



TDM cardiaque

Technique, anatomie et principales indications avec leur sémiologie

Dr Michaël Dupont

CHU UCL Namur asbl, Av. Docteur G. Thérasse, 1 - B5530 Yvoir (Belgique)

Dinant • Godinne • Sainte-Elisabeth

Plan

Plan

- Technique
- Anatomie
- Principales indications et leur sémiologie
 - Evaluation coronaire
 - Evaluation des veines pulmonaires
 - Autres indications

Technique

Mouvements

- Analyse cardiaque optimale nécessite de s'affranchir des mouvements
 - Respiratoires : apnée
 - Cardiaques : meilleure résolution temporelle possible
 - Musculaires : consignes au patient, avec bonne explication du déroulement de la procédure

Résolution temporelle

- Le cœur étant un organe en mouvement rapide, nécessité d'une bonne résolution temporelle pour s'affranchir des artéfacts de battement cardiaque
- Pour une rotation complète (360°) du tube d'un scanner, résolution temporelle comprise entre 0,5 et 0,26 seconde
- Pour « geler » les mouvements d'un cœur, l'idéal est d'obtenir une résolution temporelle de moins de 10 % de la valeur de l'intervalle R-R, soit 100 ms pour un cœur à 60 battements par minute (bpm)

Résolution temporelle

- Les techniques de reconstruction actuelles permettent d'utiliser les données d'une rotation partielle pour l'imagerie cardiaque et diviser la résolution temporelle du CT environ par deux (halfscan)
- Les résolutions temporelles obtenues, entre 140 et 175 ms, permettent malgré tout d'obtenir des images nettes, au moins à certains moments du cycle cardiaque, pour des fréquences cardiaques basses
- Systèmes à double tube peuvent encore diviser la résolution temporelle d'un facteur deux supplémentaire

Cycle cardiaque

- Quel est le moment idéal pour l'acquisition des données cardiaques ?
- Quelle est l'influence de la fréquence cardiaque ?

Cycle cardiaque

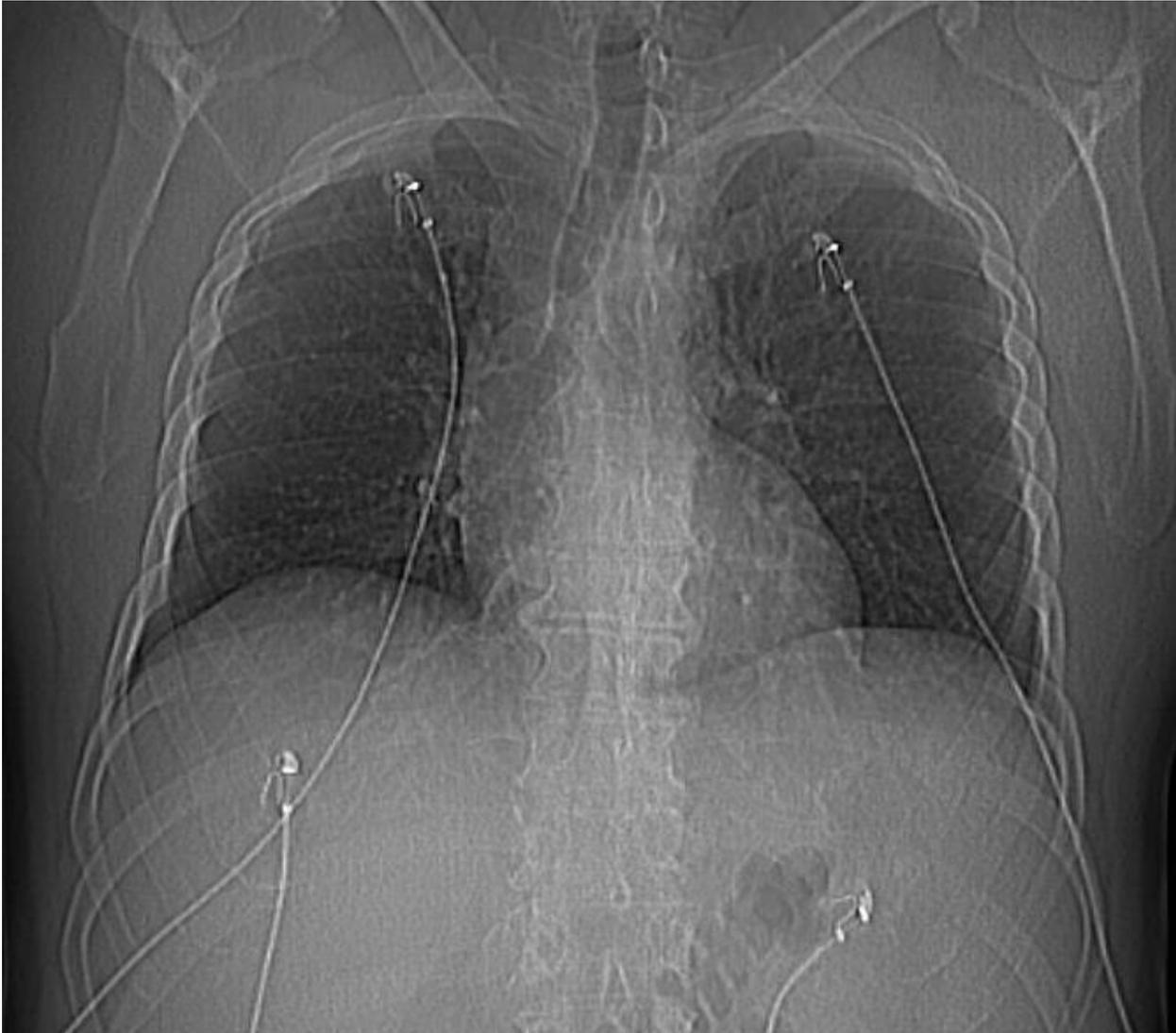
- En général, pour les cœurs lents (< 75 bpm), la période où les mouvements cardiaques sont les plus lents correspond à la diastole, soit environ 70 % de l'intervalle R-R
- Lorsque le rythme cardiaque s'élève, le temps de contraction systolique se modifie peu, alors que le temps de remplissage diastolique se raccourcit
→ La période pendant laquelle les meilleures images peuvent être obtenues se déplace plutôt vers 40 % de l'intervalle R-R

Cycle cardiaque



NB : sur certains systèmes, moment d'acquisition peut être fixé en durée (ms), mais non recommandé

Couverture en volume : repères ?



Couverture en volume

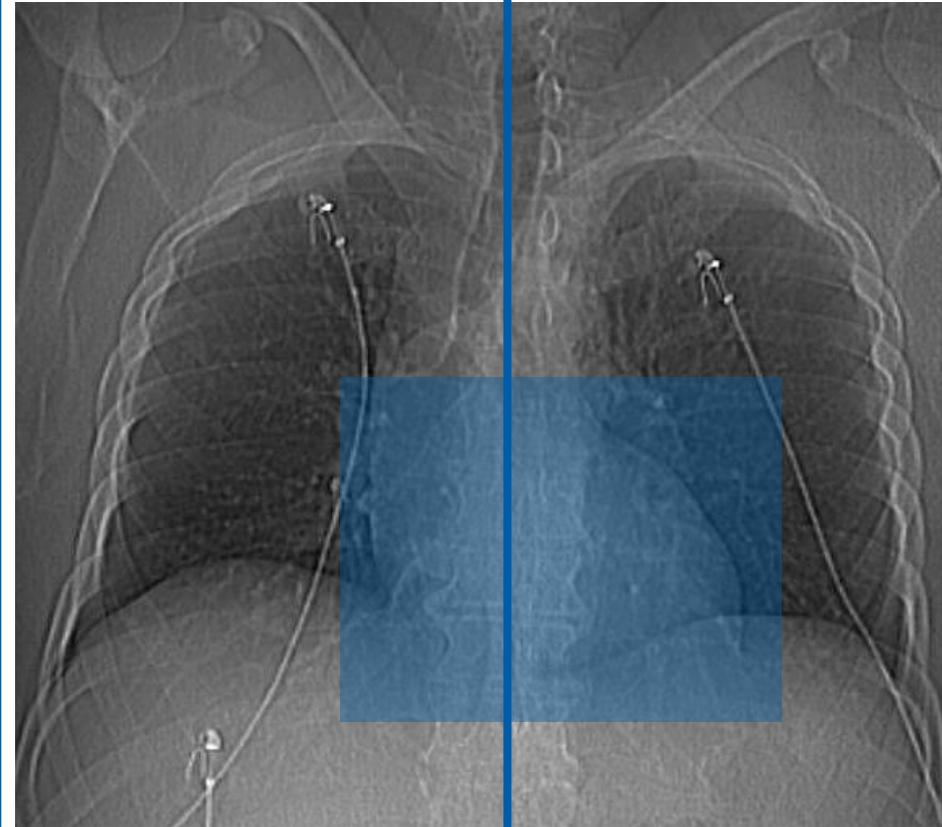
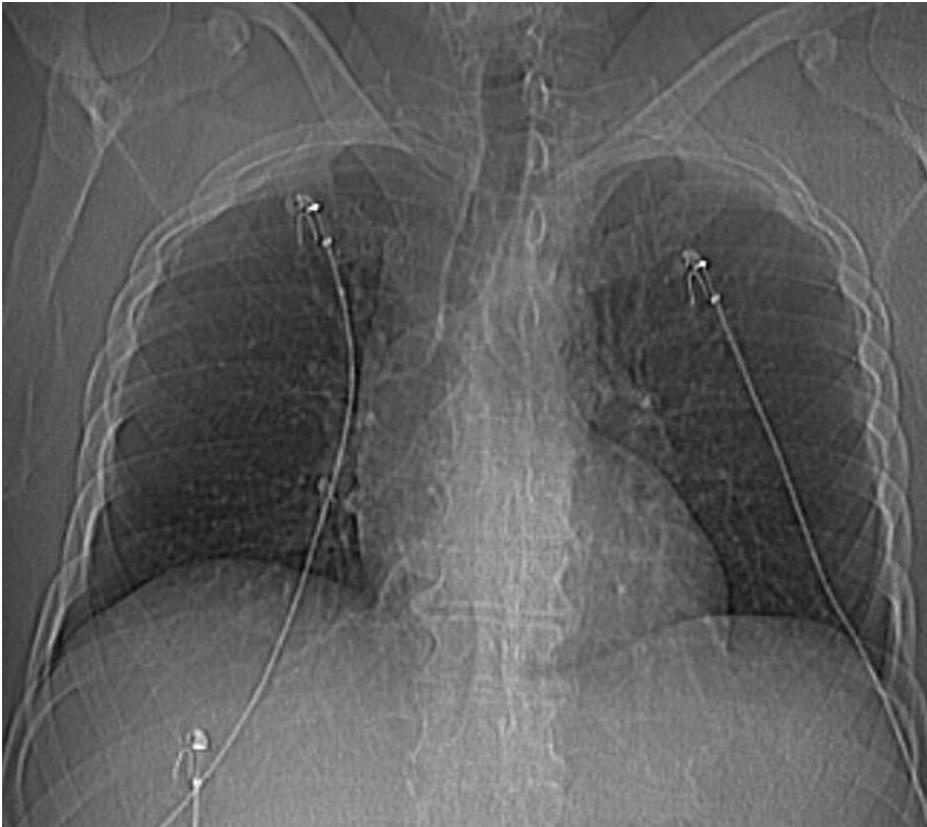
- Longueur totale à explorer pour un examen cardiaque en général inférieure à 14 cm
- Sur le topogramme, s'étend depuis la carène jusqu'au bord inférieur du cœur
- En fonction du mode d'acquisition, importance de centrer le volume d'acquisition à la fois de face et de profil, et de positionner le cœur à l'isocentre du CT

Longueur d'acquisition

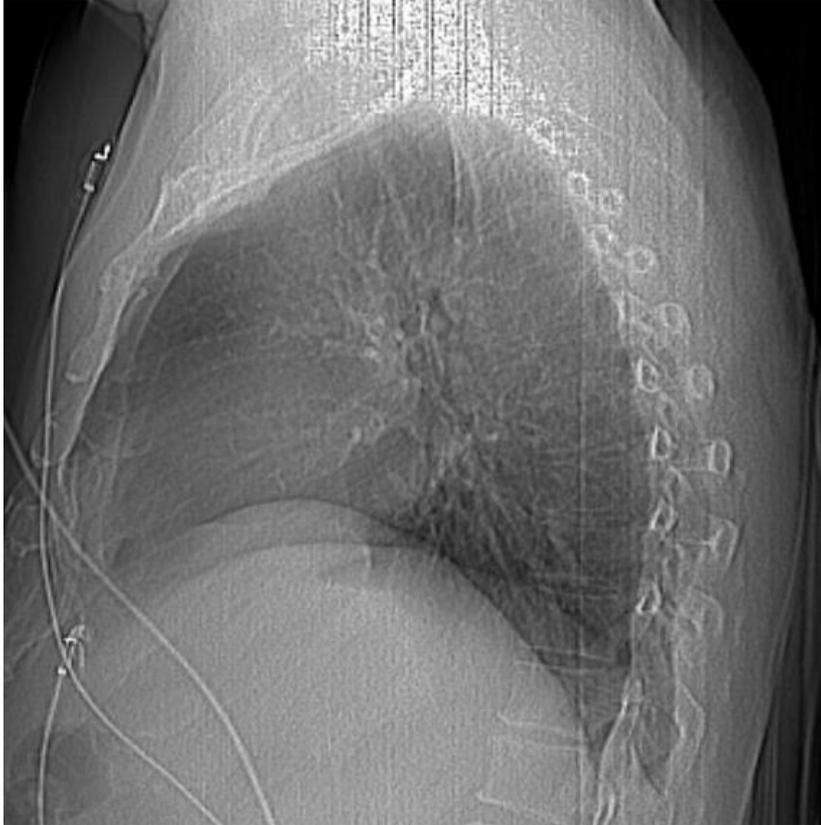
- Influence directement la valeur du DLP
- Bonne connaissance des repères anatomiques sur le topogramme de face et de profil nécessaire
 - Acquisition depuis la carène jusqu'à l'apex du cœur
 - Idéalement limiter le nombre de steps en prospectif
 - Eviter les acquisitions allongées de « sécurité » en hélicoïdal

