

# ELECTRA

## 5-6 DÉCEMBRE 2024

HOTEL VILLA MASSALIA,  
MARSEILLE | FRANCE

18<sup>èmes</sup> journées françaises  
pratiques de rythmologie  
& de stimulation cardiaque

# Les secrets de l'ECG révélés par l'intelligence artificielle

### COMITÉ D'ORGANISATION

Frédéric FOSSATI, Lille  
Maxime GUENOUN, Marseille  
Arnaud LAZARUS, Paris  
Nicolas LELLOUCHE, Créteil  
Jacques MANSOURATI, Brest  
Jérôme TAÏEB, Aix-en-Provence

[CONGRES-ELECTRA.COM](http://CONGRES-ELECTRA.COM)

Josselin Duchateau

CHU de Bordeaux & IHU Liryc, Pessac France

2004 - 2024

20  
ans  
ELECTRA

  
L'institut des maladies du rythme cardiaque

  
CENTRE  
HOSPITALIER  
UNIVERSITAIRE  
BORDEAUX

# Conflits d'intérêt

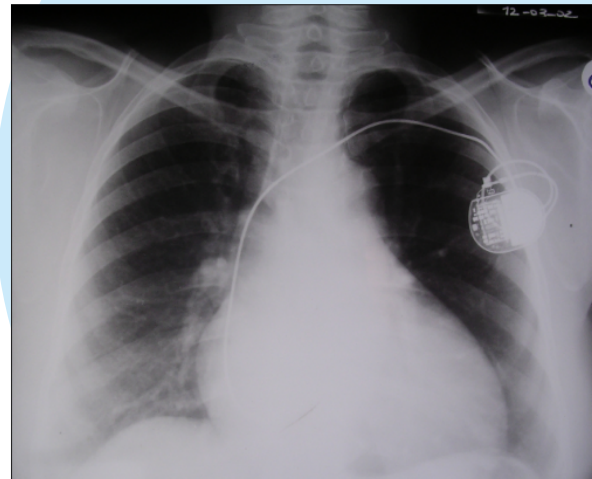
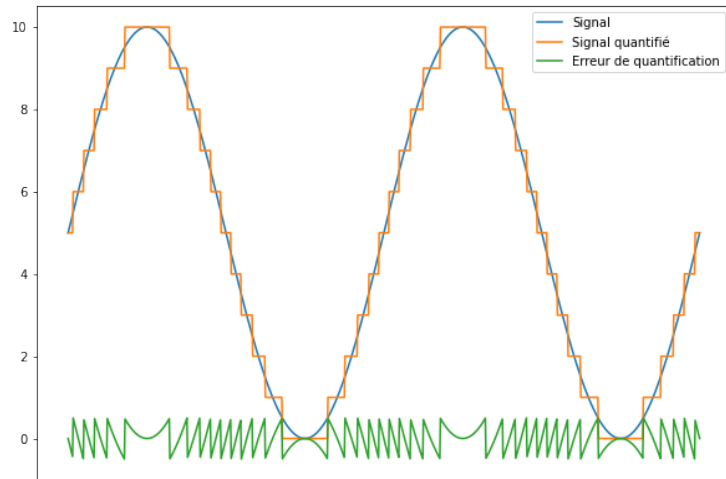
- Aucun

# IA et ECG: état de l'art

Notions introductives

# Des données en haute dimension

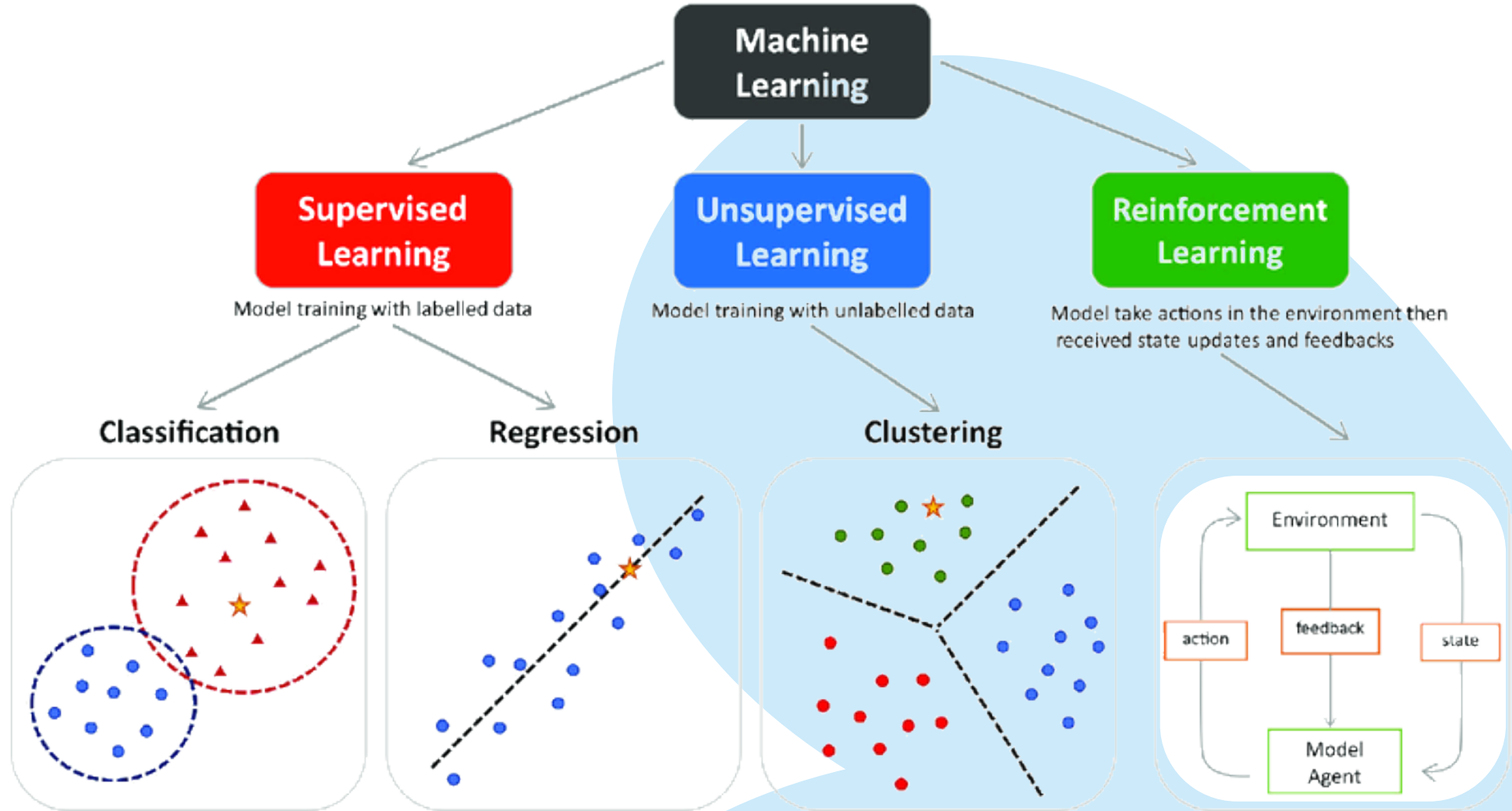
- Un poids ou une taille = **1 mesure = 1 dimension**
- Un ECG = 300 mesures/sec, 10 secondes, 8 canaux = **24 000** mesures
- Un scanner thoracique = 512x512x400 voxels = **10 4857 600** mesures



51	17	6	32	111	123	24	4	5	4
142	126	129	23	122	123	10	120	107	114
157	155	20	19	133	144	17	26	148	138
163	127	22	53	163	172	23	21	175	145
178	112	37	143	182	182	160	27	148	150
179	136	76	170	187	185	178	128	128	149
184	156	132	178	189	189	181	172	130	158
177	174	179	183	188	185	171	158	127	152

