

# CT Scan des artères coronaires

Indications et Limites

N.Damry



ULB



## Plan de l'exposé

- Les aspects techniques du CT coronaire
- Les Indications d'un CT coronaire
- Les limites d'un examen coronaire par CT scan
- La place du CT dans l'arsenal diagnostique d'une cardiomyopathie ischémique

Aspects Techniques

## Conditions nécessaires à l'examen

- CT multi-détecteurs (*64 ou plus*)
- Patient collaborant et pouvant tenir une *apnée de 15-20 sec*
- FC de préférence 60-65/min et *stable*, sans arythmie de type FA
- Absence de CI au *contraste iodé* ( IR , Allergie) et, le cas échéant, aux B-Bloquants

## Pour obtenir un RC stable

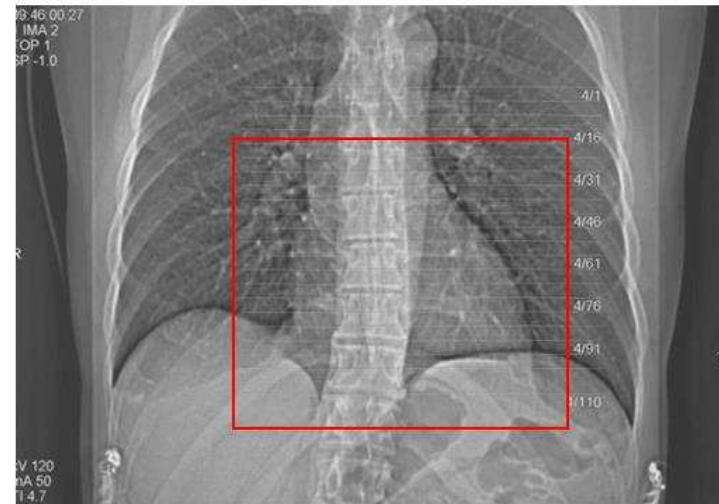
- Rassurer le patient (patient jeune, anxiété, peur....)
- Béta-bloquant (metoprolol) per os 2 h avant examen (si  $\gg 80/\text{min}$ )
- Injection i.v de Brevibloc juste avant l'examen (durée d'action 15 min)
- *Béta-bloquant pas toujours nécessaire* (patients déjà traités)

## Temps d'acquisition

CT 64

Surface à couvrir : 12-15 cm

Temps de balayage : 15 sec



## Résolution spatiale

Dépend de la finesse des coupes et donc du nombre de détecteurs

- CT 4B : 0.5 x 0.5 x 1.0 mm
- CT 16B : 0.5 x 0.5 x 0.6 mm
- CT 64B : 0.4 x 0.4 x 0.4 mm
- CT GE 750 HD, Siemens Flash, Aquilion One ..
  
- Coronarographie : 0.2 x 0.2 mm
  
- MR : 1.25 x 1.25 x 1.5 mm

## Résolution temporelle

Temps nécessaire à l'acquisition des données pour reconstruire une image (fonction *vitesse de rotation du tube*) : vaut environ  $TR/2$

CT 4B : 125-250 ms

CT 64 B : 115-135 ms

Bi Tube : 83 ms

Coronaro : 20 ms



## Contraste Iodé

- CT 64B
- Iomeron 400 (400mg d'iode/ml)
- 80 ml de contraste + 20 ml physio. Injection à 5 ml/s
- Pompe à 2 têtes d'injection (contraste et physio)
  
- **Coronaro diagnostique** : 6-9 ml à G et 3-6 ml à D par 'boucle'.  
Minimum 6 'boucles' à G et 3 à D.  
Total = 40-80 ml de contraste

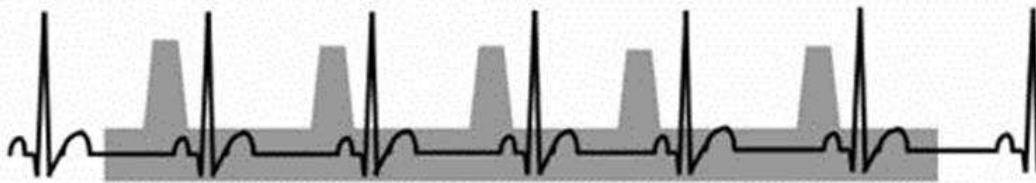
## Précautions pour l'injection du contraste

- Patient 4h à jeûn
- Vérifier la fonction rénale (GFR < 60 ml/h !)
- Stop Metformine (Glucophage<sup>R</sup>) 48h avant et après CT
- Prémedication à base de stéroïdes si antécédents allergie à l'iode

## Irradiation

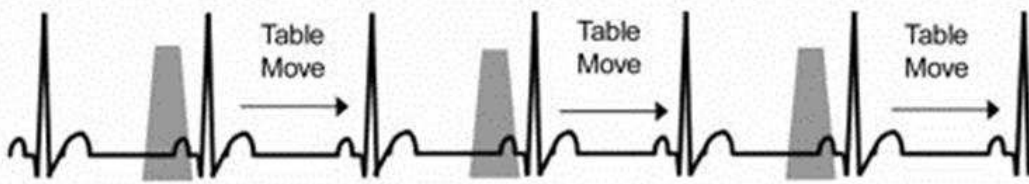
- RX Thorax F+P : 0.1 mSv
- CT coronaire 64B : 10-15 mSv par examen (gating rétrospectif)
- Gating prospectif ('step and shoot') : 3-5 mSv par examen
- Coronaro diagnostique : 7 mSv par examen
- Coronaro interventionnelle : 15 mSv par examen

Retrospective ECG gating (mA modulated)



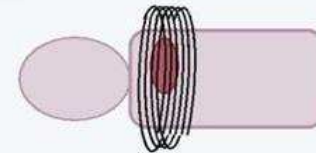
Prospective ECG gating

■ = Beam on



Medscape

Retrospective reconstruction ECG-gated



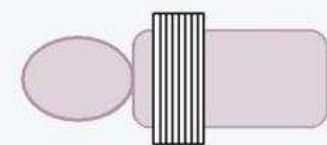
Continuous helical acquisition



Table moves according to pitch and x-ray beam on throughout cardiac cycle



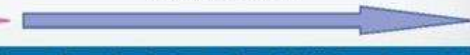
Prospective ECG-gated



Step Shoot Step Shoot



Table steps forward x-ray beam on



# Exemple de Dernière Génération

## Aquilion ONE 320

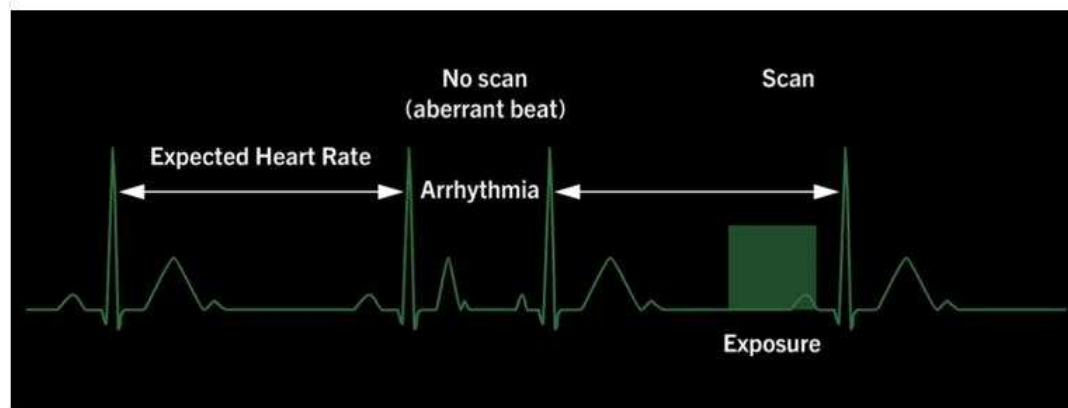
- 0.5 mm x **160 detector**
- 320 slices** every rotation
- 8 cm of coverage** every rotation
- 0.35 sec rotation
- 72 kW Generator SUREkV
- 78 cm gantry opening

## Aquilion ONE 640

- 0.5 mm x **320 detector**
- 640 slices\*** every rotation
- 16 cm of coverage** every rotation
- 0.35 sec rotation
- 72 kW Generator SUREkV
- 78 cm gantry opening

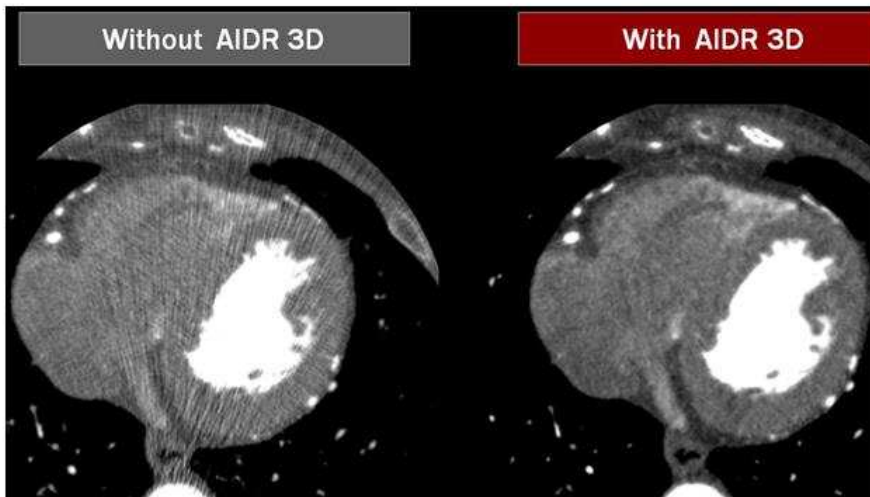
## Aquilion ONE ViSION

- 0.5 mm x 320 detector
- 640 slices\* every rotation
- 16 cm of coverage every rotation
- 0.275 sec rotation
- 100 kW Generator SUREkV
- 78 cm gantry opening

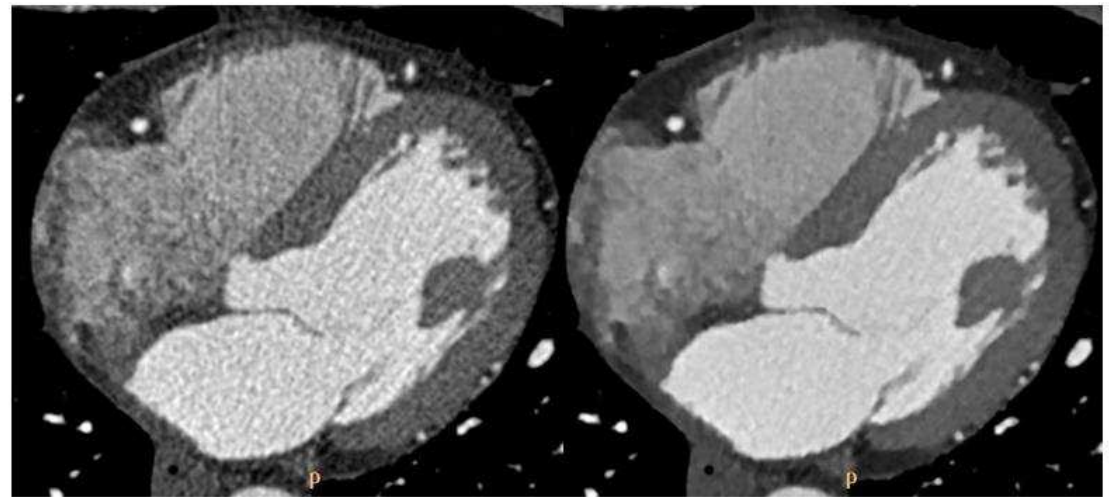


# Reconstruction itérative

(réduction bruit, artefacts et diminue les doses)



*Images Courtesy of Monash Medical Center Melbourne, Australia*



*Images Courtesy of NEUSS, Germany*


Quelques chiffres concernant le CT coronaire

## Par rapport à la coronarographie

CT 64B: (pour des sténoses de >50%) avec Coronarographie = Gold Std

Sensibilité: 89 % (si Coro +, CT sera + dans 89% des cas)


Spécificité: 96% (si Coro -, CT – dans 96% des cas)

Valeur Prédictive Négative: 99% (si CT -, Coro - dans 99% des cas) 

Valeur Prédictive Positive: 78% (si CT +, Coro + dans 78% des cas)



## Comparatif des tests de dépistage

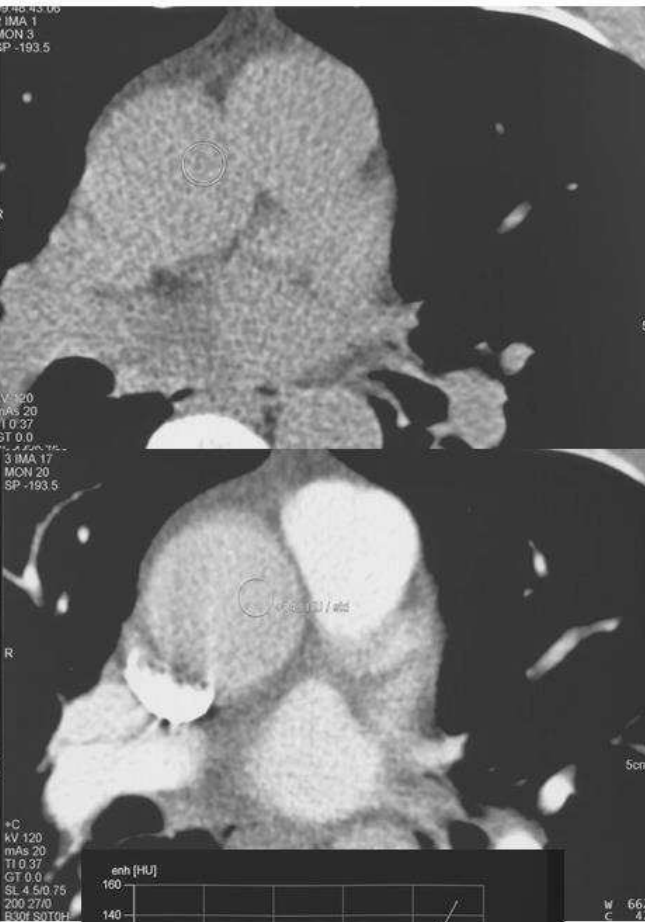
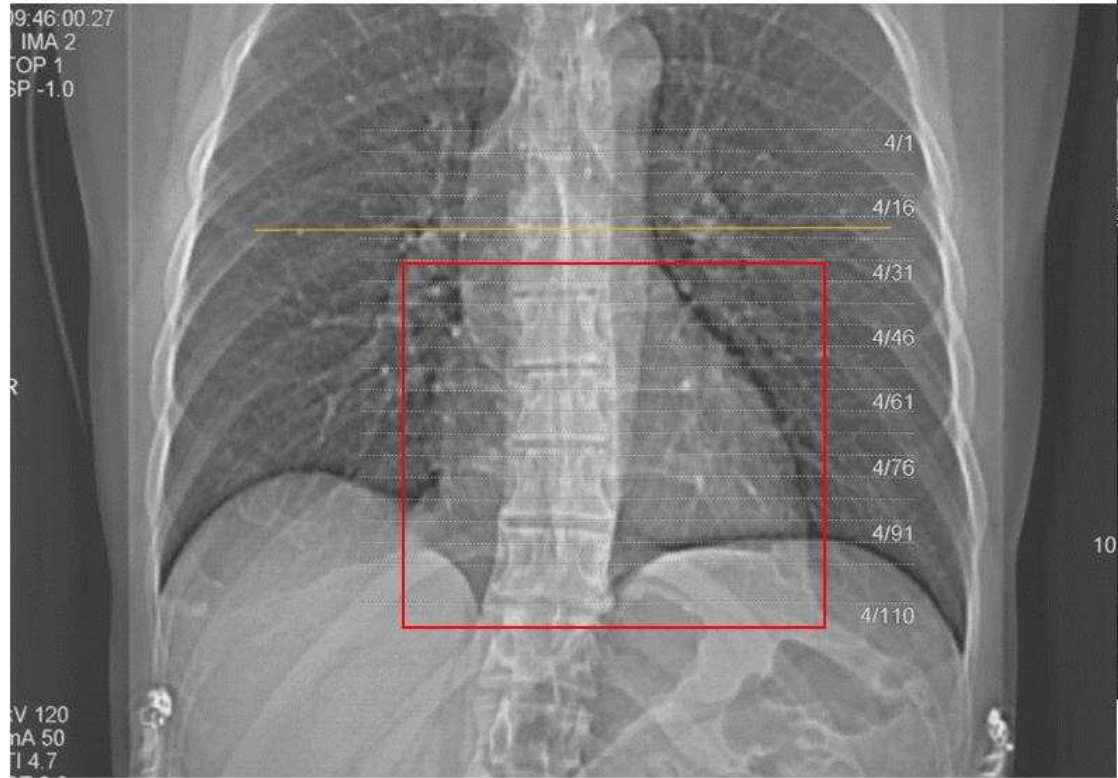
Test	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV 
CTA	89% (76-99)	96% (95-97)	76% (56-88)	99% (96-100)
Nuc Med Spect	70-80%	70-80%		
Stress Echo	70-80%	70-80%		
ETT	60-65%	70-75%		
Cardiac Cath	100%	100%		

Un Examen Type

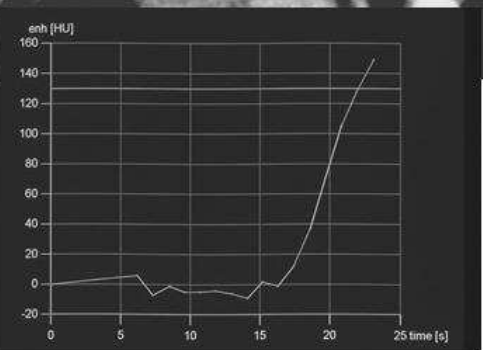
## Phases de l'examen pour le CT 64

- Installation, placement ECG et perf (10')
- Repérage de face
- Coupes à blanc (Poumons, Calcium)
- Pré-monitoring (repérage AA)
- Monitoring ('bolus track' dans AA) fixé à 120 UH
- Scan (15 sec)
  
- Reconstructions et Reformat (15'-30')



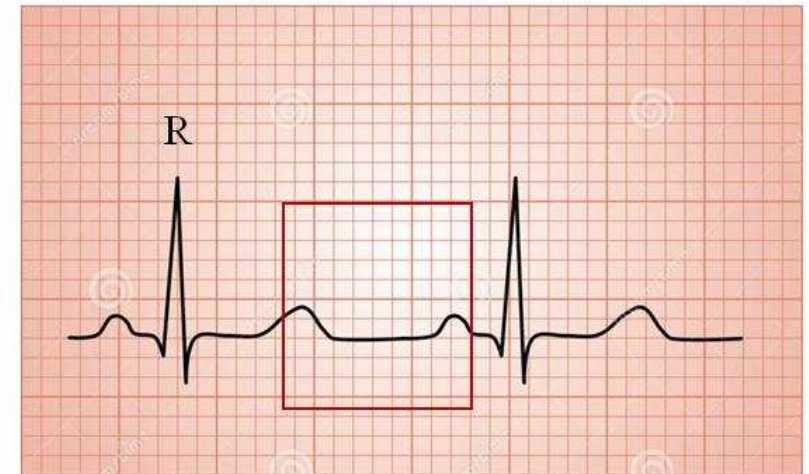


120 UH  
 A Asc



## Reconstructions des coupes et post-processing: CT 64B

- 6 reconstructions pendant la diastole (30% à 80 % du cycle cardiaque, le pic de l'onde R étant la référence zéro)
- 250 images par paquet de reconstruction
- Station de travail (+/- 15-30 min par cas)



# Importance de la reconstruction des coupes

80% de RR



40% de RR



Analyse des coupes à blanc



## Les Poumons et Le Calcium

- Survol rapide des champs pulmonaires !
- *La charge calcique (calcium score)*. Source de problème d'interprétation. Plaques calciques ou fibro-calciques

Artefacts (vibration)

Débordent la lumière coronaire ('blooming artefact')

