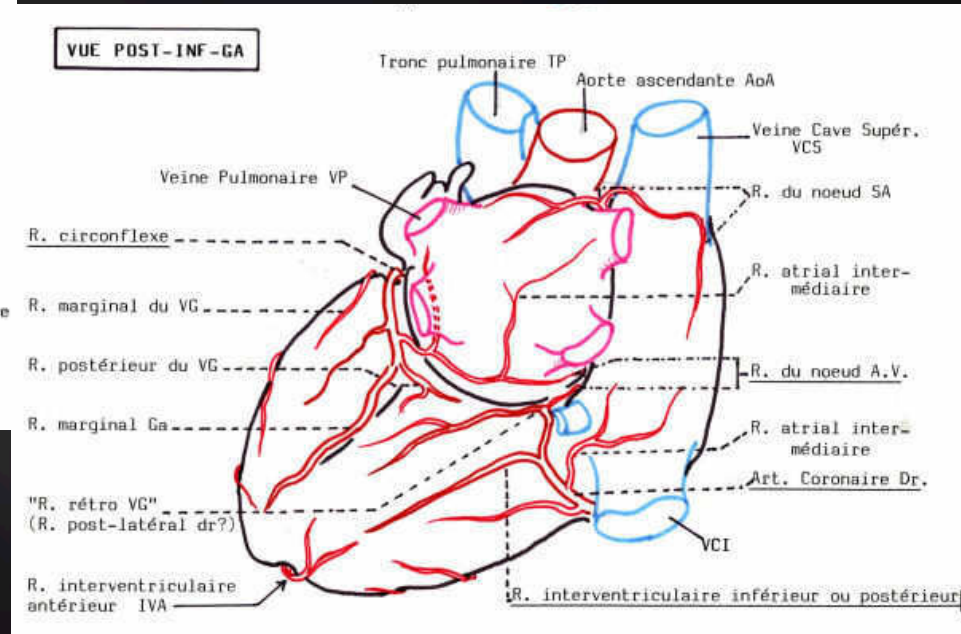
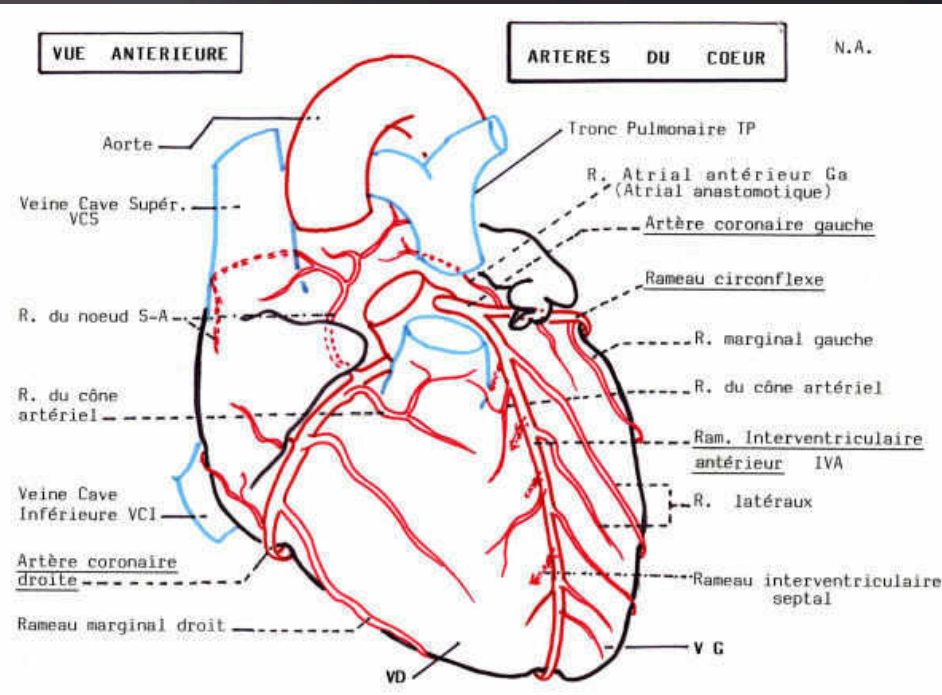