- NB: les mesures ne sont pas **indépendantes** les unes des autres

# *Le monde merveilleux de:* L'apprentissage machine



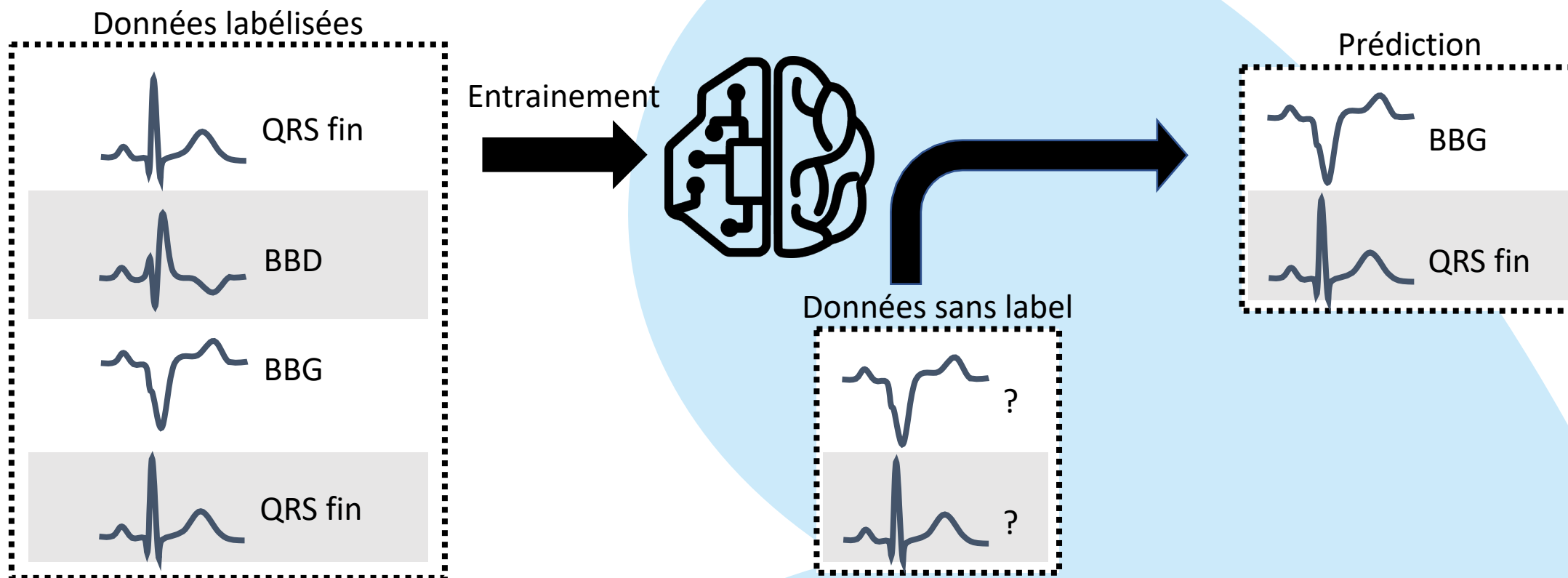
# Apprentissage supervisé

Concepts et applications

## Apprentissage supervisé:

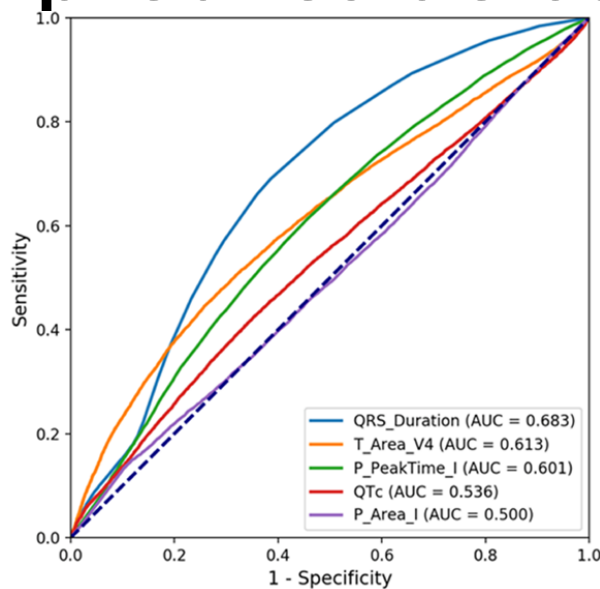
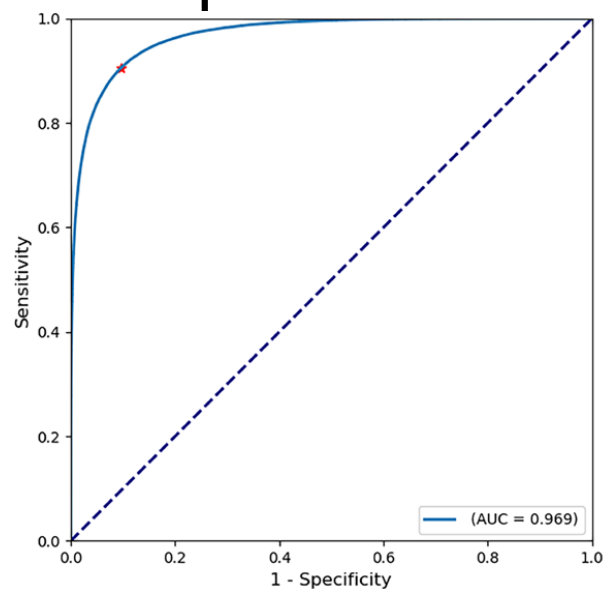
# Principe général

- L'algorithme est entraîné à effectuer une **tâche particulière**
- On connaît la **cible** : la réponse est connue pour une partie des données au moins

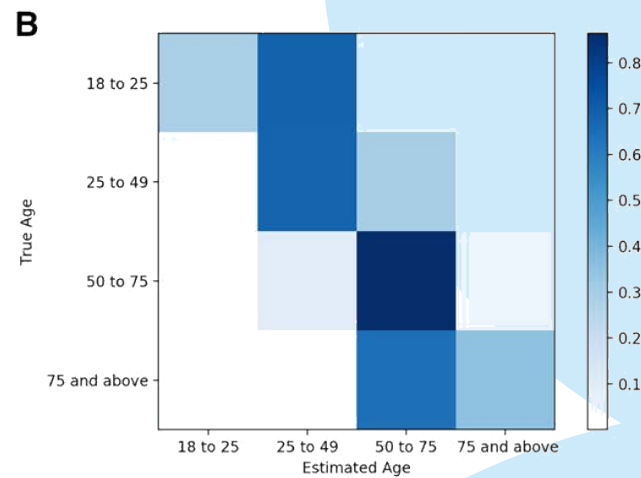
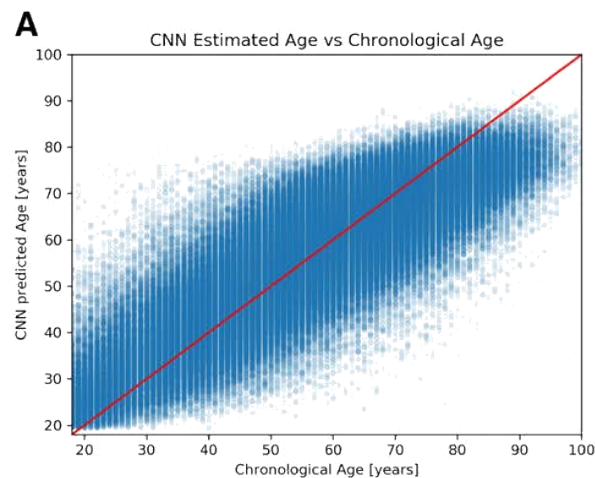