Fausse impression de sténose



# Le 'Calcium Score'

- Score selon Agatston (Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. J Am Coll Cardiol 1990; 15: 827–832)
- Programme semi-automatique selon les constructeurs
- Score réalisé sur chaque artère séparément
- Score total 100-400 (faible à modéré), 400-900 (significatif),  $\geq 1000$  (très significatif)



## Peut-on tirer profit du calcium ?

Le 'calcium scoring' (Ca S)

- USA (Ca S devenu examen courant) : Primes d'assurance !
- Europe (controverse)

## Chez nous et dans la pratique

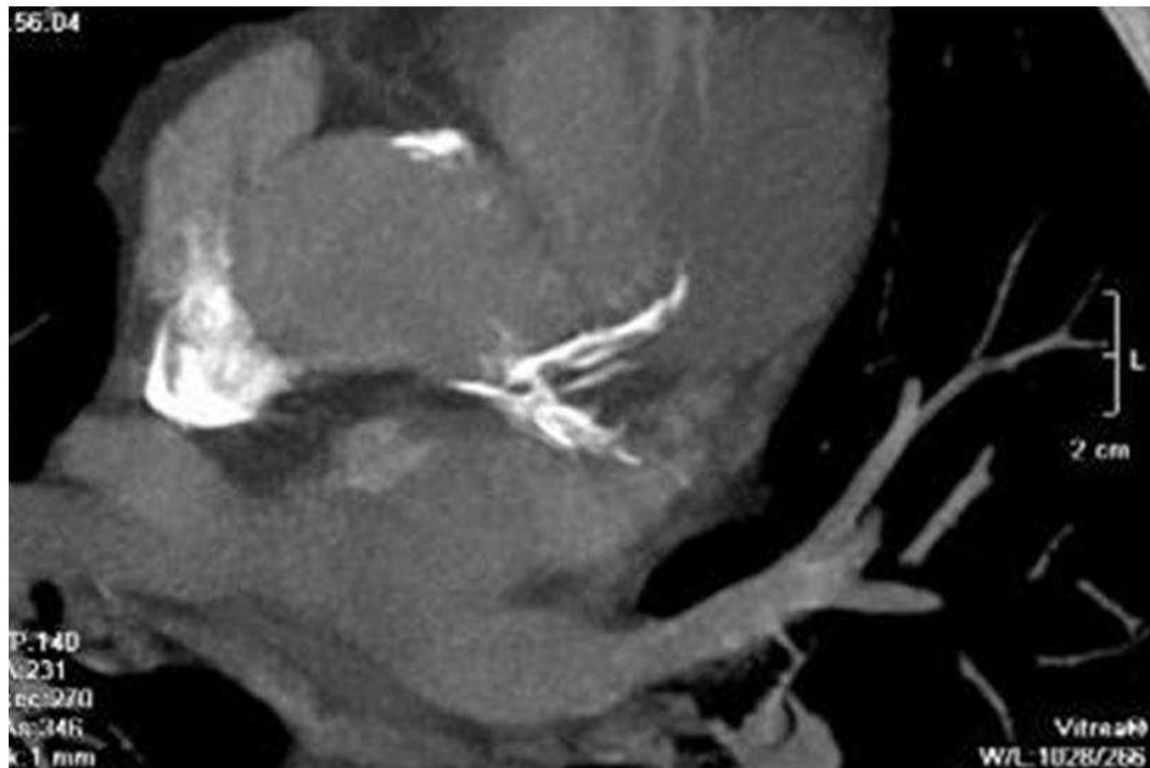
- Le score calcique n'est pas recommandé comme outil de dépistage
- On peut retrouver un score calcique nul dans 5% des patients avec un infarctus du myocarde
- Un score calcique très élevé ( $\geq 1000$ ) peut faire éviter une injection de contraste et passer à une coronarographie

## Dans d'autres centres (Hollande)

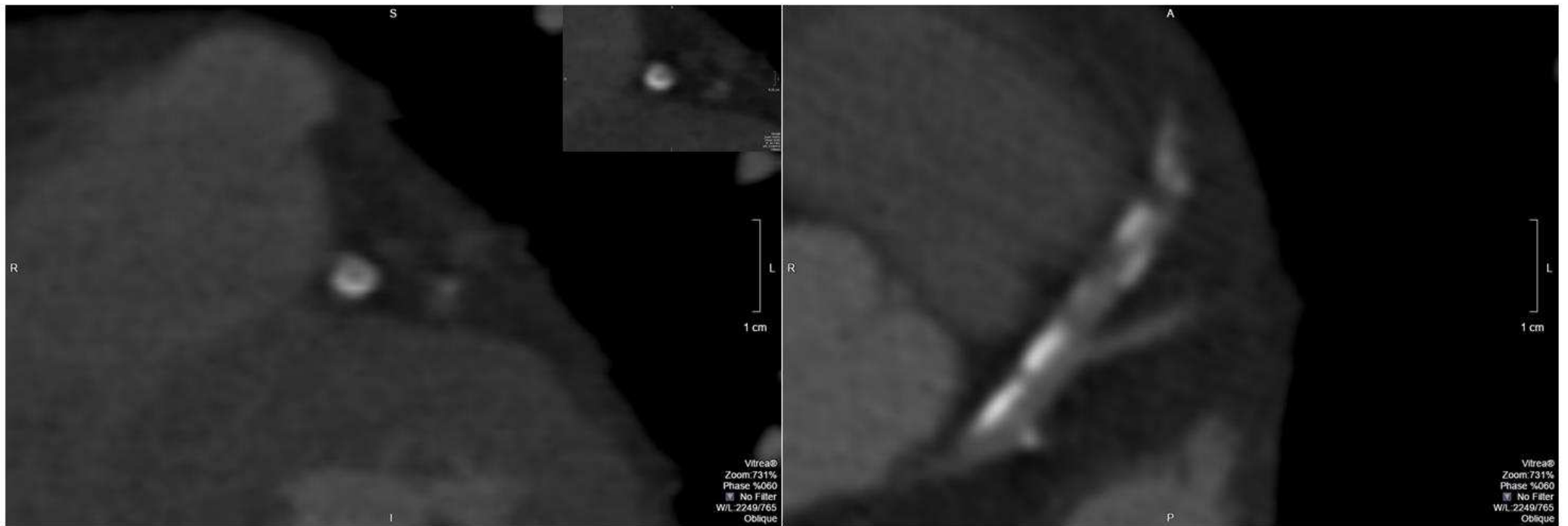
- Si patient  $> 60$  ans et score calcique nul : pas d'injection (VPN élevée)
- Si score calcique  $>600$  : pas d'injection, faire coronarographie

Artefacts liés au Calcium

## Artefacts de Vibration (calcium)



# 'Blooming artifact' (calcium)



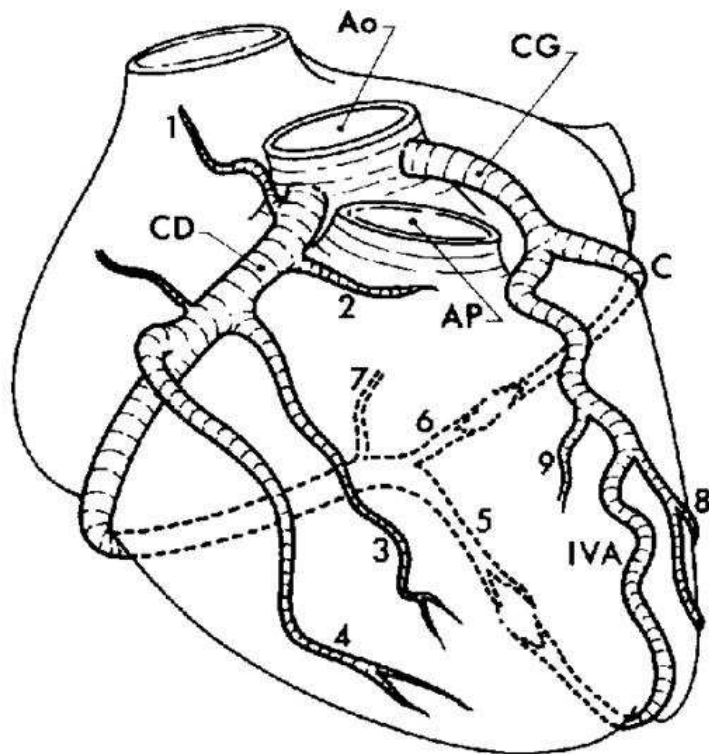


# Score calcique très élevé



Analyse des coupes avec Contraste  
Rappel anatomique

## Anatomie des coronaires



• **CD : Artère coronaire droite.**

• 1 : Artère du noeud sinusal.

• 2 : Artère du Conus.

• 3 : Artère ventriculaire antérieure.

• 4 : Artère marginale antérieure du bord droit.

• 5 : Artère interventriculaire postérieure (IVP)

• 6 : Artère rétroventriculaire gauche.

• 7 : Artère du noeud auriculo-ventriculaire.

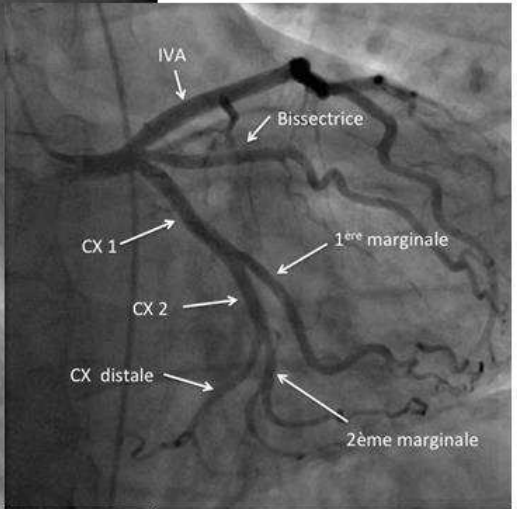
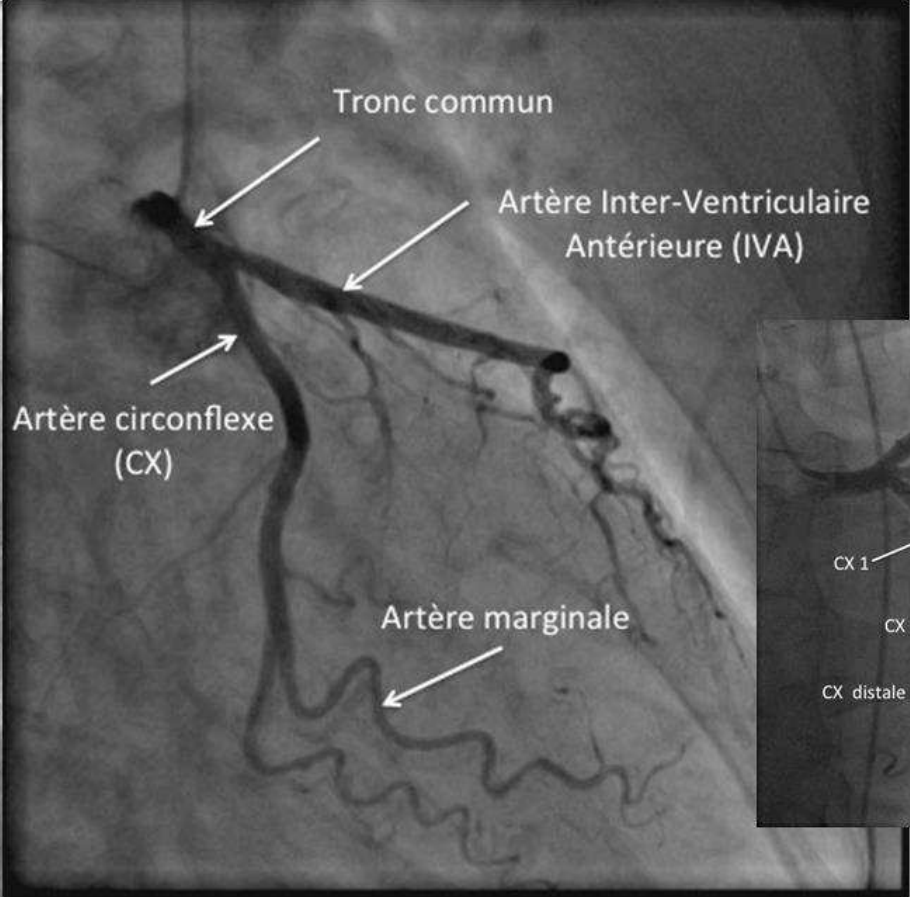
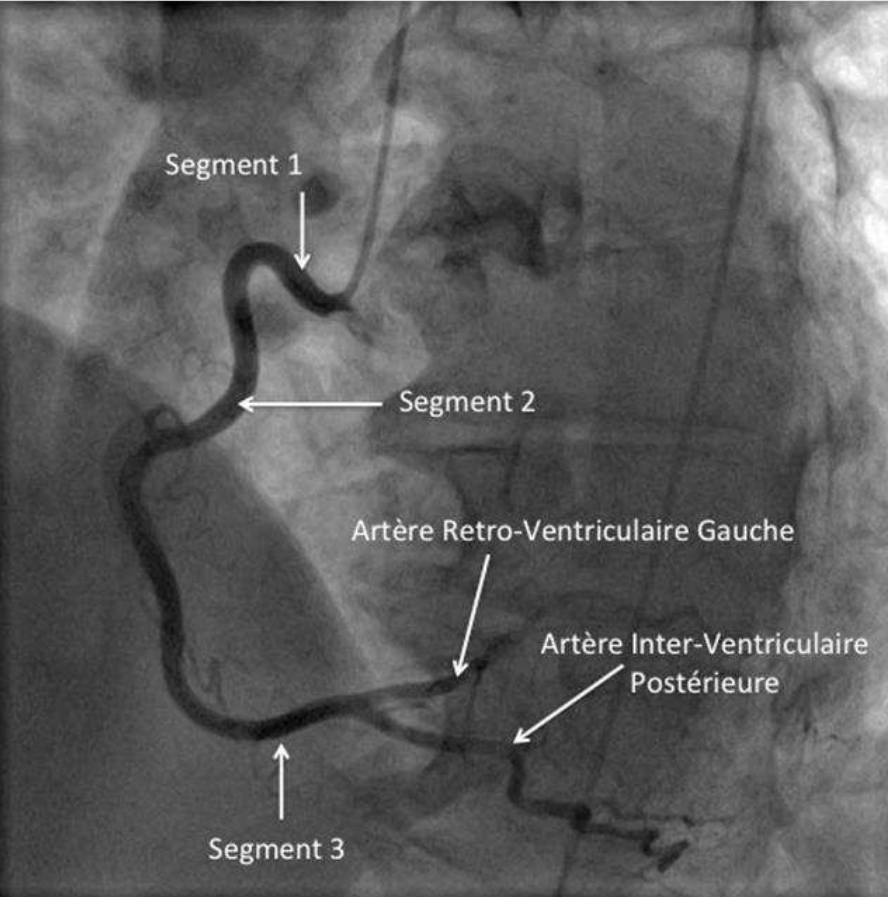
• **CG : Tronc commun de l'artère coronaire gauche.**

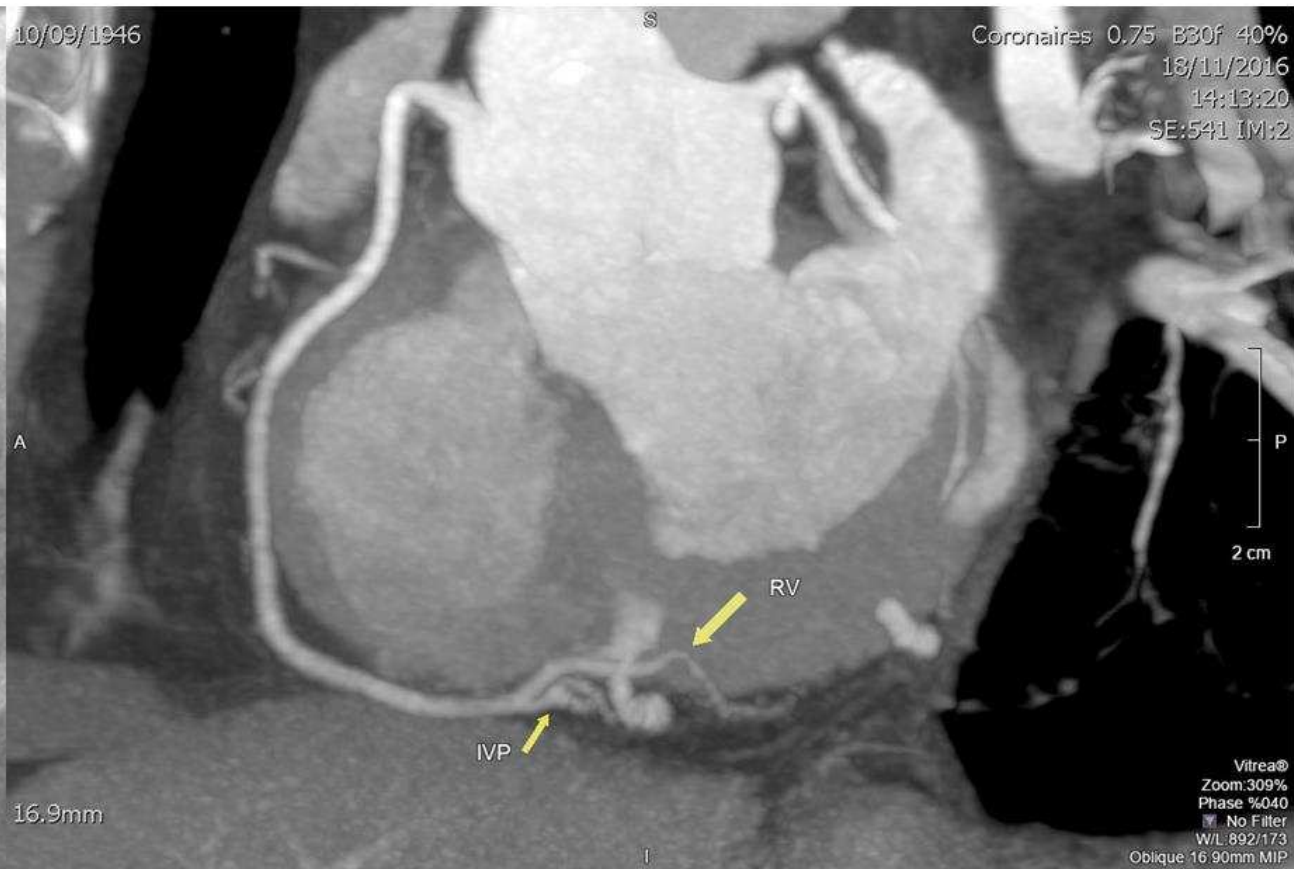
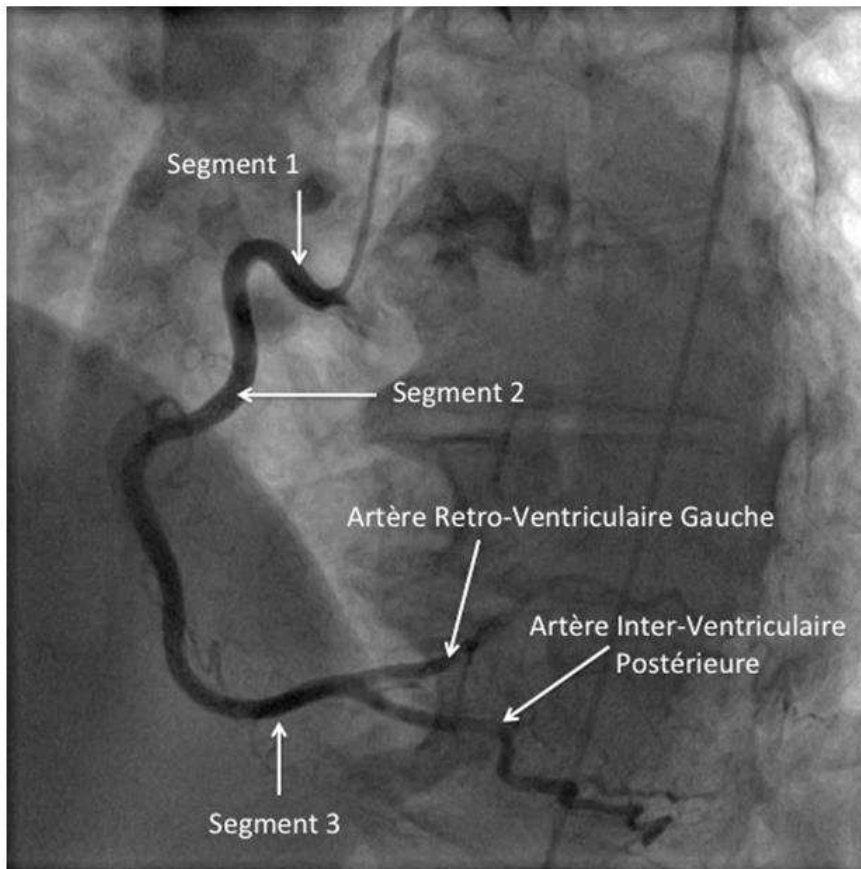
• C : Artère circonflexe.

