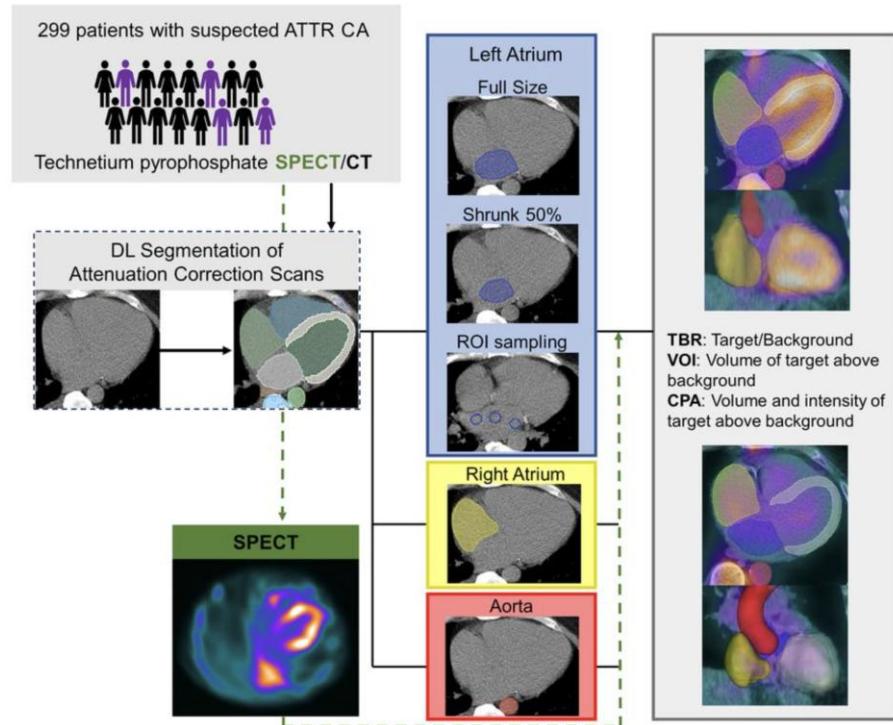


R'EPOF



## Deep Learning-Enabled Quantification of $^{99m}$ Tc-Pyrophosphate SPECT/CT for Cardiac Amyloidosis

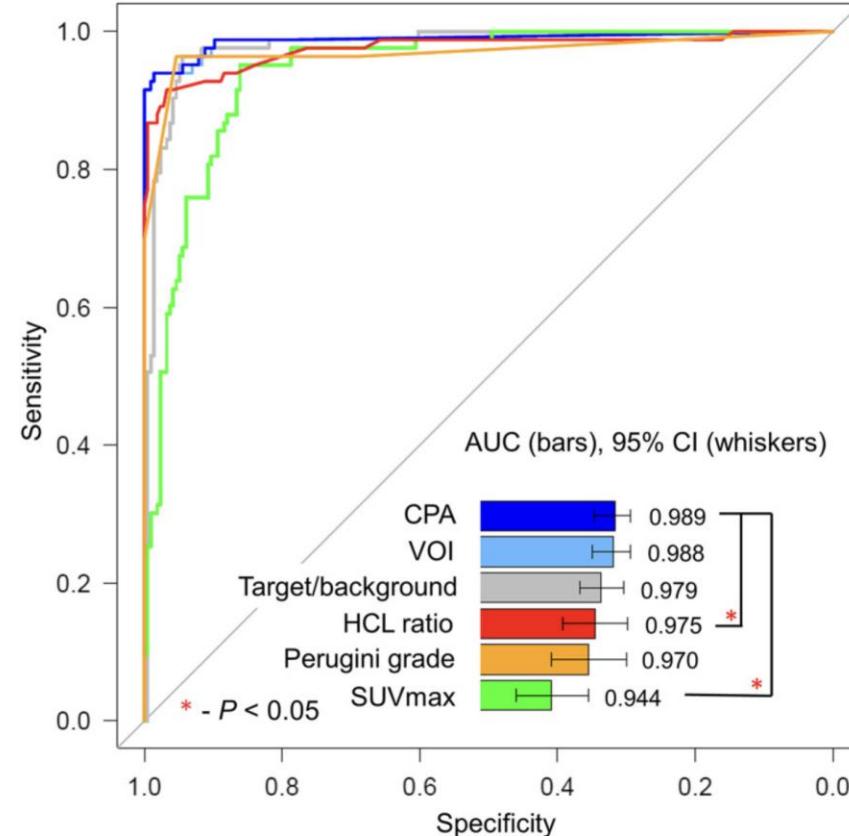
Robert J.H. Miller<sup>\*1</sup>, Aakash Shanbhag<sup>\*2,3</sup>, Anna M. Michalowska<sup>2</sup>, Paul Kavanagh<sup>2</sup>, Joanna X. Liang<sup>2</sup>, Valerie Builoff<sup>2</sup>, Nowell M. Fine<sup>1</sup>, Damini Dey<sup>2</sup>, Daniel S. Berman<sup>2</sup>, and Piotr J. Slomka<sup>2</sup>