Couverture en volume, face

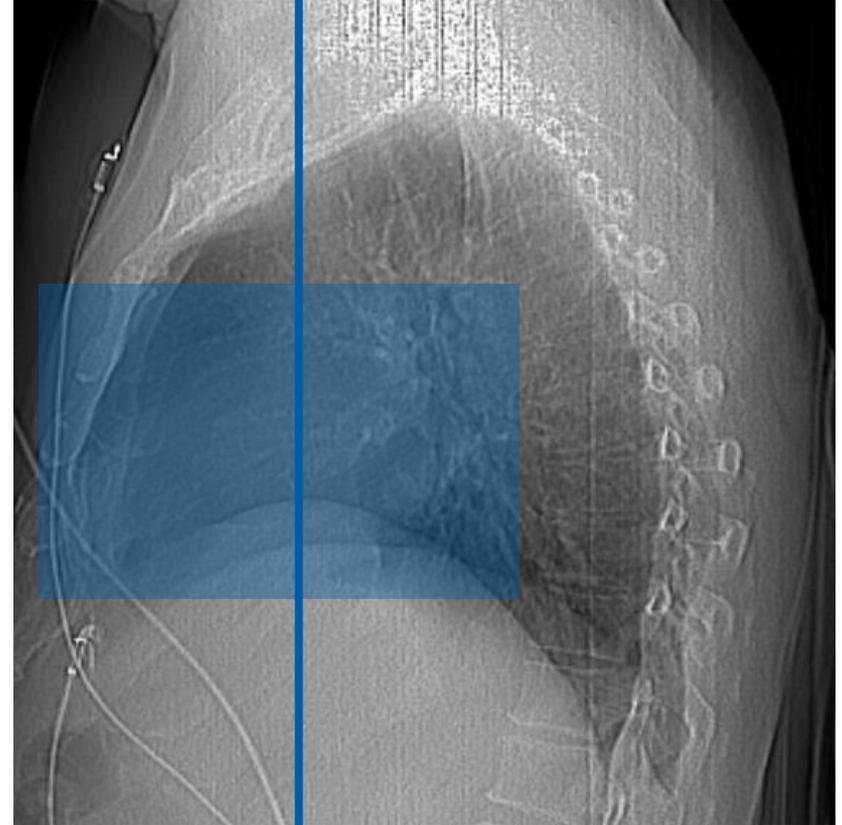
Isocentre



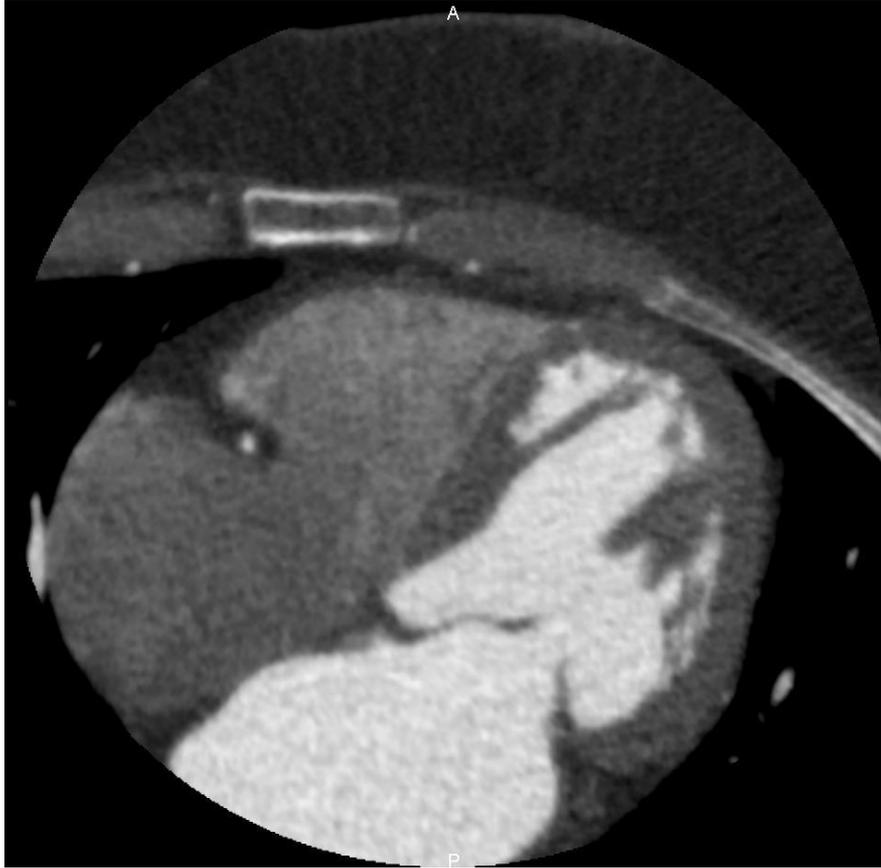
Couverture en volume, profil



Isocentre



Couverture en volume



Si le positionnement du volume couvert est inadéquat, il n'est pas toujours corrigé une fois l'acquisition réalisée (dépend de la technique d'acquisition et du vendeur)

Modes d'acquisition

- Quels sont les différents modes d'acquisition en imagerie cardiaque ?

Modes d'acquisition

- Deux grands types d'acquisition, toujours avec synchronisation ECG
 - Axial, ou séquentiel
 - Hélicoïdal
- Signal ECG est utilisé pour déclencher l'acquisition ou pour sélectionner la phase de reconstruction a posteriori
- L'acquisition peut couvrir tout un cycle cardiaque (ou plusieurs), ou bien ne couvrir qu'une partie de celui-ci

Modes d'acquisition

- Si acquisition de la totalité du cycle cardiaque (sur un ou plusieurs cycles)
 - Plus grande flexibilité pour choisir la phase optimale pour la reconstruction des coronaires
 - Reconstruction des différentes phases du cycle cardiaque avec informations dynamiques
 - Mais dose d'irradiation élevée
- Si acquisition d'une partie du cycle cardiaque
 - Choix des phases pouvant être reconstruites limité à un phase, ou légèrement étendue (« padding »)
 - Pas d'information dynamique
 - Dose plus basse

Modes d'acquisition

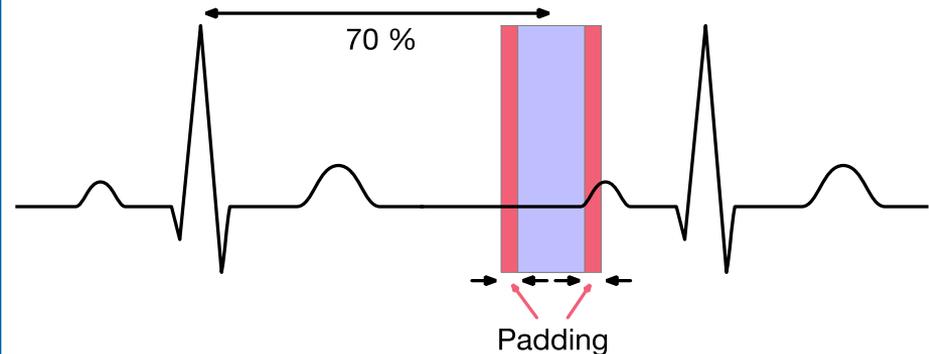
- Approche hybride possible
 - Acquisition de toutes les phases, mais avec dose réduite en-dehors de la phase nécessaire pour l'imagerie des coronaires (ECG pulsing)
 - Acquisition sur plusieurs cycles cardiaques souvent nécessaire pour obtenir les informations pour reconstruire tout un cycle cardiaque compte tenu de la collimation limitée
- Acquisition cardiaque complète en un seul battement possible si
 - Collimation du scanner de l'ordre de 12 à 14 cm (avec éventuellement informations dynamiques associées)
 - Acquisition à haut pitch : spirale prospective, disponible sur les systèmes à double tube

Modes d'acquisition

- Globalement, 3 modes d'acquisition sont disponibles
 - Séquentiel prospectif
 - Hélicoïdal rétrospectif
 - Hélicoïdal prospectif

Séquentiel prospectif (Step-and-shoot)

- Mode le plus utilisé, car le moins irradiant
 - Sélection de la phase acquise, sans exposition le reste du cycle cardiaque
- Nécessite un rythme cardiaque lent, inférieur à 75 bpm et idéalement à 65 bpm ou moins (beta—bloquants)
- Padding peut être utilisé si rythme « limite » ou légèrement irrégulier (pouvant à l'extrême couvrir tout un cycle cardiaque)
 - Permet d'acquérir plus qu'une phase
- Plusieurs acquisitions séquentielles peuvent être nécessaires pour couvrir tout le cœur, en fonction largeur de couverture du scanner

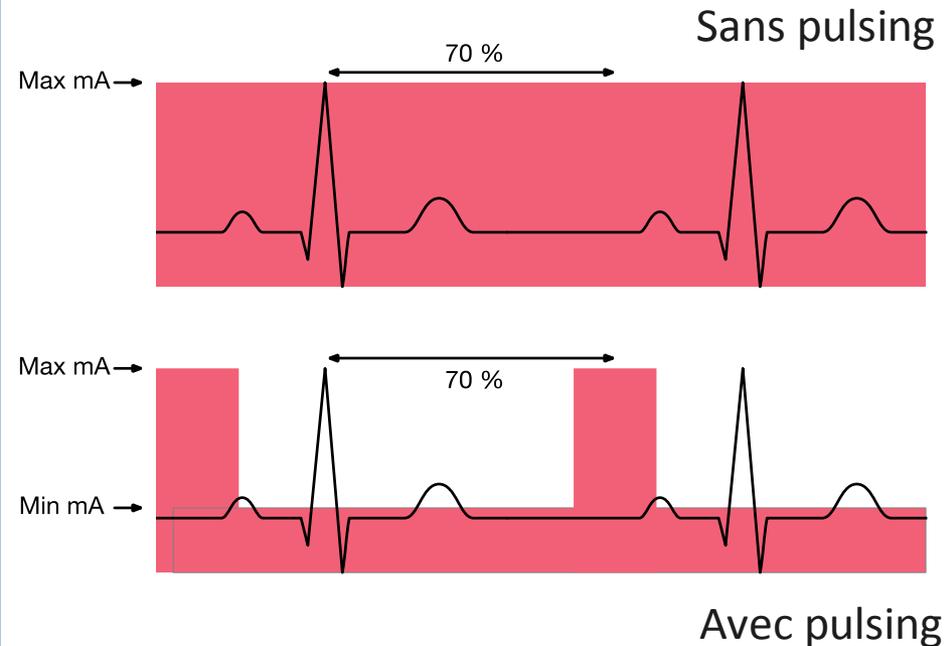


Rétrospectif hélicoïdal

- Mode d'acquisition « historique »
- Méthode de choix pour l'acquisition des cœurs rapides ou irréguliers (sauf si largeur de couverture du scanner suffisante que pour couvrir le cœur en un battement)
- Tube émet des rayons en continu pendant la couverture du cœur, à bas pitch
- Pitch utilisé déterminé par le rythme cardiaque et le temps de rotation du scanner
- Enregistrement de l'ECG est simultané et couplé aux données CT pour permettre la sélection des phases utilisées pour la reconstruction des images

Rétrospectif hélicoïdal

- Résultats meilleurs si rythme lent, avec fenêtre de fréquence optimale similaire aux acquisitions prospectives
- Données recueillies permettent d'avoir des informations fonctionnelles : fonction, valves
- Pulsing : diminution de la dose délivrée en dehors des phases sélectionnées

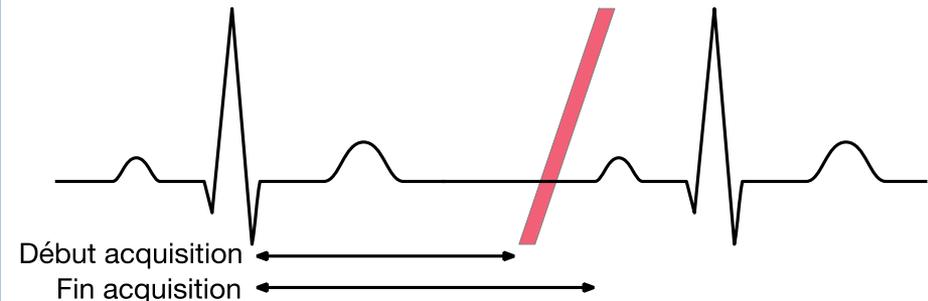


Rétrospectif hélicoïdal – dose pulsing

- Pulsing : diminue la dose à 20 % de la dose maximale en dehors des phases sélectionnées
- Permet une réduction de dose globale de 30 à 45 %
- Qualité d'image nettement réduite durant les phases acquises à basse dose
 - Peut être gênant si une analyse fine de ces phases est nécessaire
 - A haute fréquence cardiaque, probabilité que la bonne phase d'analyse pour les coronaires soit en systole plutôt qu'en diastole augmente
 - Système peut être en difficulté face à un rythme irrégulier et des extrasystoles : pulsing au mauvais moment

