

Nouveautés en intelligence artificielle ESC 2025



J. Hudelo¹, T. Pezel²

¹ Service de Cardiologie – CHU AMIENS

² Services de Cardiologie et Radiologie

Hôpital Lariboisière AP-HP, PARIS

RÉSUMÉ : Le congrès de l'ESC 2025 a confirmé la place croissante de l'intelligence artificielle (IA) en cardiologie, avec des applications allant de l'aide à l'utilisation des recommandations à l'imagerie multimodale, la rythmologie, l'interventionnel, la génétique et la recherche clinique. Plusieurs travaux originaux ont été présentés, comme l'outil ESC Chat pour un accès facilité aux recommandations, les modèles multimodaux combinant ECG et échographie, ou encore le recours à la robotisation et aux jumeaux numériques pour améliorer l'accessibilité et la personnalisation des soins. En électrocardiographie, des approches supervisées et non supervisées permettent désormais d'identifier des signaux subtils prédictifs de fibrillation atriale ou d'insuffisance cardiaque.

L'IA a aussi montré son intérêt en cardiologie interventionnelle pour l'évaluation fonctionnelle ou la caractérisation des plaques, ainsi qu'en génétique de la cardiomyopathie hypertrophique (CMH). Enfin, si ces innovations ouvrent de nouvelles perspectives, elles suscitent également des enjeux majeurs de validation, de biais et d'intégrité scientifique.



POINTS FORTS

- Le congrès a été l'occasion de présenter ESC Chat, le premier outil conversationnel basé sur les recommandations ESC, pour faciliter leur implémentation au quotidien.
- Des modèles multimodaux intégrant ECG et échographie ont été développés. Ils surpassent les approches unimodales.
- Ont été discutées les applications en cardiologie interventionnelle (FFR dérivée d'une angiographie simple vue, détection automatisée des plaques instables par OCT).
- De nouveaux horizons se dévoilent en génétique, concernant les valvulopathies, avec l'identification de gènes candidats pour la cardiomyopathie hypertrophique (CMH) et la quantification automatisée de l'insuffisance mitrale.
- Des enjeux éthiques ont été mis en lumière, avec la mise en évidence de biais de genre persistants dans les modèles et la difficulté des *reviewers* à distinguer abstracts humains et IA, ce qui souligne la nécessité d'outils de détection fiables et de garde-fous méthodologiques.

Retrouvez cette fiche en flashant
le QR code ci-dessous



L'intelligence artificielle (IA) s'impose progressivement comme un outil incontournable en cardiologie. Si, il y a quelques années, son utilisation clinique relevait encore de l'expérimentation, le congrès de l'ESC 2025, à Madrid, a montré que l'IA est désormais au cœur de nombreux développements. Plusieurs sessions lui ont été spécifiquement dédiées dans le cadre d'un "Digital Cardiology and AI Track".

Les communications ont mis en avant des avancées dans des domaines variés : assistance à l'implémentation des recommandations *via* les grands modèles de langage (LLM), imagerie multimodale et robotique, jumeaux numériques, dépistage à partir de l'ECG, cardiologie interventionnelle, génétique des cardiomyopathies et optimisation des essais cliniques. Toutefois, au-delà des annonces, les débats ont souligné des questions cruciales : comment garantir la robustesse, éviter les biais, assurer la généralisabilité des modèles et construire la confiance avec les cliniciens et les patients ?

■ LLM et ESC Chat

Une des nouveautés du congrès est notamment la présentation officielle de l'**ESC Chat**, un outil conversationnel basé sur un LLM spécifiquement entraîné sur les recommandations ESC. Son objectif est d'offrir un accès instantané et contextualisé aux définitions, critères diagnostiques, évaluations de risque et stratégies thérapeutiques recommandées. Contrairement aux chatbots généralistes, ESC Chat est strictement limité au champ des recommandations ESC. L'outil fournit des réponses assorties de références directes aux sections pertinentes des textes. Ce principe garantit la vérifiabilité et limite les risques d'"hallucinations". L'ESC insiste : il s'agit d'un outil d'information, destiné à faciliter l'usage des recommandations, et non d'un substitut au jugement clinique. À noter que la version actuelle est limitée à l'anglais ; la **figure 1** en propose un exemple.

