

# INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

## DeepECG AMPLIFIE LE POTENTIEL DE L'ECG

MAXIME JOHNSON

Un modèle d'intelligence artificielle développé au Québec pourrait améliorer la détection précoce de maladies cardiovasculaires en première ligne à partir d'un ECG.



D<sup>r</sup> Robert Avram

DeepECG est un algorithme d'intelligence artificielle (IA) entraîné à partir de plus d'un million d'électrocardiogrammes (ECG). Son objectif est non seulement d'interpréter les ECG en quelques secondes avec une précision supérieure à celle des dispositifs actuellement sur le marché et de la plupart des médecins, mais aussi de détecter des atteintes cardiaques imperceptibles à l'œil nu, même pour les cardiologues les plus expérimentés.

« Cet algorithme permettra de mieux repérer les patients à risque élevé, pour lesquels une échographie cardiaque serait indiquée par exemple », explique le **D<sup>r</sup> Robert Avram**, cardiologue à l'Institut de cardiologie de Montréal (ICM) et professeur agrégé de clinique à l'Université de Montréal.

Cette nouvelle technologie n'est pas qu'un lointain projet de recherche. Selon le cardiologue qui dirige le développement de DeepECG, l'algorithme fait actuellement l'objet d'une évaluation clinique et pourrait être déployé au Québec dès l'an prochain, sous réserve de l'approbation de Santé Canada.

### UNE IA ENTRAÎNÉE À PARTIR DE PLUS D'UN MILLION D'ECG

DeepECG est ce que les chercheurs en IA appellent un « modèle de fondation », à l'instar des modèles GPT à la base de ChatGPT.

### UN MODÈLE OUVERT

ENCADRÉ 1

DeepECG est un modèle ouvert que quiconque peut télécharger, que ce soit pour le valider à l'aide de ses propres ECG ou pour l'entraîner à partir de nouvelles bases de données, afin de l'adapter à une population locale ou de développer de nouveaux biomarqueurs cardiaques dans un contexte de recherche. « Cela permet à d'autres de faire de la science avec notre modèle », se réjouit le D<sup>r</sup> Avram.

Toutefois, au lieu d'être entraînée sur des données textuelles, cette IA a été entraînée spécifiquement à partir d'ECG.

Le modèle a été conçu à partir de plus d'un million d'ECG à 12 dérivations, dont environ 1,45 million provenant de l'ICM. Les annotations liées aux ECG reposent en grande partie sur l'extraction automatisée des rapports cliniques associés, ce qui a permis de générer des libellés diagnostiques à grande échelle. Dans certains cas, d'autres données cliniques ont aussi été mobilisées, notamment des échographies cardiaques.

Le projet DeepECG s'inscrit dans une démarche amorcée il y a plusieurs années par le D<sup>r</sup> Avram, alors qu'il travaillait à l'Université de Californie à San Francisco. « Quand je suis revenu au Québec, je ne pouvais pas réutiliser le modèle propriétaire que nous avons développé à l'époque. J'ai dû repartir de zéro », explique-t-il.

Le cardiologue et son équipe ont profité de l'occasion pour bâtir un modèle conçu pour être généralisable, élaboré à partir de données des États-Unis, du Canada et de l'Europe. Il s'agit

*Cette nouvelle technologie n'est pas qu'un lointain projet de recherche. Selon le cardiologue qui dirige le développement de DeepECG, l'algorithme fait actuellement l'objet d'une évaluation clinique et pourrait être déployé au Québec dès l'an prochain.*



**Informations du patient**

MRN:                      Sexe:                      Female  
 Nom:                      Date de l'ECG:                      2026-03-09  
 Age:                      34 years old                      Temps de l'ECG:                      09:22:48

**Mesures ECO** Afficher plus

Diastolic BP:                      77                      Systolic BP:                      125  
 Ventricular Rate:                      87                      Atrial Rate:                      87  
 PR Interval:                      196                      QRS Duration:                      100