Prospectif hélicoïdal

- Possible sur systèmes à double tube
- Résolution temporelle égale au quart du temps de rotation des tubes, permise grâce à une acquisition à très haut pitch, avec déplacement rapide de la table
- Acquisition ne permet la reconstruction que d'une seule phase (non isophasique, décalage temporel entre les données du début et de la fin de l'acquisition)
- Réduction de dose comparable ou meilleure que le séquentiel prospectif



Adaptation de la tension et de l'intensité de courant du tube en fonction du patient

- En fonction du gabarit du patient, kV et mAs peuvent être adaptés
- Diminution de l'intensité du courant (mAs) augmente le bruit
- Diminution de la tension (kV) augmente le bruit, mais diminue davantage la dose que la réduction du courant (relation carrée plutôt que linéaire), en augmentant le contraste lié au contraste iodé
 - Diminution kV de 120 à 100 kV entraîne une réduction de dose de 31 %

Reconstructions itératives

- Techniques de reconstruction d'images permettant de réduire le bruit par rapport aux reconstructions « historiques » (rétroprojection filtrée)
- Ont permis de diminuer la dose des angio-scanners coronaires (et des scanners des autres régions) de l'ordre 50 % environ, en gardant un niveau de bruit équivalent
- Améliorations des techniques de reconstructions itératives permettent d'épargner encore plus de dose

En pratique

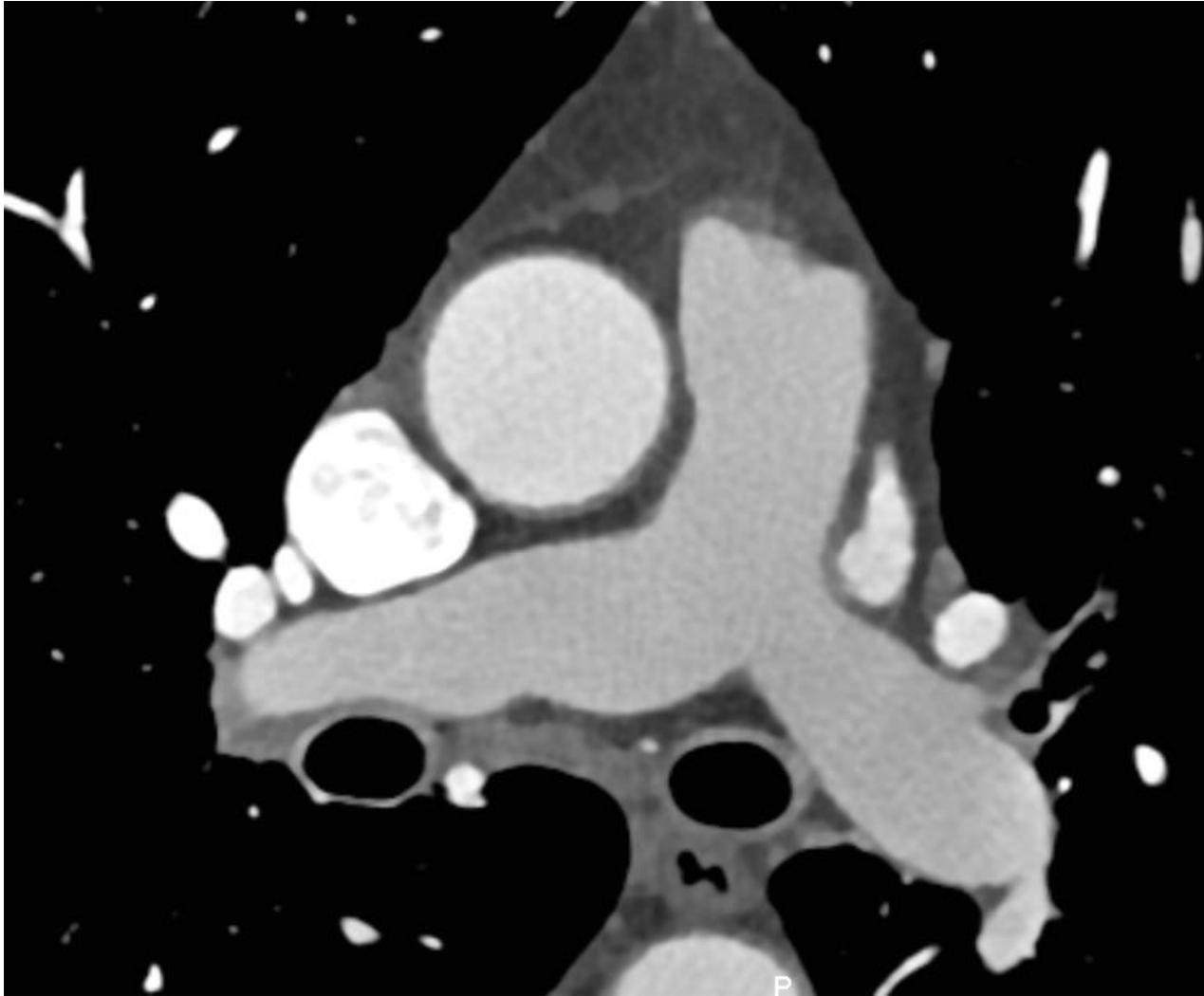
- Préparation préalable du patient : cardiologue
 - Validation indication examen
 - ECG (BAV ?), asthme ? Prescription bêta-bloquants la veille et le matin de l'examen si rythme non optimal (metoprolol le plus décrit dans la littérature, mais d'autres sont aussi utilisés)
 - Idéalement explication de la procédure

En pratique

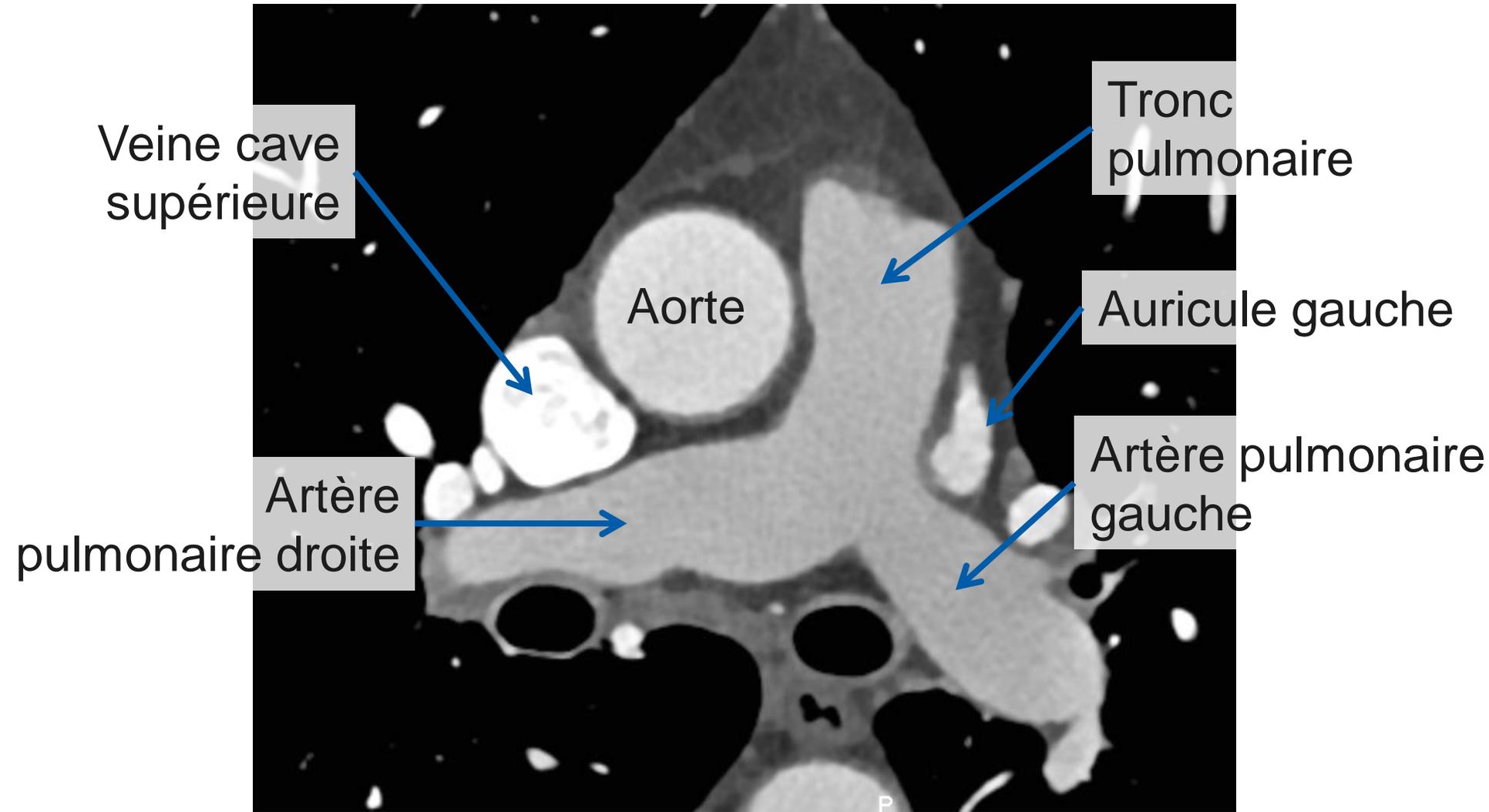
- Sur place
 - Vérification fréquence cardiaque :
 - Si < 75 bpm, OK
 - Si > 75 bpm
 - Vérifier effet de l'apnée (diminue en moyenne fréquence cardiaque de 4 à 5 bpm, plus marqué chez les sujets jeunes)
 - Envisager administration IV de Brevibloc® (esmolol, 0,5 ml/10 kg), mais durée d'action très courte
 - Opter pour séquentiel avec padding ou hélicoïdal
- Topogramme face et profil
 - Positionnement du patient à l'isocentre sur le profil
 - Positionnement box d'acquisition selon repères anatomiques
 - Coupe de bolus tracking à hauteur de la carène avec ROI sur l'aorte ascendante

