



# Annales de Cardiologie et d'Angéiologie

Volume 71, Issue 6, December 2022, Pages 417-423

Mise au point

## Apport de la fusion d'images de scanner en salle de cathétérisme

### Contribution of CT-scan fusion imaging for interventional cardiology

S. Zedjebil, P. Garot  

[Show more](#) 

 Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.ancard.2022.09.004>

[Get rights and content](#)

## Résumé

L'imagerie de fusion représente un domaine de développement d'intérêt visant à améliorer le guidage des procédures de cardiologie interventionnelle. La fusion d'images de scanner sur l'écran de fluoroscopie, au cours des procédures telles que les fermetures d'auricule gauche ou de fuites périprothétiques, permet de prévoir et de simuler la prothèse à implanter, mais également de guider l'implantation de celle-ci. À l'ère d'une médecine toujours plus personnalisée, cette technique d'avenir permet d'individualiser la prise en charge thérapeutique de chaque patient, d'en améliorer les résultats et participe à améliorer la sécurité de chaque procédure.

## Abstract

Fusion imaging is developing fast, allowing improvements in interventional cardiology procedures workup and guidance. Computed-tomography (CT) scan and fluoroscopy fusion guidance used in procedures such as left appendage occlusion or perivalvular leak closure permit prediction and simulation of the appropriatedevice, as well as implantation guidance. In the era of tailored medicine, CT/fluoroscopy fusion imaging guidance is an interesting tool

for individualizing and adapting the devices implanted to each patient, as well as improving the outcomes and safety of each procedure.

---

## Introduction

L'essor et la complexité des procédures percutanées de cardiologie interventionnelle sont intimement liés à une amélioration concomitante des modalités d'imagerie nécessaires au guidage de ces interventions. La fusion d'images de scanner sur l'écran de fluoroscopie en temps réel facilite la procédure grâce à une localisation tridimensionnelle (3D) des structures cardiaques, faisant défaut à la fluoroscopie seule. En effet, si la fluoroscopie est indispensable à la visualisation et à la manipulation des guides, cathéters, sondes et autres matériels, elle ne permet pas la visualisation des tissus cardiaques et de leurs éventuelles atteintes. Cette problématique est prépondérante dans certaines indications afin d'éviter la perforation de structures fragiles telles que l'auricule gauche, mais également de guider l'implantation de prothèse en vue d'un résultat optimal.

La fusion d'images de scanner sur fluoroscopie permet un guidage de qualité avec une bonne résolution d'images (grâce aux logiciels DynaCT, (*Siemens AG, Forchheim, Germany*), Valve-assist-2 (*General Electric Healthcare, Chicago, Illinois*) ou encore au HeartNavigator System (*Philips Healthcare, Best, the Netherlands*)), mais nécessite une injection de produit de contraste supplémentaire et une acquisition d'excellente qualité.

La réalisation d'un scanner cardiaque de haute résolution injecté avec protocole d'acquisition de coupes fines avant fermeture de l'auricule gauche permet une planification optimale de l'intervention, en l'absence de contre-indication majeure (insuffisance rénale sévère). Elle permet dans un premier temps l'élimination d'un thrombus de l'auricule ou de l'oreillette gauche au temps tardif, contre-indications formelles à la procédure. La mesure précise des dimensions de l'auricule et l'étude de son anatomie sont aussi facilitées par le scanner (présence de lobes, bifurcations, angulations, trabéculations importantes et localisation de celles-ci, localisation des structures adjacentes, telles que la veine pulmonaire supérieure ou encore la valve mitrale). Ces spécificités anatomiques sont importantes car potentiellement responsables d'un comportement différent de la prothèse (bascule dans l'auricule ou retrait de l'auricule). Le scanner permet également la planification de l'angle de travail optimal du tube à rayons X et de la zone de ponction transseptale permettant de réduire les manœuvres d'accès à l'auricule (*3mensio, Pie medical Imaging, Maastricht, The Netherlands*) (Fig. 1).

Ce scanner pré-opératoire peut permettre de réaliser, grâce notamment à une plateforme dédiée nommée FEops HEARTguide™ (*FEops HEARTguide, Gent, Belgique*), la simulation 3D de différentes tailles et niveaux d'implantation de prothèse dans l'auricule en anticipant leur degré de compression, leur forme et leur efficacité à occlure celui-ci. Cette simulation fait appel à des algorithmes de calculs intégrant les propriétés physiques de la prothèse et des structures cardiaques afin d'appréhender au mieux l'interaction hôte/prothèse. En effet, ces algorithmes d'intelligence artificielle permettent d'anticiper le comportement de la prothèse

dans la structure anatomique du patient. Ainsi, la simulation aide l'opérateur à choisir la taille et la position de la prothèse en fonction de la position prédite (Fig. 2 et 3) [1]. PREDICT-LAA, étude prospective randomisée, évalue la valeur de la simulation à améliorer la qualité de la fermeture de l'auricule en comparaison à la planification standard par scanner [2]. Cette possibilité de création d'un véritable « jumeau numérique » du patient par intelligence artificielle permet une personnalisation poussée du traitement en vue d'un meilleur résultat en termes d'efficacité et de sécurité et représente un domaine de développement considérable.

