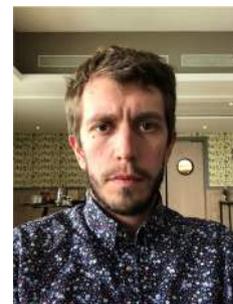


# Un nouveau regard sur l'insuffisance tricuspide isolée : l'imagerie multimodale



J. Ternacle

## A new look at isolated tricuspid regurgitation: Multimodal imaging

**J. Ternacle**

Unité médico-chirurgicale des valvulopathies, hôpital cardiologique Haut-Lévêque, centre hospitalier universitaire de Bordeaux, 33600 Pessac, France

Disponible en ligne sur ScienceDirect le 19 août 2024

Au-delà de la présentation clinique, c'est l'imagerie qui permet de confirmer le diagnostic d'insuffisance tricuspide, ainsi que son mécanisme, son étiologie, sa sévérité et son retentissement. L'imagerie a également une place centrale dans la prise en charge thérapeutique de l'insuffisance tricuspide car elle aide à poser l'indication d'une correction [1] et surtout elle permet de déterminer quel type de correction doit être envisagé, aussi bien en cas de chirurgie que d'intervention percutanée (remplacement versus réparation). L'échocardiographie transthoracique (ETT) reste l'examen de première ligne mais très rapidement, il est indispensable d'avoir recours à une approche multimodale incluant l'échocardiographie transœsophagienne (ETO), l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et surtout, le scanner [2]. Toutes ces modalités vont apporter des informations complémentaires allant du diagnostic à l'intervention.

L'imagerie distingue trois principaux mécanismes d'insuffisance tricuspide : primaire par lésion valvulaire, secondaire par remodelage des structures adjacentes et induite par la présence de matériel de stimulation.

- primaire par lésion valvulaire ;
- secondaire par remodelage des structures adjacentes ;
- induite par la présence de matériel de stimulation.

L'imagerie a un rôle capital dans la distinction de ces mécanismes. L'ETT permet de répondre à cette question dans la très grande majorité des cas par analyse de la morphologie et de la mobilité des feuillets valvulaires. L'ensemble des feuillets valvulaires, qu'ils soient au nombre de 2 ou 5 [3], peuvent être visualisés sur chacune des vues ETT. Cependant, il est capital d'utiliser une approche intégrative à partir de l'ensemble de ces vues pour appréhender la valve tricuspide dans sa globalité (Fig. 1). Cette étape d'analyse anatomique permet de déterminer le mécanisme de l'insuffisance tricuspide, mais permet également d'identifier son étiologie (cf. chapitres précédents) et d'anticiper les modalités de correction en cas d'indication. Il conviendra notamment de distinguer insuffisance tricuspide ventriculaire et insuffisance tricuspide atriale en cas de mécanisme secondaire, et de déterminer l'imputabilité du matériel de stimulation dans la genèse de l'insuffisance tricuspide lorsque celui-ci est présent. En cas de doute persistant, une ETO devra être pratiquée. Comme pour l'ETT, une approche intégrative à partir des différentes vues ETO est indispensable, incluant la vue trans-gastrique (Fig. 2). L'imagerie tridimensionnelle (3D) de la valve tricuspide est désormais systématique au cours de ces deux examens (Fig. 1 et Fig. 2D) car elle permet d'avoir une visualisation globale et précise de l'anatomie valvulaire (classification anatomique), de quantifier la sévérité de l'insuffisance tricuspide, mais