## Apprentissage supervisé:

# Les premières preuves de concept



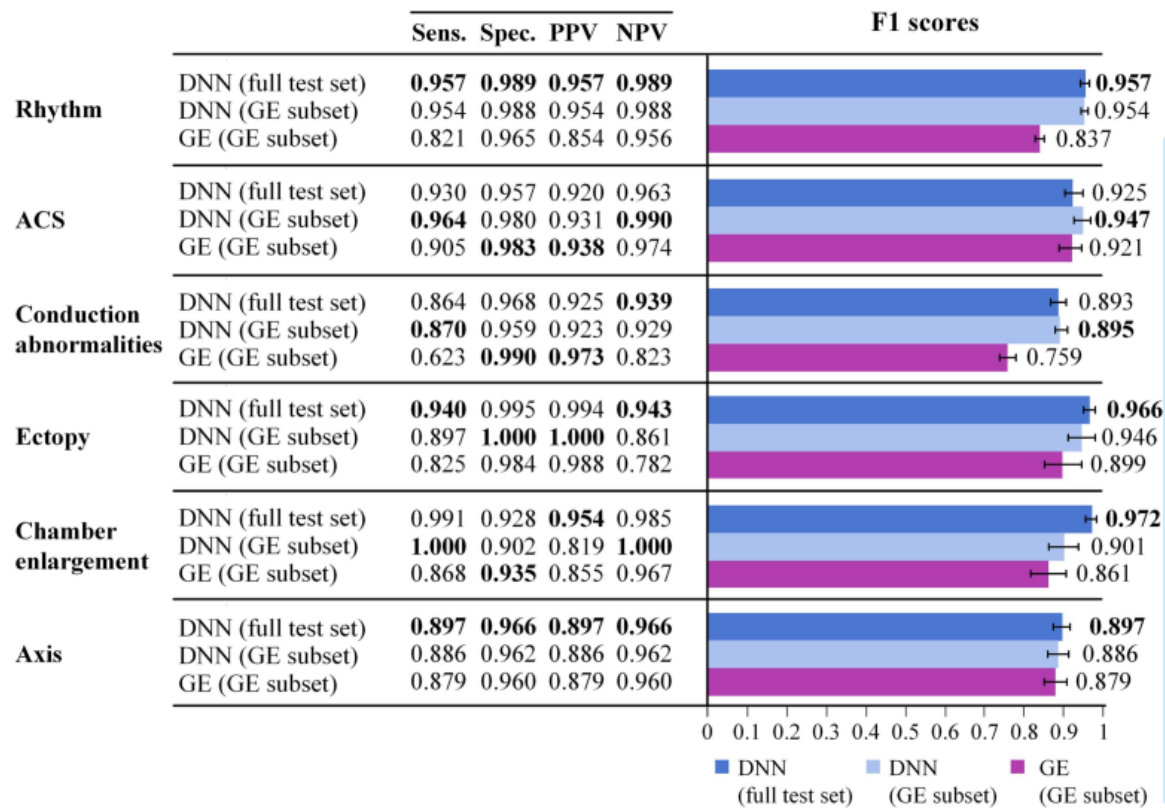
- **774 783 patients différents** (cohorte Mayo Clinic)
- Prédiction de l'âge/du sexe à partir de l'ECG
- Age et sexe **très fortement corrélé** au sexe démographique





## Apprentissage supervisé:

# Faciliter / automatiser des tâches humaines

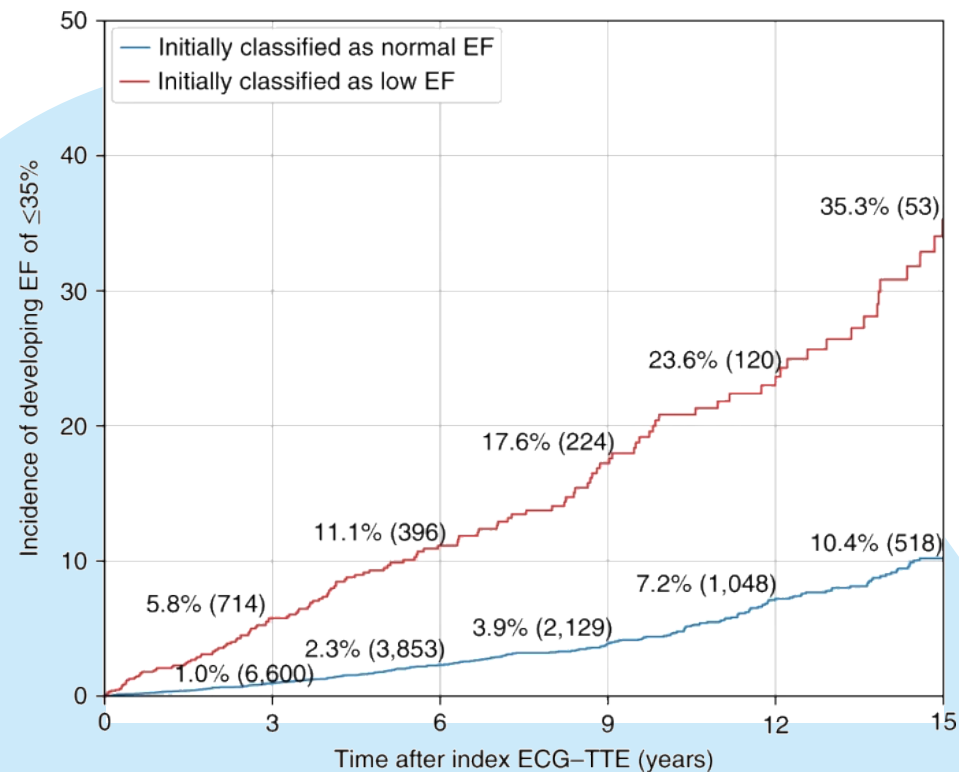
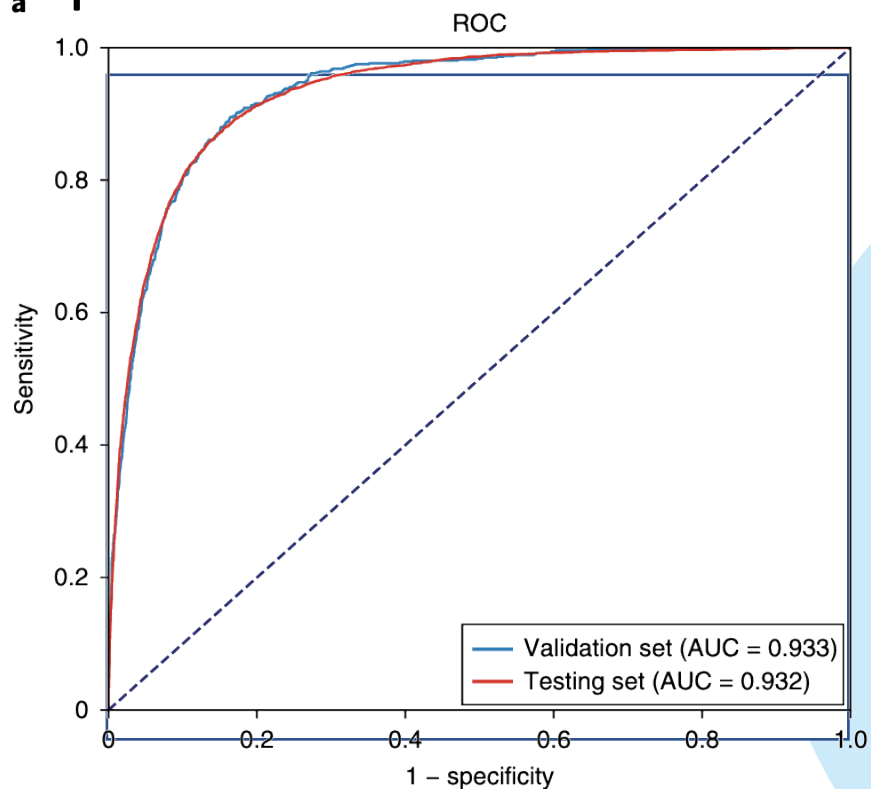


- Interprétation ECG: une **vingtaine de diagnostics**
- Attention: le diable est dans les détails...