Anatomie

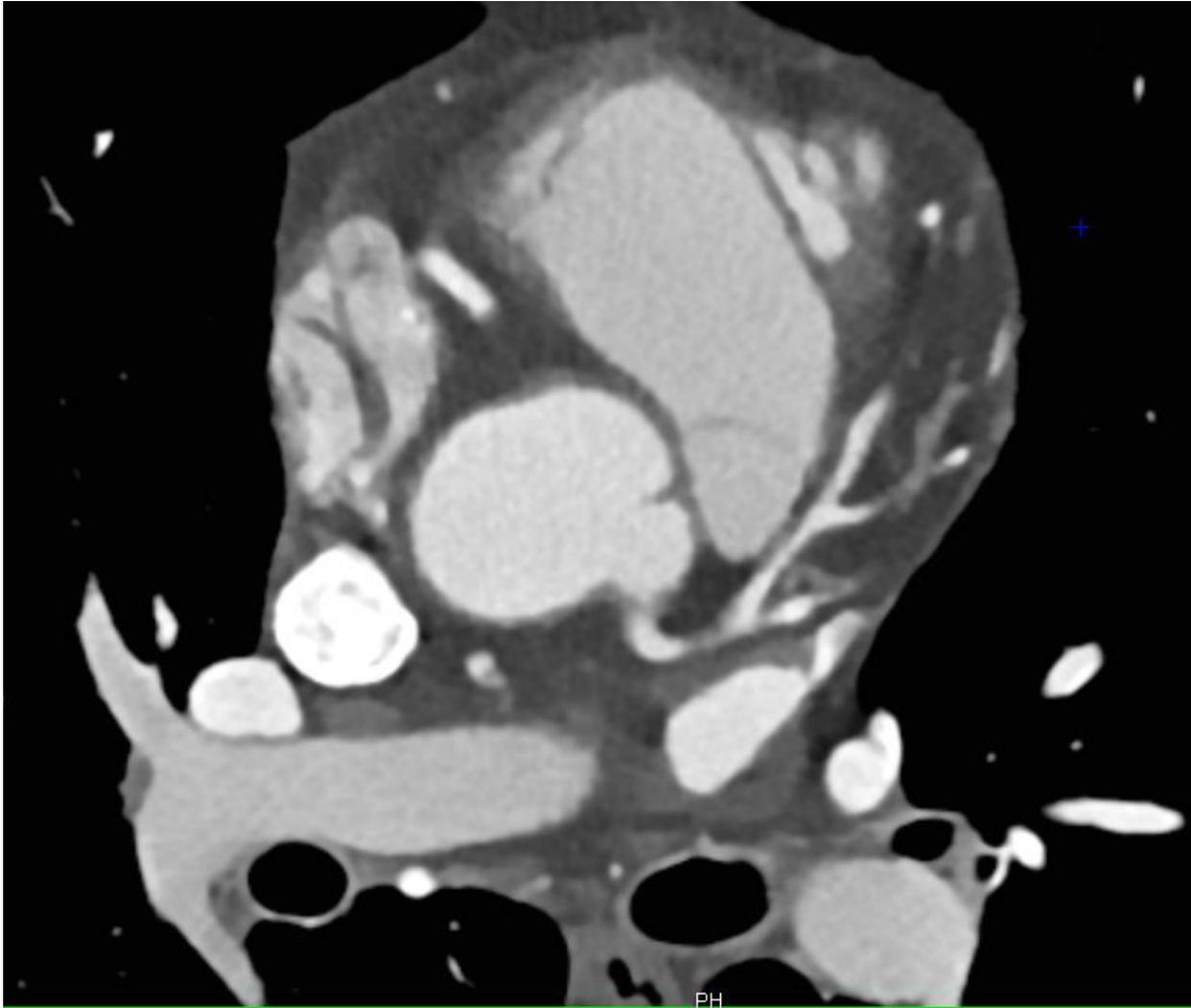
Cœur, axial



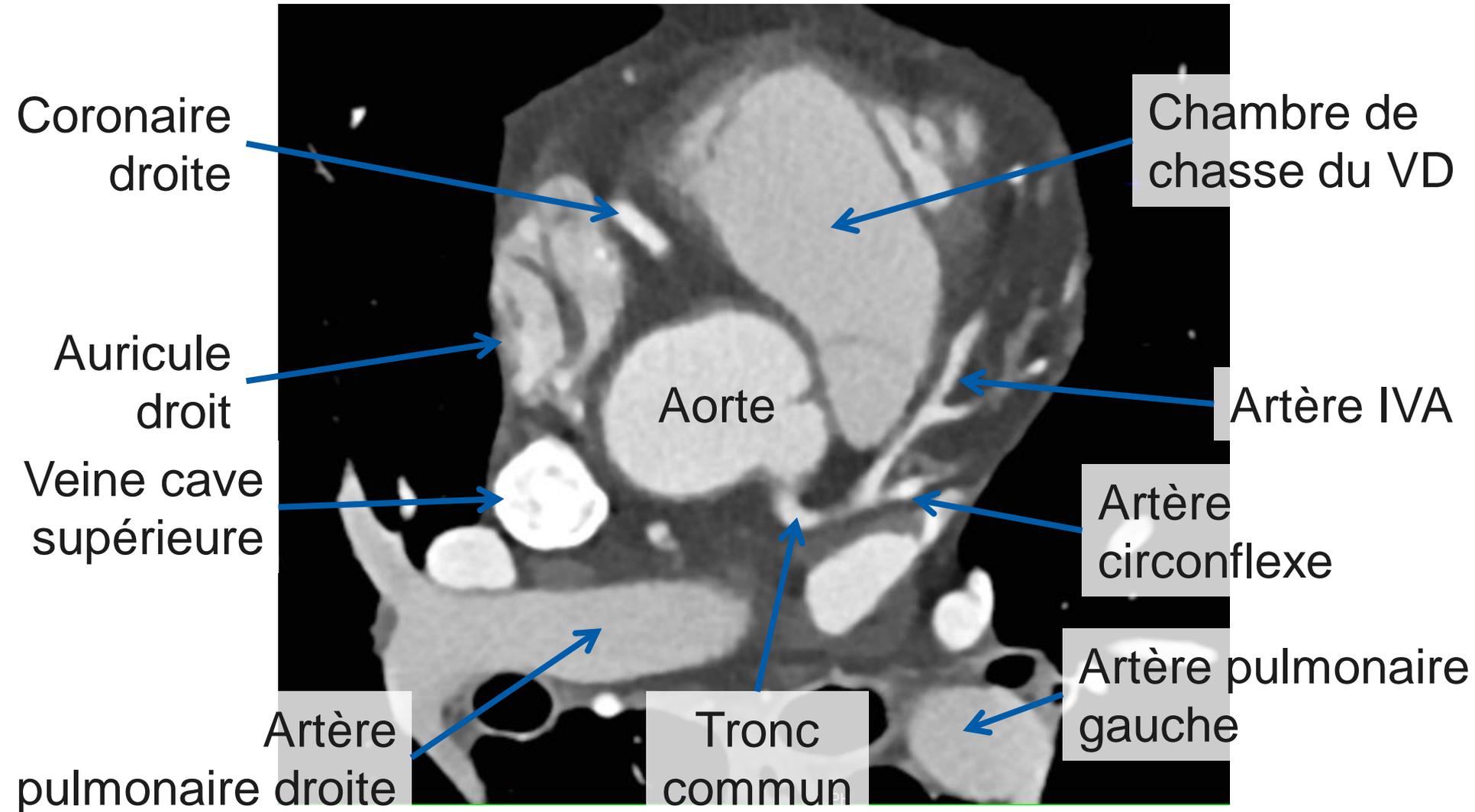
Cœur, axial



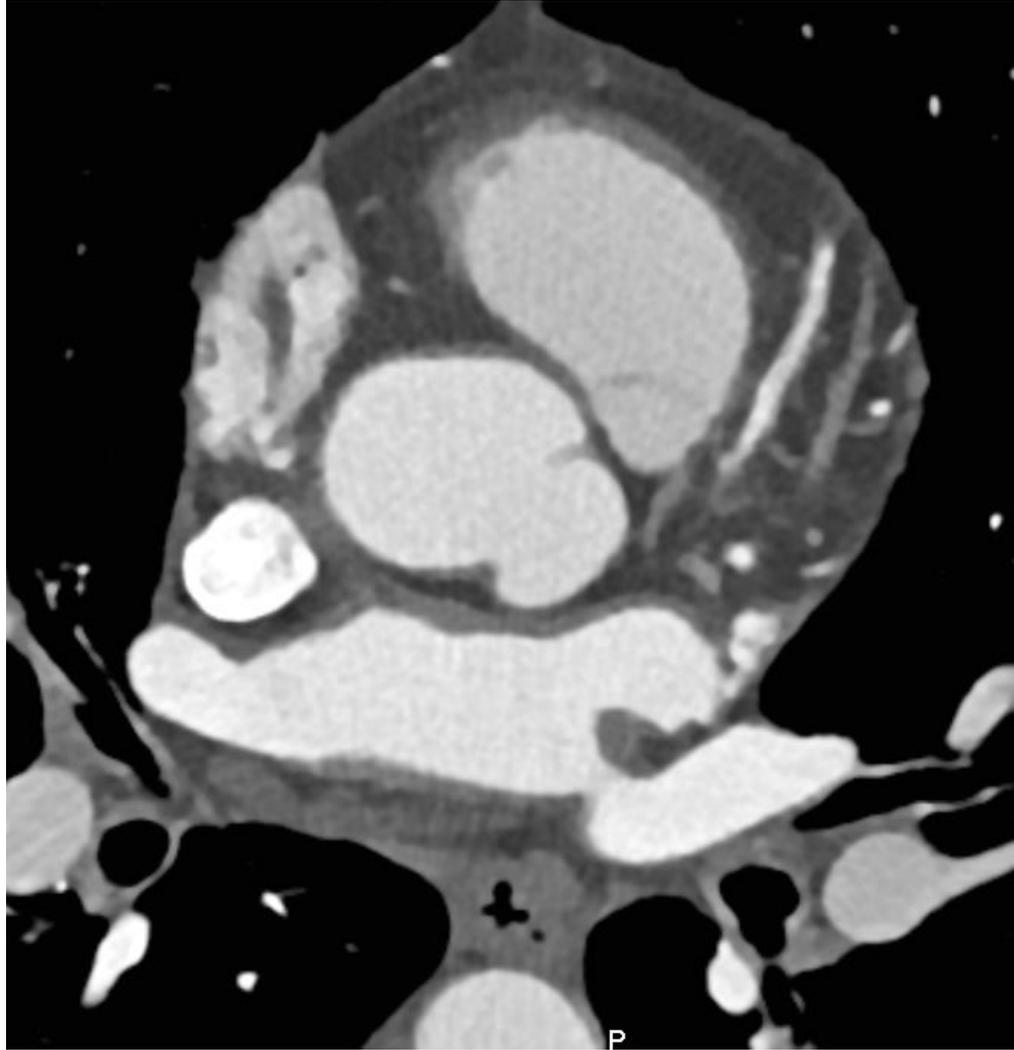
Cœur, axial



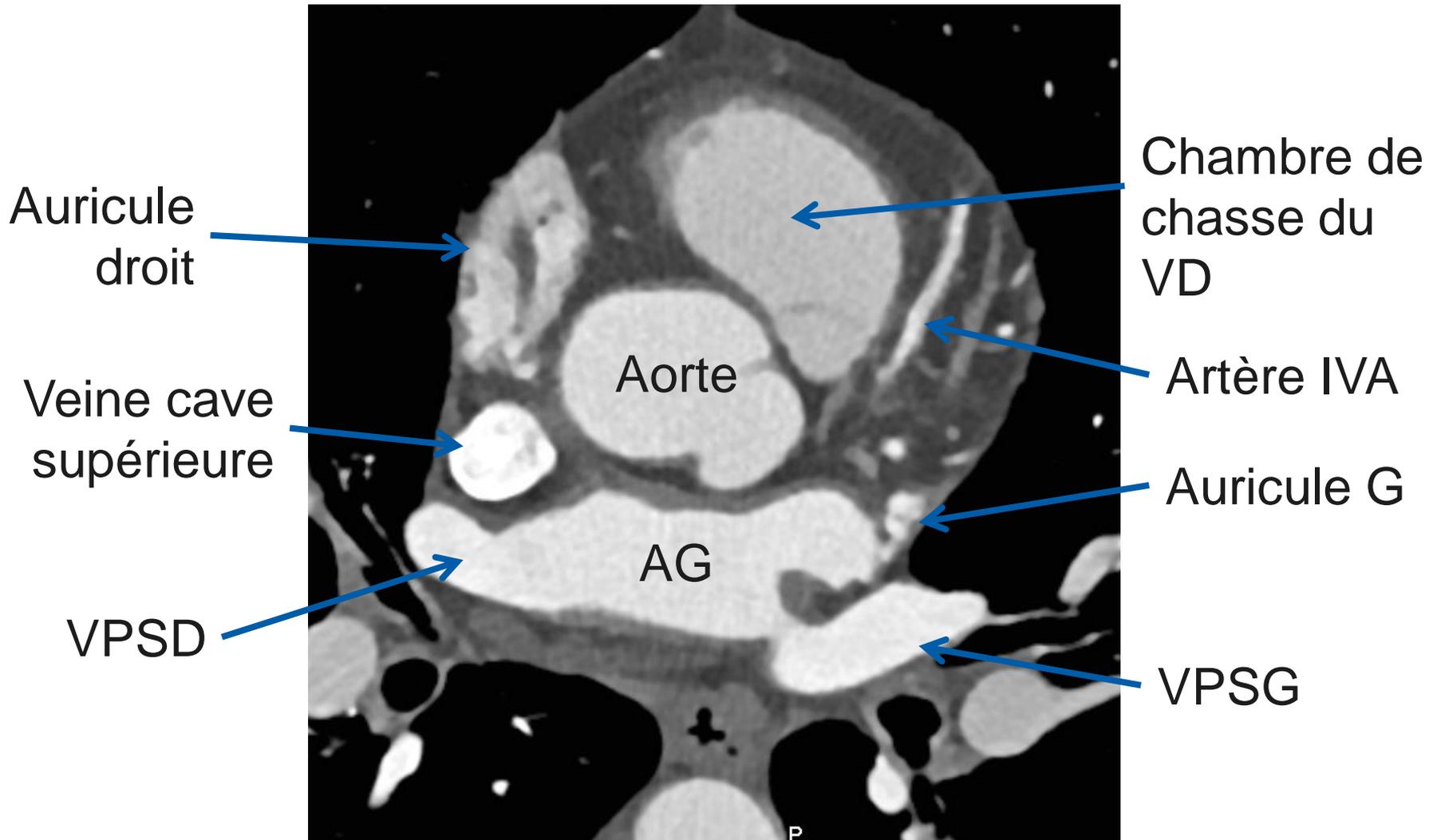
Cœur, axial



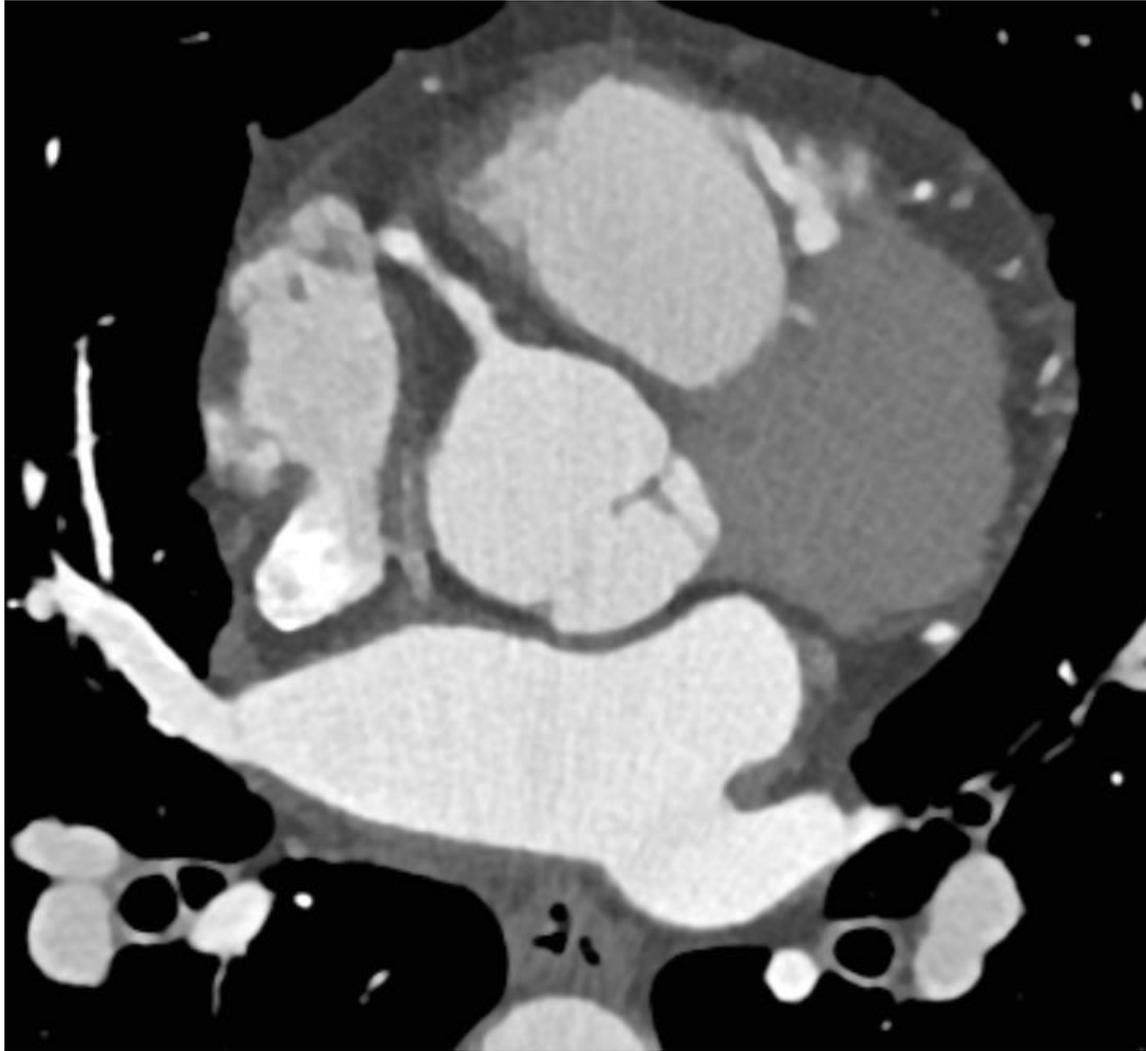
Cœur, axial



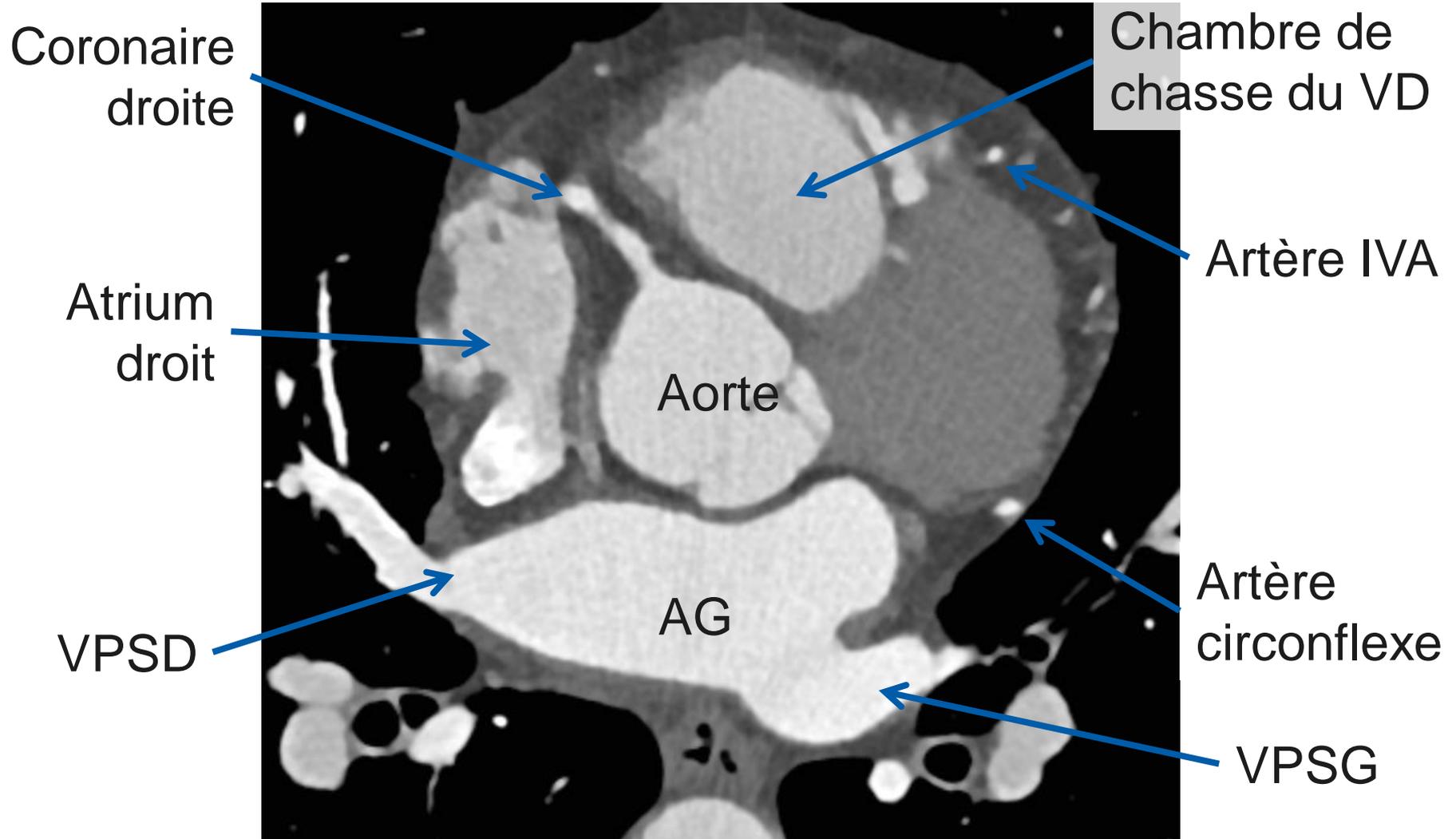
Cœur, axial



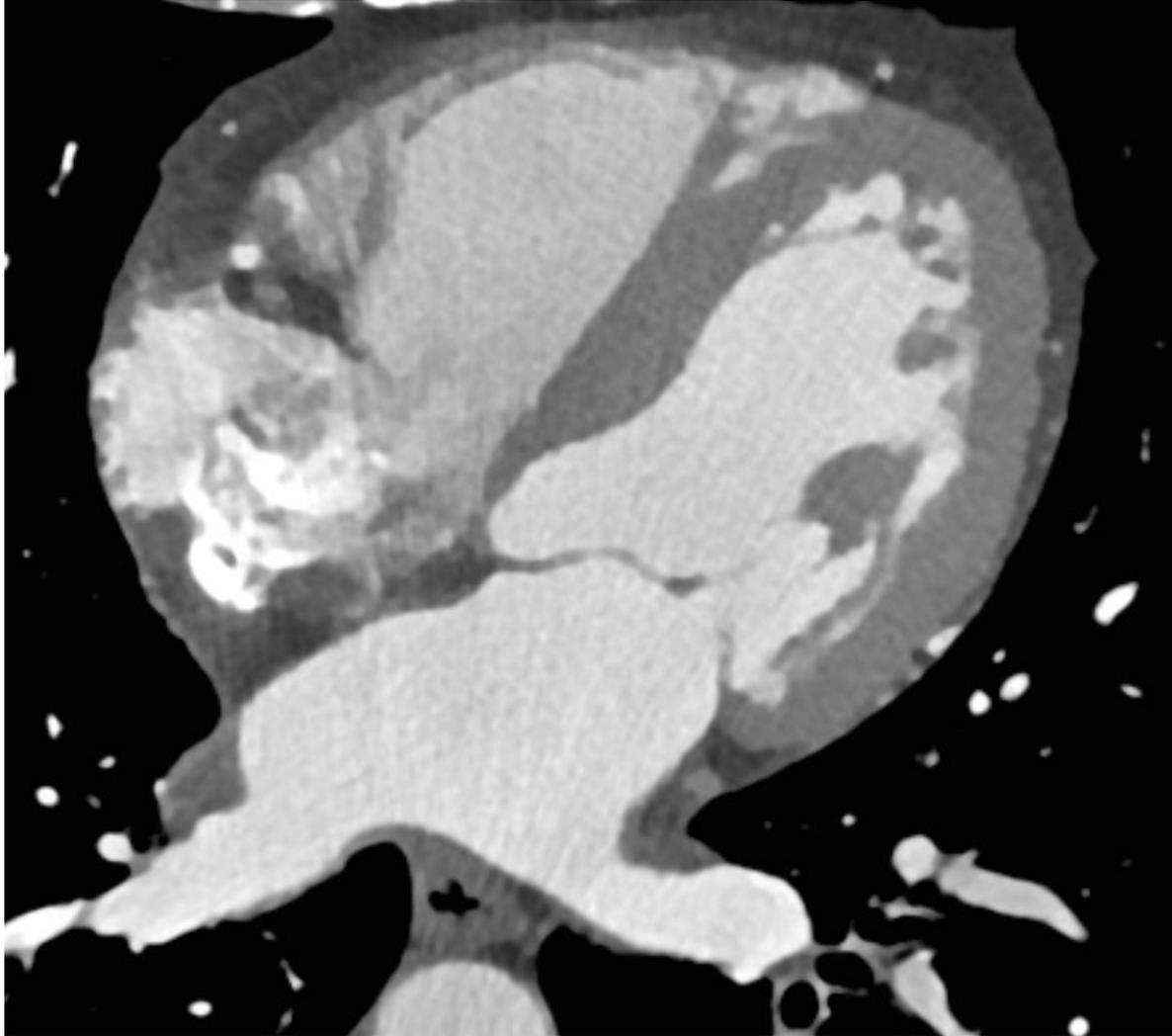
Cœur, axial



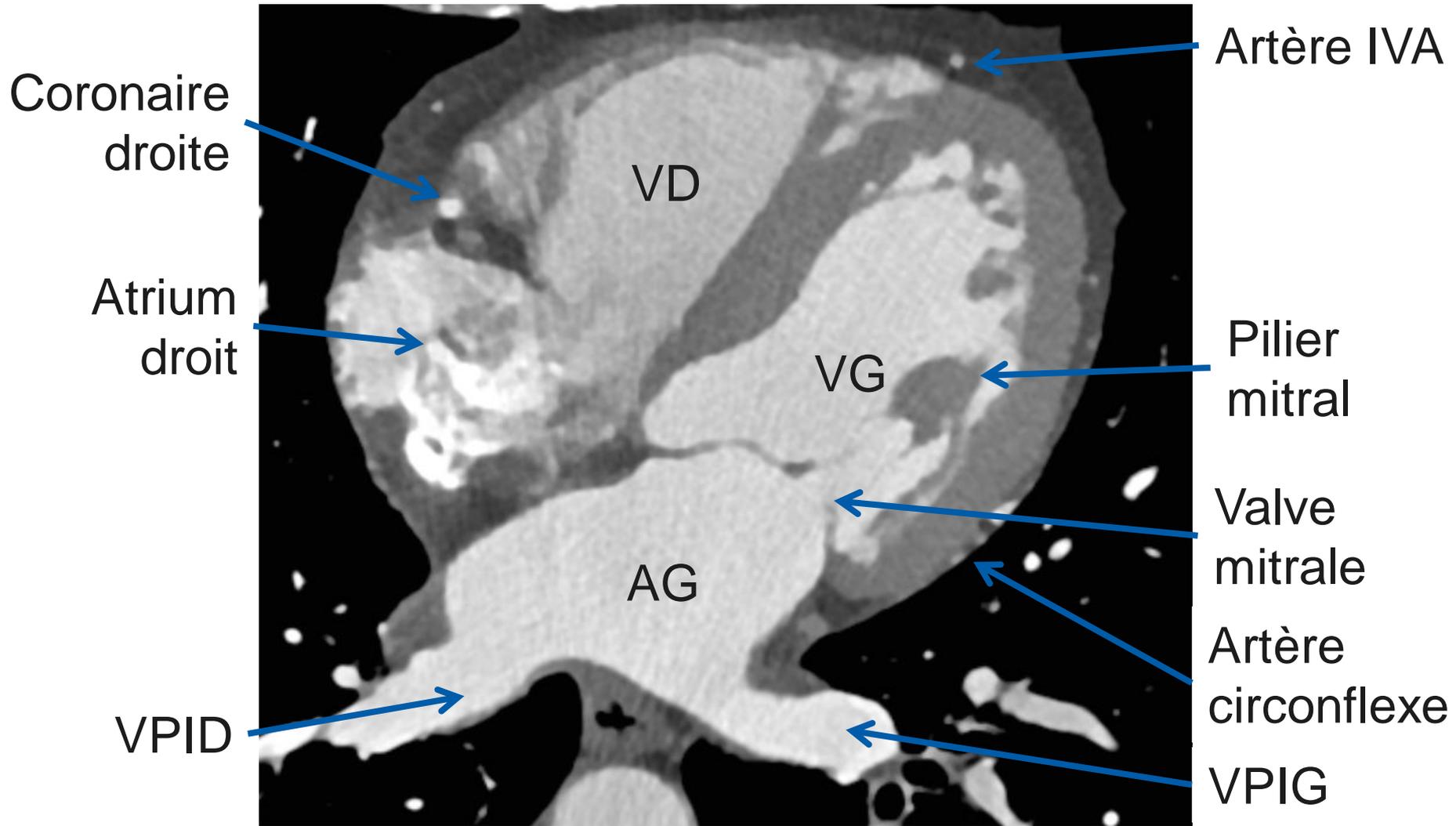
Cœur, axial



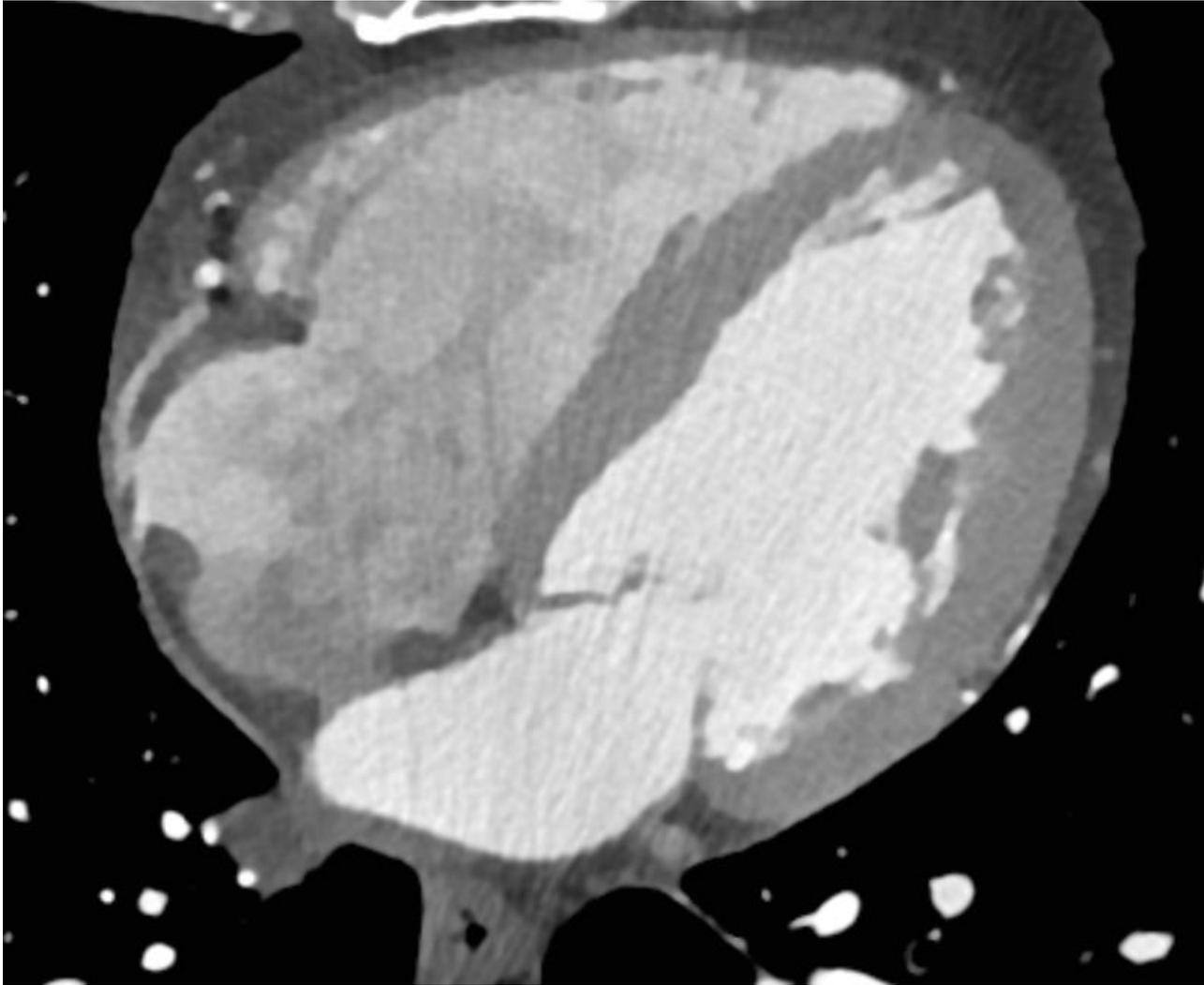
Cœur, axial



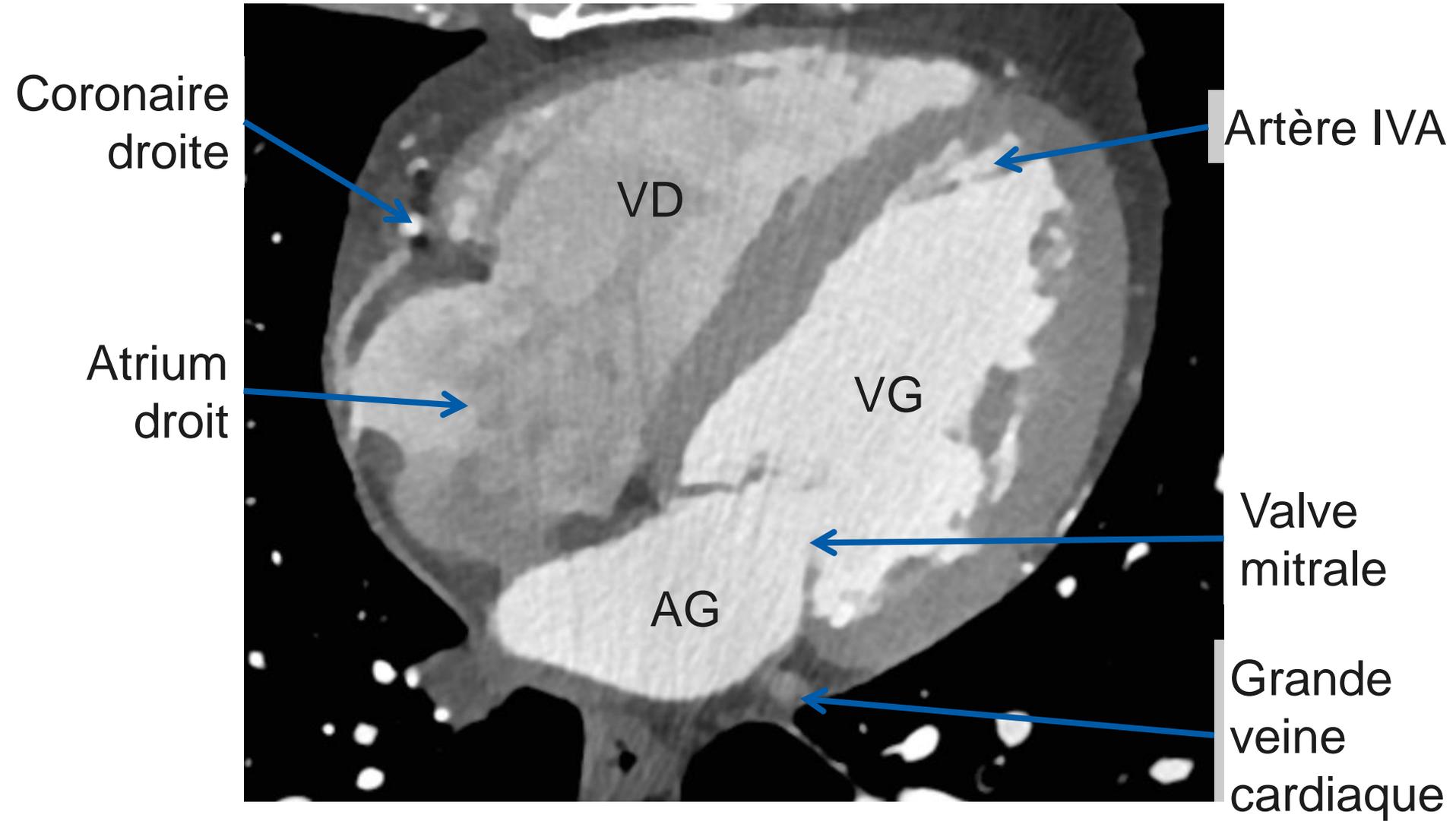
Cœur, axial



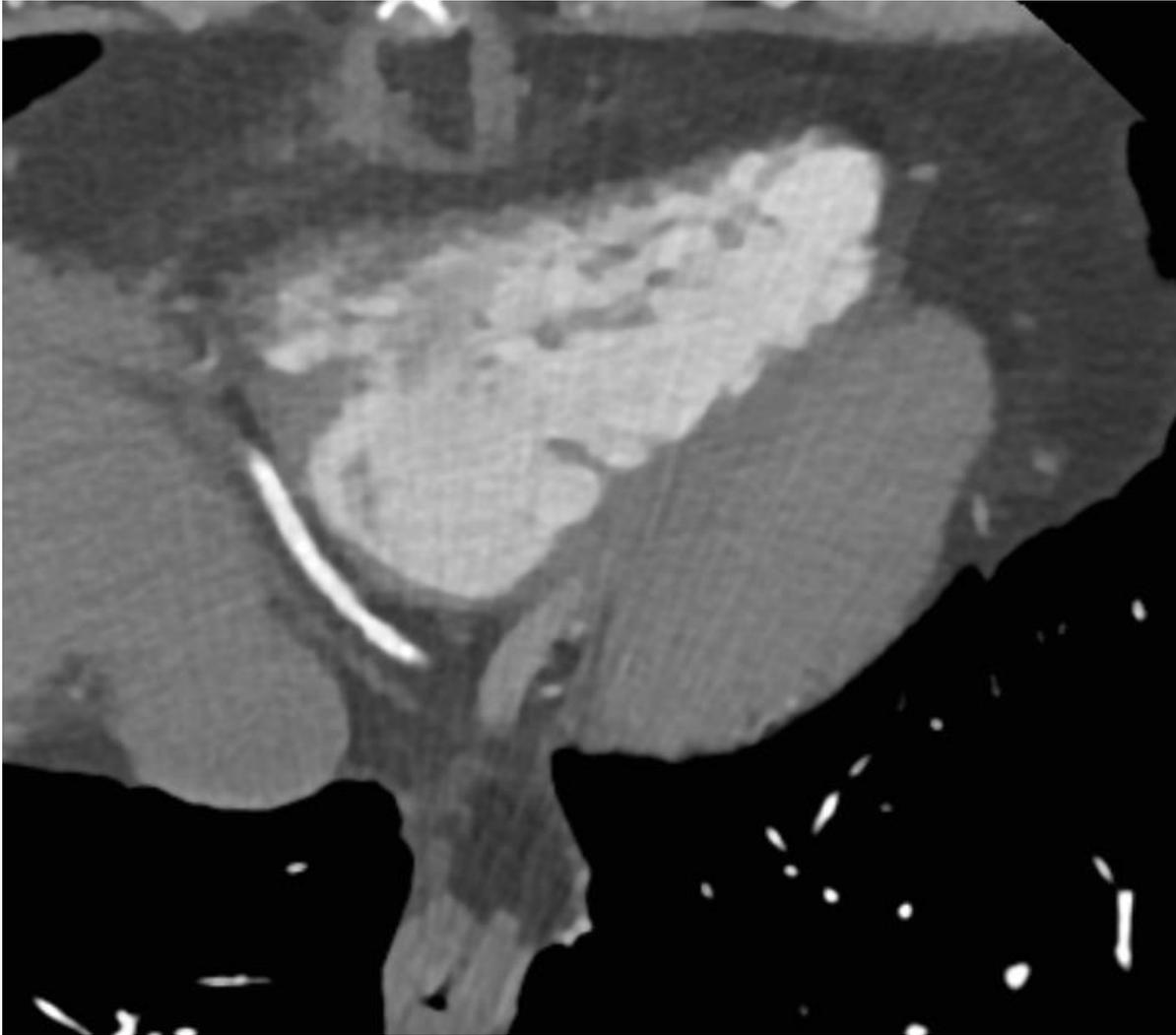
Cœur, axial



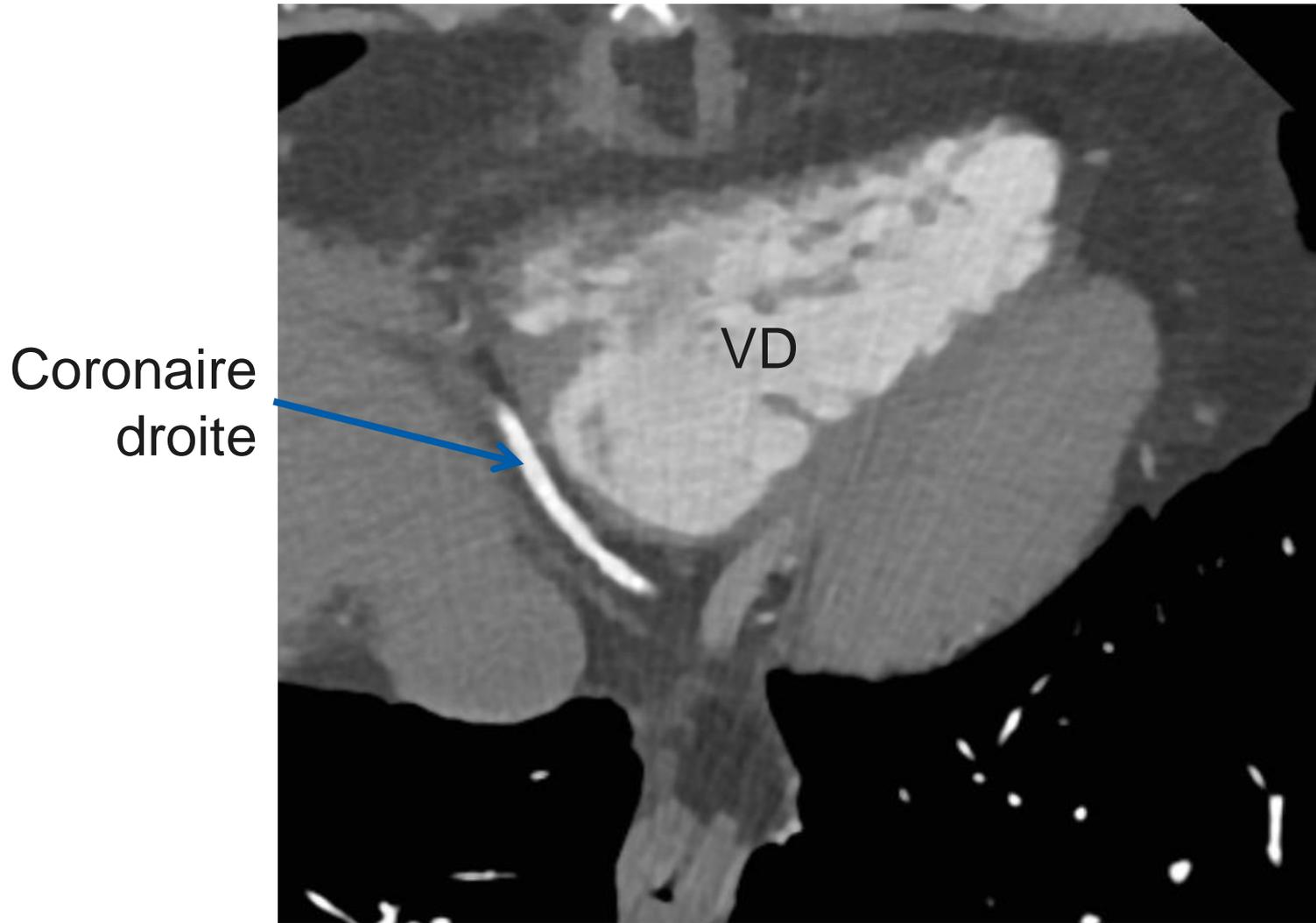
Cœur, axial



Cœur, axial



Cœur, axial



Principales indications et leur sémiologie

Evaluation coronaire

Guidelines ESC 2019 – pt symptomatiques

Use of diagnostic imaging tests in the initial diagnostic management of symptomatic patients with suspected coronary artery disease

Recommendations	Class ^a	Level ^b
Non-invasive functional imaging for myocardial ischaemia ^c or coronary CTA is recommended as the initial test to diagnose CAD in symptomatic patients in whom obstructive CAD cannot be excluded by clinical assessment alone. ^{4,5,55,73,78–80}	I	B
It is recommended that selection of the initial non-invasive diagnostic test is done based on the clinical likelihood of CAD and other patient characteristics that influence test performance, ^d local expertise, and the availability of tests.	I	C
Functional imaging for myocardial ischaemia is recommended if coronary CTA has shown CAD of uncertain functional significance or is not diagnostic. ^{4,55,73}	I	B