Le « jumeau numérique » ainsi créé, correspondant à la prothèse simulée en place dans l'auricule sur les images de scanner du patient, permet dans un second temps de guider le déploiement de la prothèse. Pour se faire, l'opérateur sélectionne en amont de la procédure la taille et la position de la prothèse adaptée à la morphologie de l'auricule du patient, c'est-à-dire celle permettant de réduire le risque de fuite et d'avoir la meilleure compression possible. Ce « jumeau numérique » est embarqué dans le système informatique de la salle de cathétérisme afin de le projeter sur l'écran de travail angiographique. On ajuste les images de scanner aux structures cardiaques sur la fluoroscopie en temps réel afin de faire correspondre le jumeau numérique et la région de l'auricule du patient, qui ne dispose pas de marqueur de repère en rayons X. Par ailleurs, d'autres repères d'intérêt sont notés : la fosse ovale afin de faciliter la ponction transseptale, les sondes de pacemaker ou encore une valve prothétique lorsqu'elles existent, afin d'affiner la qualité de l'ajustement entre le scanner et la fluoroscopie. Un recadrage du repère de l'auricule est souvent nécessaire et réalisé après opacification de celui-ci (Fig. 4). Cette utilisation des images de fusion en temps réel permet un déploiement de la prothèse afin de correspondre à la position et à la forme de la prothèse simulée et garantit une sécurité maximale vis-à-vis des structures adjacentes [3]. Une étude observationnelle sur 117 patients ayant comparé la réalisation d'une fermeture de l'auricule gauche avec et sans fusion scanner/fluoroscopie a mis en évidence une diminution du nombre de recapture de prothèse et du temps de fluoroscopie dans le groupe ayant été traité avec fusion d'images, les deux groupes ayant présenté une occlusion satisfaisante de l'auricule [4]. Une autre étude sur 57 patients a mis en avant une réduction de l'utilisation de produit de contraste, du temps de procédure et du temps de fluoroscopie chez les 16 patients ayant eu une fermeture d'auricule guidée par fusion d'images de scanner [5].

Une évaluation pré-opératoire par scanner cardiaque est primordiale avant la fermeture percutanée d'une fuite périprothétique du fait du caractère très hétérogène de l'anatomie et de la position de ces fuites. Le scanner permet la localisation précise et la mesure des dimensions de l'orifice à l'origine de la fuite, voire d'en préciser les mécanismes [6,7]. Il permet également d'anticiper le choix et le type de plug à utiliser en fonction de la forme de cet orifice (Amplatzer Vascular plugs II, III, IV (St Jude Medical, St Paul, Minnesota), Occlutech PLD Rectangular ou Square (Occlutech Holding, Schaffhausen, Suisse)).

Les images de scanner sont utilisées afin de projeter les contours des structures d'intérêt (orifice de la fuite, structures adjacentes à protéger telles que le tronc commun, ou encore la fosse ovale en cas de nécessité de ponction transseptale) sur l'écran de travail angiographique.

Dans les cas les plus complexes, la fusion d'images de scanner sur la fluoroscopie en temps réel peut permettre de faciliter l'accès à la fuite périprothétique grâce à ces repères multiples (passage du guide au niveau d'une fuite périprothétique mitrale (Fig. 5), passage du guide dans une maille de prothèse de TAVI spécifique pour avoir accès à une fuite périprothétique aortique (Fig. 6)). En effet, les fuites périprothétiques, notamment aortiques, sont parfois difficilement visualisées en ETO et l'utilisation des images de scanner en fusion sur l'écran de fluoroscopie permet de pallier ce défaut de visualisation. Le largage de la prothèse se fait directement au niveau du marqueur de fusion, permettant un positionnement précis.

L'intérêt du scanner pré-TAVI n'est plus à démontrer. Outre l'analyse des dimensions de l'anneau aortique, il permet d'appréhender la présence de calcifications aortiques et leur localisation, d'analyser le nombre de cusps aortiques et apporte une aide au choix du type et de la taille de prothèse optimale. L'analyse des voies d'abord et de l'aorte entière permet également d'anticiper les difficultés d'accès, voire de contre-indiquer l'abord fémoral en cas de calcifications trop importantes, de tortuosités majeures ou d'anévrisme dangereux.