### DIAGNOSTIC DE L'INSUFFISANCE TRICUSPIDE

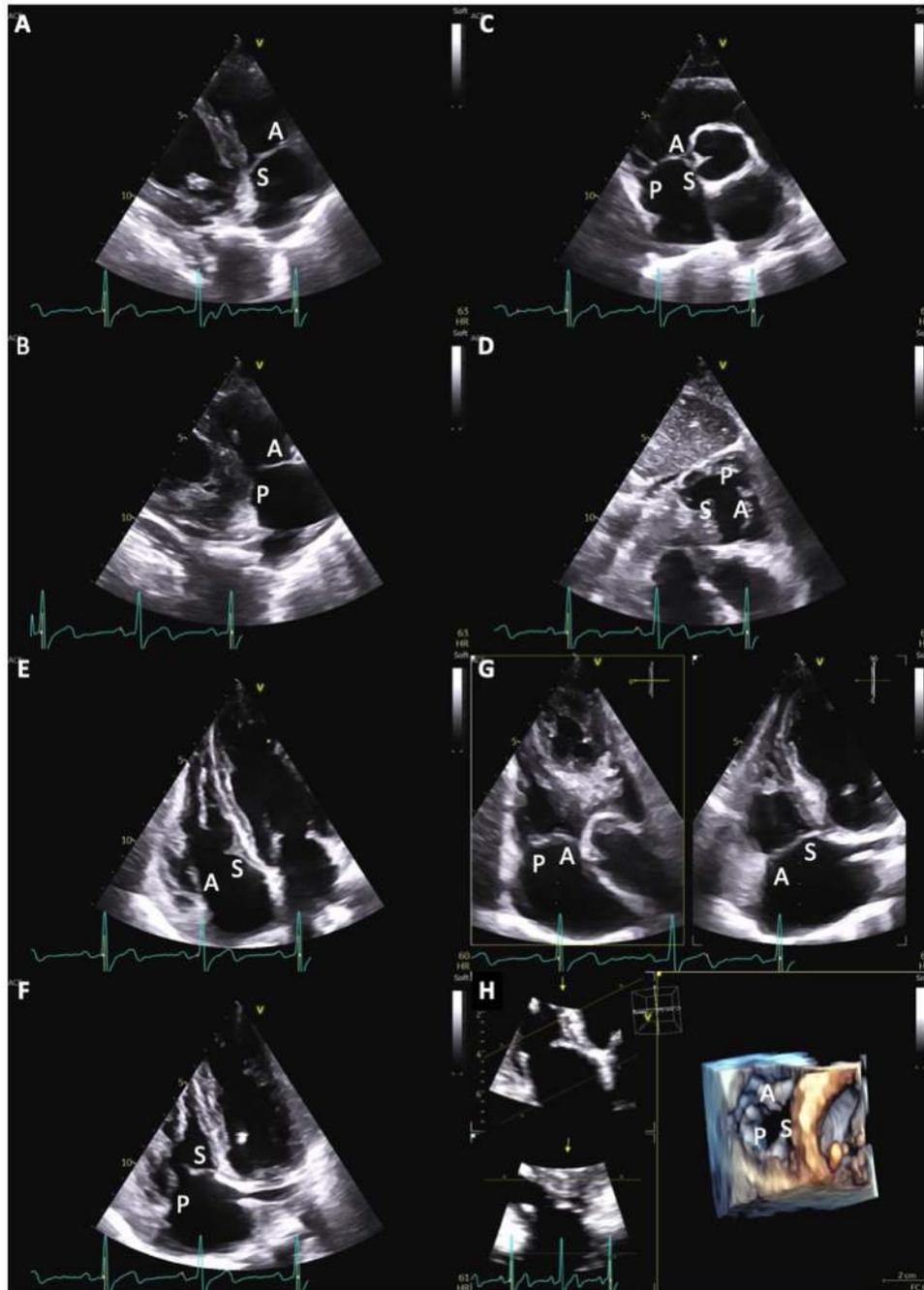
#### Mécanisme et étiologie de l'insuffisance tricuspide

Comme vu précédemment, il existe trois principaux mécanismes d'insuffisance tricuspide :

<https://doi.org/10.1016/j.amcp.2024.08.001>

© 2024 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés, y compris ceux relatifs à la fouille de textes et de données, à l'entraînement de l'intelligence artificielle et aux technologies similaires.