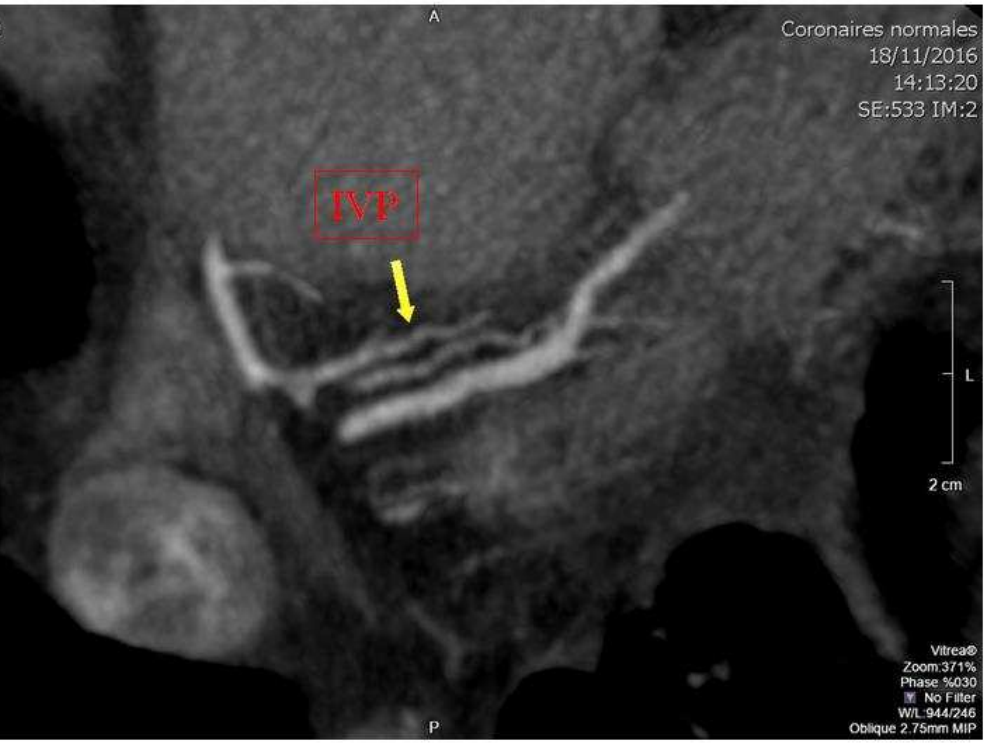
• IVA : Artère interventriculaire antérieure.

• 8 : Artère diagonale

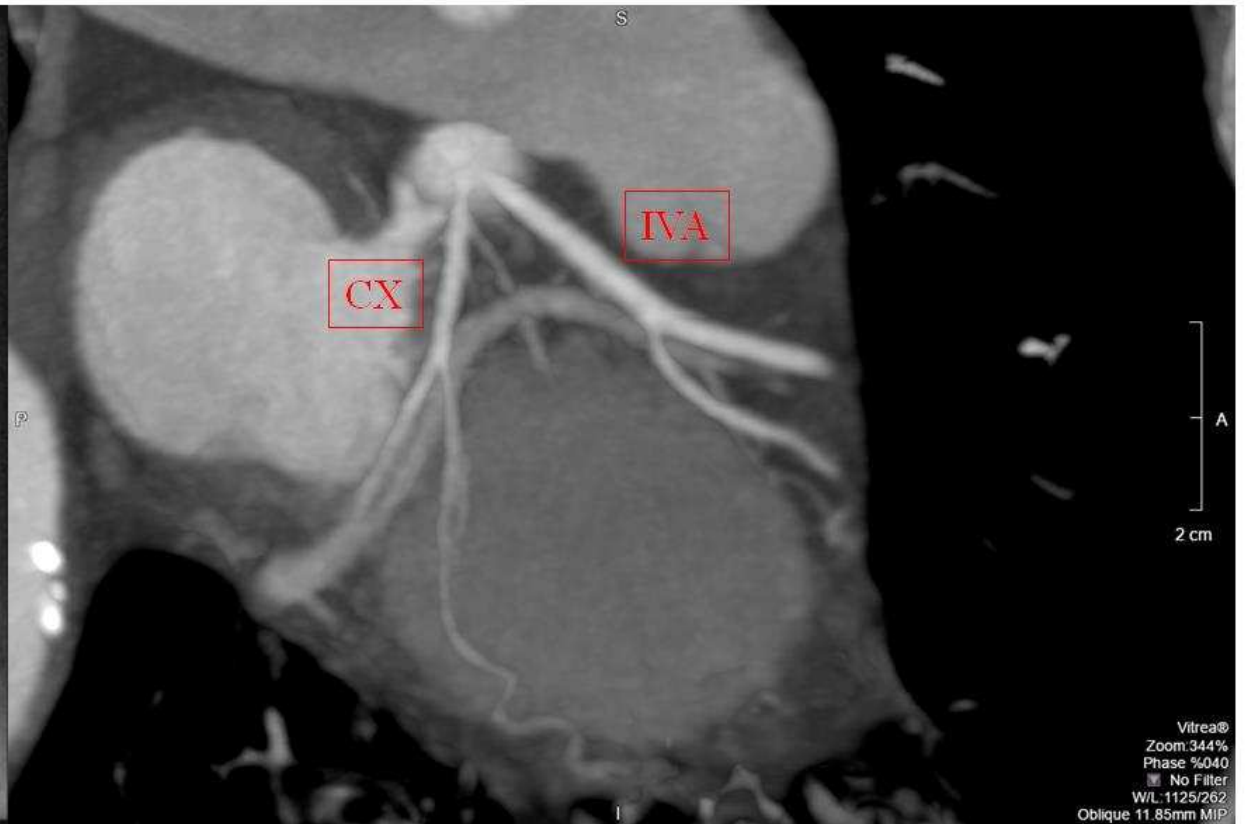
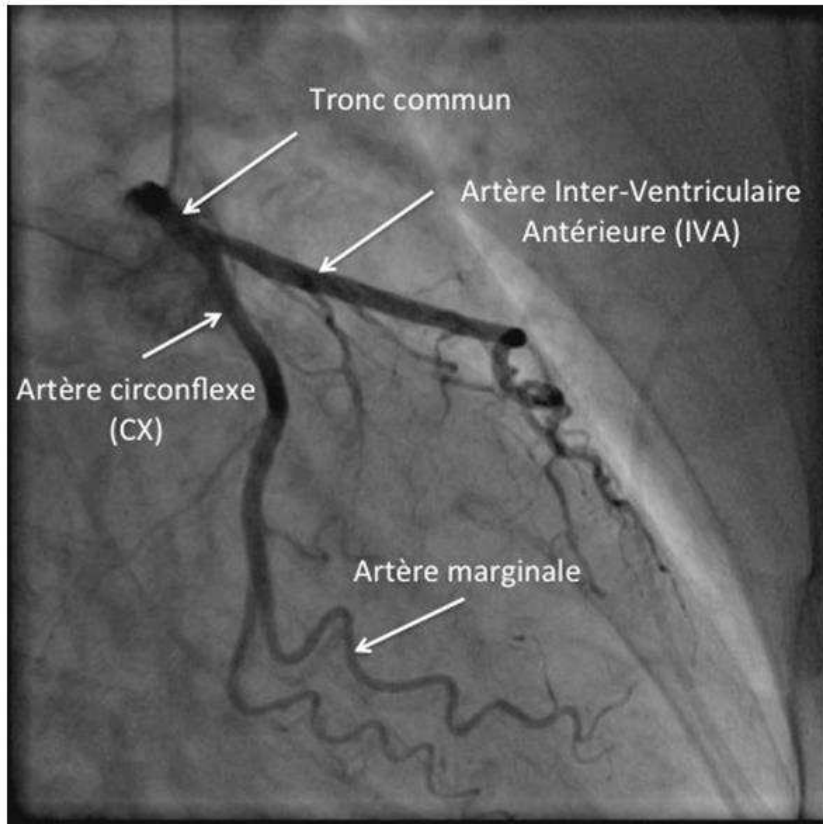
• 9 : Artères septales.







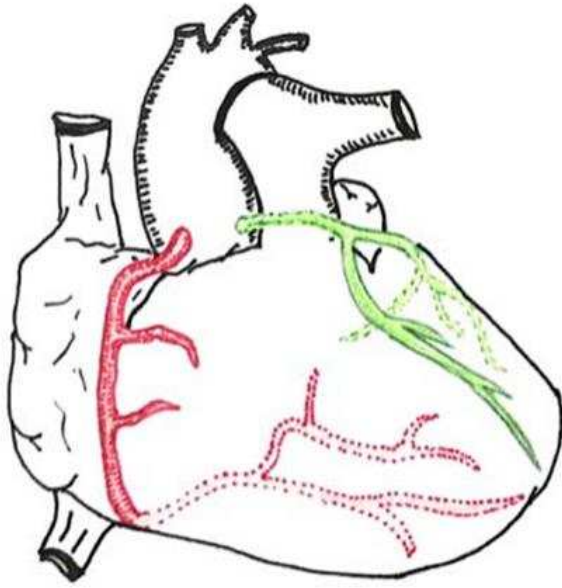




## Notion de dominance (variantes de la N)

- Dominance droite (IVP naît de la CD) : 75-90%
- Dominance gauche (IVP naît de la CX distale) et CD grêle : 5-10%
- Circulation équilibrée : 10-15% (les deux coronaires participent)

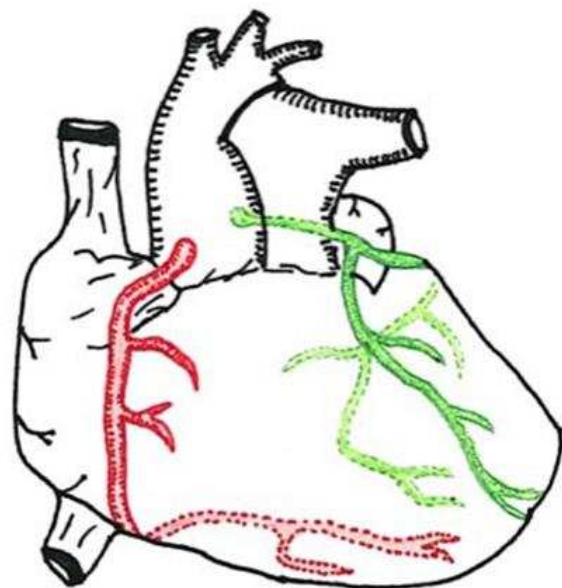




**A**

**RESEAU DROIT DOMINANT**

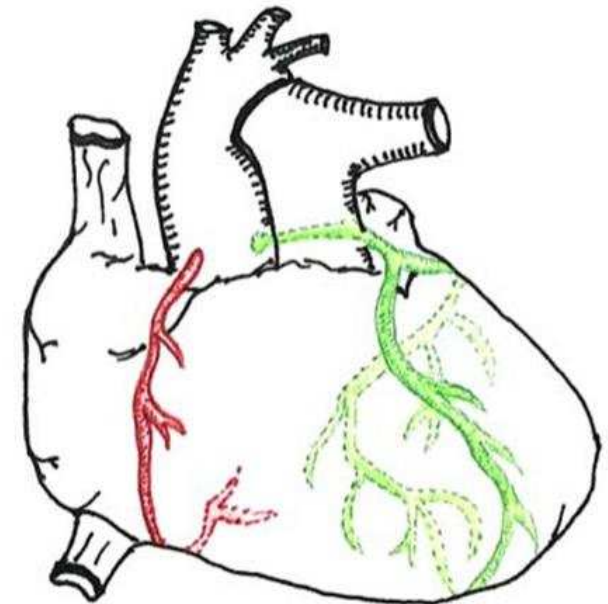
(75 à 90 %)



**B**

**RESEAU EQUILIBRE**

(10 à 15 %)

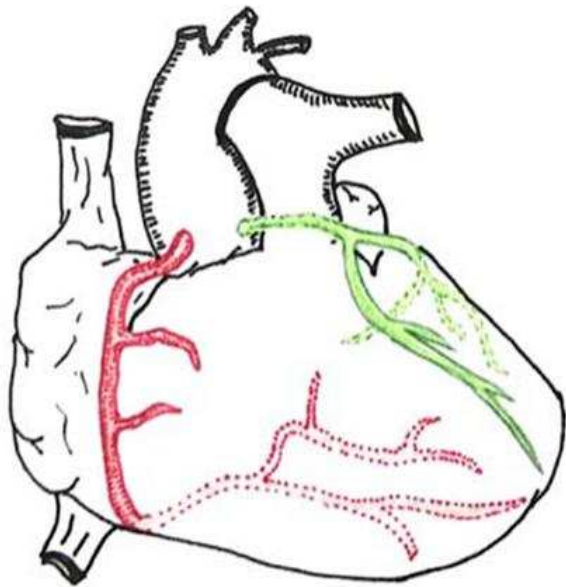


**C**

**RESEAU GAUCHE DOMINANT**

(5 à 10 %)

# Dominance Droite



A

RESEAU DROIT DOMINANT

(75 à 90 %)



S

R

R

L

A

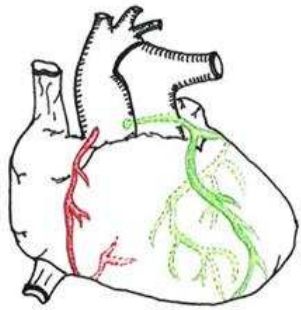
Vitrea®  
W/L:200/160

Vitrea®  
W/L:200/160





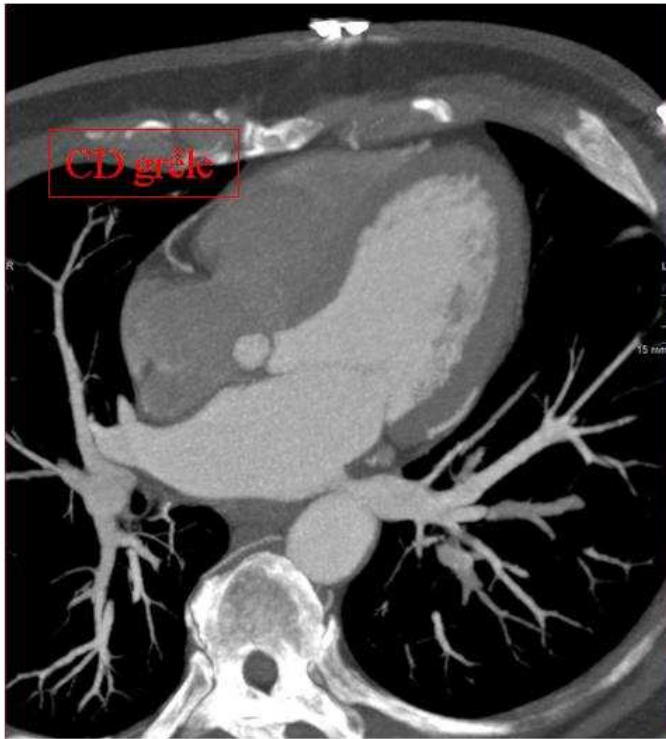
# Dominance Gauche



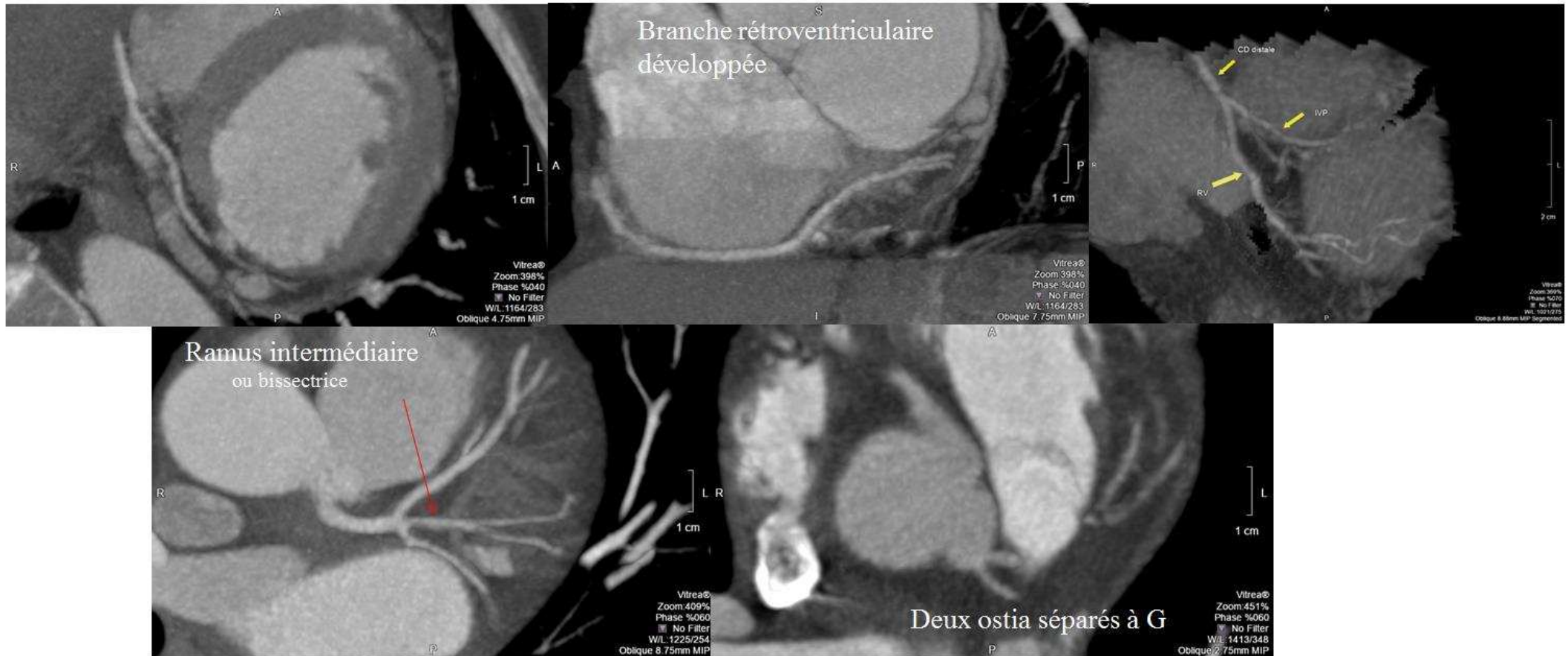
C

RESEAU GAUCHE DOMINANT

(5 à 10 %)



## Autres variantes assez fréquentes



# La Cardiomyopathie Ischémique (CMI)

## Les Facteurs de Risque Cardio-Vasculaire (FRCV)

### FR Majeurs

- Tabagisme
- HTA
- Hypercholestérolémie
- Diabète
- Age

### Facteurs Prédisposants (effet potentialisateur)

- Obésité
- Sédentarité
- ANTCD Familiaux
- Stress ...

## Notion de Probabilité Pré Test de lésion coronaire


Basée sur

Symptômes cliniques et certains FRCV (âge, sexe, HTA, Diabète...)

**The probability of Obstructive Coronary Artery Disease**  
The CAD consortium

Age	60	?
Sex	Male	?
Chest pain	Atypical	?
Diabetes	Yes	?
Hypertension	No	?
Dyslipidaemia	Yes	?
Past or current smoking	No	?
Exercise test performed?	<input checked="" type="checkbox"/>	?
Exercise test result	Normal	?
Coronary calcium scoring performed?	<input checked="" type="checkbox"/>	?
Coronary calcium score	269	?