Au-delà de l'outil ESC, d'autres nouveaux travaux ont montré le potentiel des LLM. L'étude **DistillNote** a illustré

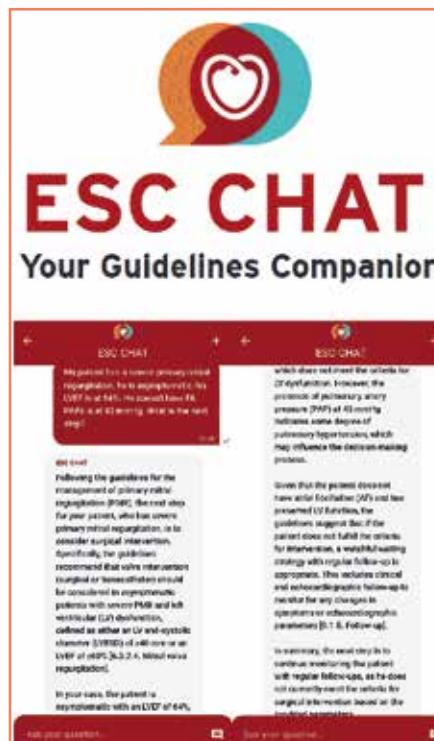


Fig. 1 : Exemple d'utilisation simple d'ESC Chat.

leur capacité à synthétiser l'information clinique. À partir de plus de 64 000 courriers d'admission, 3 méthodes automatiques de résumé ont été comparées, aboutissant à une amélioration des performances des modèles IA de détection de l'insuffisance cardiaque, ainsi qu'à une meilleure pertinence jugée par des cliniciens [1].

Mais le congrès a également rappelé leurs limites. Une communication sur une étude en cours de publication a mis en évidence des biais de genre persistants. Dans la génération de cas cliniques simulés par GPT-4, les "patientes étaient sous-représentées", et lorsqu'elles l'étaient, le modèle attribuait plus souvent l'anxiété comme diagnostic différentiel de l'infarctus du myocarde. Dans l'évaluation de diagnostics réels, la performance était systématiquement moindre pour les femmes que pour les hommes.

Présentation : Kreiker K *et al.* GPT4 reinforces historical gender bias in diagnosing cardiovascular symptoms in women. Samedi 30 août 2025.

■ Imagerie : multimodalité et robotique

L'imagerie cardiovasculaire est un terrain privilégié pour l'application de l'IA, qu'il s'agisse d'améliorer la performance des modèles par l'intégration multimodale ou de faciliter l'accès aux examens grâce à la robotisation.

L'exploration de **données multimodales** est adaptée à l'utilisation de modèles IA qui permettent d'analyser un grand nombre de données différentes. L'étude "Multimodal foundation model for evaluating cardiovascular disease from electrocardiography and echocardiography" a évalué un modèle fondation, c'est-à-dire un algorithme entraîné sur des volumes massifs de données et capable d'intégrer simultanément plusieurs modalités (ici ECG, échocardiographie et clinique). Entraîné sur plus de 53 000 patients, il a surpassé les approches unimodales pour plusieurs tâches, notamment la détection de la dysfonction systolique ventriculaire gauche (AUC 0,94 vs 0,89 pour ECG ou échographie seuls) et de la fibrillation atriale (AUC 0,95). Ce type d'approche reflète mieux le raisonnement clinique, qui repose toujours sur l'intégration de ces différentes sources, mais l'entraînement sur des bases massives et homogènes pose la question de la généralisabilité à d'autres systèmes d'acquisition et à des populations différentes.

Présentation : Nargesi A *et al.* Multimodal foundation model for evaluating cardiovascular disease from electrocardiography and echocardiography. Samedi 30 août 2025.