Invasive coronary angiography is recommended as an alternative test to diagnose CAD in patients with a high clinical likelihood, severe symptoms refractory to medical therapy or typical angina at a low level of exercise, and clinical evaluation that indicates high event risk. Invasive functional assessment must be available and used to evaluate stenoses before revascularization, unless very high grade (>90% diameter stenosis). ^{71,72,74}	I	B
Invasive coronary angiography with the availability of invasive functional evaluation should be considered for confirmation of the diagnosis of CAD in patients with an uncertain diagnosis on non-invasive testing. ^{71,72}	IIa	B
Coronary CTA should be considered as an alternative to invasive angiography if another non-invasive test is equivocal or non-diagnostic.	IIa	C
Coronary CTA is not recommended when extensive coronary calcification, irregular heart rate, significant obesity, inability to cooperate with breath-hold commands, or any other conditions make obtaining good image quality unlikely.	III	C
Coronary calcium detection by CT is not recommended to identify individuals with obstructive CAD.	III	C

© ESC 2019

CAD = coronary artery disease; CT = computed tomography; CTA = computed tomography angiography.

^aClass of recommendation.

^bLevel of evidence

^cStress echocardiography, stress cardiac magnetic resonance, single-photon emission CT, or positron emission tomography.

^dCharacteristics determining ability to exercise, likelihood of good image quality, expected radiation exposure, and risks or contraindications.

Angio-scanner coronaire

- Mis sur pied d'égalité avec les méthodes non invasives de recherche d'ischémie myocardique
- Angio-scanner coronaire est le test privilégié chez les patients avec
 - Une faible probabilité clinique de pathologie coronarienne
 - Pas d'antécédent de pathologie coronarienne
 - Caractéristiques associées à une haute probabilité de bonne qualité d'image