Adresse e-mail : [julien.ternacle.hmn@gmail.com](mailto:julien.ternacle.hmn@gmail.com)

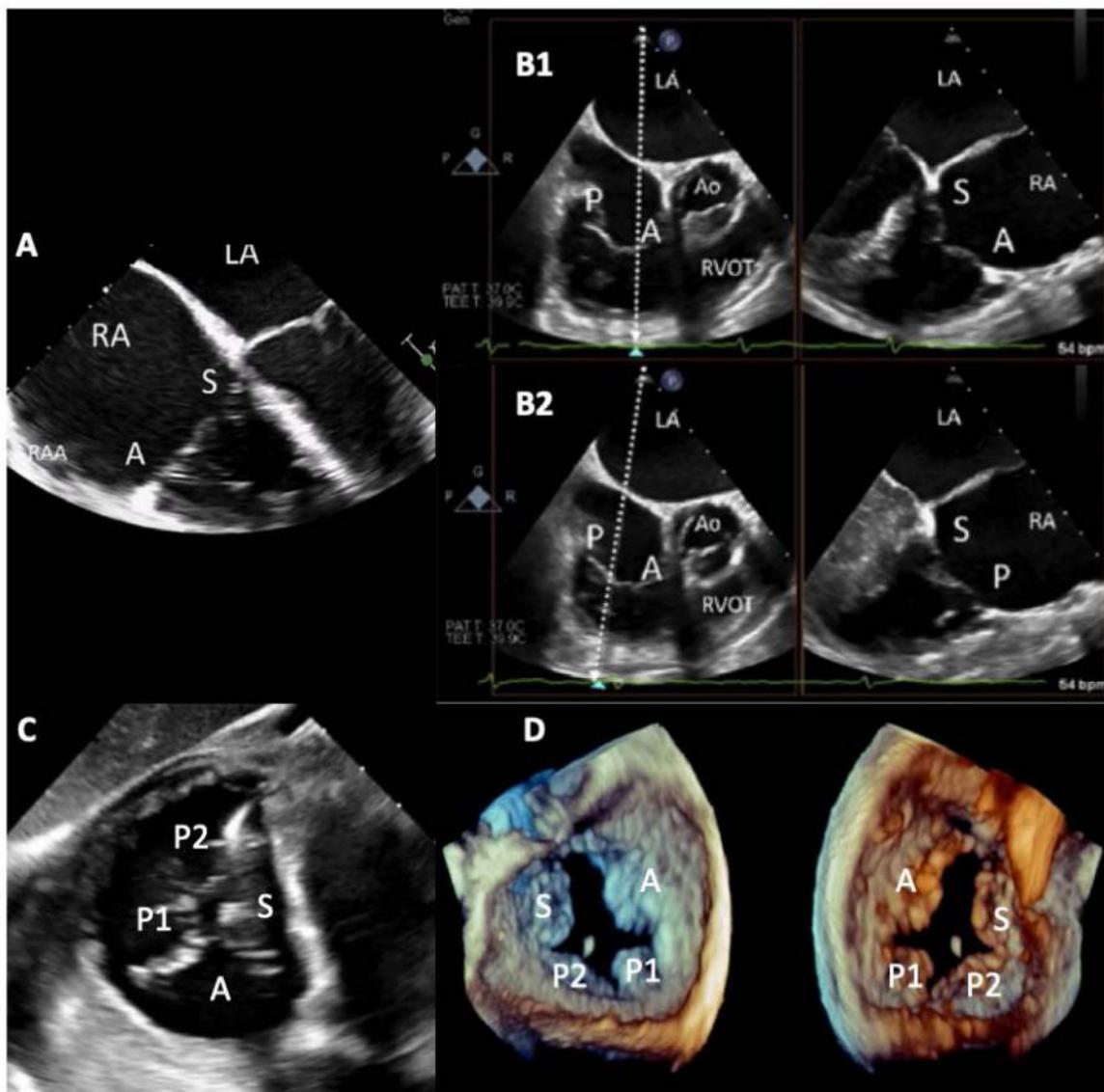


**Figure 1.** Ensemble des incidences ETT 2D et 3D permettant d'explorer la valve tricuspide. A, B. Vues parasternales grand axe modifiées sur les cavités droites. C. Vue parasternale petit axe. D. Vue petit axe sous-costal. E, F. Vues apicales 4 cavités centrées sur les cavités droites. G. Vue apicale 2 cavités centrée sur les cavités droites avec biplan. H. Vue 3D ventriculaire de la valve tricuspide.

également de faire des mesures précises via la reconstruction multiplanaire (MPR) en vue d'une possible intervention. L'IRM et le scanner cardiaques peuvent apporter des informations complémentaires, mais leur *plus-value* reste limitée à cette étape.