Les images de scanner peuvent être utilisées afin de simuler une prothèse en place, permettant ainsi de conforter le choix du type de prothèse, mais également d'évaluer le risque d'obstruction coronaire ou de troubles conductifs. Ainsi, une étude récente sur 80 patients a mis en évidence que, bien que l'ajout de la simulation de prothèse sur les images de scanner n'affecte pas la sélection de la prothèse, elle peut avoir une influence sur la profondeur d'implantation de la prothèse [8].

Au cours de la procédure, le principal enjeu correspond à la profondeur d'implantation au niveau d'un anneau qui peut être peu visible en fluoroscopie, surtout lorsqu'il est peu calcifié : une prothèse trop haute pouvant entraîner dans les anatomies les plus défavorables une obstruction coronaire tandis qu'une prothèse trop basse menace les voies de conduction. La projection de la prothèse simulée grâce à une plateforme telle que FEops HEARTguide™ est également possible afin d'optimiser la profondeur d'implantation de celle-ci [9]. En outre, les algorithmes utilisés par cette plateforme permettent de prévoir la déformation de la prothèse, notamment pour les bicuspidies [10].

Ainsi, l'imagerie de fusion des images de scanner dans le cadre du TAVI pourrait à l'avenir permettre de réduire le risque d'obstruction coronaire, notamment dans les anatomies complexes ou les procédures valve-in-valve, mais également celui de troubles conductifs, tous deux liés à la profondeur d'implantation de la prothèse. Cet enjeu sera d'autant plus important avec l'élargissement des indications de TAVI aux patients plus jeunes. Elle peut en outre présenter un intérêt dans l'optique de réaliser cette procédure sans produit de contraste chez les patients ayant une insuffisance rénale sévère.

Néanmoins, l'absence de caractère dynamique des images de scanner projetées rend pour l'instant l'utilisation de la fusion scanner/fluoroscopie limitée dans cette indication du fait de l'absence de coordination des images de synthèse avec les battements cardiaques.

L'utilisation de la fusion d'images de scanner sur la fluoroscopie dans le cadre de certaines interventions de correction de cardiopathies congénitales a été décrite [11]. La projection d'images de structures fixes est particulièrement intéressante afin de diminuer l'utilisation de produit chez une population en général jeune voire pédiatrique, et diminuerait également le temps de fluoroscopie dans la correction de coarctation aortique [12]. Ainsi, elle peut permettre de localiser précisément une coarctation aortique, ou encore une sténose de la valve pulmonaire, et de guider l'implantation de prothèse. La fermeture d'un canal artériel persistant, dont la localisation précise en angiographie peut s'avérer complexe, peut également être guidée par fusion d'images de scanner sur fluoroscopie [13].

---

## Section snippets

### Conclusion

L'essor récent des procédures structurelles percutanées en cardiologie est allé de pair avec l'amélioration des modalités d'imagerie permettant de guider de façon précise ces procédures. La fusion d'images en cours de procédure permet de rassembler les informations 3D pertinentes sur l'écran de fluoroscopie afin de visualiser la progression du matériel et d'en optimiser la position dans le même temps. L'apport de la fusion d'images de scanner sur fluoroscopie dans certaines indications est d'un ...

### Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts....

---

## Références (13)

AM Bavo *et al.*

**Validation of a computational model aiming to optimize preprocedural planning in percutaneous left atrial appendage closure**

J Cardiovasc Comput Tomogr (2020)

P Garot *et al.*

**Value of FEops HEARTguide patient-specific computational simulations in the planning of left atrial appendage closure with the Amplatzer Amulet closure device: rationale and design of the PREDICT-LAA study**

Open Heart (2020)

I Buysschaert *et al.*

**Clinical Impact of Preprocedural CT-Based 3D computational simulation of left atrial appendage occlusion with Amulet. Nakai T, éditeur**

J Intervent Cardiol (2021)

BF Mo *et al.*

**Image fusion of integrating fluoroscopy into 3D computed tomography in guidance of left atrial appendage closure**

Eur Heart J Cardiovasc Imaging (2021)

AK Roy *et al.*

**Novel integrated 3D multidetector computed tomography and fluoroscopy fusion for left atrial appendage occlusion procedures: MDCT and fluoroscopy fusion for LAA Occlusion**

Catheter Cardiovasc Interv (2018)

MA Espinoza Rueda *et al.*

**Successful closure of paravalvular leak using computed tomography image fusion and planning with 3-dimensional printing**

JACC Case Rep (2022)

*There are more references available in the full text version of this article.*

---

**Cited by (0)**

---

**Recommended articles (0)**

---

[View full text](#)

© 2022 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.



Copyright © 2022 Elsevier B.V. or its licensors or contributors.  
ScienceDirect® is a registered trademark of Elsevier B.V.