**Diagnostic MUSE:** Resting

Statut: Non Validé

ECG anormal                      Rythme sinusal normal

Infarctus antérolatéral d'âge indéterminé

possible Hypertrophie ventriculaire droite

**Diagnostic IA**

ECHONEXT (H)                      DEEPECG (H)

**Description**

Haute probabilité de maladie cardiaque structurale. Les résultats de l'analyse par intelligence artificielle de l'ECG suggèrent fortement la présence d'une pathologie cardiaque significative. Une consultation urgente en cardiologie (dans un délai  $\leq$  2-4 semaines) est alors recommandée pour une évaluation complète, incluant une échocardiographie transthoracique (ETT), afin d'établir un diagnostic précis et de mettre en place un plan de traitement approprié. Si l'accès à un cardiologue est limité, il est recommandé de réaliser une ETT en première intention avant la référence urgente.

**Graphique ECG** Enregistrer

**Prédictions IA**

ECHONEXT GRAND NOMBRE

Maladie Cardiaque Structurale 88.7%

DEEPECG PATHOLOGICAL (H)

Rythme régulier 🌈
Complexes QRS monomorphes 🌈

Rythme sinusal 🌈

Ancien infarctus du myocarde latéral (V5, V6, I, aVL) 🌈

Hypertrophie ventriculaire droite 🌈

Ancien infarctus du myocarde septal (V1-V2) 🌈

Ancien infarctus du myocarde antérieur (V3-V4) 🌈

Un ECG analysé par DeepECG

Crédit : DeepECG.AI.

aussi d'un modèle ouvert (encadré 1), qui pourra être adapté et réutilisé par d'autres équipes de recherche.

**DES RÉSULTATS SOUVENT SUPÉRIEURS À L'HUMAIN**

Les performances du modèle ont été mesurées pour 77 affections cardiaques différentes. Selon une étude menée par Alexis Nolin-Lapalme, Achille Sowa et le Dr Avram, publiée plus tôt cette année dans le *European Heart Journal*<sup>1</sup>, le modèle atteint une aire sous la courbe ROC (AUROC) de 0,99 sur les données internes et de 0,98 sur des jeux de données publics externes.

« L'AUROC indique dans quelle mesure un modèle parvient à classer les cas positifs devant les cas négatifs. Une valeur de 0,5, c'est comme tirer à pile ou face, et à 1, c'est une discrimination parfaite », explique le Dr Avram. À titre comparatif, « un cardiologue moyen aura une AUROC d'environ 0,9 à 0,95 pour l'interprétation des ECG », ajoute-t-il.

L'écart de performance entre l'IA et le cardiologue est particulièrement marqué pour la détection des cardiopathies structurales. Dans une autre étude publiée dans *Nature*<sup>2</sup>, la version de l'algorithme développée pour ce type de détection atteint une AUROC d'environ 0,85, contre 0,65

**Informations du patient**

MRN:	Sexe:	Female
Nom:	Date de l'ECG:	2020-03-08
Age:	Temps de l'ECG:	14:09:32
53 years old		

**Mesures ECG**

Diastolic BP:	75	Systolic BP:	113
Ventricular Rate:	72	Atrial Rate:	72
PR Interval:	182	QRS Duration:	100

**Diagnostique MUSE:** Resting  
Statut: Validé

QT allongé ECG anormal Rythme sinusal normal

Évoque une maladie pulmonaire  
Déviation axiale supérieure droite  
Anomalie non-spécifique de l'onde T

**Diagnostique IA**

ECHONEXT (N) DEEPECG (B)

**Description**

Les résultats de l'analyse par intelligence artificielle de l'ECG sont limités, avec un risque de maladie cardiaque structurelle faible. Il est conseillé de surveiller de près l'évolution clinique du patient et de réévaluer la nécessité d'une référence en cardiologie si des symptômes préoccupants apparaissent ou si les facteurs de risque cardiovasculaires sont importants. DeepECG ne permet pas d'éliminer les maladies cardiaques ischémiques (angine, MCAS) donc si celles-ci sont suspectées il faut demander les tests appropriés.