Au-delà des performances algorithmiques, l'IA vise également à améliorer l'accessibilité pratique des examens. Face aux difficultés d'accès à l'imagerie dans de nombreux centres, l'option de **robots supervisés** à distance attire un intérêt croissant. La société Corbotics a présenté un système qui serait capable de réaliser une acquisition standardisée, guidée par l'IA, sous la supervision d'un échographiste pouvant ainsi gérer plusieurs robots simultanément (**fig. 2**). Une étude clinique prospective a débuté en



Fig. 2: Échographie robotisée automatisée avec guidance par IA.

septembre 2025 pour comparer la qualité diagnostique de ces acquisitions robotisées à celle de l'examen conventionnel. L'objectif est de rendre l'imagerie cardiaque plus accessible, notamment dans des régions sous-dotées en cardiologues.

Présentation : Ronner E *et al.* Transforming cardiology: the benefits of robotic echocardiography. Vendredi 29 août 2025.

Jumeau numérique et personnalisation

Le concept de **jumeau numérique** (ou *digital twin*) consiste à créer une réplique virtuelle d'un organe ou d'un patient, alimentée en continu par différentes sources de données (cliniques, imagerie, électrophysiologie, génétique), afin de simuler l'évolution d'une maladie et d'anticiper la réponse à un traitement. Une équipe européenne a présenté un modèle de jumeau numérique atrial appliquée à la fibrillation atriale. Le travail repose sur l'intégration de données issues de l'IRM cardiaque (segmentation automatique de l'oreillette gauche, quantification de la fibrose), de paramètres électrophysiologiques (potentiels locaux, conduction) et du signal ECG. Le modèle est ensuite calibré individuellement pour chaque patient,

de façon à reproduire les caractéristiques électriques observées. Sur cette base, plusieurs scénarios thérapeutiques peuvent être testés *in silico*: **ablation par radiofréquence** avec différentes stratégies de lignes de bloc, **utilisation d'antiarythmiques** [2]. Les résultats présentés montraient que l'ajout de données de simulation à celles issues de l'imagerie et de la clinique améliorait la capacité prédictive de la récidive de fibrillation atriale après ablation. Alors que les données isolées (IRM ou paramètres cliniques seuls) échouaient à discriminer de manière fiable les patients à risque, la combinaison avec le jumeau numérique permettait d'obtenir une performance supérieure, dépassant les modèles classiques de *machine learning*.

Ce projet s'inscrit dans l'initiative européenne **EDITH-CSA** (*European Digital Twin in Healthcare*), qui vise à construire une infrastructure de recherche autour des jumeaux numériques. Ces innovations ouvrent la voie à une médecine plus personnalisée, où chaque patient disposera d'un modèle virtuel permettant d'adapter la stratégie thérapeutique. Mais leurs applications restent largement expérimentales avec des besoins en données multimodales colossaux et une complexité logistique à l'intégration dans les pratiques quotidiennes.

ECG : Analyse des signaux cachés

Un axe majeur de la recherche en IA porte sur la prédiction de la survenue de fibrillation atriale, en exploitant différentes sources de données cliniques et électrocardiographiques. Une équipe a notamment investigué l'hypothèse que **l'ECG en rythme sinusal** contient des anomalies trop discrètes pour être identifiées visuellement, mais détectables par un algorithme. Un modèle basé sur un **réseau neuronal convolutif** ou CNN (algorithme inspiré des cortex visuels et capable de détecter automatiquement des motifs complexes dans des données brutes) a été développé pour analyser directement les tracés ECG. Trois approches ont été comparées : le score clinique CHARGE-AF (fondé sur l'âge, la pression artérielle et les antécédents cardiovasculaires) [3], le modèle par CNN appliqué uniquement au signal, et une combinaison des deux. Les résultats ont montré que le modèle d'IA pouvait déjà prédire le risque de fibrillation à partir de l'ECG seul, et que l'association avec le score CHARGE-AF renforçait encore la performance. Cette approche a été validée dans deux cohortes externes [4].

Au-delà des approches supervisées, une autre étude a exploré l'utilisation du **clustering non supervisé** appliqué à des ECG avec une dérivation unique (dérivation I, 10 secondes d'enregistrement) de patients atteints de coronaropathie chronique. L'objectif était d'identifier automatiquement des sous-groupes de patients partageant des caractéristiques électrocardiographiques communes, sans *a priori* clinique. L'analyse a permis de distinguer deux clusters de patients. Le premier se caractérisait par des modifications discrètes de la repolarisation (QRS élargi, QTc prolongé, anomalies du segment ST), tandis que le second présentait des tracés plus proches de la normale. Lors du suivi, les patients du premier cluster présentaient une incidence d'insuffisance cardiaque significativement plus élevée, indépendamment des facteurs de risque cliniques traditionnels (**fig. 3**) [5].