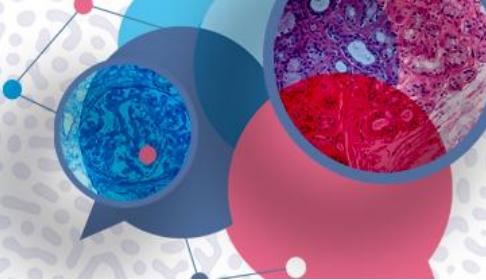
Miller, JNM 2024

[www.reseau-amylose.org](http://www.reseau-amylose.org)

Réseau Amylose

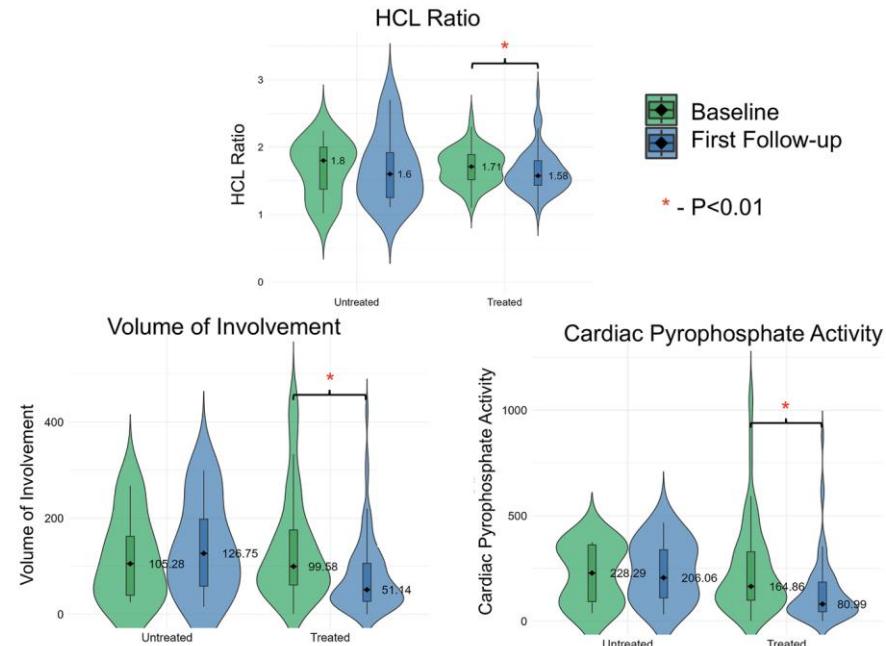


R'EPOF



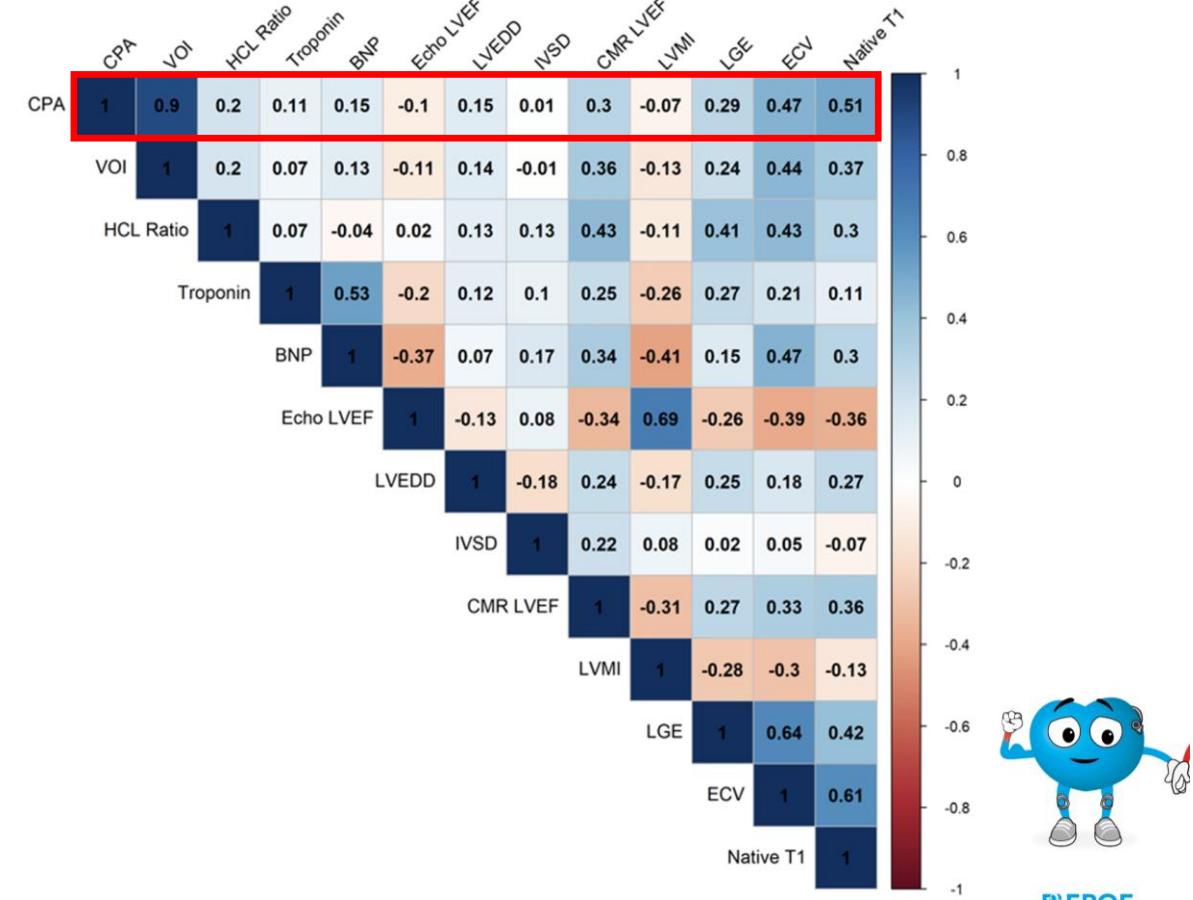
Artificial intelligence–driven longitudinal quantification of  
technetium pyrophosphate uptake in cardiac amyloidosis:  
Correlation with multimodality imaging and outcomes

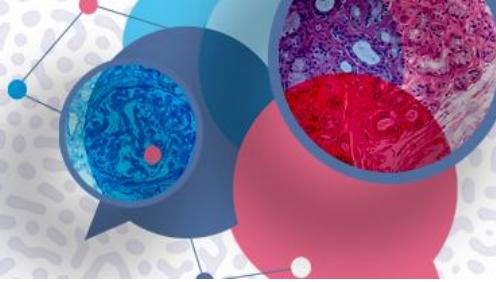
Robert JH. Miller, MD <sup>1,\*</sup>, Aakash Shanbhag, MSc <sup>2,3</sup>, Karan Shahi, MSc <sup>1</sup>, Debra Bosley, RN <sup>1</sup>,  
Lyndsay Litwin, RN <sup>1</sup>, James A. White, MD <sup>1</sup>, Victor Jimenez-Zepeda, MD <sup>1</sup>, Damini Dey, PhD <sup>2</sup>,  
Daniel S. Berman, MD <sup>2</sup>, Nowell M. Fine, MD SM <sup>1</sup>, Piotr J. Slomka, PhD <sup>2</sup>