### Quantification de l'insuffisance tricuspide

L'ETT est le meilleur examen pour confirmer la sévérité d'une insuffisance tricuspide. Au moment de l'ETT, il est important de connaître la volémie du patient par recueil du poids, de la



**Figure 2.** Ensemble des incidences ETO 2D et 3D permettant d'explorer la valve tricuspide. A. Vue ETO 0° 4 cavités. B1, B2. Vue « inflow » à environ 60° et la vue « outflow » à 90° via la modalité 2D biplan de la sonde 3D, permettant d'explorer les feuillets antérieur et septal si le biplan est positionné sur le feuillet antérieur de la vue « inflow » (B1) ou les feuillets postérieur et septal si le biplan est positionné sur le feuillet postérieur de la vue « inflow » (B2). C. Vue trans-gastrique vers 30°. D. Vue 3D en face depuis l'oreillette droite (à gauche) ou le ventricule droit (à droite) avec la valve aortique (donc commissure antéroseptale tricuspide) positionnée vers 11 h. Le positionnement des feuillets est inversé par rapport à la vue trans-gastrique.

sévérité des symptômes, du degré d'insuffisance rénale et la posologie des diurétiques. En effet, l'insuffisance tricuspide secondaire étant très dépendante de la volémie, une évaluation à l'état stable est préférable. L'inspiration progressive et profonde, majorant la précharge par augmentation du retour veineux, est une méthode intéressante pour démasquer une insuffisance tricuspide sévère. A contrario, l'ETO pourra être prise à défaut si elle est réalisée sous anesthésie générale. Comme vu précédemment, il est important d'utiliser une

approche intégrative, à partir des différentes vues échographiques, mais également multiparamétriques afin de classer l'insuffisance tricuspide dans un des cinq niveaux de sévérité (*Tableau 1*) [2]. Les paramètres les plus utilisés sont ceux dérivés de la méthode de la *proximal isovelocity surface area* (PISA) comme le rayon pour une vitesse d'aliasing à  $-28$  cm/s, la surface de l'orifice régurgitant (SOR) et le volume régurgité (VR). Les outils de quantification 3D existent mais sont peu utilisés en pratique quotidienne car peu reproductibles et avec

**Tableau I. Paramètres de quantifications de la sévérité de l'insuffisance tricuspide en échocardiographie.**

Sévérité de l'insuffisance tricuspide	Modérée	Moyenne	Sévère	Massive	Torrentielle
<b>Paramètres qualitatifs</b>					
Anatomie valvulaire	Normal, anomalie minime	Altérations moyennes	Altérations sévères	Identique sévère	Identique sévère
Jet couleur de l'insuffisance tricuspide	Petit, étroit, central	Moyen central	Large central ou excentré		
Zone de convergence	Non visible ou transitoire	Intermédiaire en taille/durée	Large durant toute la systole		
Flux en Doppler continu	Faible densité, parabolique	Dense ou triangulaire	Dense et triangulaire à pic précoce (< 2 m/s)		
<b>Paramètres semi-quantitatifs</b>					
Flux des veines sus-hépatiques	Dominance systolique	Diminution onde S	Reflux systolique	Identique sévère	Identique sévère
Flux diastolique tricuspide	Onde A dominante	Variable	Onde E dominante ( $\geq 1$ m/s)	Identique sévère	Identique sévère
Rayon de PISA (mm)	$\leq 5$	6–9	$> 9$	Identique sévère	Identique sévère
Vena contracta (mm)	$< 3$	3–6,9	7–13	14–20	$\geq 21$
Orifice régurgitant 3D (mm <sup>2</sup> )	–	–	75–94	95–114	$\geq 115$
<b>Paramètres quantitatifs</b>					
Orifice régurgitant (mm <sup>2</sup> )	$< 20$	20–39	40–59	60–79	$\geq 80$
Volume régurgitant (mL)	$< 30$	30–44	45–59	60–74	$\geq 75$
Fraction de régurgitation (%)	$\leq 15$	16–49	$\geq 50$	Identique sévère	Identique sévère

3D : tridimensionnel ; PISA : proximal isovelocity surface area.

des seuils de sévérité encore mal établis. L'arrivée de nouveaux outils de quantification semi-automatique basés sur l'intelligence artificielle vont probablement permettre, au cours des prochaines années, de placer le 3D comme principale méthode de quantification des valvulopathies. L'IRM cardiaque est également une modalité de plus en plus utilisée car elle permet de quantifier l'insuffisance tricuspide (fraction de régurgitation) et d'évaluer avec précision son retentissement sur les cavités cardiaques droites [2]. Les nouveaux outils de flux 4D sont très prometteurs mais encore peu répandus. Le scanner a, quant à lui, peu d'utilité dans la quantification de l'insuffisance tricuspide.