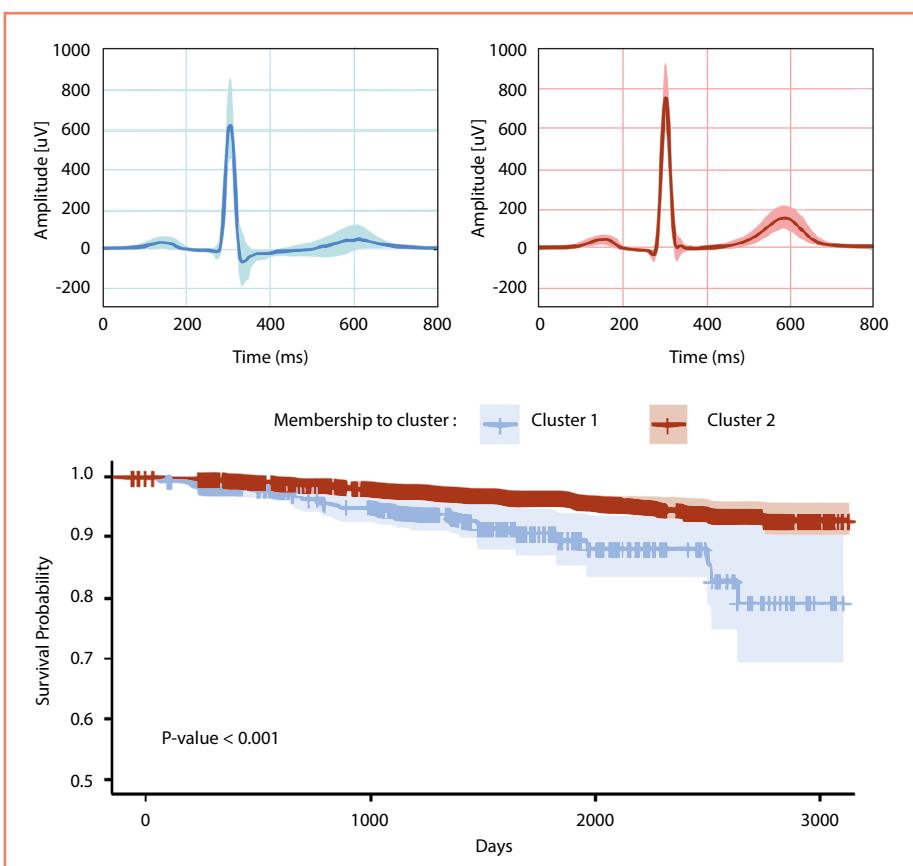


Fig. 3: Caractéristiques ECG des clusters identifiés et courbes de survie pour l'insuffisance cardiaque incidente.

Ces travaux illustrent l'intérêt de l'intelligence artificielle pour révéler, au sein de l'ECG, des paramètres subtils voire imperceptibles à l'œil humain, et ainsi ouvrir la voie à une stratification plus fine.

Cardiologie interventionnelle : de l'évaluation fonctionnelle à l'analyse de plaques

L'évaluation fonctionnelle des sténoses coronaires par la réserve coronaire (FFR) reste une référence, mais son utilisation est limitée par la nécessité d'un guide de pression et de vasodilatateurs. L'essai chinois **FLAVOUR II** a évalué une alternative non invasive : la FFR dérivée d'une seule vue angiographique (μ FR), calculée automatiquement grâce à l'intelligence artificielle [6]. L'étude, randomisée et multicentrique, a rapporté que la stratégie guidée par μ FR était non inférieure à celle guidée par l'échographie intravasculaire (IVUS) pour la prise en charge des lésions coronaires intermédiaires, sur un critère composite de mortalité et de revascularisation. Le temps d'analyse était d'environ une minute par vaisseau, ce qui renforce le potentiel de diffusion de cette approche.