# Scintigraphie myocardique IRM cardiaque

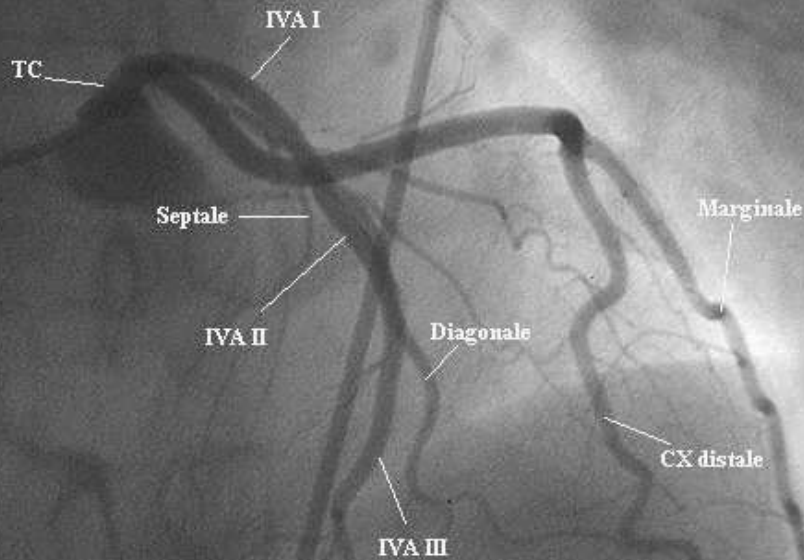
Nicolas DIDOT  
Médecine Nucléaire

# Circulation coronaire

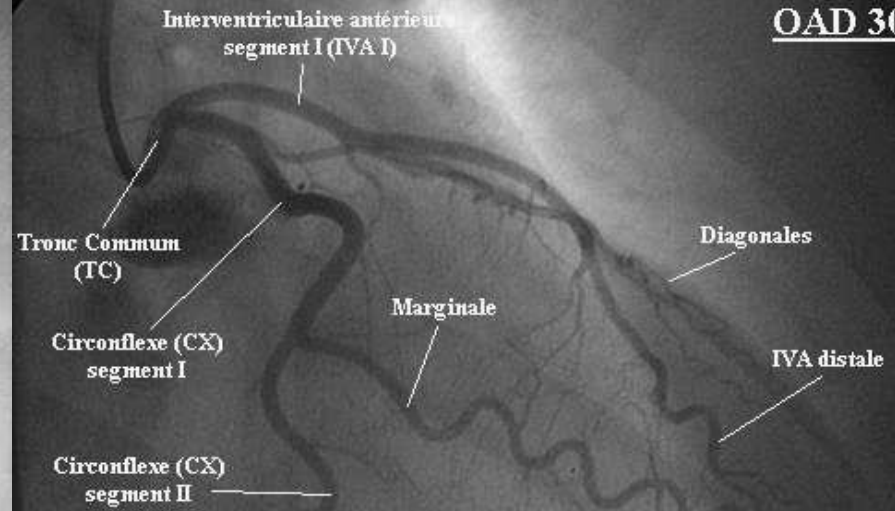


# Artère coronaire gauche

OAG CRANIAL



OAD 30°



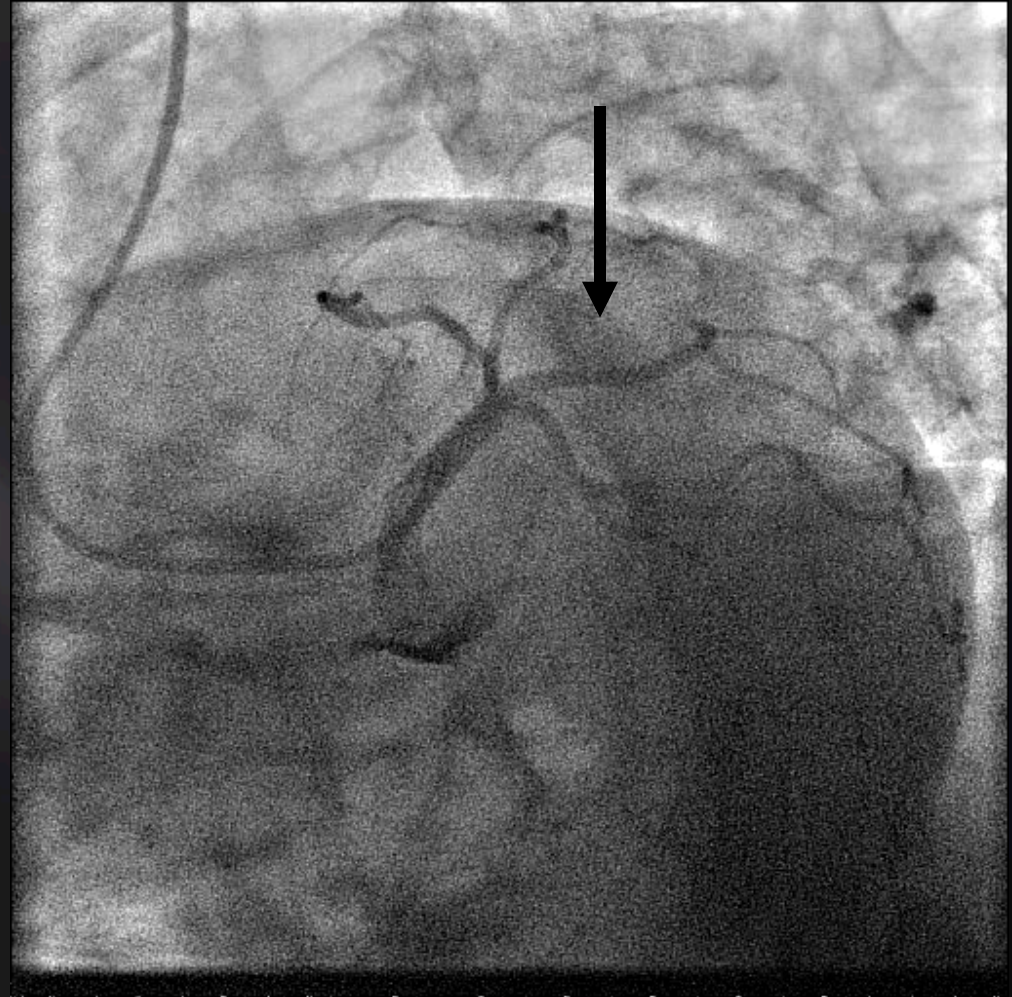
**IVA:** chemine dans le sillon interventriculaire antérieur jusqu' à la pointe, elle donne deux types de collatérales: septales et diagonales