Miller, JNC 2025

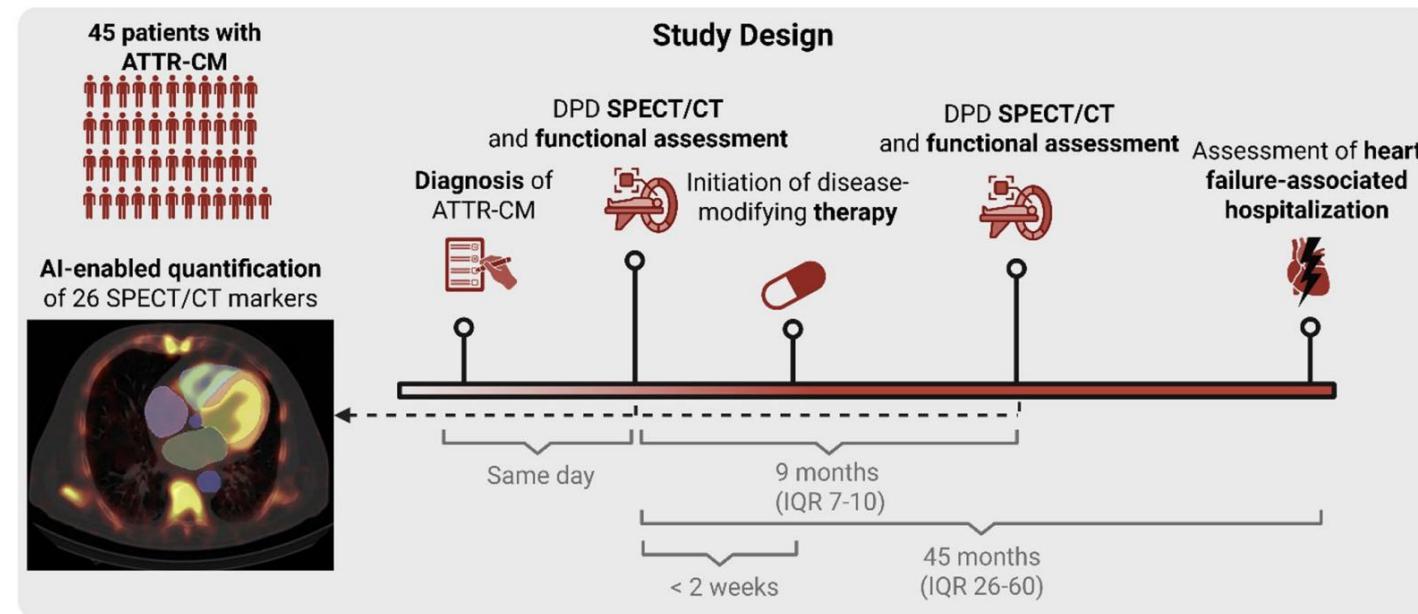
[www.reseau-amylose.org](http://www.reseau-amylose.org)



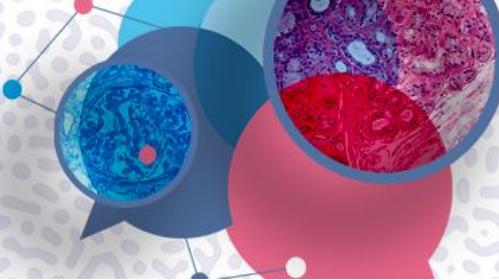


**Impact of disease-modifying therapy on [<sup>99m</sup>Tc]Tc-DPD SPECT/CT markers in transthyretin cardiac amyloidosis enabled by artificial intelligence**

Clemens P. Spielvogel<sup>1,2</sup> · Markus Köfler<sup>1</sup> · Zewen Jiang<sup>1</sup> · Jing Ning<sup>1</sup> · Josef Yu<sup>1</sup> · David Haberl<sup>1,2</sup> ·  
Christina Kronberger<sup>3</sup> · Michael Poledniczek<sup>3</sup> · Lena Marie Schmid<sup>3</sup> · David Kersting<sup>4</sup> · Nikita Ermolaev<sup>3</sup> ·  
Roza B. Eslam<sup>3</sup> · Michaela Auer-Grumbach<sup>5</sup> · Christina Binder<sup>3</sup> · Franz Duca<sup>3</sup> · Christian Nitsche<sup>3</sup> · Johannes Kastner<sup>3</sup> ·  
Jutta Bergler-Klein<sup>3</sup> · Andreas A. Kammerlander<sup>3</sup> · Christian Hengstenberg<sup>3</sup> · Marcus Hacker<sup>1</sup> · Raffaella Calabretta<sup>1</sup> ·  
René Rettl<sup>3</sup>