*For the model derivation data set, the original diagnostic statements (automatically generated by the Marquette 12SL algorithm [version 2005], GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) were mapped into 20 diagnostic patterns [...] For the ECG duration measurements model, the standard ECG measurements automatically calculated by the Marquette 12SL (heart rate, P-wave duration, PR-interval, QRS, duration, and QT interval) were used for model development.*

## Apprentissage supervisé:

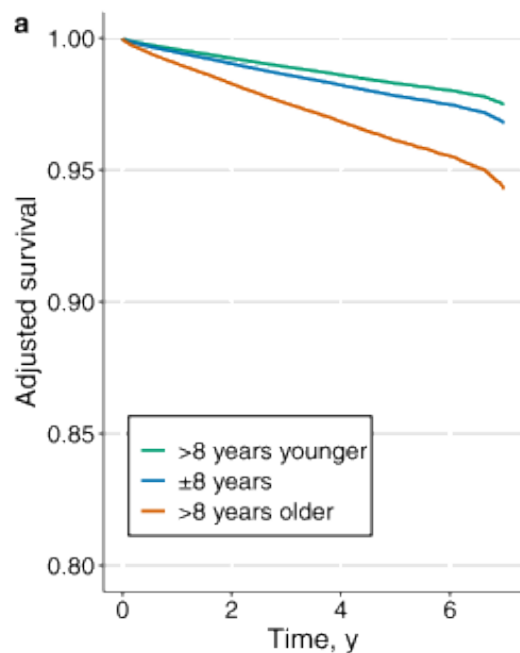
# Remplacer d'autres machines



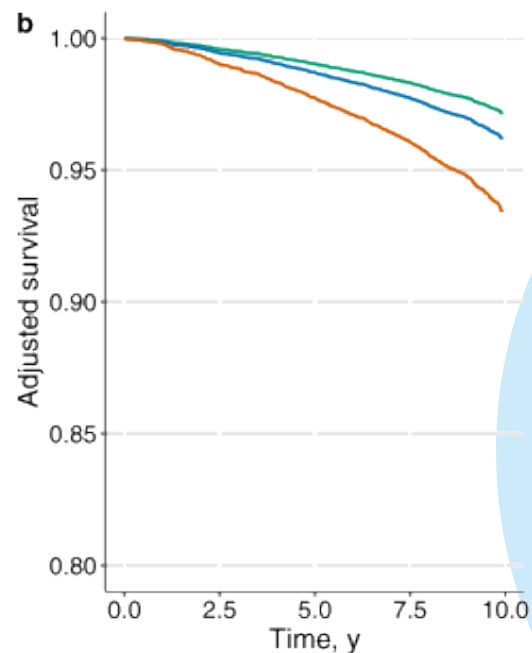
- Prédiction d'une FEVG échographique altérée à partir de l'ECG **meilleure que le Nt-Pro BNP** (AUC 0.85-0.90)
- Evolution **péjorative** des patients avec **mismatch**

## Apprentissage supervisé:

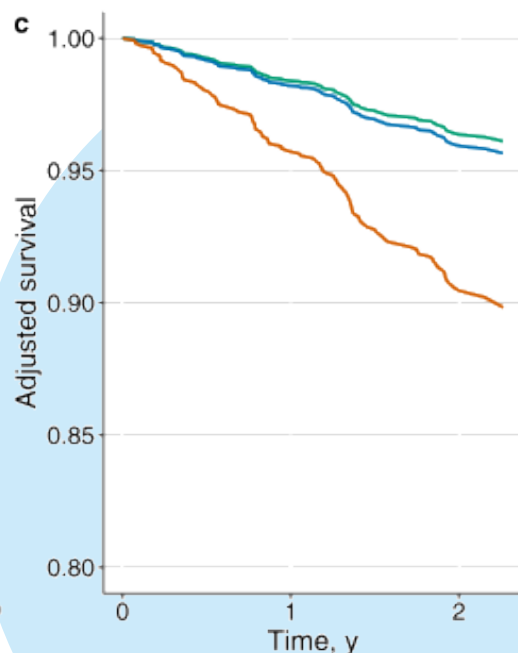
# Redéfinir des concepts cliniques abstraits



No. at risk	0	2	4	6
>8 years younger	39455	30283	15567	5630
±8 years	125706	96155	48164	16792
>8 years older	53008	40062	19630	6471



No. at risk	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0
>8 years younger	5353	5301	5162	3654	
±8 years	7710	7638	7469	5441	
>8 years older	1200	1180	1144	864	



No. at risk	0	1	2
>8 years younger	307	299	217
±8 years	796	777	576
>8 years older	528	506	363

- Méthodologie proche de l'article précédent, 1 558 415 patients
- Un âge ECG de plus de 8 ans au dessus de l'âge physiologique prédit une **mortalité quasiment doublée**
- Prédiction maintenue après ajustement sur les FDRCV classiques