### RETENTISSEMENT DE L'INSUFFISANCE TRICUSPIDE

L'évaluation du retentissement sur les cavités droites d'une insuffisance tricuspide  $\geq$  moyenne est une étape capitale dans l'algorithme décisionnel thérapeutique. En effet, les recommandations et la pratique clinique tendent vers une intervention de correction de l'insuffisance tricuspide de plus en plus précoce, notamment chez le patient asymptomatique, dès l'instant où il existe un retentissement significatif sur le ventricule droit (VD) [1]. Il est donc important d'utiliser des modalités et outils d'imagerie fiables et reproductibles pour

quantifier ce retentissement. L'ETT est l'examen de première intention et est souvent le seul nécessaire pour cette évaluation qui comprend la mesure des dimensions mais également de la fonction systolique du ventricule droit. Les nouveaux outils 3D de quantification semi-automatique du ventricule droit sont d'une aide précieuse car ils permettent d'obtenir les volumes ventriculaires droits ainsi que la majorité des paramètres de fonction systolique (TAPSE ; RVFAC ; FEVD) à partir d'une seule acquisition et d'un post-traitement de moins de 5 min (Fig. 3A). L'IRM cardiaque est un excellent examen pour évaluer les dimensions et la fonction systolique du ventricule droit, notamment lorsque l'ETT n'est pas suffisamment contributive (Fig. 3B). La reproductibilité des mesures faites par IRM fait également de cet examen un excellent outil de suivi. Avec le développement des traitements percutanés tricuspides, de nombreux progrès ont été faits en scanner avec notamment le ciné-scanner permettant d'évaluer la cinétique et de quantifier la contractilité ventriculaire droit par reconstruction tous les 5 % du cycle cardiaque (Fig. 3C) [4]. Nous avons donc plusieurs modalités performantes pour évaluer le retentissement droit d'une insuffisance tricuspide  $\geq$  moyenne ; cependant, nous n'avons actuellement aucun seuil de sévérité sur lequel nous baser pour retenir une indication thérapeutique. Les prochaines études devront impérativement se concentrer sur cet objectif : définir un seuil de dilatation ventriculaire droit offrant un rapport bénéfice/