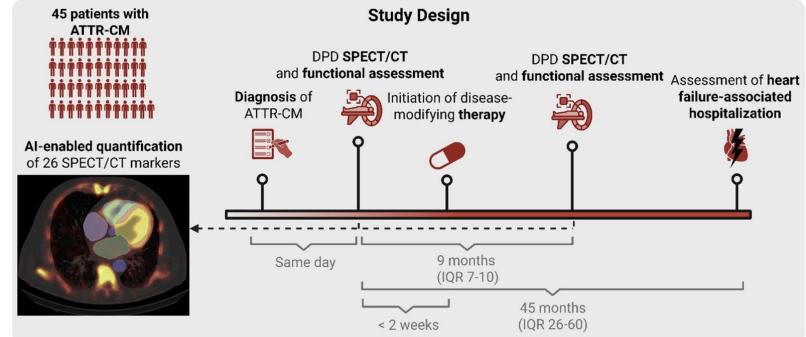


R'EPOF



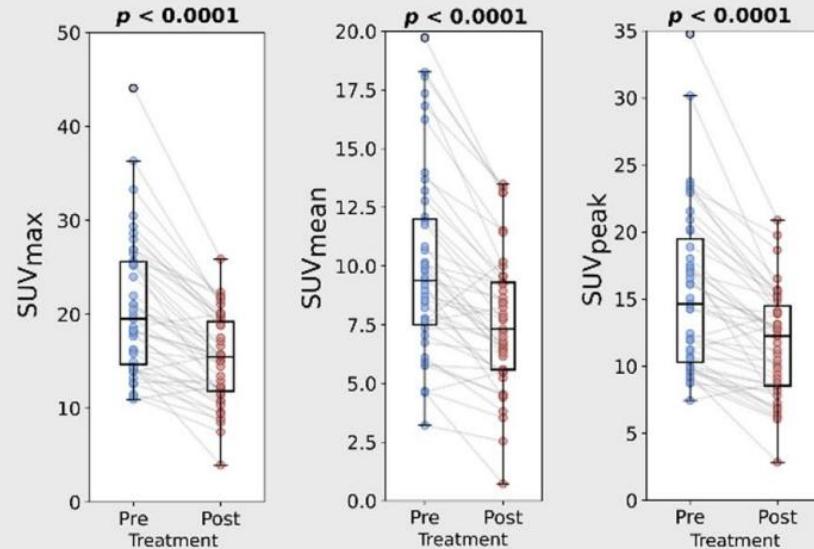
### Impact of disease-modifying therapy on $[^{99m}\text{Tc}]$ Tc-DPD SPECT/CT markers in transthyretin cardiac amyloidosis enabled by artificial intelligence

Clemens P. Spielvogel<sup>1,2</sup> · Markus Köfler<sup>1</sup> · Zewen Jiang<sup>1</sup> · Jing Ning<sup>1</sup> · Josef Yu<sup>1</sup> · David Haberl<sup>1,2</sup> · Christina Kronberger<sup>3</sup> · Michael Poledniczek<sup>3</sup> · Lena Marie Schmid<sup>3</sup> · David Kersting<sup>4</sup> · Nikita Ermolaev<sup>3</sup> · Roza B. Eslam<sup>3</sup> · Michaela Auer-Grumbach<sup>5</sup> · Christina Binder<sup>3</sup> · Franz Duca<sup>3</sup> · Christian Nitsche<sup>3</sup> · Johannes Kastner<sup>3</sup> · Jutta Bergler-Klein<sup>3</sup> · Andreas A. Kammerlander<sup>3</sup> · Christian Hengstenberg<sup>3</sup> · Marcus Hacker<sup>1</sup> · Raffaella Calabretta<sup>1</sup> · René Rettl<sup>3</sup>



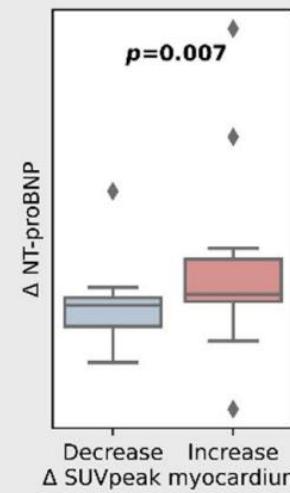
### Change in AI-based SPECT/CT Markers

17/26 (65%) of markers reduced after therapy (all  $p < 0.001$ )



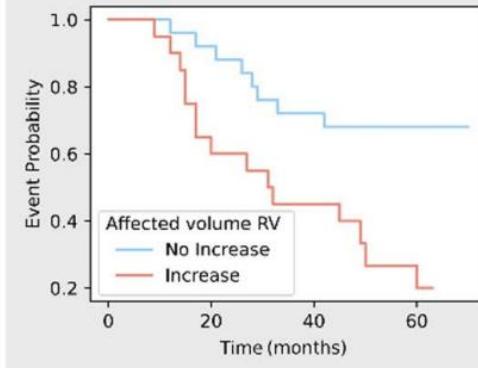
### Correlation with Functional Parameters

6 markers associated with NT-proBNP  
3 markers associated with NYHA

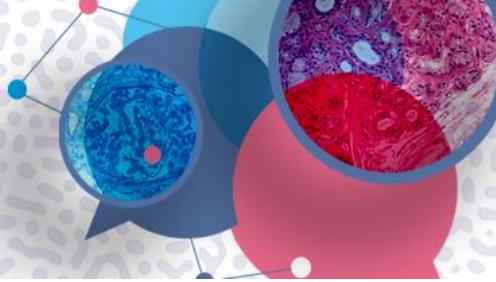


### Prognostic Assessment

Changes in volume of right ventricle are associated with death or heart failure-associated hospitalization



R'EPOF



ÉVÉNEMENT HYBRIDE



Jeudi 18 décembre 2025  
Fondation Biermans-Lapôtre ■ PARIS

[www.masterclass-amylose.com](http://www.masterclass-amylose.com)