**Graphique ECG**

**Prédictions IA**

ECHONEXT (N) SHC-Low (B)

Maladie Cardiaque Structurale 43,88%

DEEPECG (B) (B)

Rythme régulier Complexes QRS monomorphes  
Rythme sinusal Déviation axiale gauche  
Déviation axiale droite

Un ECG analysé par DeepECG

Crédit : DeepECG.AI.

pour un cardiologue se fondant uniquement sur l'interprétation de l'ECG. L'intégration de l'IA au jugement clinique améliore la performance du cardiologue (AUROC de 0,72), mais l'IA utilisée seule demeure supérieure aux deux autres approches. L'outil est par ailleurs en mesure de détecter différentes anomalies imperceptibles à l'œil nu sur un ECG, comme une dysfonction ventriculaire gauche (AUROC d'environ 0,90) et le risque de fibrillation auriculaire à cinq ans (AUROC d'environ 0,73) chez des personnes n'ayant jamais présenté cette arythmie.

Notons que les appareils d'ECG actuellement utilisés dans le système de santé effectuent évidemment aussi des interprétations préliminaires automatisées des ECG. « Ces interprétations reposent sur des algorithmes conventionnels et non sur l'IA ; elles sont moins bonnes que celles des cardiologues et

de DeepECG. Leur AUROC se situe généralement entre 0,80 et 0,85 », précise le Dr Avram.

### À L'ESSAI À L'ICM ET DANS DEUX GMF

DeepECG est actuellement au cœur de deux études visant à évaluer son efficacité en contexte clinique.

La première est une étude clinique à répartition aléatoire, HEART-AI, qui se déroule en milieu hospitalier, à l'ICM, et mobilise une quarantaine de médecins et d'infirmières praticiennes spécialisées (IPS) pour le dépistage des maladies structurelles cardiaques. Elle vise à déterminer si l'intégration de l'IA à l'interprétation des ECG permet d'améliorer la détection des maladies structurelles cardiaques et d'accélérer leur prise en charge. Les patients ambulatoires sont assignés de façon aléatoire à un groupe ayant accès aux recommandations du modèle ou à un groupe témoin. « Pour un patient, le médecin va voir l'ECG et les recommandations de l'IA, et pour l'autre, il ne va voir que l'ECG habituel », explique le Dr Robert Avram.

L'algorithme attribue un indice de risque et recommande, pour les patients présentant un risque élevé, une échographie car-

*L'écart de performance entre l'IA et le cardiologue est particulièrement marqué pour la détection des cardiopathies structurelles.*

## DE NOUVEAUX DANGERS À SURVEILLER

ENCADRÉ 2

L'arrivée de l'IA s'accompagne de nouveaux dangers, reconnaît le D<sup>r</sup> Robert Avram. « On observe des cas où l'IA provoque du *deskilling*, du désapprentissage », note le cardiologue. De telles pertes de compétences ont notamment été observées chez des endoscopistes après une exposition à l'IA en coloscopie<sup>3</sup>.

« Il est aussi possible que les médecins formés à l'ère de l'IA ne développeront jamais pleinement la compétence d'interpréter un ECG. C'est un problème majeur, car si l'IA commet des erreurs, il faut être capable de les repérer et de mettre à jour le modèle », explique-t-il.

« Et si on se projette dans 50 ans, dans un avenir où l'IA sera utilisée partout et par tous et où plus personne ne saurait lire un ECG, on ne serait plus en mesure de savoir quand les données changent ni comment cela affecte le modèle, avance le cardiologue. Et là, on parle d'ECG, mais ça s'applique à tous les domaines où l'IA pourrait être utilisée. Il faut en être conscient et faire attention. »

diaque dans un délai de moins d'un mois. L'objectif est notamment d'améliorer le taux de détection. « Nous pensons pouvoir détecter deux fois plus de cas qu'avec l'approche actuelle », note le cardiologue, en s'appuyant sur d'autres études réalisées à l'aide d'outils d'IA similaires.