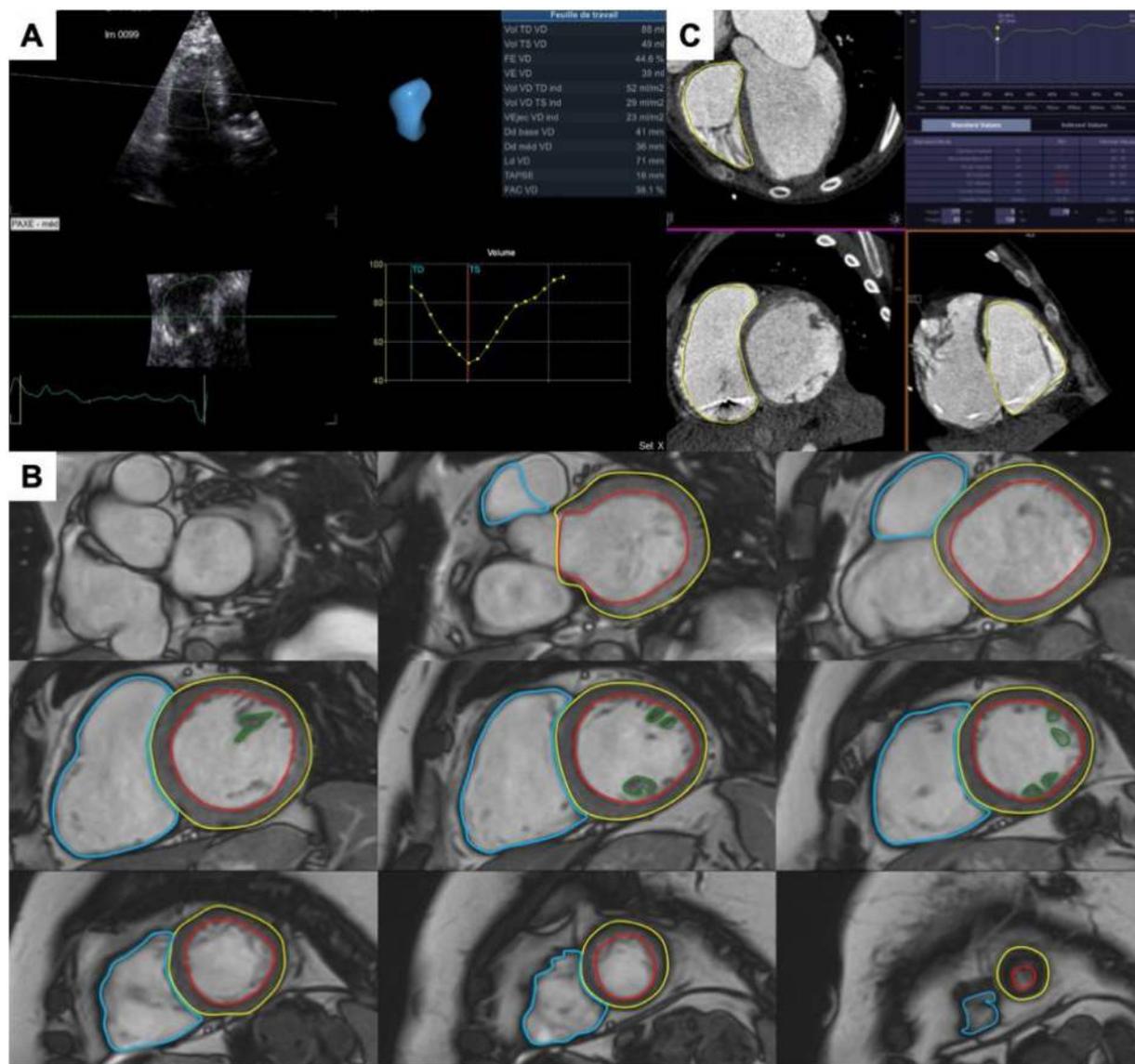


Figure 3. Évaluation de la fonction systolique du ventricule droit par ETT 3D (A), IRM cardiaque (B) et scanner cardiaque (C).

risque optimal pour proposer une correction tricuspide, notamment chez le patient asymptomatique ayant un Tri-Score bas.

## CORRECTION DE L'INSUFFISANCE TRICUSPIDE

### Réparation valvulaire tricuspide

Que ce soit par voie chirurgicale ou percutanée, la réparation valvulaire tricuspide est la technique de choix pour traiter une insuffisance tricuspide. Par voie chirurgicale, elle a démontré sa supériorité au remplacement biologique en termes de

morbi-mortalité. Par voie percutanée, la réparation bord-à-bord est la technique la plus aboutie et validée scientifiquement [5]. Nous attendons avec impatience les résultats des études randomisées pour envisager un remboursement. L'analyse précise de l'anatomie valvulaire et de la qualité des feuillets est indispensable avant d'envisager une réparation valvulaire tricuspide. Les *Tableaux II et III* résument les différents critères anatomiques permettant de prédire la faisabilité d'une réparation valvulaire tricuspide, respectivement par voie chirurgicale et percutanée [6]. Cette évaluation repose sur l'ETT mais surtout sur l'ETO lorsqu'une stratégie percutanée est envisagée car l'échogénicité du patient est un paramètre

**Tableau II. Paramètres de faisabilité de la réparation valvulaire tricuspide chirurgicale.**

Paramètres échocardiographiques
– Hauteur sous la tente < 8 mm
– Surface sous la tente < 1,63 cm <sup>2</sup>
– Défaut de coaptation < 8 mm
– Feuillet fins et non rétractés

clé du succès de la procédure. L'échocardiographie, par voie oesophagienne ou intracardiaque avec utilisation du 3D, est effectivement indispensable pour monitorer la réparation percutanée (Fig. 4A). Lorsque l'anatomie n'est pas favorable à une réparation, un remplacement valvulaire doit être envisagé car le patient peut se retrouver dans une impasse thérapeutique en cas de récurrence d'insuffisance tricuspide significative [7].