### Limiter le **bruit de mesure**

- ✓ Rend la mesure plus fiable
- ✗ Ne la rend pas plus vraie pour autant



### Limiter la **dépendance à l'opérateur**

- ✓ Automatise les étapes de façon reproductible
- ✓ Accès à des mesures plus comparables « expertes »
- ✗ Ne fais pas l'interprétation finale

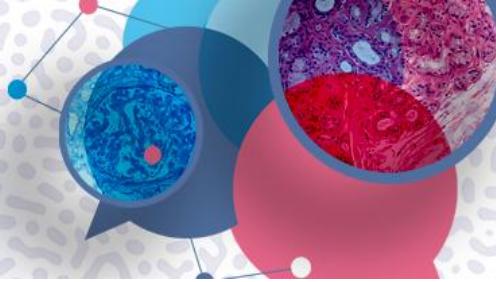
**Fiabilise la comparabilité et permet l'automatisation des mesures.**



R'EPOF



cardiogen  
filière nationale de santé  
maladies cardiaques héréditaires ou rares



ÉVÉNEMENT HYBRIDE



Jeudi 18 décembre 2025  
Fondation Biermans-Lapôtre ■ PARIS

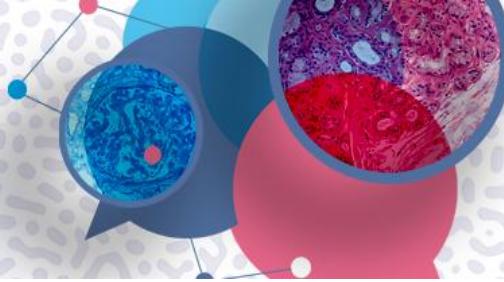
[www.masterclass-amylose.com](http://www.masterclass-amylose.com)

# Deux petits mots pour la fin...



R'EPOF



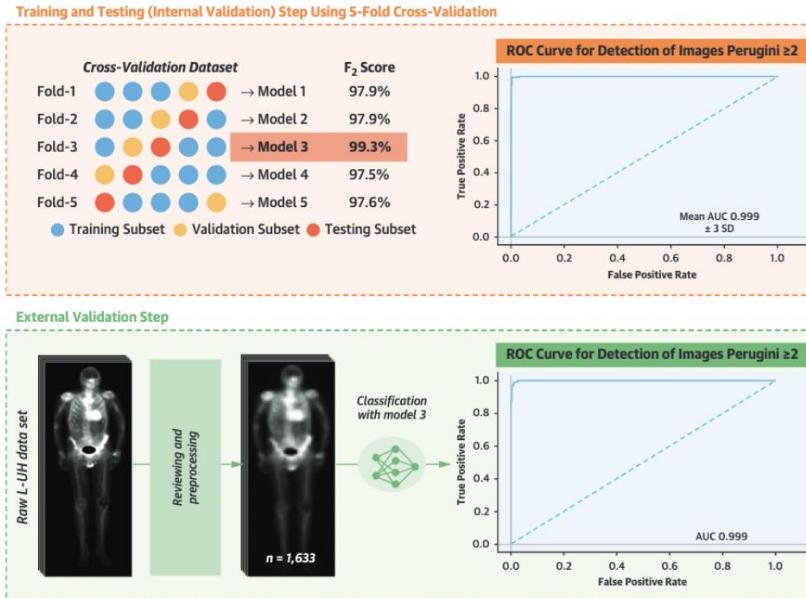


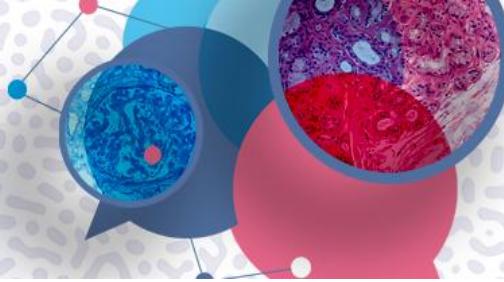
ORIGINAL RESEARCH

Deep Learning on Bone Scintigraphy  
to Detect Abnormal Cardiac Uptake  
at Risk of Cardiac Amyloidosis