?

Developed and delivered using the  Cleveland Clinic Risk Calculator Constructor  
Disclaimer



Age	Typical angina		Atypical angina		Non-anginal pain	
	Men	Women	Men	Women	Men	Women
30–39	59	28	29	10	18	5
40–49	69	37	38	14	25	8
50–59	77	47	49	20	34	12
60–69	84	58	59	28	44	17
70–79	89	68	69	37	54	24
>80	93	76	78	47	65	32

## Pre-Test Probability of CAD

Age	Gender	Typical/Definite Angina Pectoris	Atypical/Probable Angina Pectoris	Non-Anginal Chest Pain	Asymptomatic
30-39	Males	Intermediate	Intermediate	low (<10%)	Very low (<5%)
30-39	Females	Intermediate	Very Low (<5%)	Very low	Very low
40-49	Males	High (>90%)	Intermediate	Intermediate	low
40-49	Females	Intermediate	Low	Very low	Very low
50-59	Males	High (>90%)	Intermediate	Intermediate	Low
50-59	Females	Intermediate	Intermediate	Low	Very low
60-69	Males	High	Intermediate	Intermediate	Low
60-69	Females	High	Intermediate	Intermediate	Low

High = >90%      Intermediate = 10-90%      Low = <10%  
Very Low = <5%

## 2013 ESC Guidelines on the Management of Stable Coronary Artery Disease

*Eur Heart J. 2013;34(38):2949-3003*

## Principales Indications de Coronaro-CT (CMI)

- *D+ Thoraciques atypiques* ( Epreuve d'Effort impossible/ sous maximale/ litigieuse +/- Scinti douteuse) sans ou avec FRCV
- *Patient asymptomatique* avec FRCV (EE et/ou Scinti non concluante)
- *D+ Th chez patient ponté* (EE non concluante)
- *D+ Th aigue avec ECG normal*, Troponines normales ('triple rule out')

## Principales Indications de Coronaro-CT (non CMI)

- FRCV chez patient devant subir une intervention non-cardiaque à haut risque
- Evaluation pré-op des masses cardiaque ou péricardique
- Anatomie coronaire dans les cardiopathies congénitales
- Rares anomalies coronaires en pédiatrie
- Echec de la coronarographie (sténose ostiale par ex.)

# Interprétation

- Méthode visuelle (expérience)

Reconnaître les artéfacts

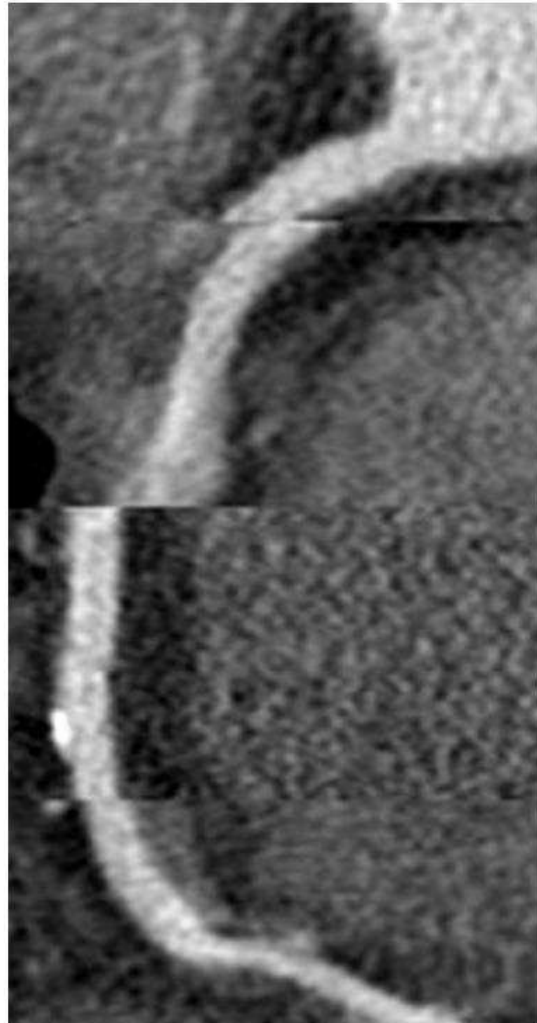
Reconstruire les plans des branches coronaires

Utiliser les 3 plans de l'espace et les MIP

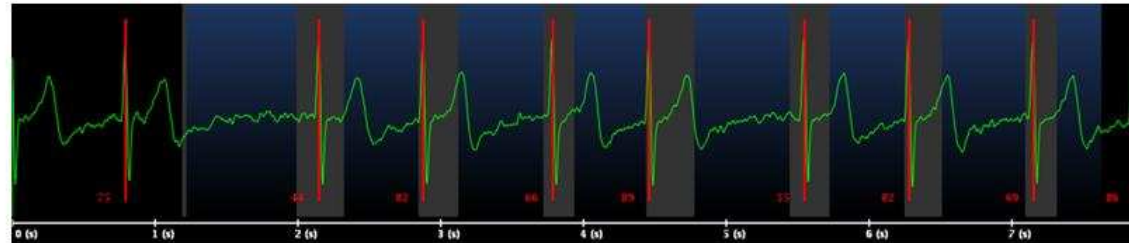
3D en **complément**

- Méthode automatique (pièges de reconstruction)

# Les Artefacts



## ARTEFACT FREQUENT



### Stair Step (banding artifact)

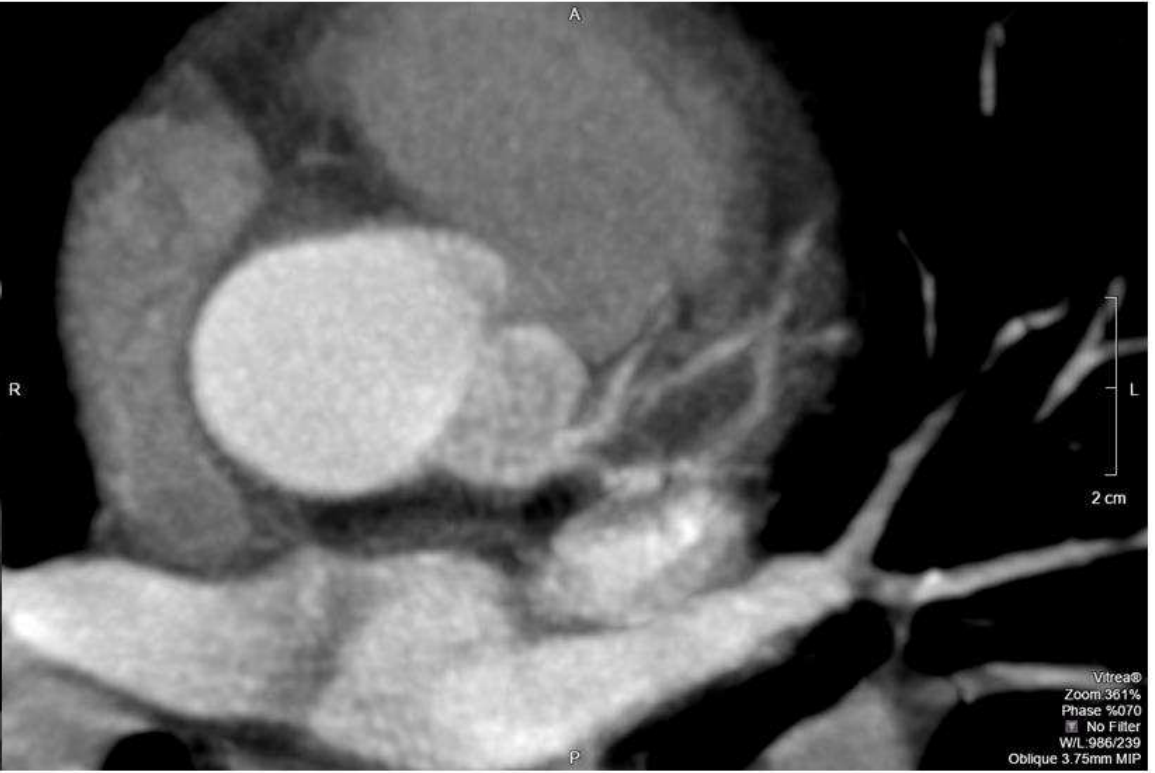
RC instable (tachycardie, arhythmie)

Problème d'ECG

Reconstruction incorrecte

Respiration patient



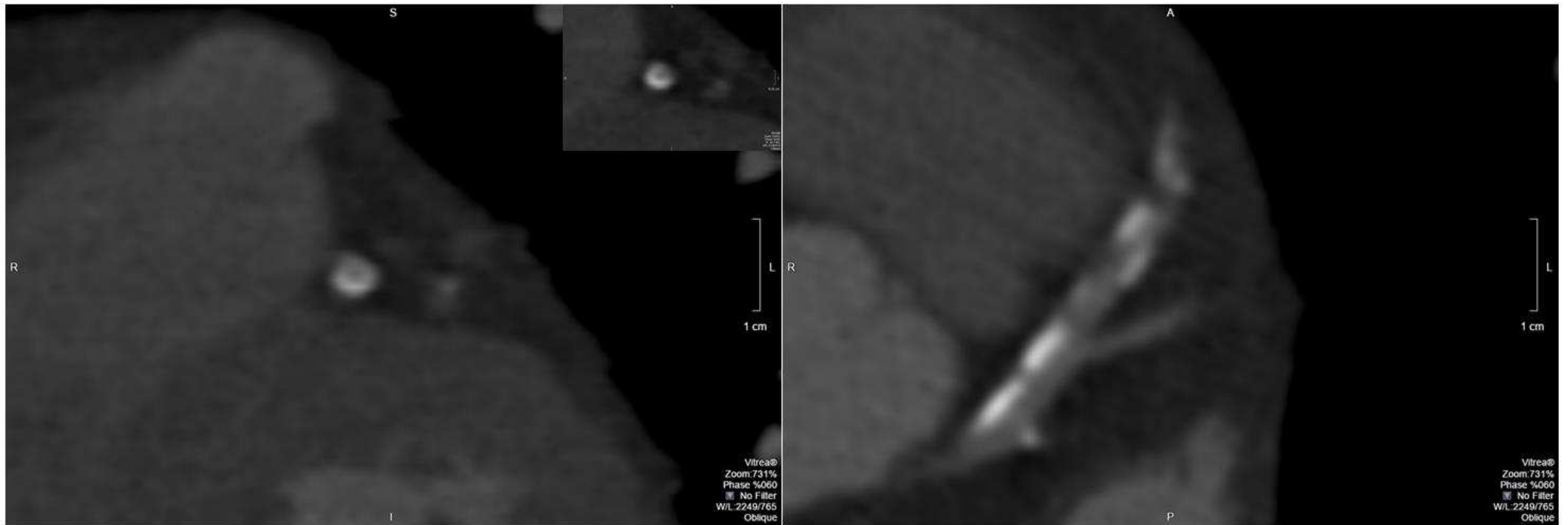




## Artefacts de Vibration (calcium)



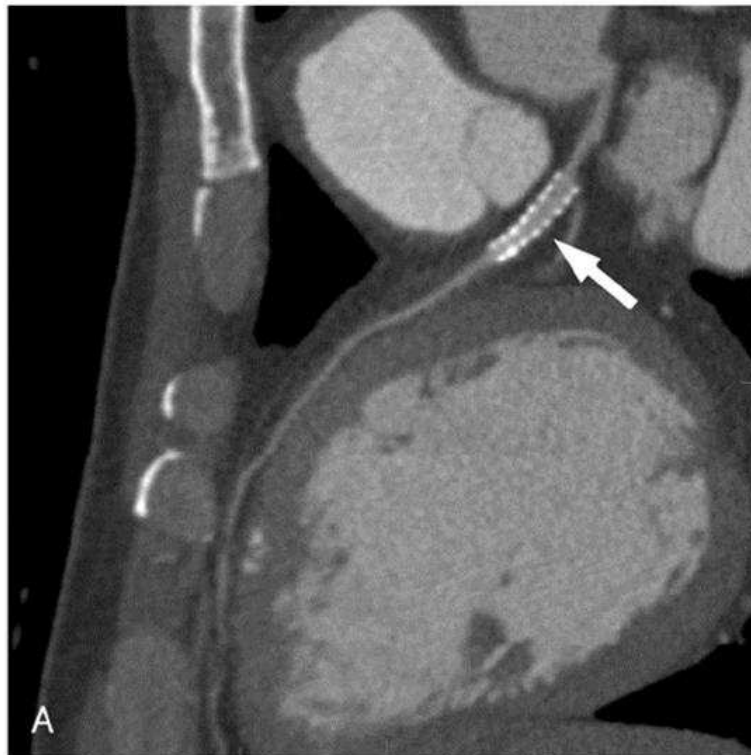
# 'Blooming artifact' (calcium)



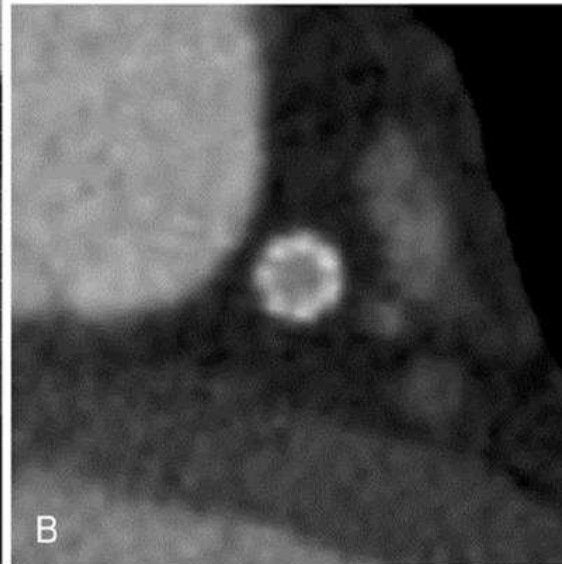
# Stent (CT 16)



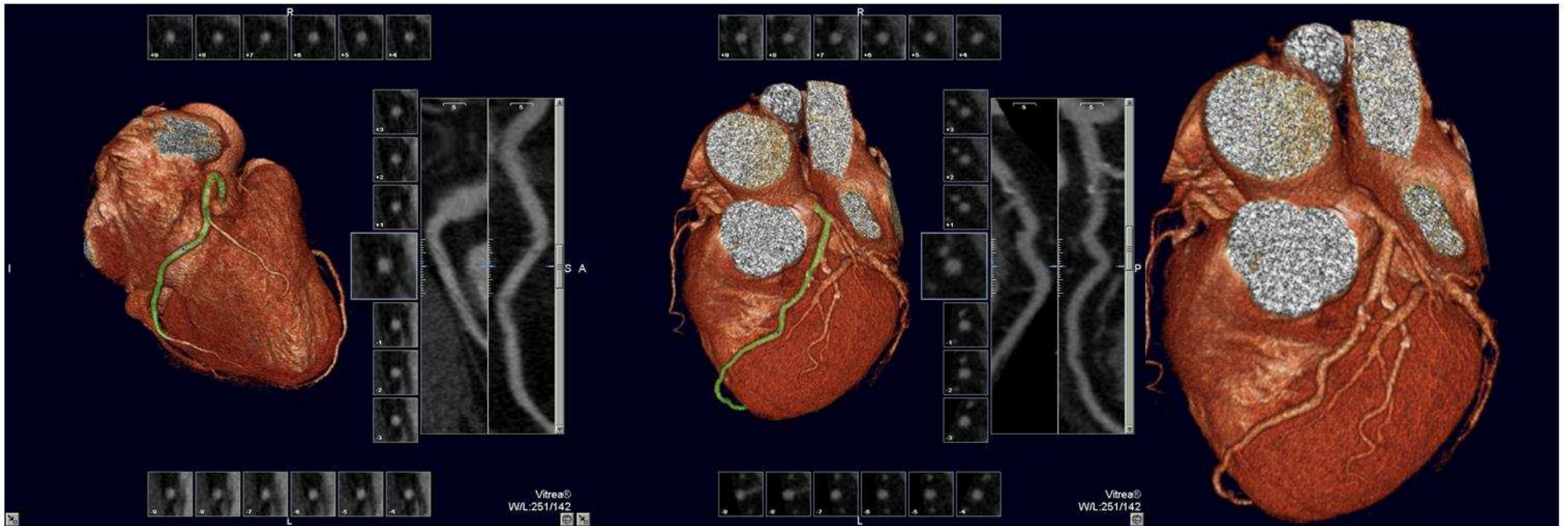
## Stent (CT 64)



*Korean Circ J. 2007 Nov;37(11):521-529*



# Reconstruction automatique





Attention !

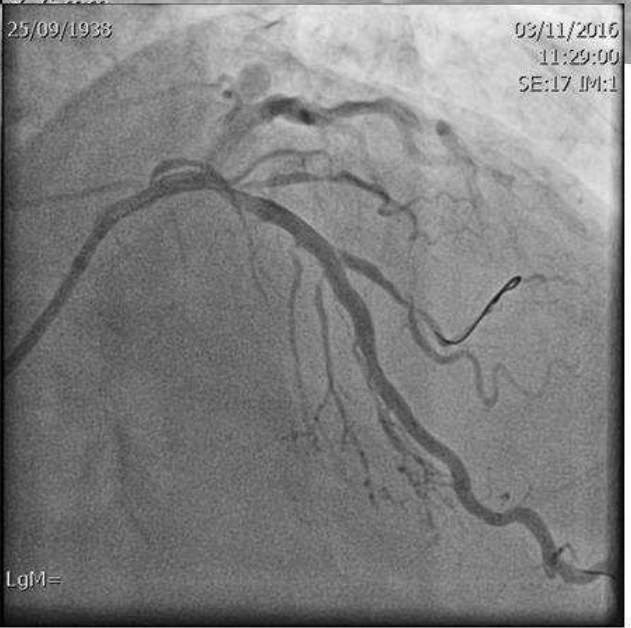
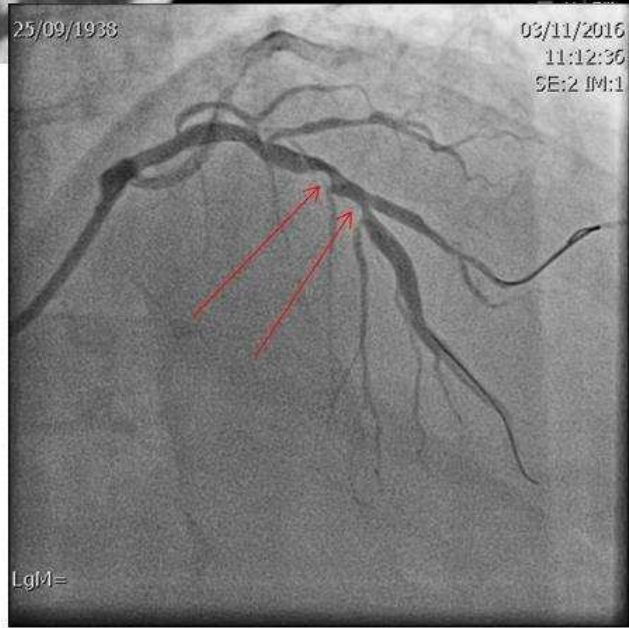