- Plus performant en cas de faible probabilité clinique

Caractéristiques patient défavorables pour un angio-scanner des coronaires

- Calcifications coronariennes extensives
 - Si calcium scoring préalable à l'angio-scanner
 - Si scanner thoracique sans contraste déjà réalisé auparavant
- Irrégularités du rythme cardiaque
 - FA surtout, mais extrasystoles nombreuses peuvent être aussi défavorables sur la qualité d'image
- Obésité significative
- Difficulté à réaliser des apnées
- Aussi : fréquence cardiaque rapide, douleurs, tremblements, (âge ?)

Angio-scanner coronaire

- Très bonne valeur prédictive négative
- Sténoses estimées entre 50 et 90 % visuellement ne sont pas nécessairement significatives d'un point de vue fonctionnelle (pas toujours d'ischémie induite)
- Evaluation fonctionnelle non invasive recommandée pour évaluation complémentaire des sténoses détectées par l'angio-scanner des coronaires
- Présence ou absence d'athérosclérose coronarienne fournit également une information pronostique et peut être utilisée pour orienter un traitement préventif

Angio-scanner coronaire

- A préférer en cas de
 - Faible probabilité clinique
 - Caractéristiques patients favorables à une bonne qualité d'image
 - Disponibilité et expertise locale
 - Souhait d'information sur le status athéromateux du patient
 - Pas d'antécédent coronarien

Tests d'ischémie myocardique non invasifs

- A préférer si
 - Haut probabilité clinique
 - Revascularisation probable
 - Disponibilité et expertise locale
 - Evaluation de la viabilité également requise

Angiographie coronarienne invasive

- A préférer si
 - Haute probabilité clinique et symptômes sévères réfractaires au traitement médical
 - Angine de poitrine typique pour de bas niveaux d'effort