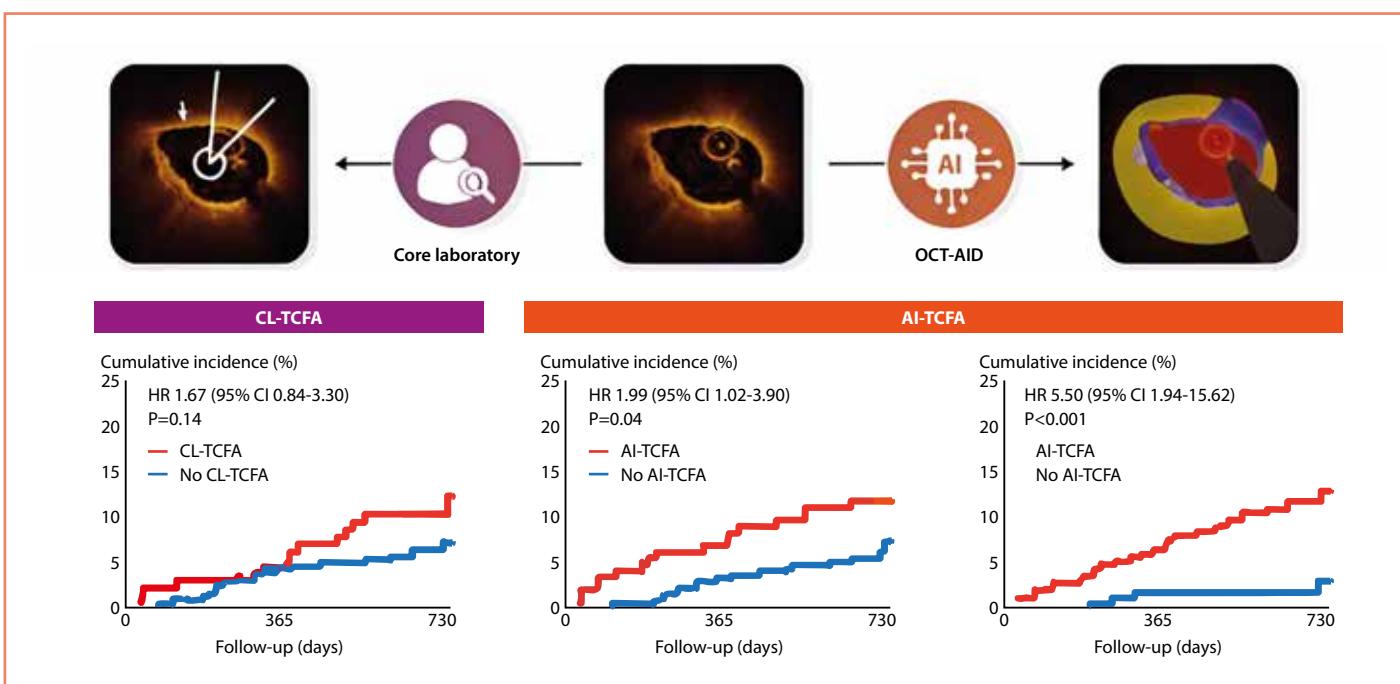


Fig. 4: Courbes d'incidences cumulées d'événements cardiovasculaires avec analyse centralisée par corelab et avec analyse par IA. Abréviations: **CL:** core-laboratory; **OCT:** Optimal Coherence Tomography; **TCFA:** Thin-Cap FibroAtheroma.

Un autre champ d'application concerne la caractérisation des plaques coronaires à haut risque. L'étude **PECTUS-AI** a utilisé un algorithme d'IA appliquée à l'imagerie intracoronaire (OCT) pour identifier les plaques d'athérome instables à chape fine (*Thin-cap fibroatheroma* ou TCFA) [7]. Comparée à l'évaluation manuelle par un corelab d'analyse centralisé, l'IA a permis une détection plus robuste et reproductible des TCFA. L'analyse complète montrait une association significative entre la présence de TCFA identifiées par l'IA et la survenue d'événements cliniques (décès, infarctus ou revascularisation non planifiée), alors que l'évaluation humaine se révélait moins discriminante (**fig. 4**). La valeur prédictive négative de l'absence de TCFA détectée par IA dépassait 97 %, ce qui suggère une utilité potentielle pour exclure un risque élevé.