## Exemples de pathologies





**Plaques Fibro Calciques**

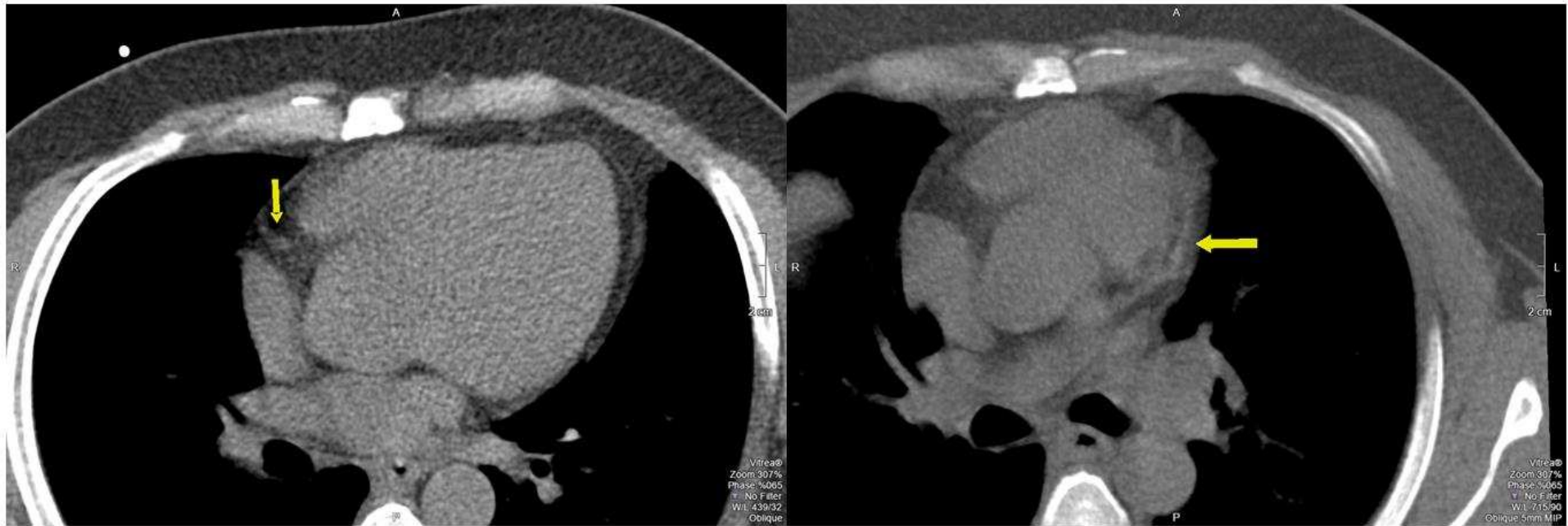


Vitrea®  
Zoom:517%  
Phase %070  
No Filter  
W/L:848/319  
Oblique 8.75mm MIP



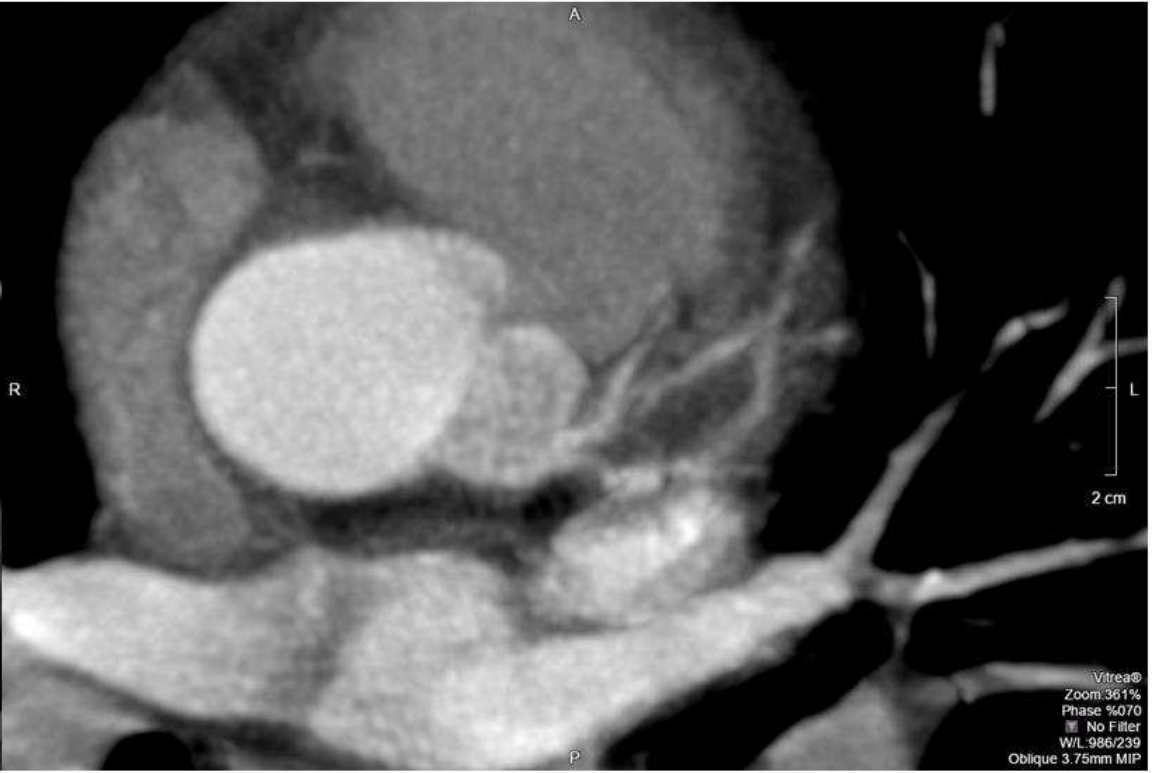


Quand on ne voit pas de Calcium !!

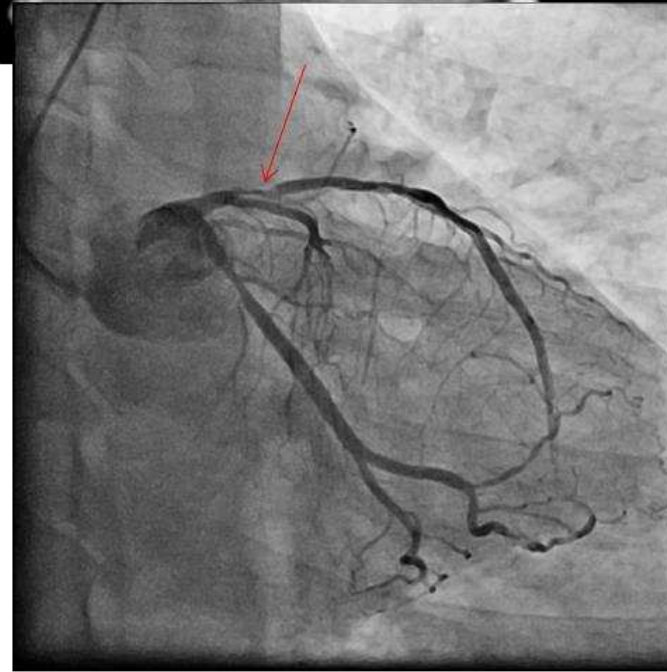
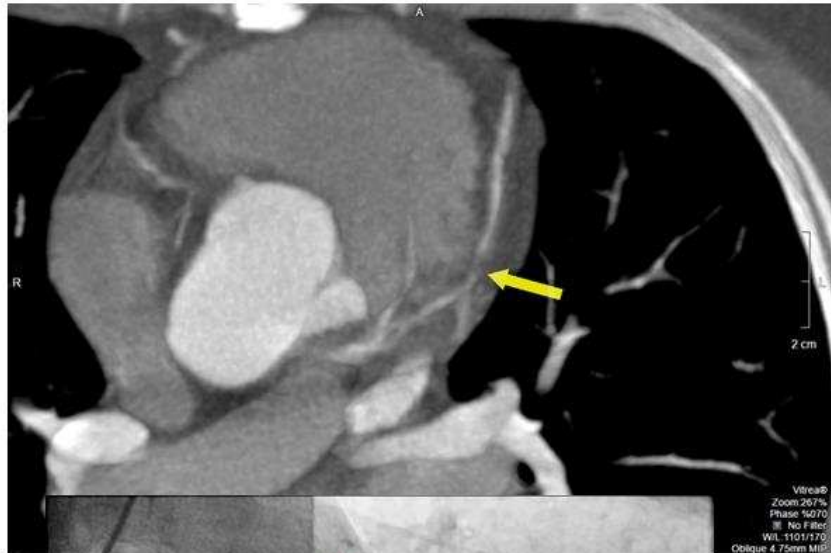
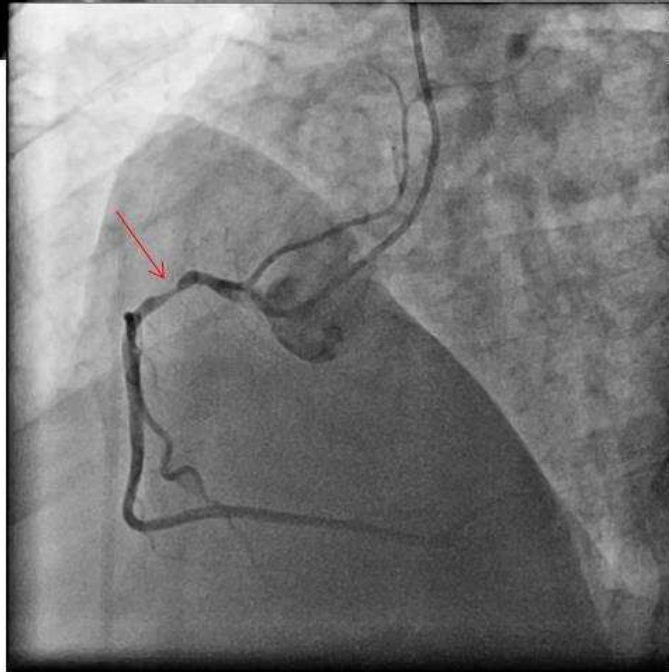


Patient de 42 a, D+ Th Atypiques, EE sous maximale

Score calcique NUL

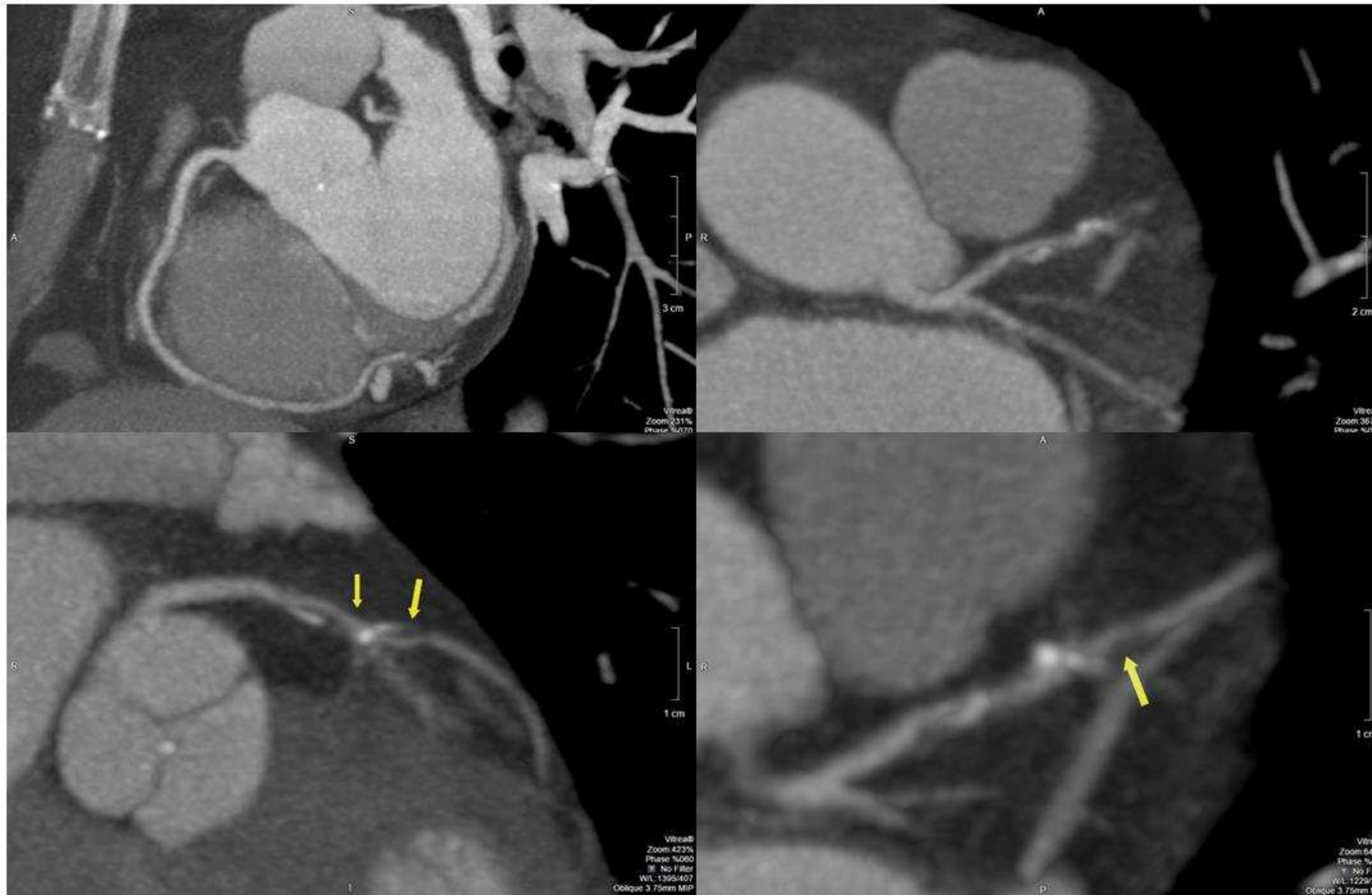




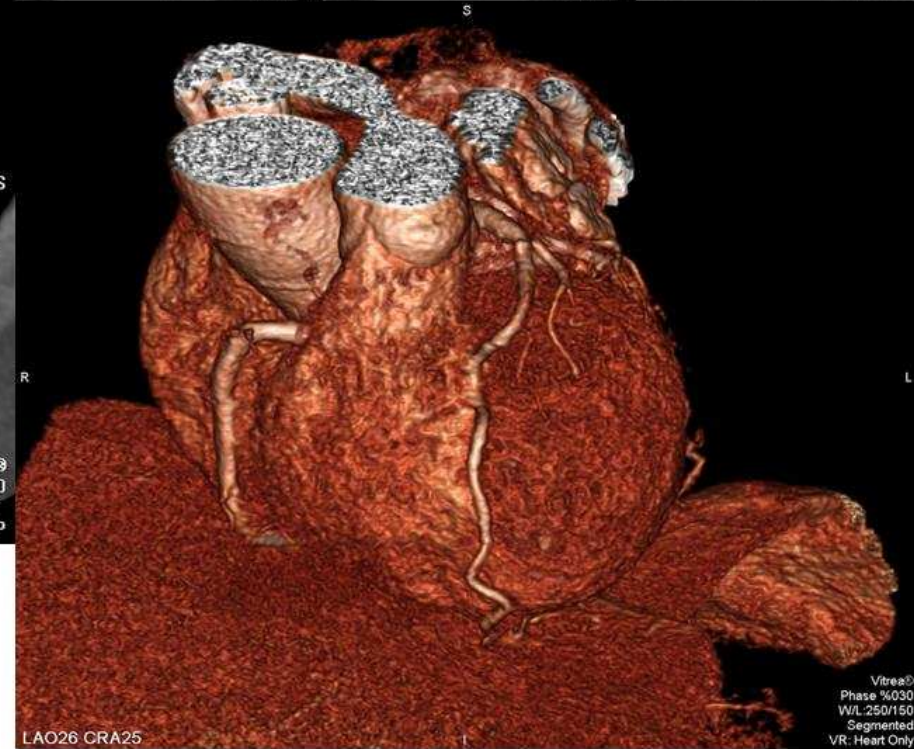
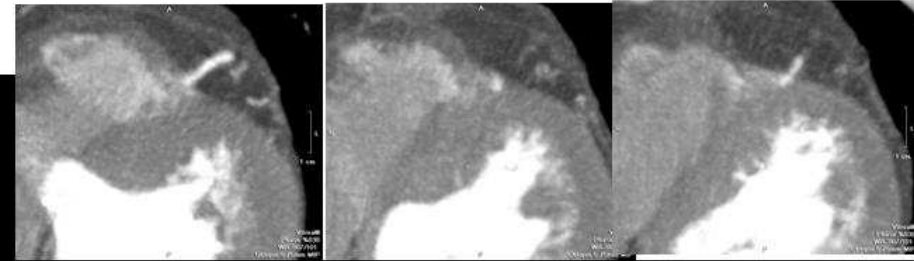
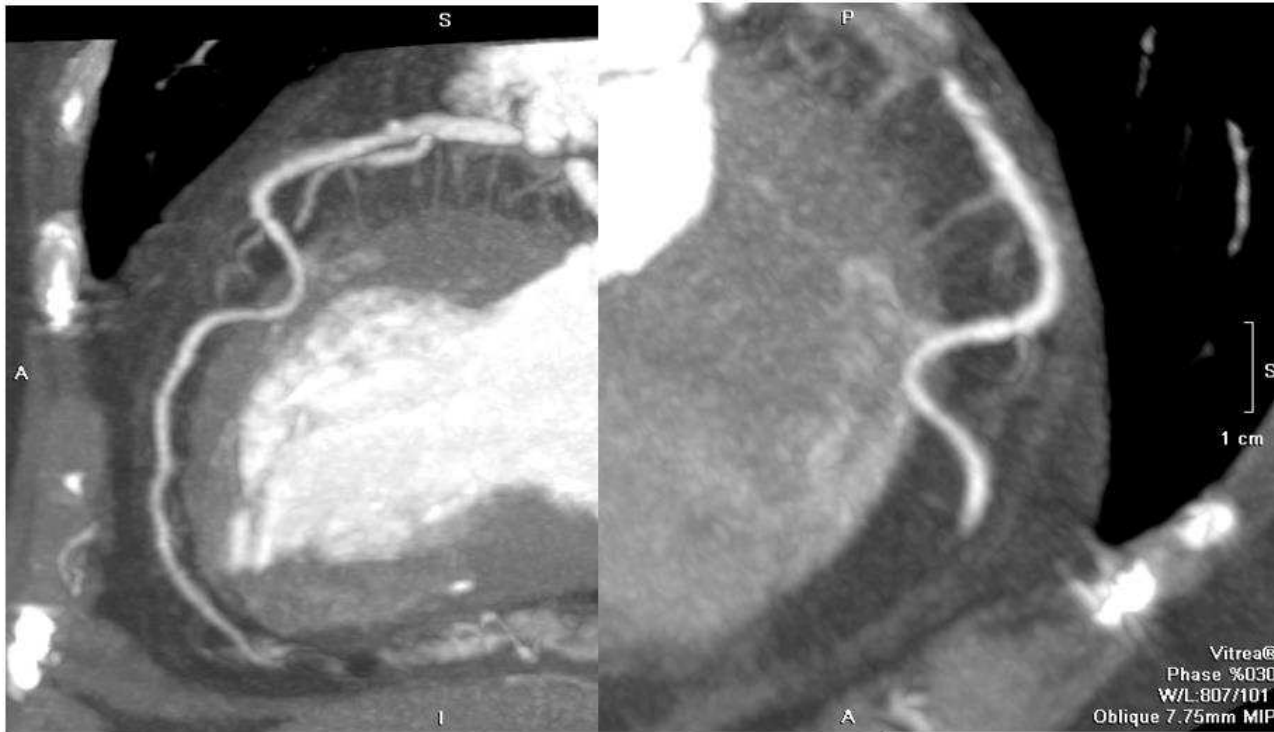