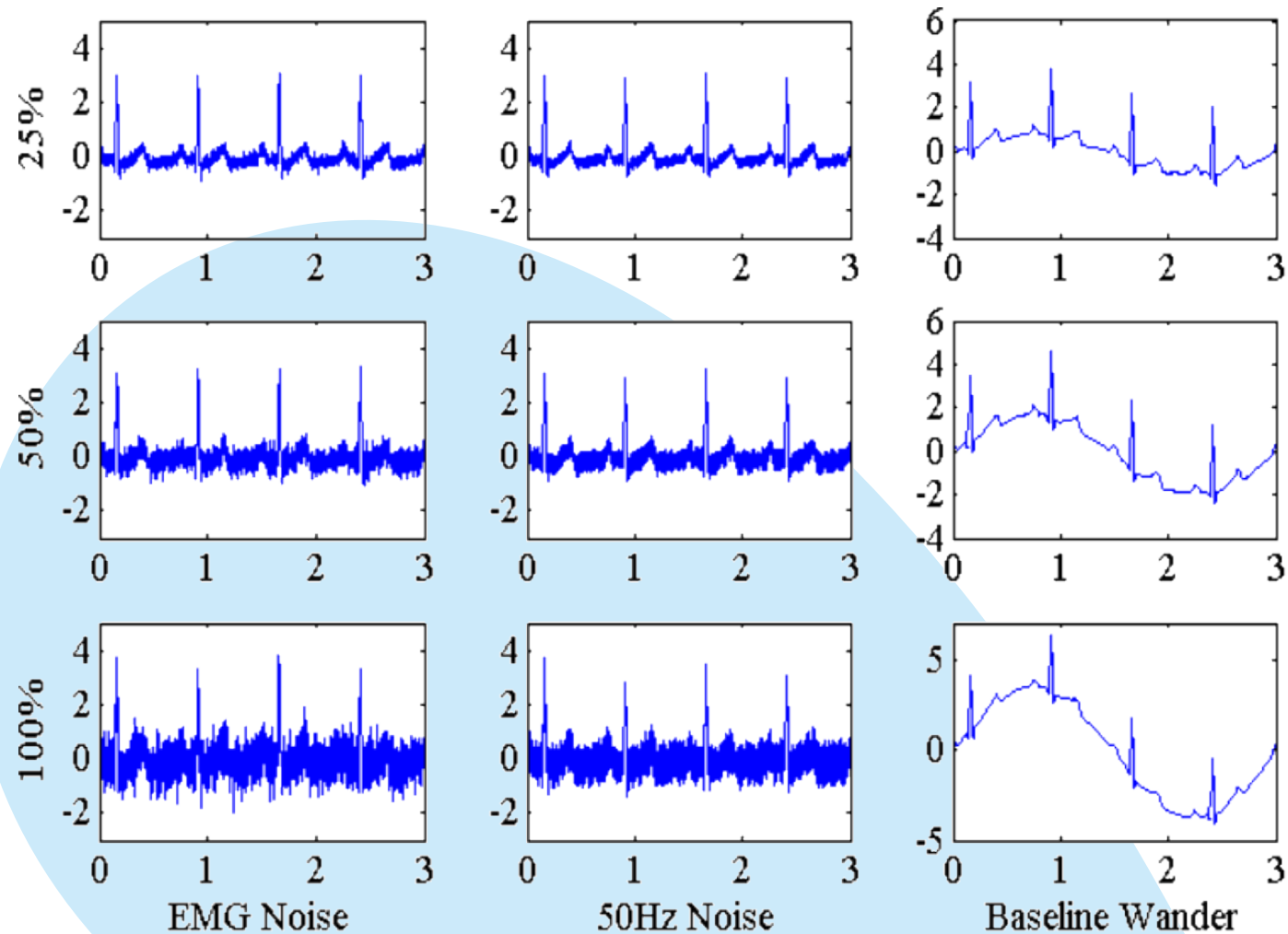
# IA générative

Applications pour l'ECG

## IA générative:

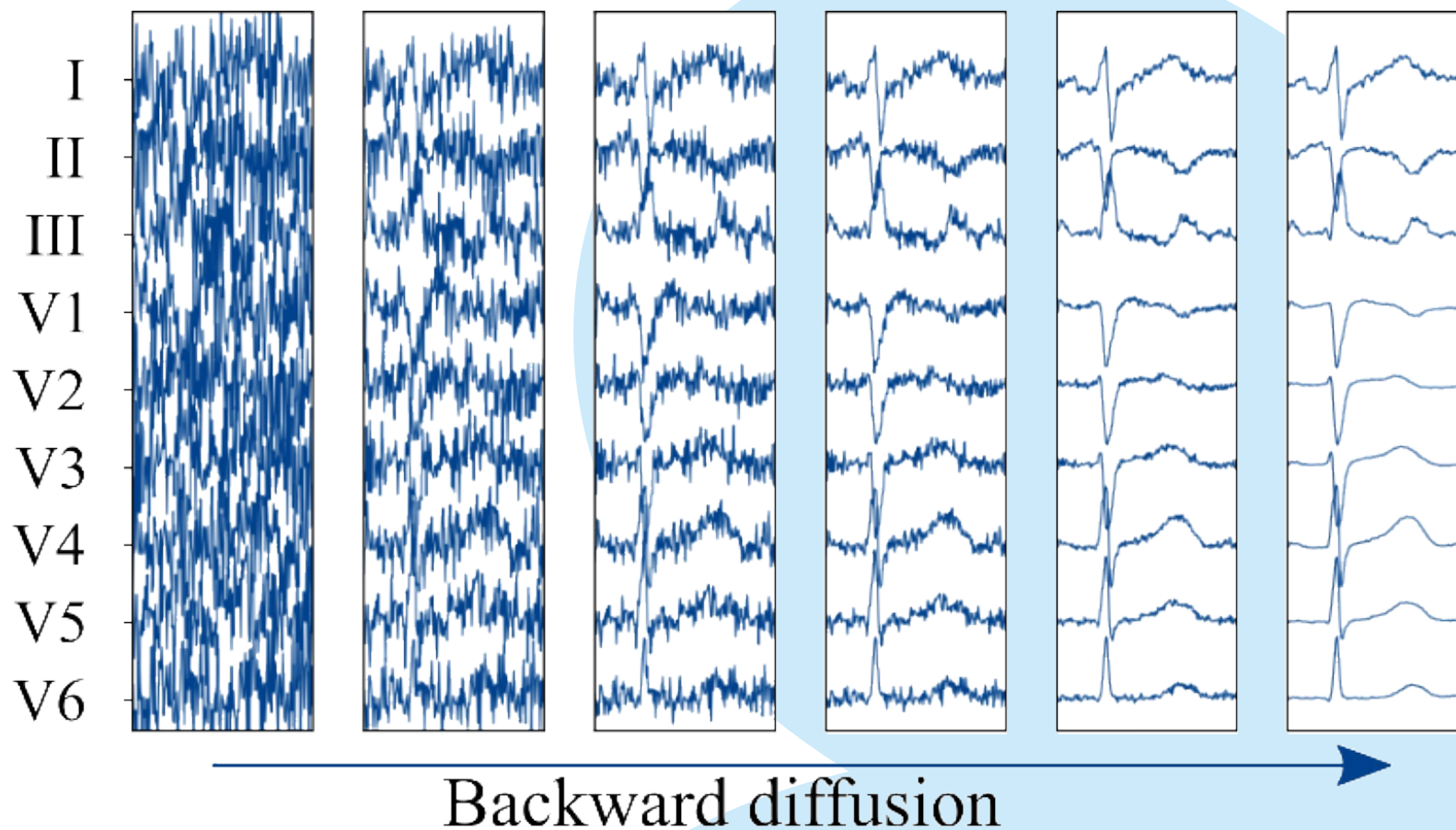
# Principe général

- L'algorithme permet de **générer / compléter** des informations manquantes à partir de **données à priori** (une question, etc.), généralement par un **processus itératif**
- « *Denoising diffusion* » : On présente à un algorithme des ECGs avec **de plus en plus bruités**, et il apprend à **débruiter** les ECGs (prédire l'ECG sans bruit)
- C'est une manière pour l'algorithme d'apprendre ce qu'est un **ECG**, en lui apprenant comment **retirer ce qui n'est pas de l'ECG** d'un enregistrement