Cardiopathies génétiques et cardiomyopathie hypertrophique

Malgré les avancées de la génétique, près d'un tiers des patients atteints de cardiomyopathie hypertrophique (CMH) ne présente pas de mutation identifiée dans les gènes sarcomériques classiques. Un travail présenté à l'ESC a utilisé un pipeline d'apprentissage automatique, Mantis-ML2, pour explorer cette "zone grise" génétique. L'algorithme a analysé plusieurs milliers de gènes en tenant compte de données fonctionnelles et de phénotypes. Il a identifié plus de 600 gènes candidats, mettant notamment en avant les voies métaboliques et mitochondrielles. Parmi les gènes mis en avant, certains étaient déjà associés à des phénotypes cardiaques anormaux dans les modèles animaux.

Présentation : Apti E et al. Genetic and drug repurposing insights into hypertrophic cardiomyopathy: a machine learning approach. Samedi 30 août 2025.

Si ces résultats ouvrent la voie vers une compréhension plus précise des cardiopathies génétiques, la liste très large de gènes candidats souligne aussi le risque de faux positifs et la nécessité

de validation dans les modèles à la fois précliniques et humains.

Valvulopathies : de nouvelles méthodes automatiques

La quantification des insuffisances valvulaires, notamment mitrales, reste imparfaite avec les méthodes classiques, limitées par des hypothèses géométriques et une analyse souvent réduite à une seule image. Un travail a évalué un algorithme d'intelligence artificielle, le 3D Auto CFQ, appliquée à l'ETO, capable de reconstruire automatiquement la valve mitrale et de suivre l'évolution de l'orifice régurgitant pendant toute la systole. Cette approche dynamique, en s'affranchissant des hypothèses de circularité et en intégrant les variations temporelles, pourrait mieux refléter la réalité physiologique. Dans la cohorte de 112 patients, les volumes régurgités étaient globalement plus faibles que ceux des méthodes 3D conventionnelles, ce qui a parfois conduit à une reclassification de la sévérité. Prometteur, le 3D Auto CFQ nécessitera toutefois une validation par comparaison à l'IRM et au pronostic clinique avant de trouver sa place dans la pratique.

Présentation : Guarino B et al. AI-based quantification of mitral with 3D TOE. Samedi 30 août 2025.

Une aide pour la recherche clinique

Au-delà de leur intérêt clinique, les LLM peuvent également automatiser certaines étapes particulièrement chronophages de la recherche. La **sélection de patients éligibles**, souvent compliquée par de longues listes de critères d'inclusion et d'exclusion, en est un bon exemple. Au sein d'un travail associé à l'université de Harvard, un outil appelé RECTIFIER a montré sa capacité à accélérer ce processus et à réduire significativement le temps requis pour le recrutement en analysant directement les comptes-rendus médicaux, et ce avec de meilleures performances que le personnel humain [8].

Un autre champ d'application concerne l'**adjudication des critères de jugement**. Des modèles entraînés sur des textes cliniques non structurés (notes, comptes-rendus, lettres de sortie) ont été capables d'extraire des informations clés (symptômes, traitements, événements). Leur accord avec les comités d'adjudication traditionnels atteignait environ 90 %, ce qui pourrait réduire jusqu'à 80 % la charge de travail de ces comités, tout en conservant un contrôle humain final [9].

Ces gains de temps et d'efficacité ne doivent pas cacher certaines exigences, notamment de transparence et de traçabilité, pour ne pas compromettre la qualité méthodologique, tout en gardant une crédibilité scientifique.