5% d'infarctus  
Calcium = 0

## Autre cas ( FRCV, EE douteuse)



# Pont Myocardique ('Myocardial bridging')



# Les Pontages

## Types de Pontage

### Un exemple

Patient porteur de 3 pontages

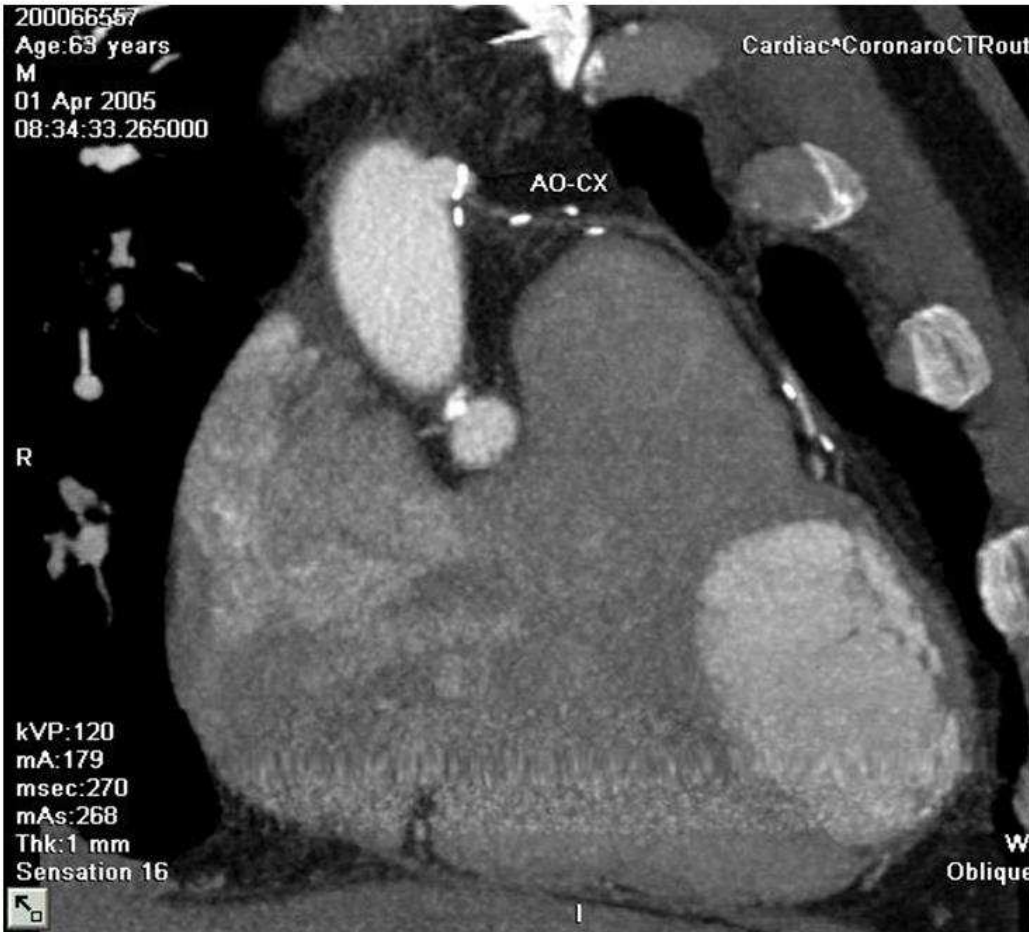
MIG-IVA, Radial (Ao-CX), Veine-CX

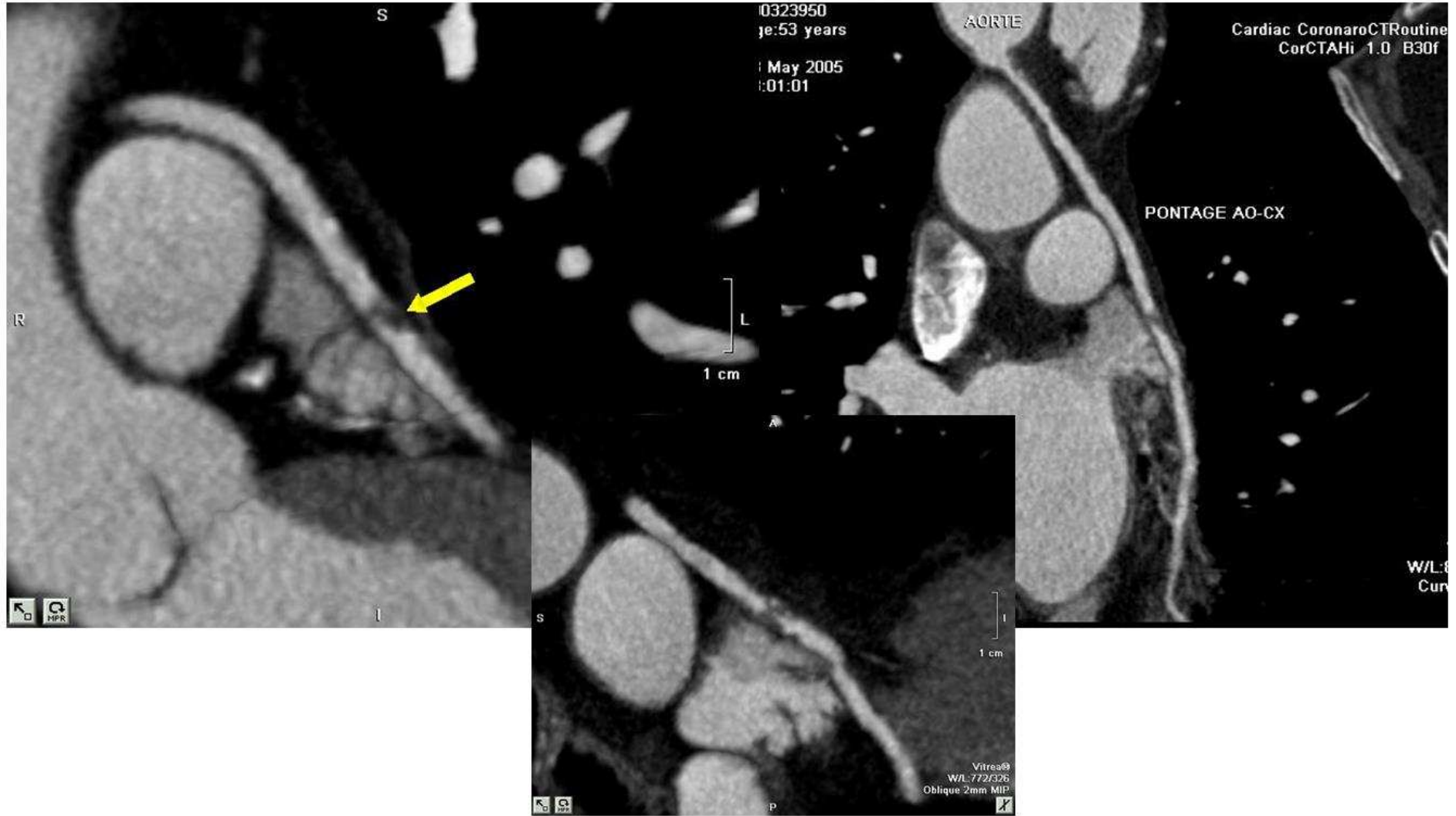
- Vérifier la perméabilité
- Explorer le réseau natif aussi



# Triple pontage MIG-IVA, radiale Ao-CX, Veine Ao-CX

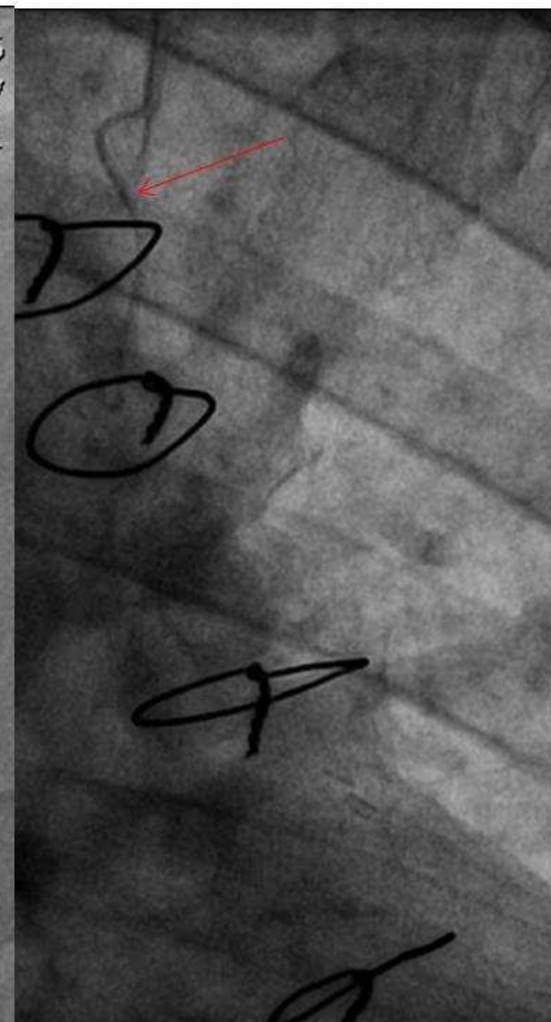
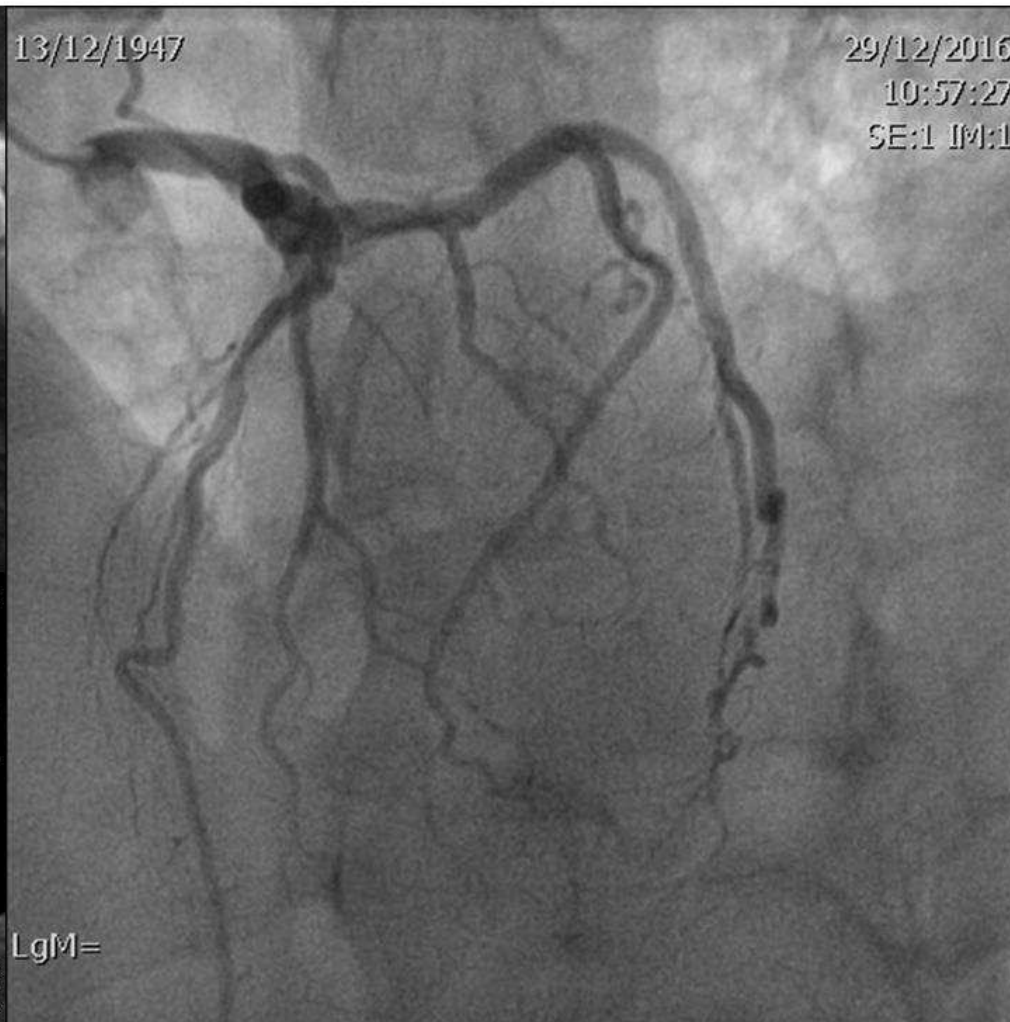






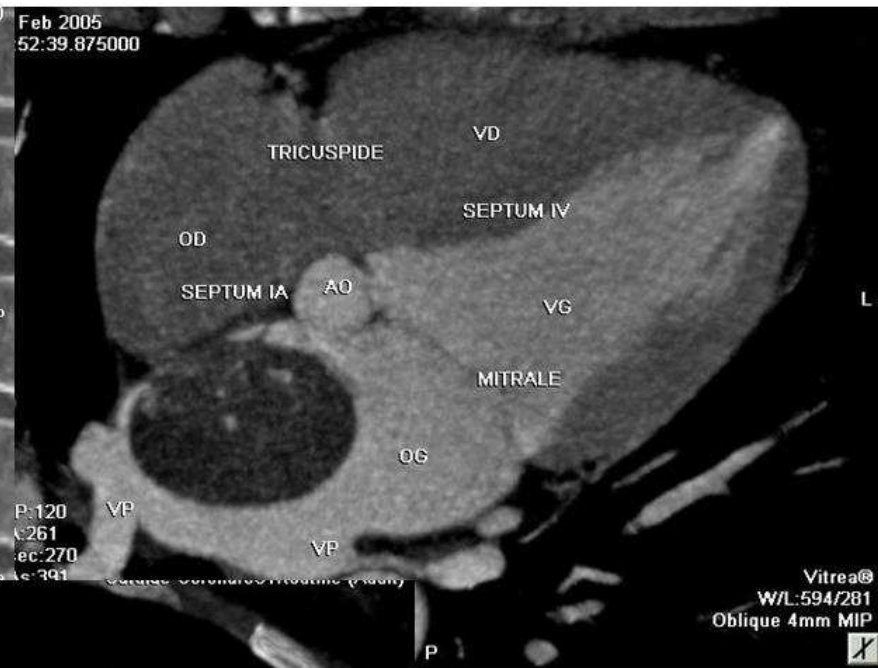


# Thrombose Pontage MIG-IVA

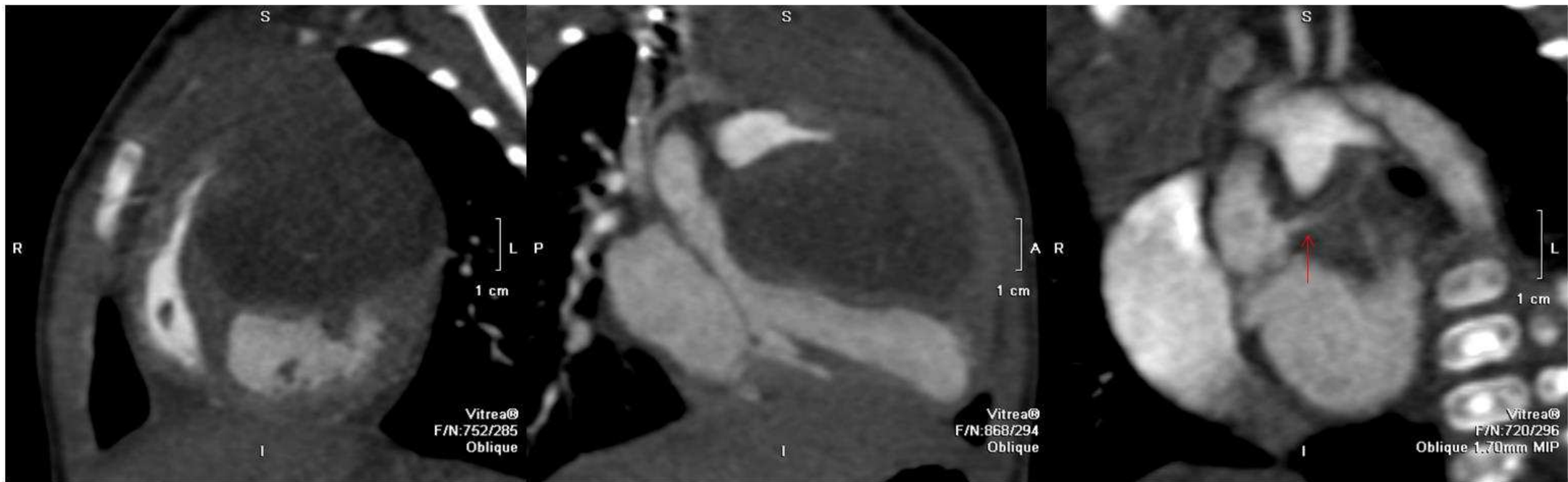


## Préop d'une Masse cardiaque

- Bilan diagnostique de la masse
- Rapports anatomiques
- Bilan coronaire



# Volumineux Fibrome



Nourrisson de qqes mois

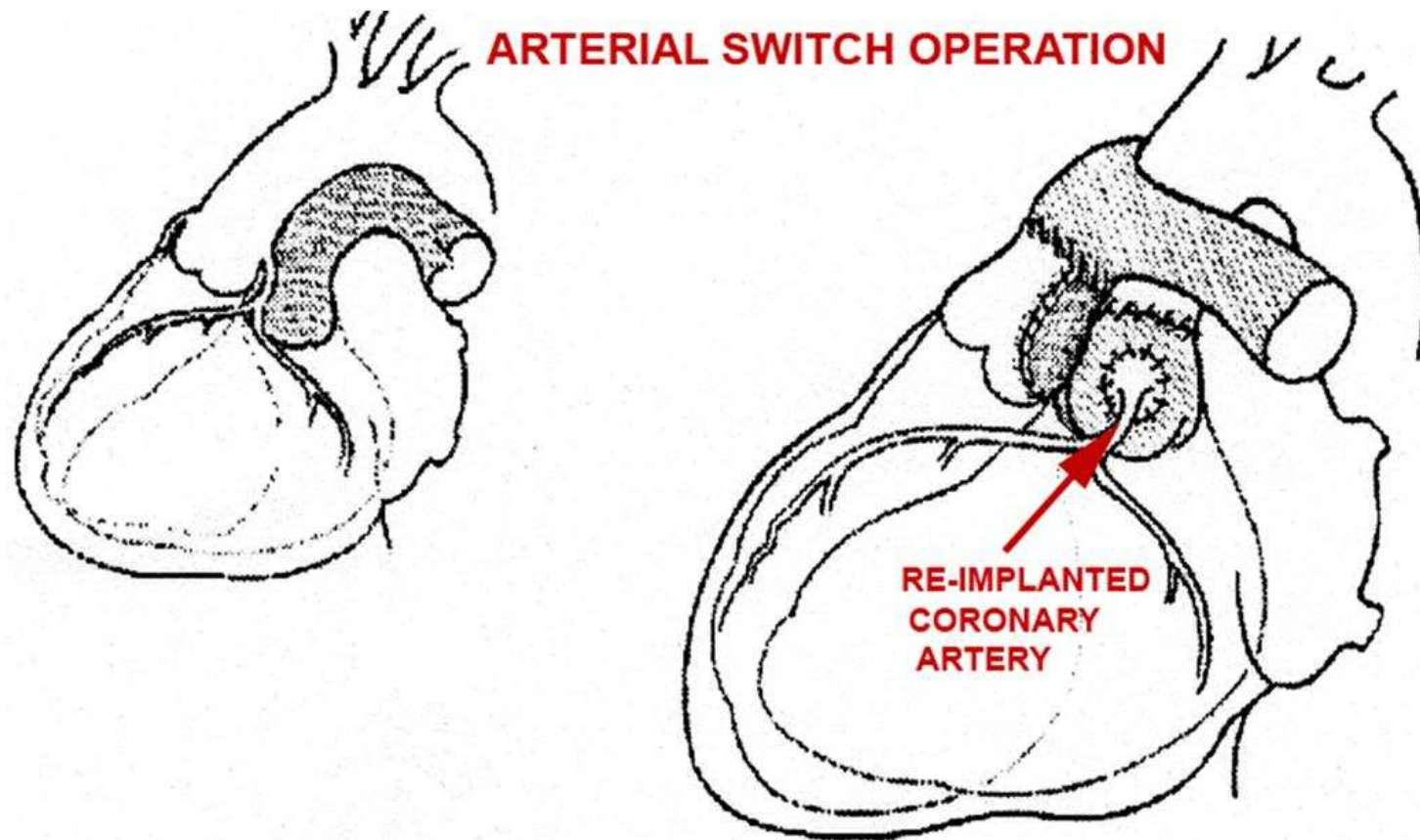
# Cardiopathies Pédiatriques (congénitales et vascularites)