### Remplacement valvulaire tricuspide

Le remplacement valvulaire tricuspide, qu'il soit chirurgical ou percutané, donne d'excellents résultats en matière de correction d'insuffisance tricuspide. En cas de chirurgie, le scanner cardiaque avec injection peut être intéressant pour déterminer la faisabilité d'un abord dit « mini-invasif » par vidéo-thoracotomie droite. Le scanner cardiaque injecté est par contre indispensable si un remplacement percutané est envisagé [7]. Il permet de déterminer sa faisabilité en évaluant le calibre et l'angulation des voies d'abord (fémorale ou jugulaire), les dimensions des cavités droites et surtout, les dimensions de l'anneau tricuspide. En effet, la taille de l'anneau tricuspide (trop large le plus souvent) est la principale cause d'inéligibilité au remplacement percutané. Dans cet objectif de faisabilité, les nouveaux outils de modélisation 3D apportent de

précieuses informations par simulation de la procédure en utilisant les différentes prothèses disponibles (Fig. 4B). Le scanner cardiaque injecté est également l'examen de choix pour détecter les dysfonctions de prothèse lors du suivi, telle que la thrombose. Comme pour la réparation, l'ETO est indispensable au monitoring du remplacement valvulaire tricuspide percutané. L'utilisation de la fusion entre l'ETO et la fluoroscopie au cours de la procédure est d'une aide précieuse (Fig. 4C). Des nouveaux outils ETO 3D de quantification semi-automatique de l'anatomie tricuspide sont en développement (Fig. 4D), ce qui permettrait, s'ils sont validés, d'évaluer de façon fiable la taille de l'anneau sans être obligé de recourir au scanner cardiaque injecté.

### En pratique

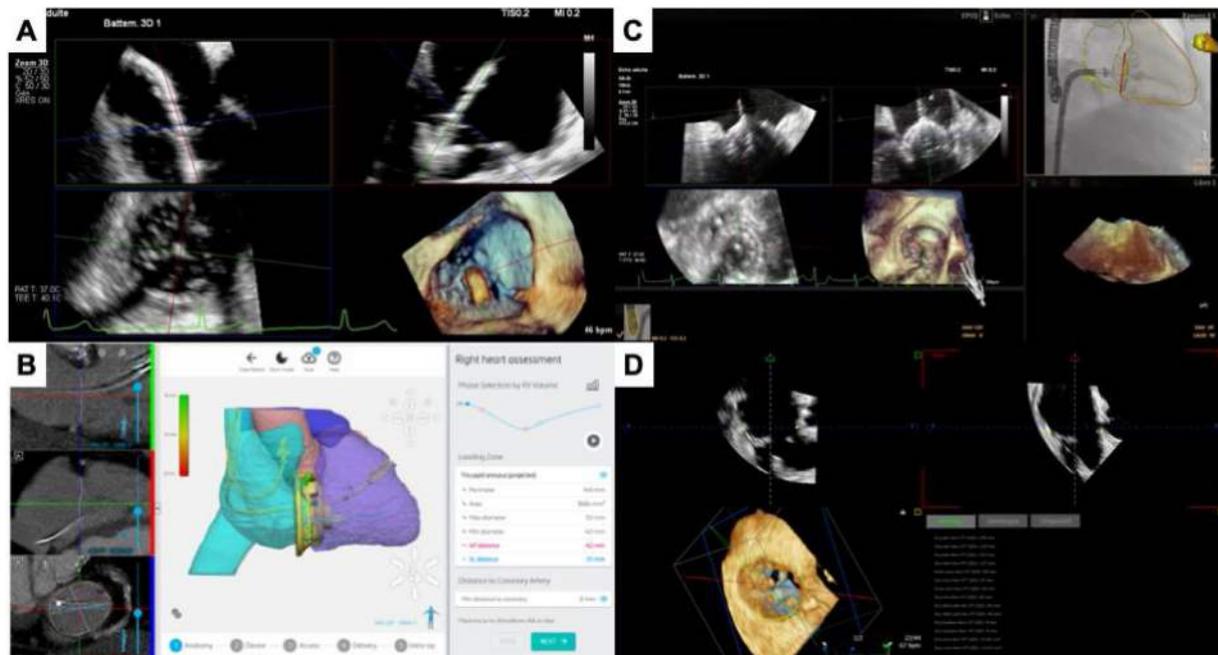
L'imagerie multimodale confirme le diagnostic, détermine le mécanisme et l'étiologie, identifie l'indication et la meilleure stratégie de correction valvulaire.