 - Evaluation clinique (y compris épreuve d'effort) indicatrice d'une haute probabilité d'événement cardio-vasculaire
 - Dysfonction ventriculaire gauche suggestion de pathologie coronarienne

Guidelines ESC 2019 – pt asymptomatiques

Recommendations for screening for coronary artery disease in asymptomatic subjects

Recommendations	Class ^a	Level ^b
Assessment of coronary artery calcium score with computed tomography may be considered as a risk modifier ^c in the cardiovascular risk assessment of asymptomatic subjects. ^{449,457}	IIb	B
In high-risk asymptomatic adults (with diabetes, a strong family history of CAD, or when previous risk-assessment tests suggest a high risk of CAD), functional imaging or coronary CTA may be considered for cardiovascular risk assessment.	IIb	C
In low-risk non-diabetic asymptomatic adults, coronary CTA or functional imaging for ischaemia are not indicated for further diagnostic assessment.	III	C

CAD = coronary artery disease; CTA = computed tomography angiography

^aClass of recommendation.

^bLevel of evidence.

^cReclassifies patients better into low- or high-risk groups.

Critères de remboursement belges

- Remboursement spécifique d'un angio-scanner coronaire si **tous** les critères suivants sont remplis :
 - Prescription par un cardiologue
 - Douleur thoracique atypique avec risque « intermédiaire » selon les guidelines de l'ESC
 - Pas de conclusion claire des tests non invasifs antérieurs pour l'ischémie myocardique ou réalisation de ceux-ci impossible ou contre-indiquée
- Décalage par rapport aux nouveaux guidelines de l'ESC où les tests non invasifs de recherche d'ischémie myocardique sont à pied d'égalité et non pas préalables

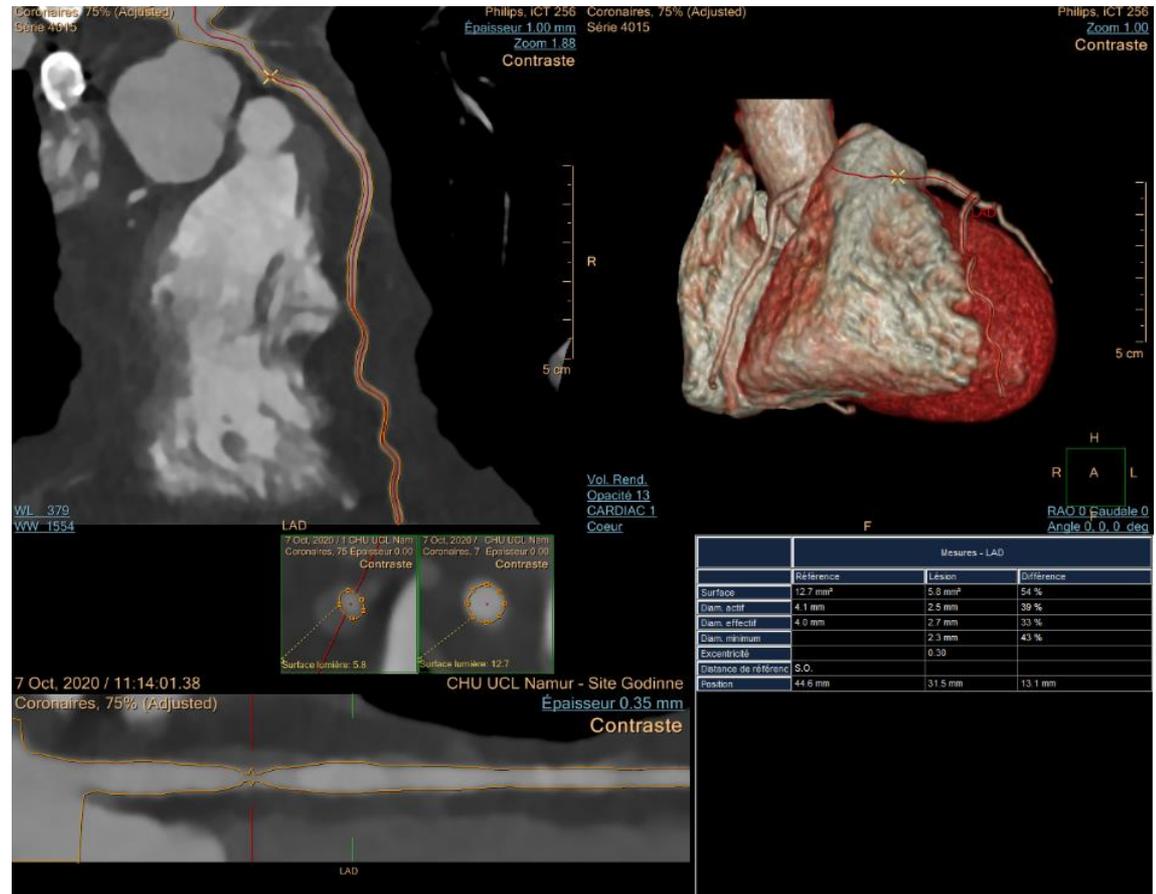
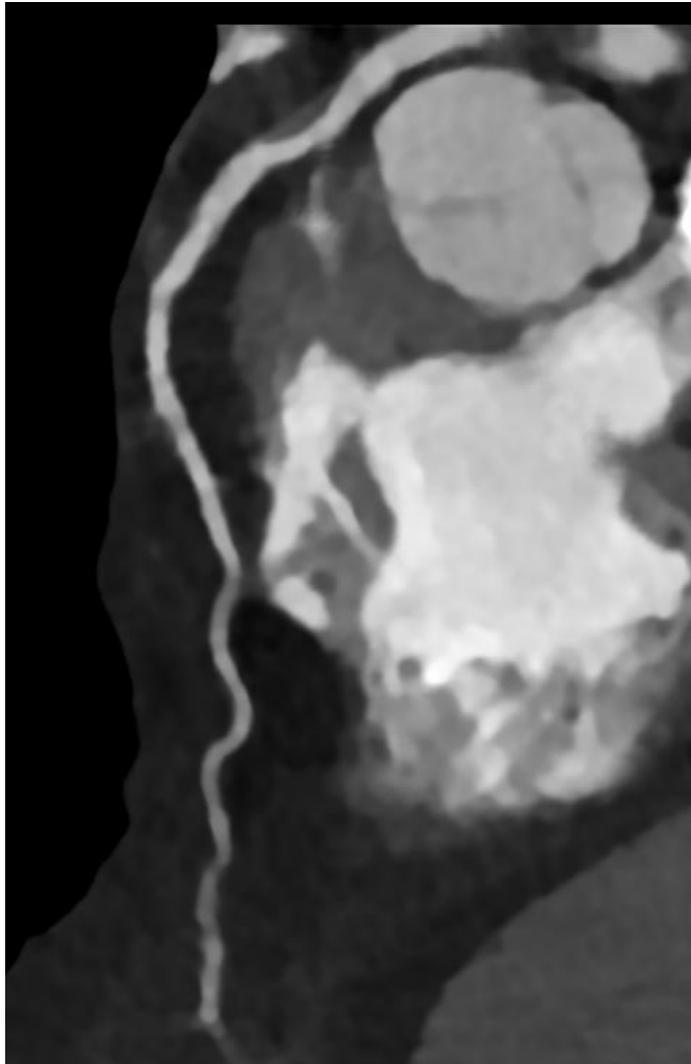
Evaluation des coronaires