Marc-Antoine Delbarre, MD, MSc,<sup>a,b</sup> François Girardon, MSc,<sup>c</sup> Lucien Roquette, MSc,<sup>c</sup>  
Paul Blanc-Durand, MD, MSc,<sup>d,e,f</sup> Marc-Antoine Hubaut, MD, MSc,<sup>g</sup> Éric Hachulla, MD, PrID,<sup>h,i</sup>  
Franck Semah, MD, PrID,<sup>d</sup> Damien Huglo, MD, PrID, Nicolas Garcelon, PrID,<sup>c</sup> Etienne Marchal, MD, MSc,<sup>k</sup>  
Isabelle El Esper, MD, MSc,<sup>k,l</sup> Christophe Tribouilloy, MD, PrID,<sup>b</sup> Nicolas Lamblin, PD, PrID,<sup>m,n</sup>  
Pierre Duhaut, MD, PrID,<sup>a,b</sup> Jean Schmidt, MD, PrID,<sup>a,b</sup> Emmanuel Itti, MD, PrID,<sup>d</sup> Thibaud Damy, MD, PrID,<sup>o,p</sup>





ÉVÉNEMENT HYBRIDE



Jeudi 18 décembre 2025  
Fondation Biermans-Lapôtre ■ PARIS

[www.masterclass-amylose.com](http://www.masterclass-amylose.com)

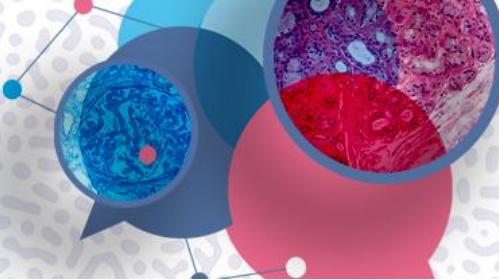
ChatGPT 5.2 ▾



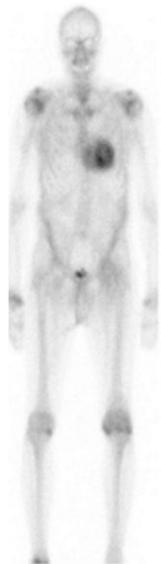
Quel est cet examen, et quelles sont les principales anomalies ?



R'EPOF



ChatGPT 5.2



Quel est cet examen, et quelles sont les principales anomalies ?

Il s'agit d'une scintigraphie osseuse corps entier réalisée après injection d'un diphosphonate marqué au technétium-99m (le plus souvent Tc-99m-HMDP ou DPD), acquise en incidence antérieure.

### Principales anomalies visibles

#### 1. Fixation cardiaque intense

- Présence d'une **hyperfixation myocardique franche**, bien visible en projection antérieure.
- Cette fixation est **anormale** pour une scintigraphie osseuse standard.
- L'intensité est comparable ou supérieure à celle du squelette adjacent, correspondant à un **score de Perugini élevé ( $\geq 2$ , probablement 3)**.

➡ Très fortement évocateur d'une amylose cardiaque à transthyrétine (ATTR) en l'absence de gammopathie monoclonale.

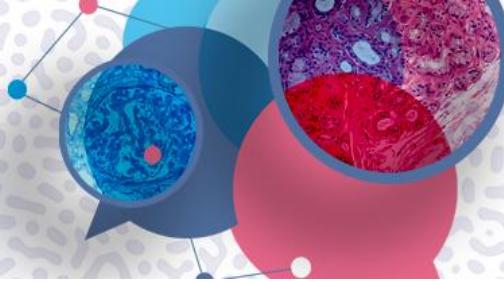
#### 2. Fixations ostéo-articulaires périphériques

- Hyperfixation bilatérale des **épaules** (aspect en faveur d'atteinte dégénérative ou microcristalline).
- Fixations visibles au niveau des **genoux** et possiblement d'autres articulations portantes.
- Ces anomalies sont **fréquentes et non spécifiques**, mais s'intègrent bien dans le terrain de patients atteints d'ATTR (atteinte ostéo-articulaire associée).

#### 3. Fixations des parties molles

- Impression de **diffuse augmentation de l'activité des tissus mous**, notamment thoraciques.
- Cet aspect est classiquement décrit dans les **amyloses ATTR**, en lien avec le tropisme extra-osseux du traceur.