### CONCLUSION

L'imagerie multimodale a donc une place centrale dans la prise en charge de l'insuffisance tricuspide sévère puisqu'elle permet de confirmer le diagnostic, déterminer son mécanisme et son étiologie, identifier une indication thérapeutique et surtout définir la meilleure stratégie de correction valvulaire.

**Tableau III. Paramètres de faisabilité de la réparation valvulaire tricuspide bord-à-bord par voie percutanée.**

Anatomie favorable	Anatomie réalisable	Anatomie défavorable
– Gap de coaptation septolatéral ≤ 7 mm	– Gap de coaptation septolatéral > 7 mm mais ≤ 8,5 mm	– Gap de coaptation septolatéral > 8,5 mm
– Localisation antéroseptale du jet	– Localisation postéroseptale du jet	– Épaississement/rétraction des feuillets (rhumatisme, carcinoïde)/perforation
– Prolapsus ou éversion confiné	– Morphologie autre que 3 feuillets	– Cordages denses avec forte traction sur les feuillets
– Morphologie à 3 feuillets	– Sonde de pacemaker sans impaction sur les feuillets	– Localisation antéropostérieure du jet
		– Mauvaise échogénicité
		– Sonde de pacemaker avec impaction sur les feuillets
		– Angle d'approche du dispositif défavorable



**Figure 4.** Nouvelles modalités d'imagerie 3D utilisées pour la correction d'une insuffisance tricuspide. A. Reconstruction multiplanaire (MPR) à partir d'une acquisition ETO 3D pendant une procédure percutanée de réparation bord-à-bord. B. Modélisation 3D du cœur droit à partir d'un scanner cardiaque injecté permettant de simuler l'implantation d'une prothèse tricuspide par voie percutanée. C. Reconstruction multiplanaire (MPR) à partir d'une acquisition ETO 3D pendant une procédure percutanée de remplacement valvulaire tricuspide, associée à l'imagerie de fusion permettant d'ajouter les cavités droites obtenues en ETO 3D sur les images de fluoroscopie. D. Nouvel outil de mesure semi-automatique de la valve et de l'anneau tricuspides permettant une analyse exhaustive en vue d'un remplacement valvulaire percutané.

#### Déclaration de liens d'intérêts

L'auteur est consultant pour Edwards Lifesciences, Abbott Structural, Philips et General Electric.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 2022;43:561–632.
- [2] Lancellotti P, Pibarot P, Chambers J, et al. Multi-modality imaging assessment of native valvular regurgitation: an EACVI and ESC council of valvular heart disease position paper. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2022;23:e171–232.
- [3] Hahn RT, Weckbach LT, Noack T, et al. Proposal for a standard echocardiographic tricuspid valve nomenclature. *JACC Cardiovasc Imaging* 2021;14:1299–305.
- [4] Khalique OK, Cavalcante JL, Shah D, et al. Multimodality imaging of the tricuspid valve and right heart anatomy. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:516–31.
- [5] Sorajja P, Whisenant B, Hamid N, et al. Transcatheter repair for patients with tricuspid regurgitation. *N Engl J Med* 2023;388:1833–42.
- [6] Praz F, Muraru D, Kreidel F, et al. Transcatheter treatment for tricuspid valve disease. *EuroIntervention* 2021;17:791–808.
- [7] Maisano F, Hahn R, Sorajja P, Praz F, Lurz P. Transcatheter treatment of the tricuspid valve: current status and perspectives. *Eur Heart J* 2024;45:876–94.