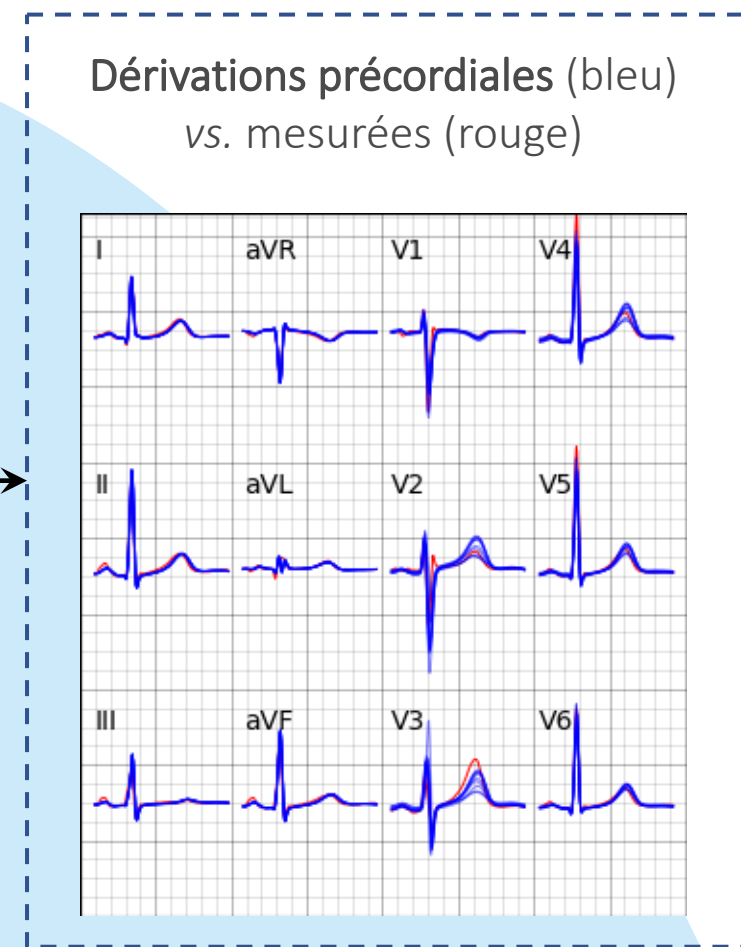
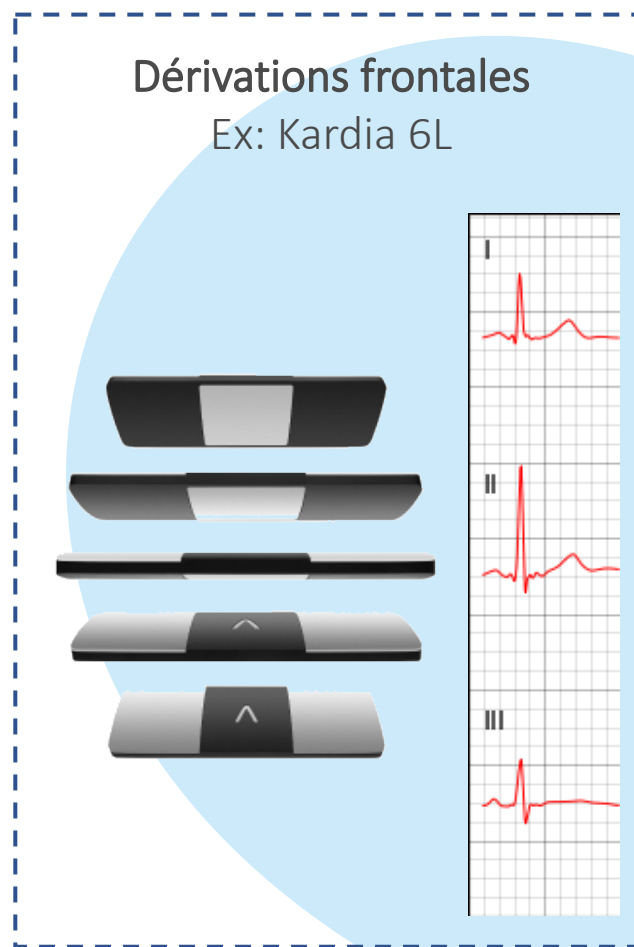
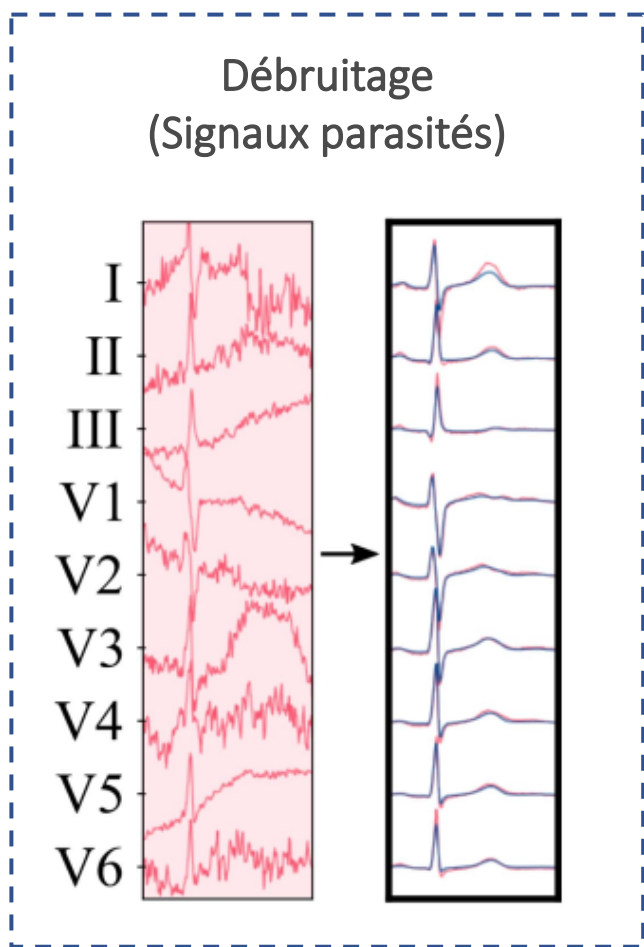
## *IA générative:* *Denoising Diffusion*

- *In fine*, on peut présenter du **bruit aléatoire** pour générer un ECG



# *Denoising diffusion:* Exemples d'application

## Génération de données manquantes

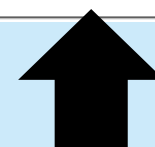
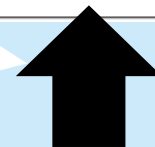
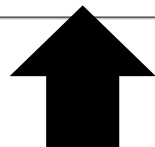
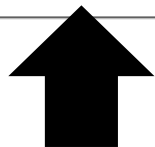
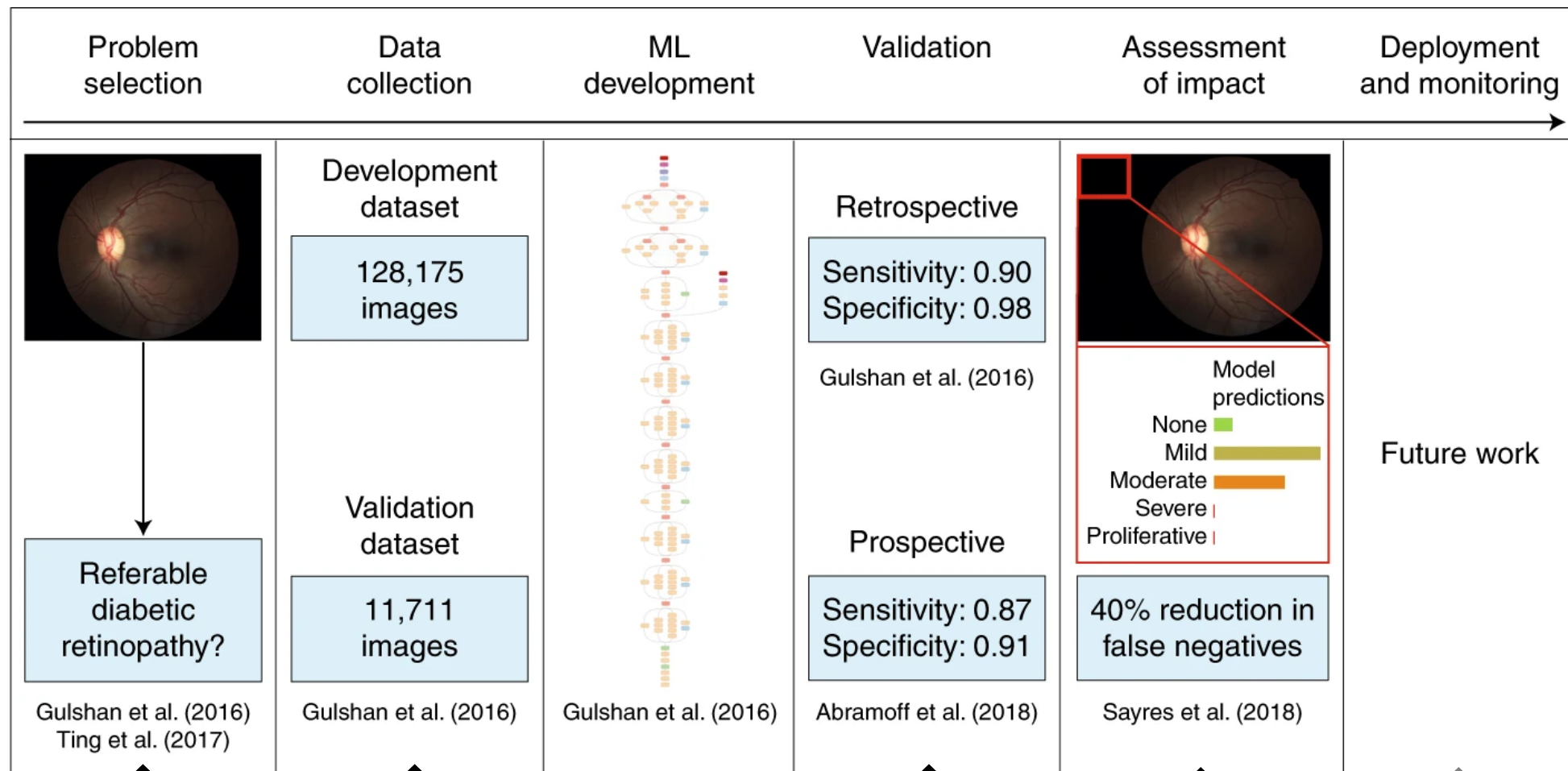