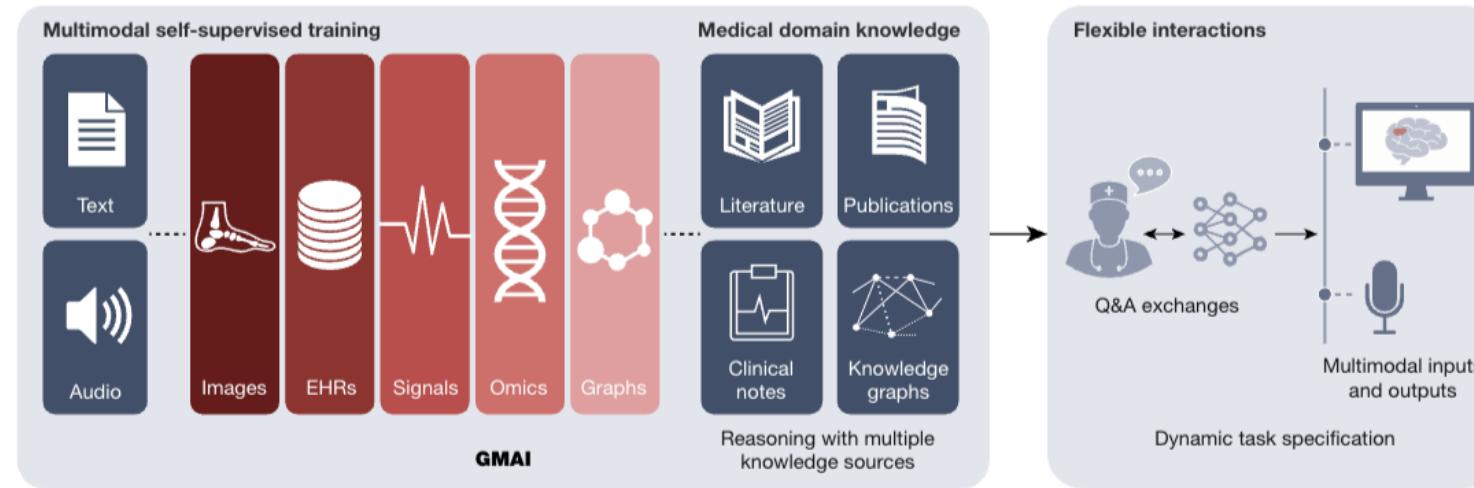




nature

Perspective

## Foundation models for generalist medical artificial intelligence

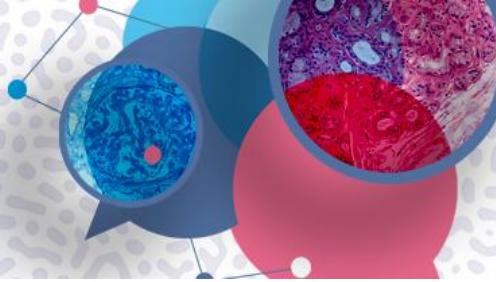


**b**  
Applications

- Chatbots for patients
- Interactive note-taking
- Augmented procedures
- Grounded radiology reports
- Text-to-protein generation
- Bedside decision support



R'EPOF



# Remerciements

## Platinum sponsors



## Silver sponsor



Journée organisée par :



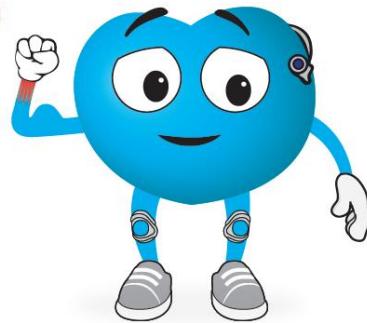
[www.masterclass-amylose.com](http://www.masterclass-amylose.com)

[www.reseau-amylose.org](http://www.reseau-amylose.org)

Les atteintes rhumatisques  
(synoviales) de l'amylose  
surviennent plusieurs années avant  
l'insuffisance cardiaque (EPOF)

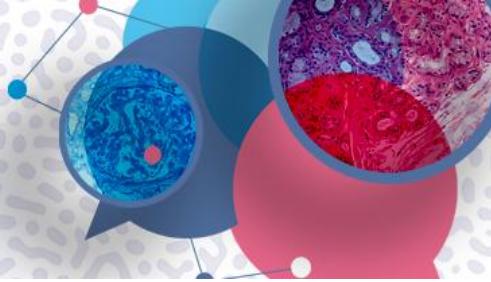
R<sup>®</sup> EPOF

- Surdité
- Essoufflement
- Canal carpien
- Doigt à ressaut
- Prise de poids
- Rupture du tendon du long biceps
- Œdèmes
- Canal lombaire étroit
- Prothèse de hanche/genou
- Fatigue



Et si c'était une  
Amylose  
Cardiaque à  
transthyrétine ?





ÉVÉNEMENT HYBRIDE



Jeudi 18 décembre 2025  
Fondation Biermans-Lapôtre ■ PARIS

[www.masterclass-amylose.com](http://www.masterclass-amylose.com)



[www.reseau-amylose.org](http://www.reseau-amylose.org)



Rejoignez la Campagne d'Information  
et de Dépistage 2026 de la Maladie Caméléon

**TIC-TAC,**  
*Il est temps de changer de **TAC-TIC**,*  
Passons du **TACØTAC !!!**



R'EPOF