La seconde étude se déroule en première ligne, dans deux groupes de médecine de famille (GMF) à Laval et à Montréal. Elle réunit 35 médecins et IPS et plus de 100 patients sans antécédents cardiaques connus. Elle vise à évaluer si l'utilisation de DeepECG peut améliorer le triage des patients et la pertinence des orientations en cardiologie.

L'outil fournit un score de risque à partir de l'ECG, qui peut orienter la décision de demander une échographie ou d'aiguiller un patient. « Le but, c'est vraiment de mieux cibler les patients qui nécessitent des examens complémentaires », explique le cardiologue. L'étude doit notamment permettre de vérifier si l'IA améliore la détection des cas pertinents, sans entraîner une hausse inutile des examens. Elle s'inscrit dans un contexte où une proportion importante de patients à risque élevé échappe actuellement à la détection.

« Ces données proviennent d'études menées ailleurs et ne sont pas spécifiques au Québec, mais en général, deux à trois ECG sur dix transmis à un cardiologue ne relèvent pas d'une prise en charge en cardiologie. À l'inverse, un à deux ECG sur dix ne sont pas orientés en cardiologie, alors qu'ils devraient l'être », note le cardiologue (encadré 2).

*DeepECG est actuellement au cœur de deux études visant à évaluer son efficacité en contexte clinique.*

### UN OUTIL DÉPLOYÉ DANS L'ESPACE INFONUAGIQUE DE SANTÉ QUÉBEC

À quoi ressemble concrètement DeepECG? L'outil est déployé dans l'espace infonuagique de Santé Québec et accessible

en ligne à l'adresse DeepECG.ai. Il peut être connecté automatiquement à n'importe quel appareil d'ECG capable de transmettre ses données par Internet.

« Il suffit aux médecins de se connecter à leur compte pour accéder aux résultats », indique le cardiologue.

*« Le but, c'est vraiment de mieux cibler les patients qui nécessitent des examens complémentaires. »*

Un autre service est aussi en cours de développement afin de permettre aux médecins d'utiliser DeepECG même si leur clinique n'est pas abonnée à la plateforme. Ce service par abonnement (dont le coût est actuellement estimé entre 10 \$ et 20 \$ par mois) permettra de transmettre la photo d'un ECG par texto pour recevoir l'analyse générée par l'IA.

Bien que le système soit déjà fonctionnel, aucune date de déploiement à grande échelle n'a encore été annoncée, DeepECG devant d'abord obtenir l'approbation de Santé Canada. « Une fois que nous aurons les résultats des deux études cliniques, nous pourrions déposer une demande pour quatre indications d'utilisation : l'interprétation des ECG, la détection des maladies structurelles cardiaques, la recommandation d'échographies et l'orientation vers la cardiologie », note le D<sup>r</sup> Avram. ■

## BIBLIOGRAPHIE

1. Nolin-Lapalme A, Sowa A, Delfrate J et coll. Foundation models for electrocardiogram interpretation : clinical implications. *Eur Heart J* 2026. DOI : 10.1093/eurheartj/ehaf1119.
2. Poterucha TJ, Jing L, Pimentel Ricard R et coll. Detecting structural heart disease from electrocardiograms using AI. *Nature* 2025 ; 644, 221-30. DOI : 10.1038/s41586-025-09227-0.
3. Budzyń K, Romańczyk M, Kitala D et coll. Endoscopist deskilling risk after exposure to artificial intelligence in colonoscopy : a multicentre, observational study. *Lancet Gastroenterol Hepatol* 2025 ; 10, 896-903. DOI : 10.1016/S2468-1253(25)00133-5.