# Quelle place pour le cardiologue?

Dans la recherche, dans l'utilisation, dans l'organisation



# Développement d'un outil d'IA: Les médecins à tous les niveaux



Sélection des problèmes à adresser:

# Réévaluer nos **approches**, nos **connaissances**



**CHADS<sub>2</sub>  
Score**

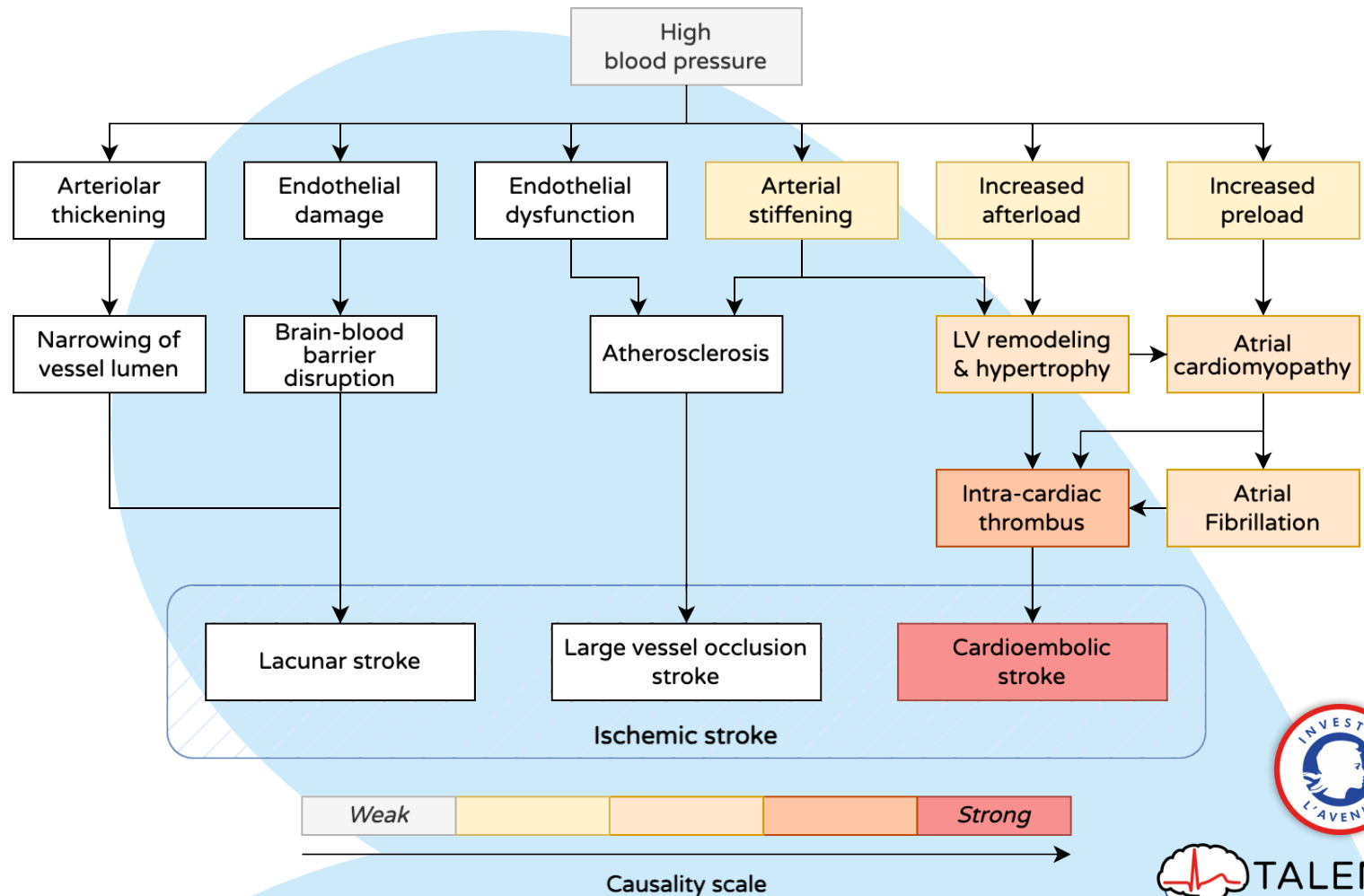
Gage *et al.* 2001



**CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-  
VASC Score**

Lip *et al.* 2010

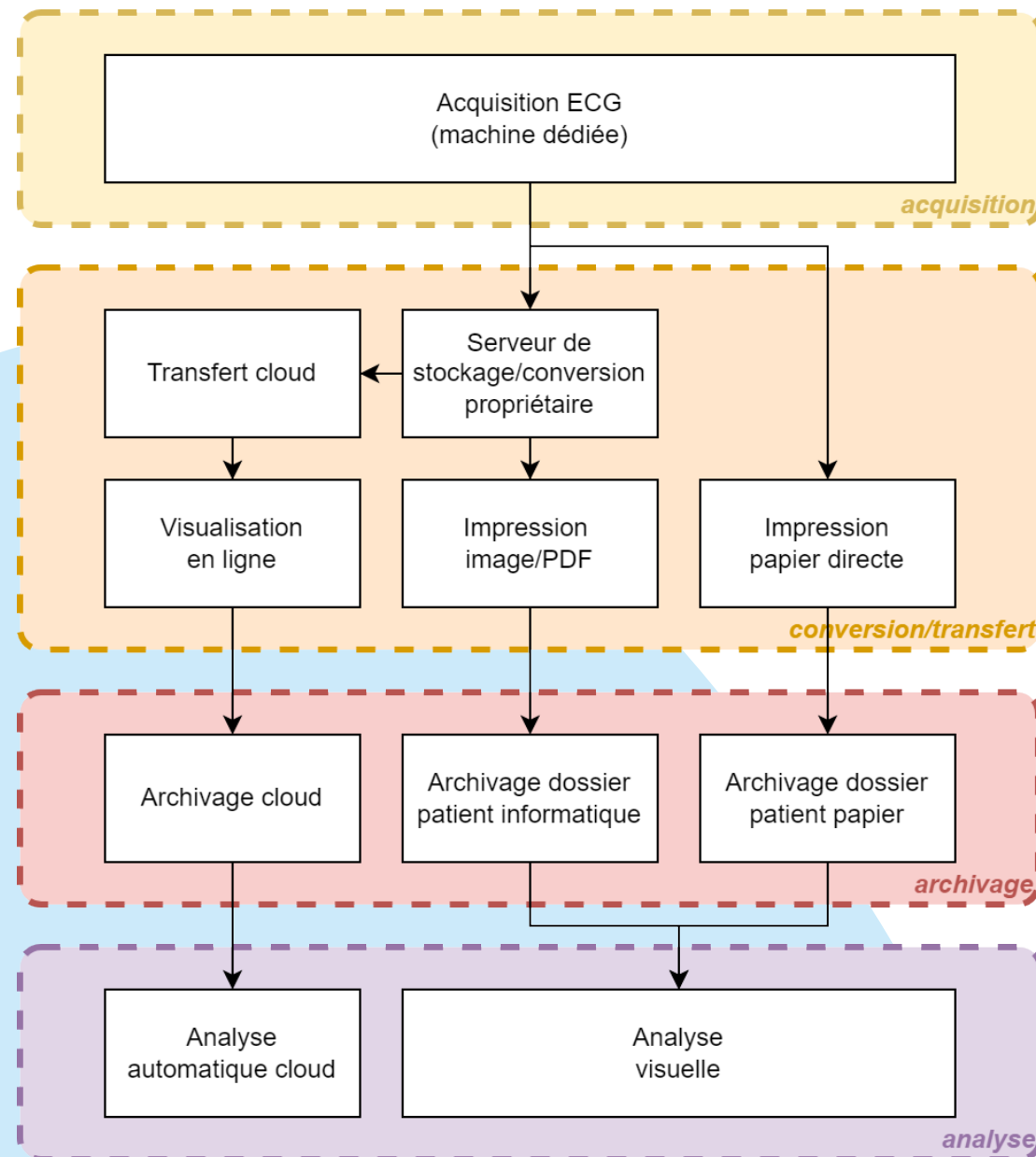
Aire sous la  
courbe ROC  
≈ 0,65



*Collecter les données:*

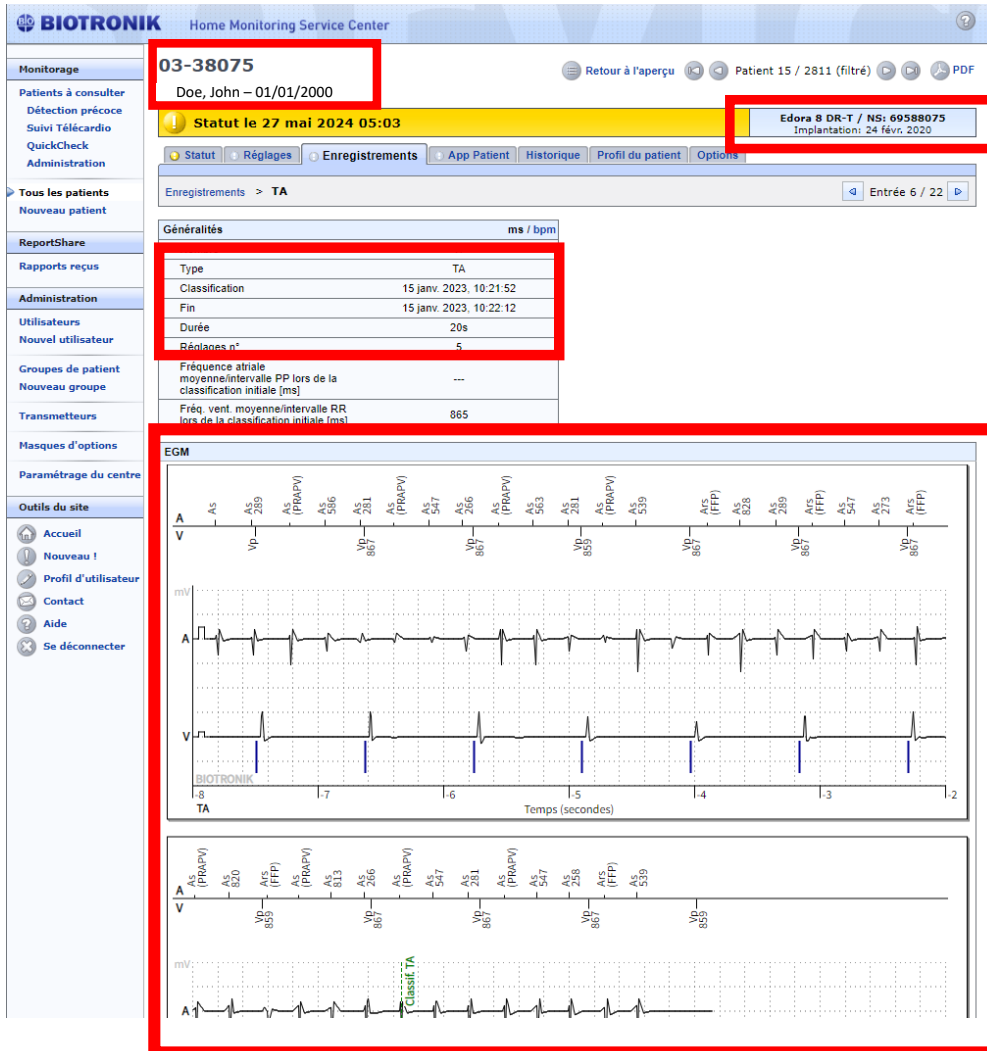
# Harmoniser nos pratiques

- **Problèmes techniques :**
  - **Aucun format standard d'ECG** (contrairement aux formats d'imagerie)
- **Problèmes d'organisation :**
  - Examen très **distribué** et **décentralisé**
  - « Petits » producteurs
  - Faible remboursement, temps dédié à l'acte limité
  - **Identitovigilance**



Collecter les données et valider les outils

# Raccourcir le passage POC => clinique



**BIOTRONIK** Home Monitoring Service Center

03-38075  
Doe, John - 01/01/2000

Statut le 27 mai 2024 05:03  
Edora 8 DR-T / NS: 69588075  
Implantation: 24 févr. 2020