- Informations et techniques d'analyse similaires à celles utilisées pour l'évaluation des autres artères
 - Avec la difficulté de la petitesse du calibre des coronaires
 - Evaluation troncs principaux
 - Evaluation branches secondaires de calibre supérieur à 1-1,5 mm
- Données dérivées si logiciel d'analyse adapté
 - FFR_{CT} : fractional flow reserve dérivé des données du CT
 - Perfusion myocardique : soit juste évaluation de la densité du myocarde au moment de l'acquisition, soit protocole de perfusion dédié avec multiples acquisitions

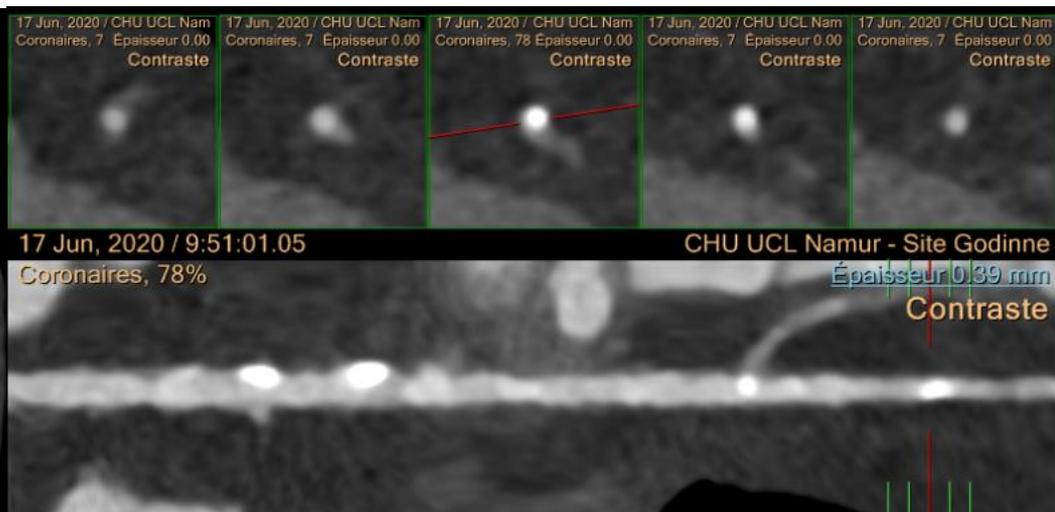
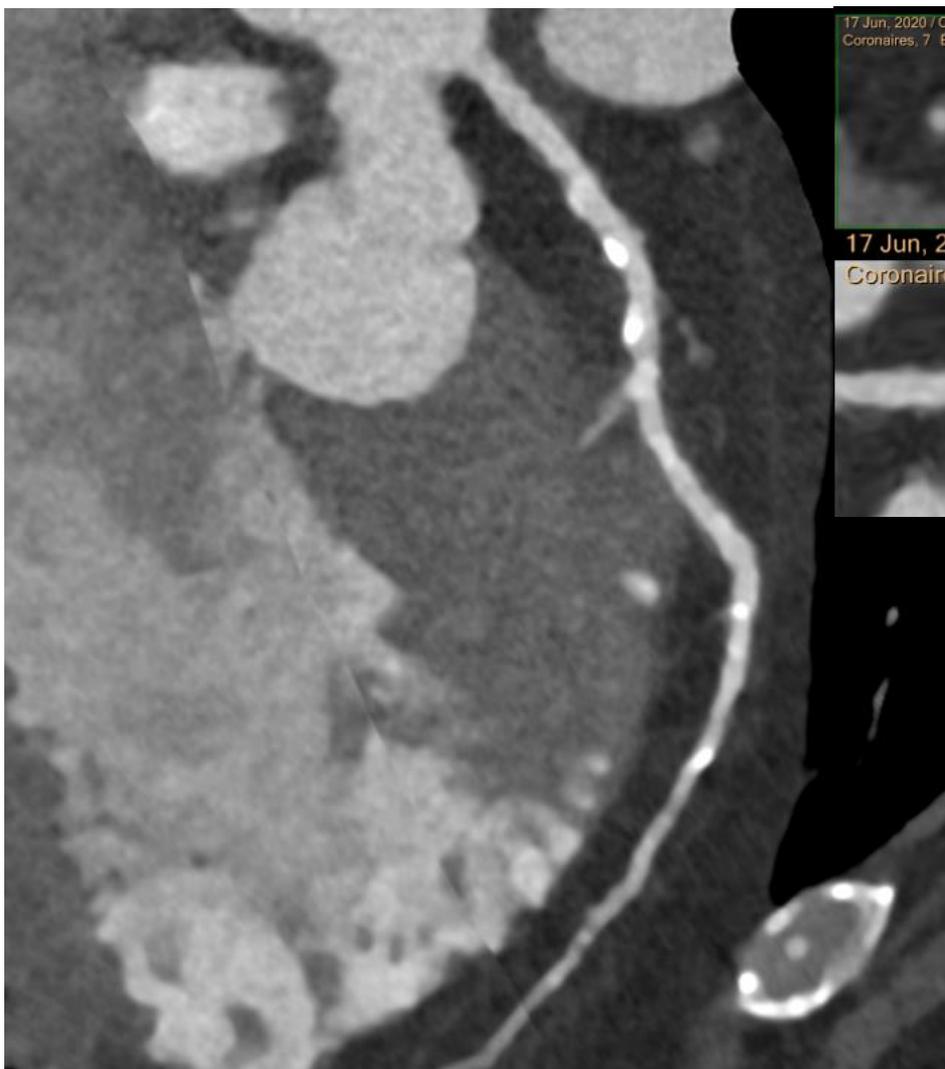
Evaluation des coronaires

- Faiblesses par rapport à la coronarographie
 - Surestimation du degré de sténose (surtout si calcifiées)
 - Limitations techniques
 - Pas de possibilité thérapeutique
- Forces par rapport à la coronarographie
 - Non invasif
 - Evaluation de la nature des plaques
 - Evaluation de l'étendue de l'athéromatose n'entraînant pas de sténose
 - Evaluation anatomique globale

Evaluation des coronaires, plaque molle



Evaluation des coronaires, plaques calcifiées



Analyse peut être faite sur les coupes natives, en MPR curviligne, en MPR « étiré » et sur les coupes axiales dans le plan du vaisseau
Le plus souvent, en combinaison Vues MPR curvilignes et étirées masquent en partie les artéfacts cinétiques

Evaluation des coronaires

- Degré de sténose peut être évalué visuellement ou de manière quantitative par rapport à un calibre de référence
 - Evaluation visuelle est considérée comme plus fiable
 - Jamais d'évaluation sur la coupe de sténose seule !
 - Remodelage positif : calibre de la coronaire peut augmenter au niveau d'une plaque pour compenser la perte de lumière efficace
- Fiabilité bonne pour les plaques molles
- Surestimation des plaques calcifiées : « blooming »
 - Plaques calcifiées apparaissent plus grandes que ce qu'elles sont en réalité
 - Sténose probablement sévère si lumière complètement masquée

Veines pulmonaires

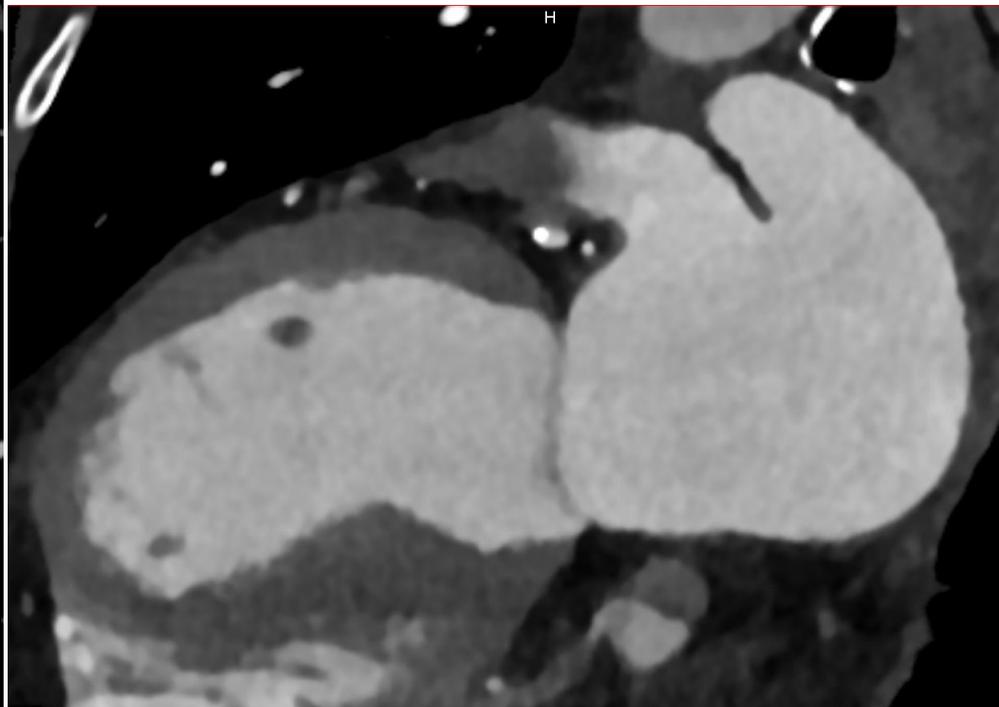
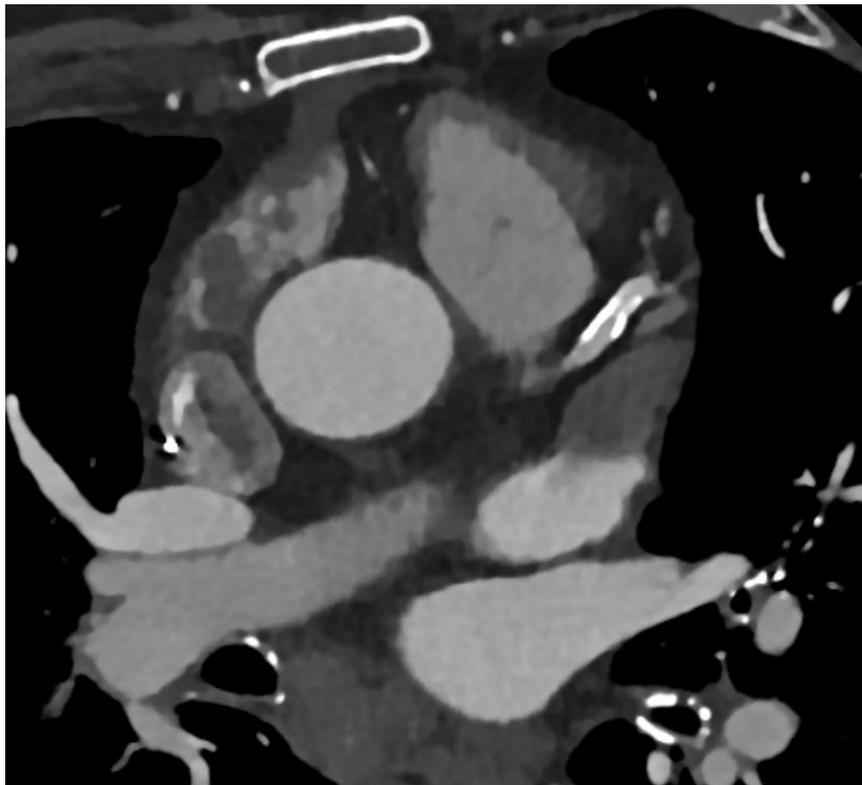
Evaluation des veines pulmonaires

- Anatomie de l'atrium gauche et des veines pulmonaires peut être évaluée avant des procédures d'étude électrophysiologique et d'ablation des veines pulmonaires (fibrillation atriale surtout)
- But premier de l'examen : fournir les données pour le logiciel de cartographie qui sera utilisé par les cardiologues pour la procédure
 - Réduction de dose de RX et de contraste iodé
- Rôle du radiologue :
 - Surtout évaluer l'auricule (thrombus ?) et le reste de l'examen
 - Vérifier variantes anatomiques veines pulmonaires

Evaluation des veines pulmonaires

- Anatomie « normale » : deux veines supérieures et deux veines inférieures
- Variantes anatomiques les plus fréquentes
 - Abouchement conjoint veines pulmonaires gauches
 - Veines accessoires à droite : lobe moyen, segment apical du lobe inférieur droit
- En post-procédural, vérifier absence de développement sténose (ou occlusion) de veine pulmonaire
 - Devenu rare à l'heure actuelle

Thrombus auriculaire gauche



Autres indications

Autres indications

- Plus rares
 - Evaluation des valves cardiaques (bicuspidie, sténose, insuffisance, endocardite, prothèse, etc.)
 - Evaluation des veines coronaires (avant implantation de sonde de resynchronisation cardiaque)
 - Anatomie cardiaque au sens large (anomalies congénitales, en complément d'images échocardiographiques inhabituelles, tumeurs, etc.)
 - ...



Dr Michaël Dupont
Téléphone : +32 81 42 35 17
michael.dupont@uclouvain.be

Dinant • Godinne • Sainte-Elisabeth

www.chuucnamur.be