Éthique et intégrité scientifique

Dans ce contexte, une étude conduite lors du congrès national de cardiologie allemand a évalué la capacité des *reviewers* à distinguer des résumés rédigés par des chercheurs de ceux générés intégralement, y compris sur les données, par ChatGPT-4o. 10 % des 1 348 abstracts soumis étaient volontairement fabriqués par l'IA, certains comportant également des figures générées artificiellement. Les évaluateurs, jury du congrès, étaient totalement aveugles à l'origine des textes. Les résultats ne montrent aucune différence significative de notation entre abstracts humains et IA, avec des performances variant selon les catégories : les résumés générés par IA étaient notés plus bas en rythmologie, mais plus haut en imagerie cardiovasculaire ou en soins intensifs. Seulement deux résumés générés par IA ont été signalés comme suspects par des *reviewers*, mais sans preuve d'anomalie au final [10]. Cette expérience montre la nécessité de développer des outils fiables de détection, qui permettent la garantie de l'intégrité scientifique.

Conclusion

Les outils d'IA se développent dans l'ensemble des champs de la cardiologie, que ce soit dans les pratiques interven-

tionnelles, diagnostiques, logistiques ou même de recherche. Ces avancées sont souvent riches de gains, notamment en termes d'efficacité et de précision. Mais des limites persistent, qu'il s'agisse de la généralisabilité des modèles, du risque de biais ou de la question de la confiance des utilisateurs.

Le congrès de l'ESC de cette année a bien montré que l'IA ne doit pas être perçue comme un substitut au raisonnement clinique, mais comme un outil complémentaire, capable de révéler des signaux cachés, de standardiser certaines analyses ou d'alléger des tâches répétitives. L'enjeu pour les prochaines années sera d'évaluer rigoureusement ces approches dans des cohortes prospectives, de renforcer leur explicabilité et de les intégrer sans perturber le flux de soins.

Bibliographie

1. OSS BOLL H, OSS BOLL A, PUTTLITZ BOLL L *et al.* DistillNote: LLM-based clinical note summaries improve heart failure diagnosis.

2. MISGHINA S, RAUSEO E, BARRERA CE *et al.* In-silico insights into personalised therapy selection of anti-arrhythmic drugs and ablation using patient-specific biatrial models for atrial fibrillation. *Eur Heart J*, 2024;45:ehae666.3504.
3. ALONSO A, KRIJTHE BP, ASPELUND T *et al.* Simple Risk Model Predicts Incidence of Atrial Fibrillation in a Racially and Geographically Diverse Population: the CHARGE-AF Consortium. *J Am Heart Assoc*, 2013;2:e000102.
4. TARABANIS C, KOESMAHARGYO V, TACHMATZIDIS D *et al.* Artificial intelligence-enabled sinus electrocardiograms for the detection of paroxysmal atrial fibrillation benchmarked against the CHARGE-AF score. *Eur Heart J - Digit Health*, 2025;ztaf100.
5. MADRID J, YOUNG WJ, VAN DUIJVENBODEN S *et al.* Unsupervised clustering of single-lead electrocardiograms associates with prevalent and incident heart failure in coronary artery disease. *Eur Heart J - Digit Health*, 2025;6:435-446.
6. HU X, ZHANG J, YANG S *et al.* Angiography-derived fractional flow reserve *versus* intravascular ultrasound to guide percutaneous coronary intervention in patients with coronary artery disease (FLAVOUR II): a multicentre, randomised, non-inferiority trial. *Lancet*, 2025;405:1491-1504.
7. VOLLEBERG RHJA, LUTTIKHOLT TJ, VAN DER WAERDEN RGA *et al.* Artificial intelligence-based identification of thin-cap fibroatheromas and clinical outcomes: the PECTUS-AI study. *Eur Heart J*, 2025;ehaf595.
8. UNLU O, VARUGHESE M, SHIN J *et al.* Manual vs AI-Assisted Prescreening for Trial Eligibility Using Large Language Models—A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 2025;333:1084-1087.
9. MARTI-CASTELLOTE PM, REEDER C, CLAGGETT B *et al.* Natural Language Processing to Adjudicate Heart Failure Hospitalizations in Global Clinical Trials. *Circ Heart Fail*, 2025;18:e012514.
10. KRESOJA KP, SCHÖBER AR, LÜSCHER T *et al.* Performance of artificial intelligence-generated vs human-authored abstracts in a real-world setting. *Eur Heart J*, 2025;ehaf654.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.