Généralités		ms / bpm
Type	TA	
Classification	15 janv. 2023, 10:21:52	
Fin	15 janv. 2023, 10:22:12	
Durée	20s	
Régulations n°	5	

EGM

A V  
mV  
A V  
mV  
A V  
mV

TA

Temps (secondes)



Diagnostic

- 1 - TA/A
- 2 - Surdéttection A
- 3 - Interférence externe A
- 4 - rupture sonde A

Passer l'analyse

Alerter l'équipe médicale

Oui (I)  Non (O)

Fermer

Sélection de labels contextualisée

Données scrappées en arrière plan

Système d'alerte intégré (contact médical)

# Conclusions

- Les outils basés sur l'analyse par IA de l'ECG vont **bouleverser** notre spécialité en profondeur
- Ceux-ci nous promettent de mieux **diagnostiquer**, mieux **traiter**, mais aussi mieux **comprendre** les pathologies cardiaques
- Pour que ces promesses soient tenues, il faut réfléchir aux **circuits de données** et à **l'interopérabilité** entre les systèmes
- La distribution des rôles entre **acteurs publics** et **privés** est particulièrement sensible
- Nous devons nous organiser pour être **proactifs** sur ce sujet, les médecins sont des acteurs clés de cette révolution



# Merci !

[josselin.duchateau@chu-bordeaux.fr](mailto:josselin.duchateau@chu-bordeaux.fr)