## Utiliser 80-100 kV

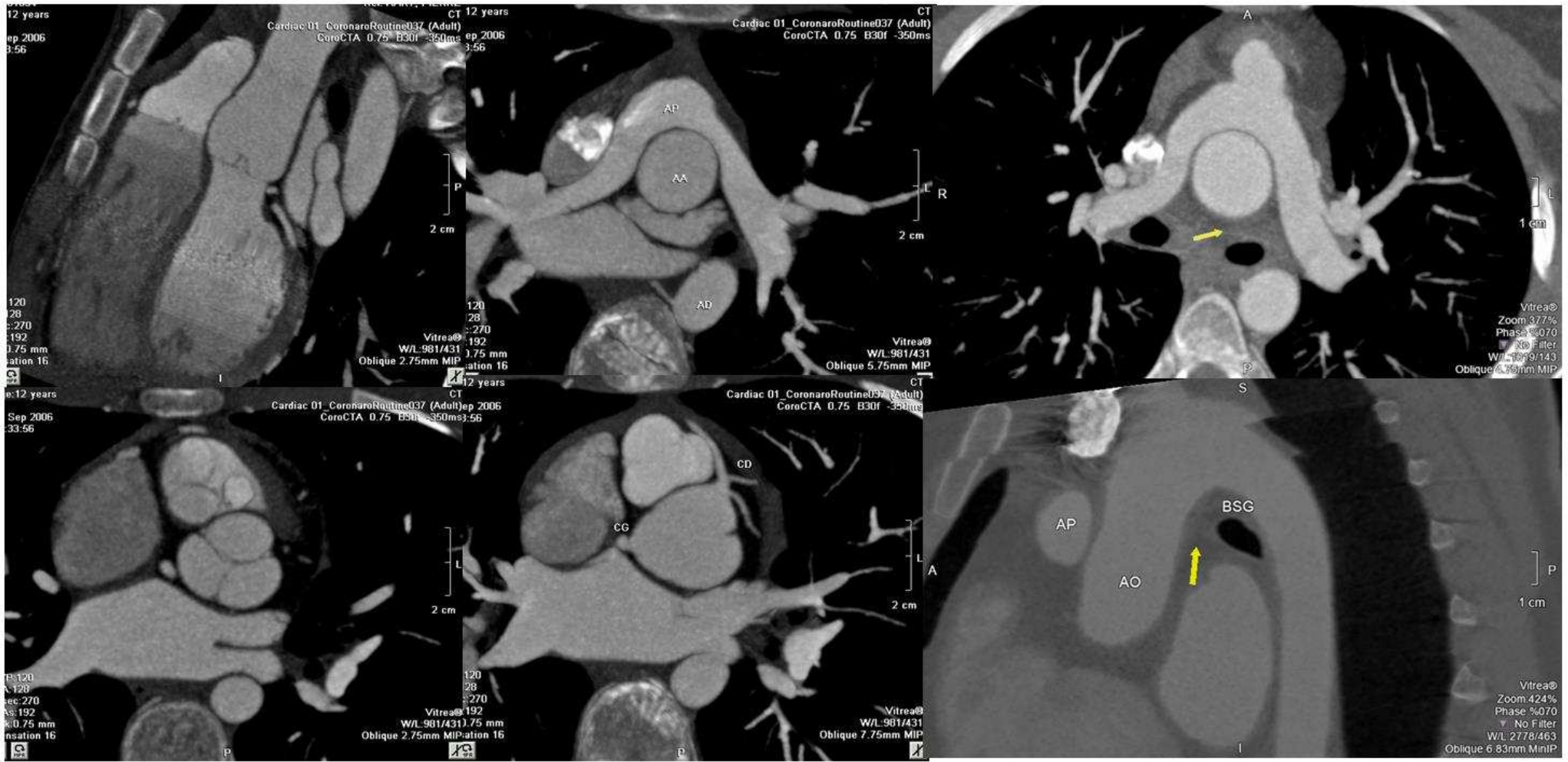
- La Transposition des Grands Vaisseaux (TGV)
- Tétralogie de Fallot (croisement infundibulaire = CI à la plastie)
- Naissance anormale des coronaires (ALCAPA, autres..)
- Fistules coronaires
- Maladie de Kawasaki

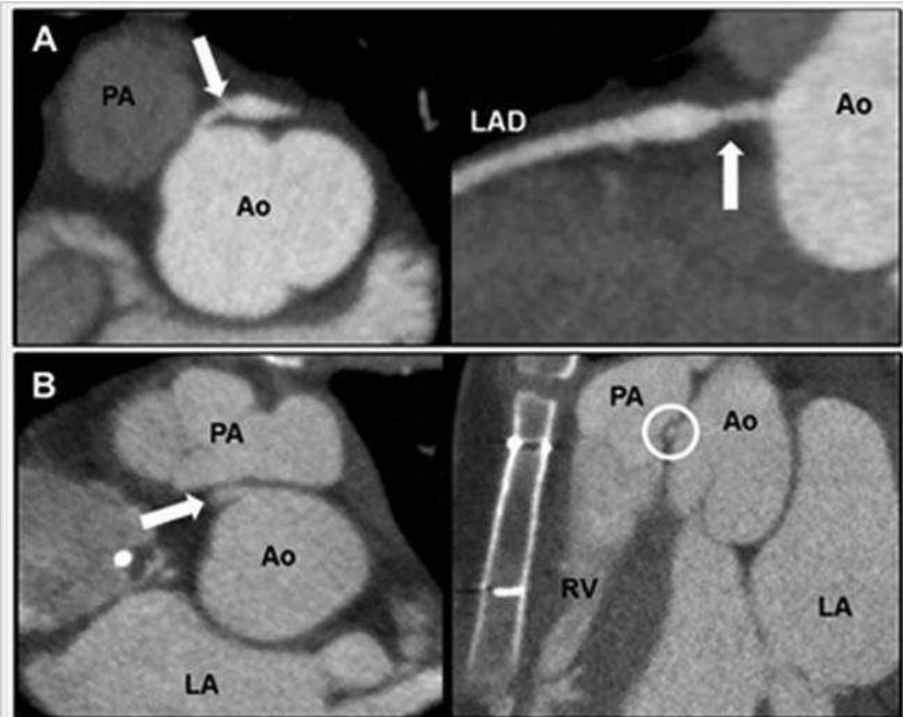


## TGV : Le Switch Artériel



# Manœuvre de Lecompte, A. Coronaires, Voies Aériennes





Trouble de croissance  
coronaire

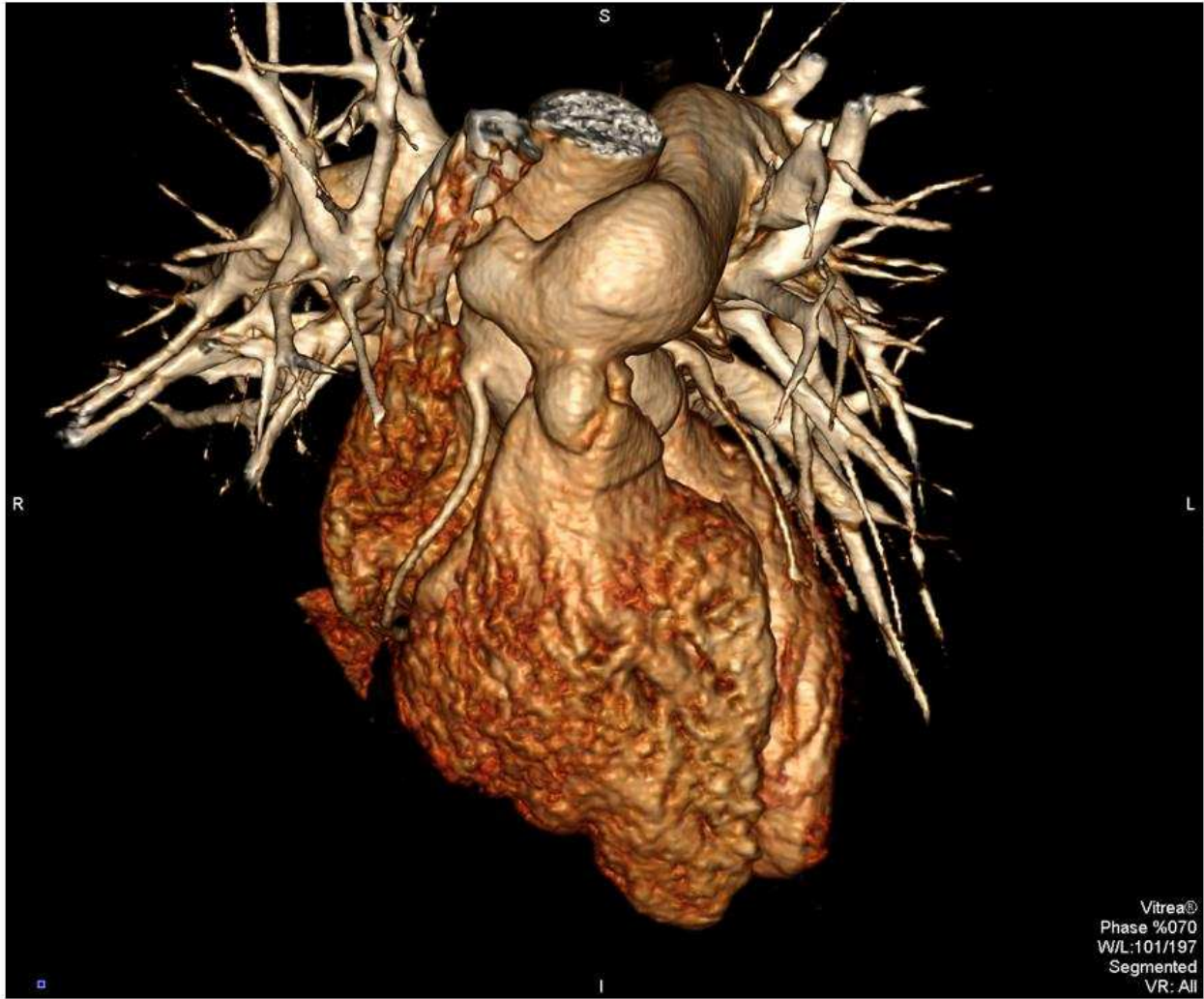
*Circulation 2012;126:A18489*



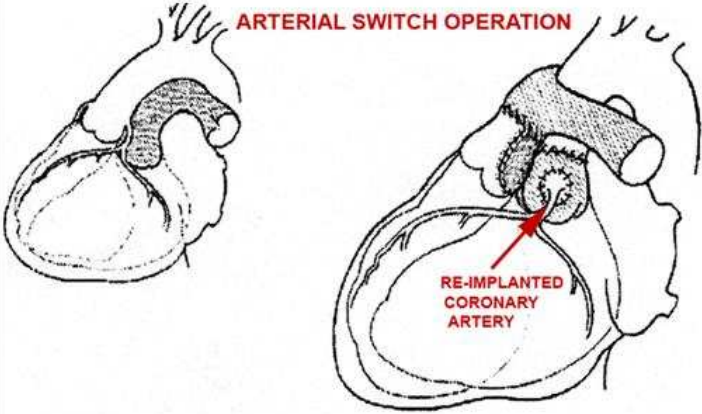
La racine du 'néo aorte'





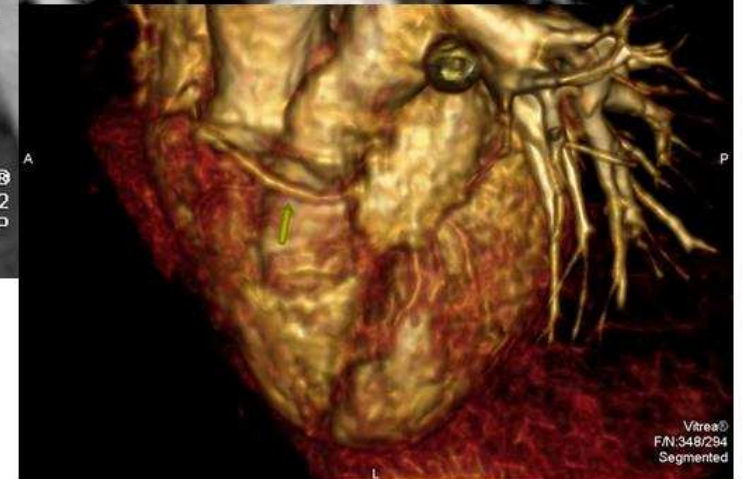
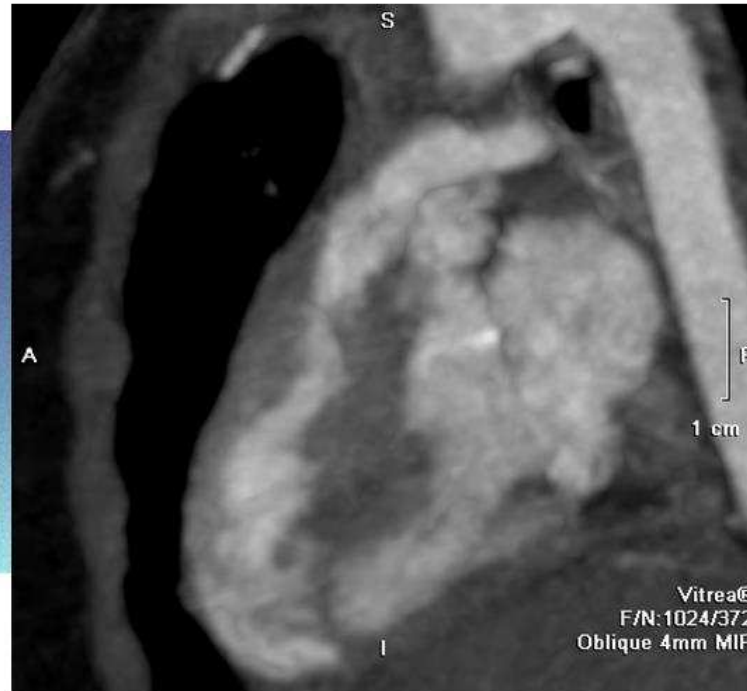
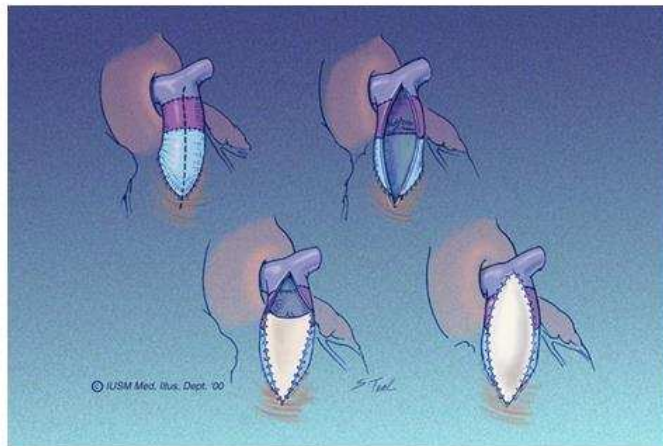


La suture pulmonaire



# La Tétralogie de Fallot

## Plastie transannulaire



# ALCAPA (Anomalous Left Coronary Artery from Pulmonary Artery)



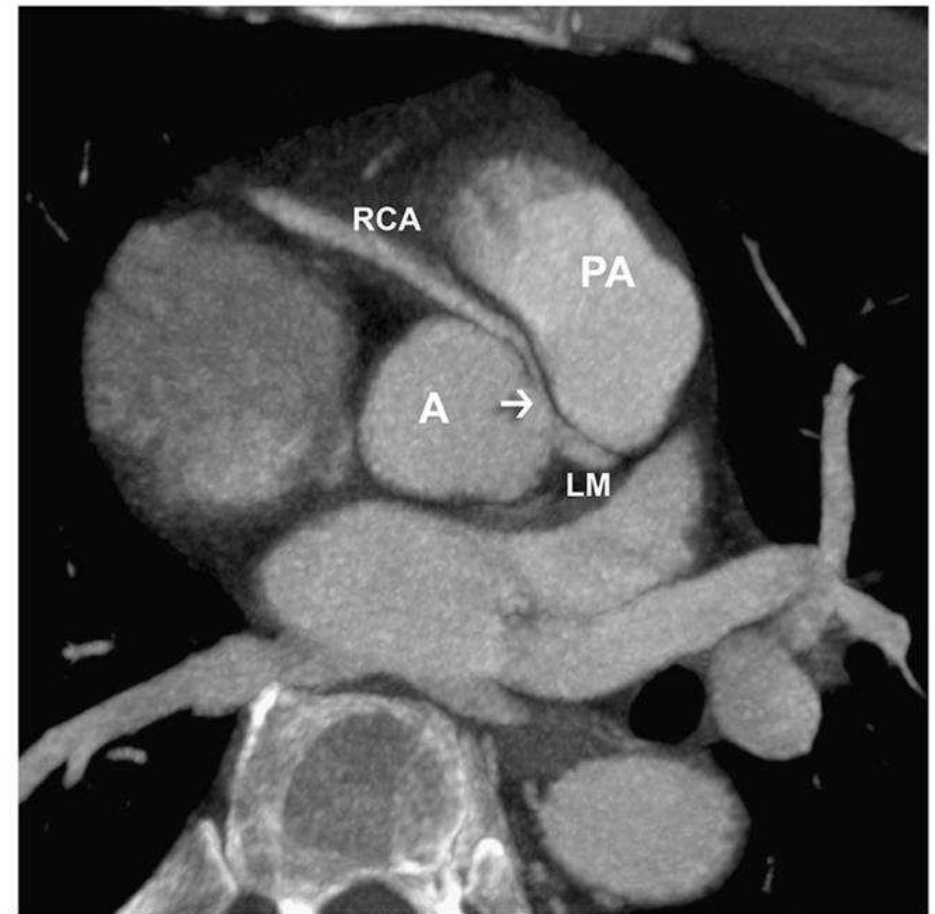


## Présentation typique en Insuffisance Mitrale

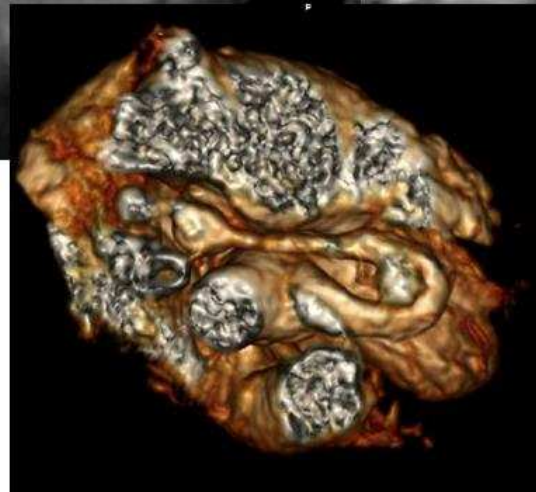
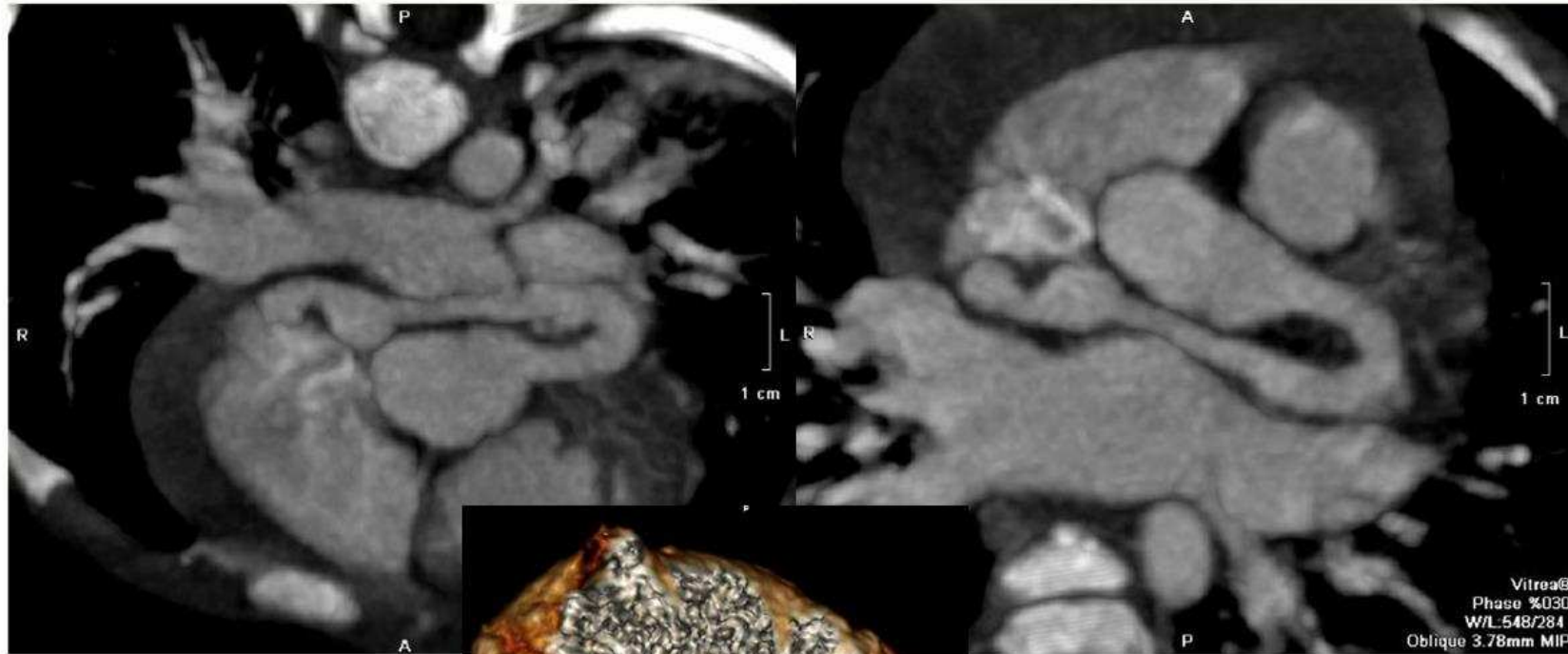




## Trajet aberrant des coronaires (arythmie, mort subite)

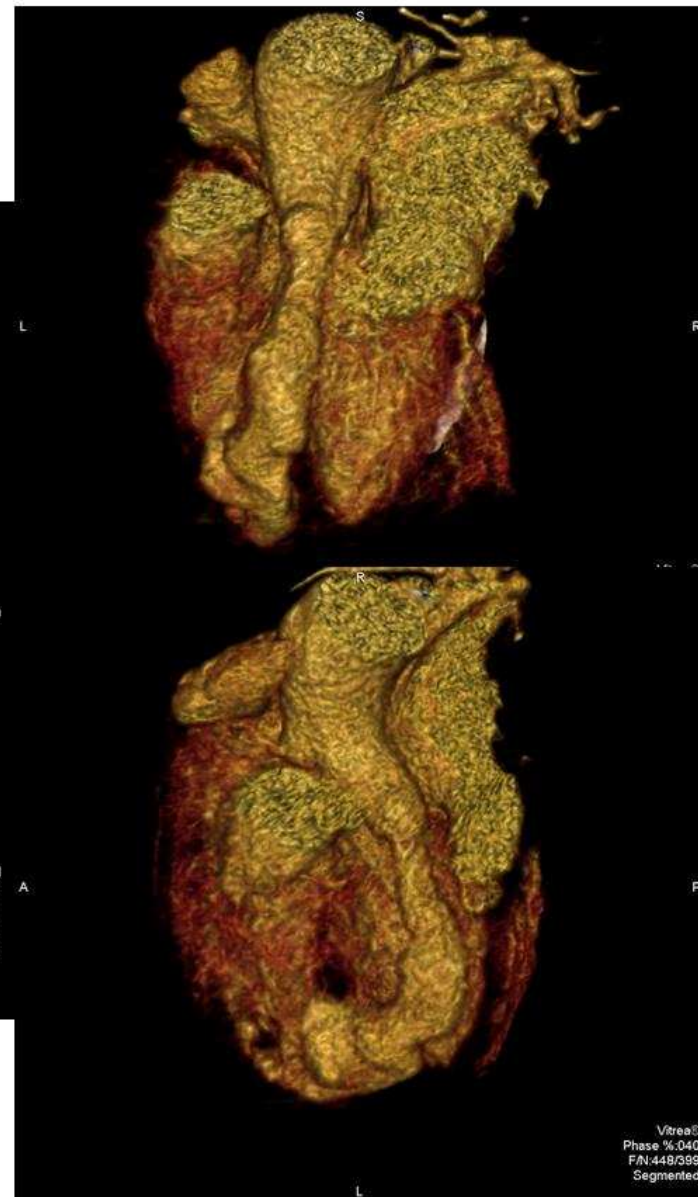
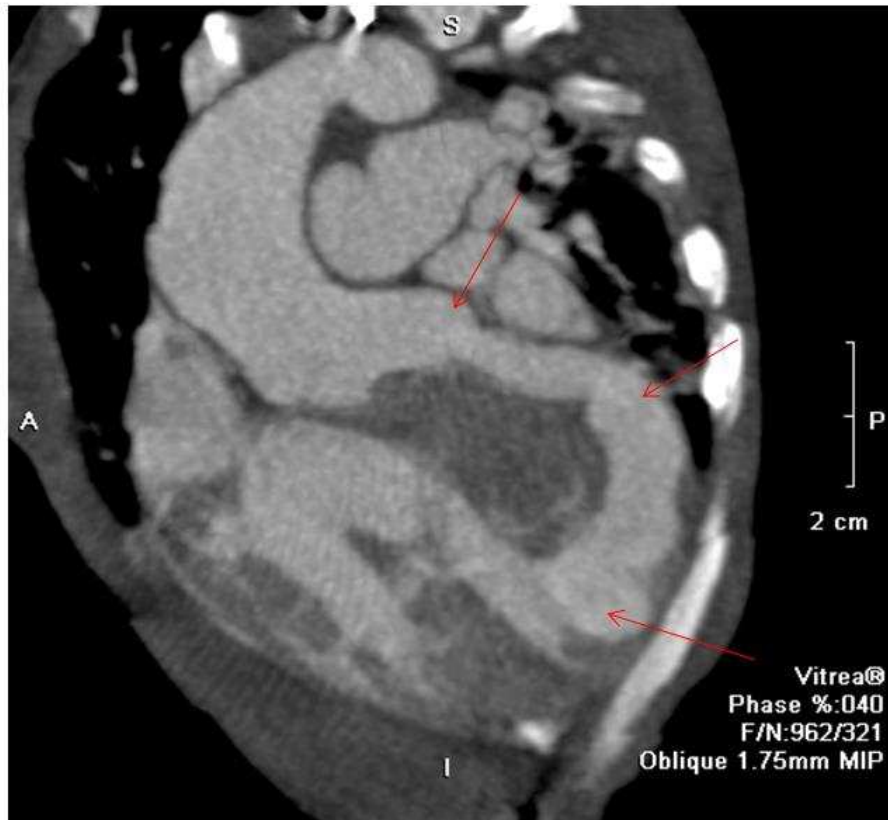


# Fistules coronaires

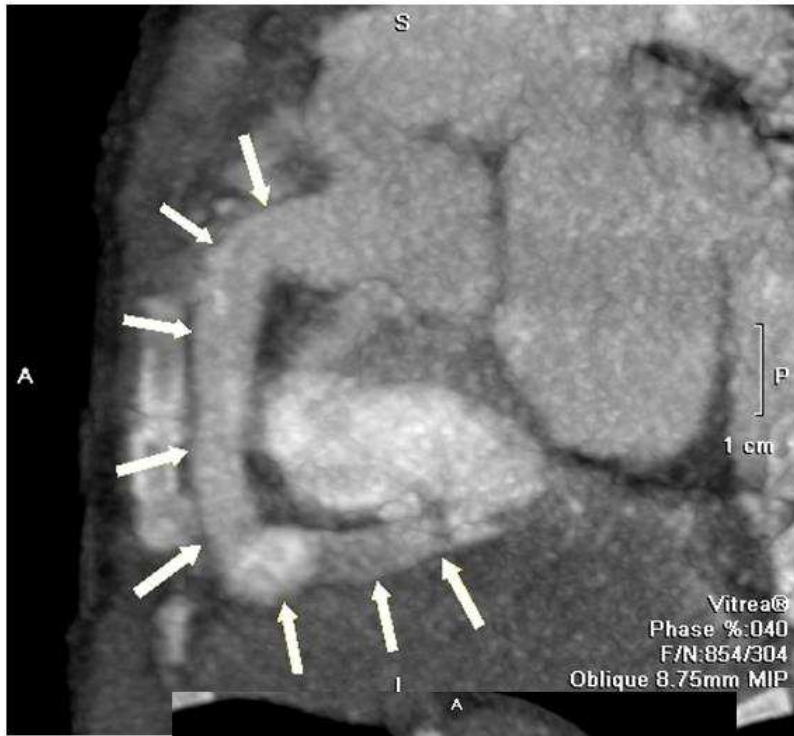


CG-OD

CG-VD

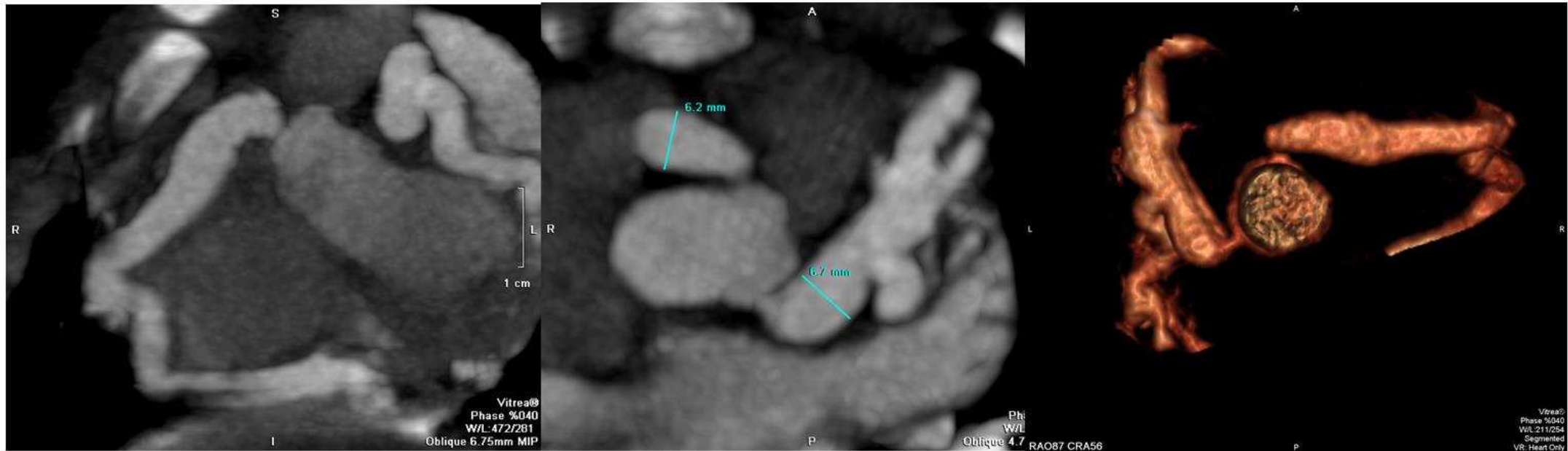




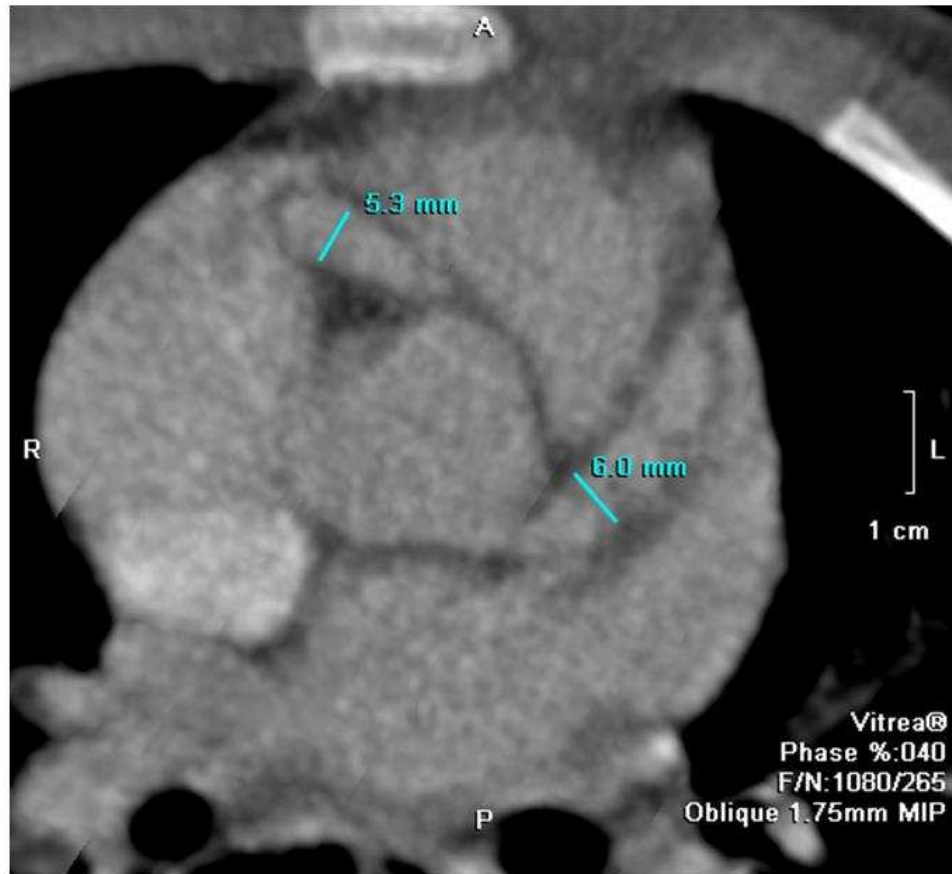


CD-VD

# Maladie de Kawasaki (phase aigüe)



## 5 ans plus tard



Risques de thrombose si anévrisme  
Risques de sténose

Antiagrégants Plaquettaires d'office

Anticoagulation si diamètre > 9 mm

# En Résumé

## Indications du CT coronaire

### Pathologies Ischémiques

D+ atypiques avec EE / Scinti non contributives (NC)  
FRCV sans D+ avec EE / Scinti NC

Pontages si D+ et EE NC

Décompensation cardiaque inexplicée chez nourrisson

### Pathologies Non Ischémiques

Troubles du RC  
(C. Tueuse)

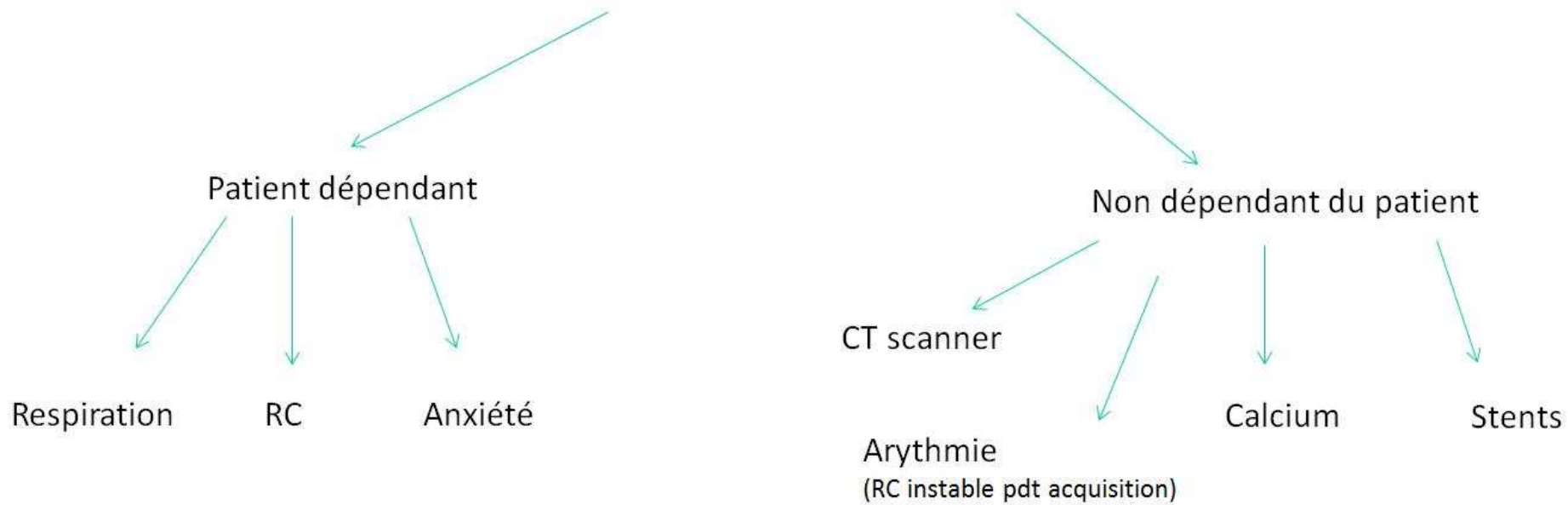
C. Congénitales  
(TGV, Fallot, Fistules..)

Bilan des  
Masses

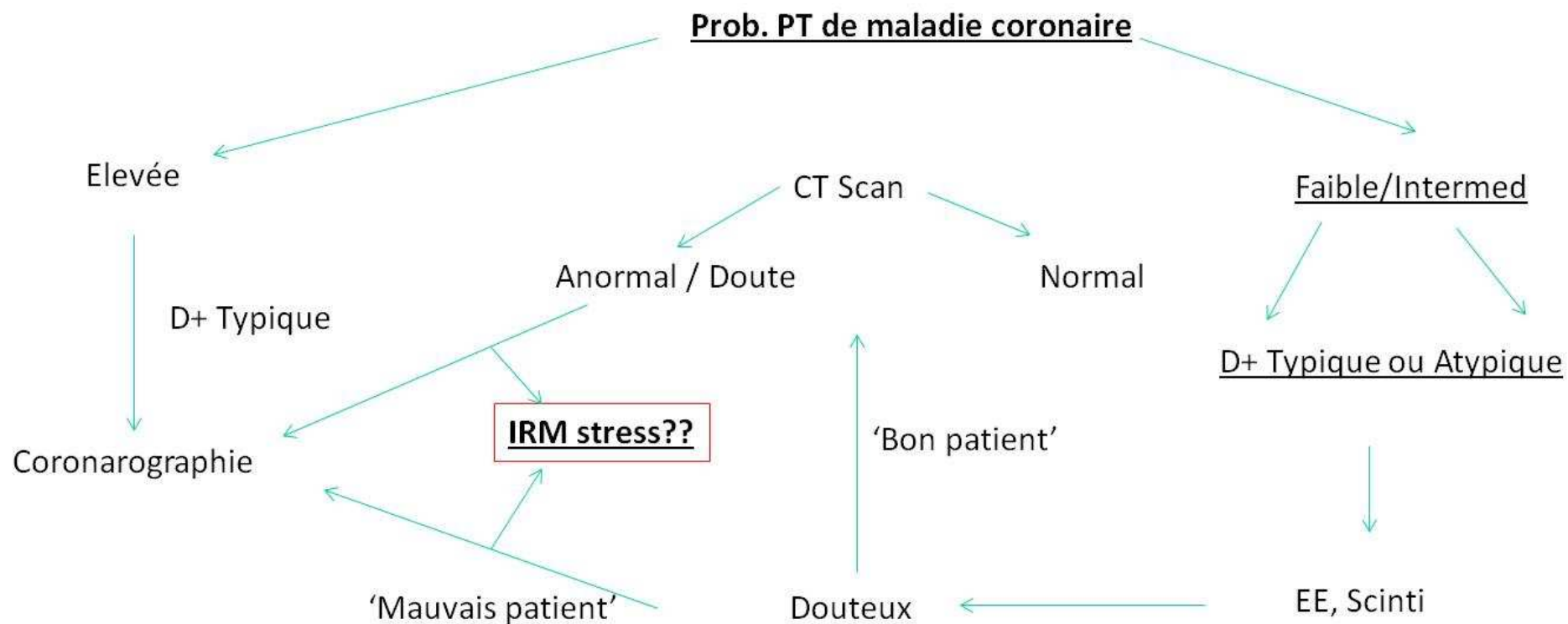
Suivi vascularites  
(Kawasaki)



## Les limites du CT coronaire



# Place du CT dans l'arsenal diagnostique d'une maladie coronaire



## Quelques Références

- *Radiation dose to patients from cardiac diagnostic imaging*  
*Circulation. 2007 Sep 11;116(11):1290-305*
- *Cardiac CT: Indications and Limitations*  
*J. Nucl. Med. Technol. March 2008 36:18-24*
- *ESC Guidelines on the Management of Stable Coronary Artery Disease*  
*Eur Heart J. 2013;34(38):2949-3003*