**CX:** elle chemine dans le sillon AV gauche . Elle donne des branches marginales (pour le bord gauche) et des branches rétroventriculaires

# Artère coronaire gauche

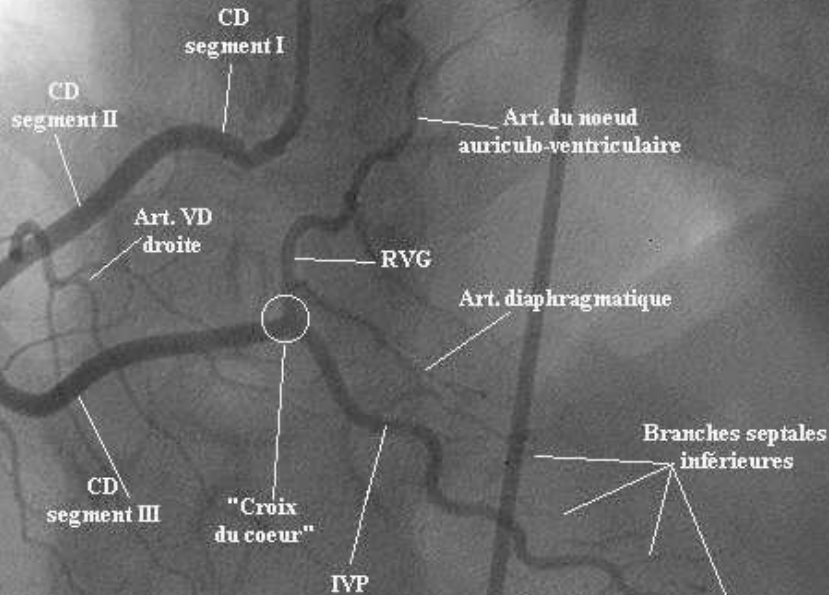
Cas particulier:  
**Bissectrice**

il s'agit de M1 ou D1 qui  
naît dans l'angle IVA/Cx

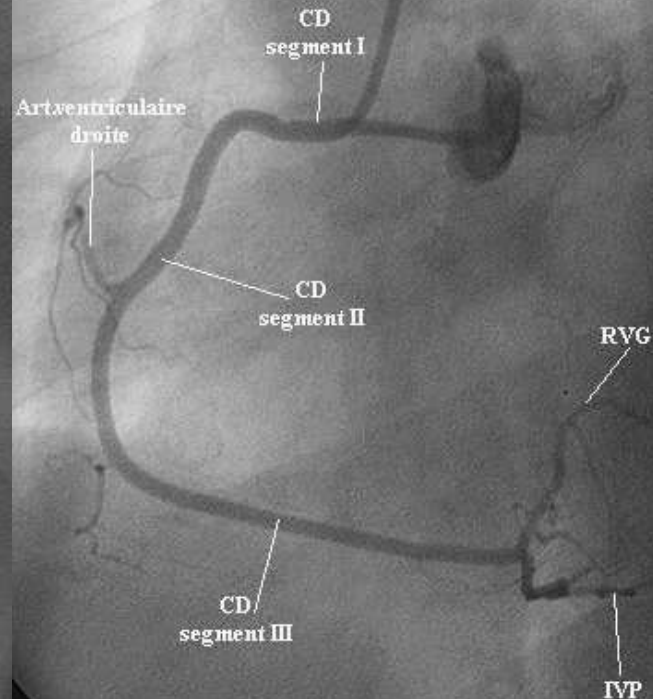


# Artère coronaire droite

FACE CRANIAL 20°

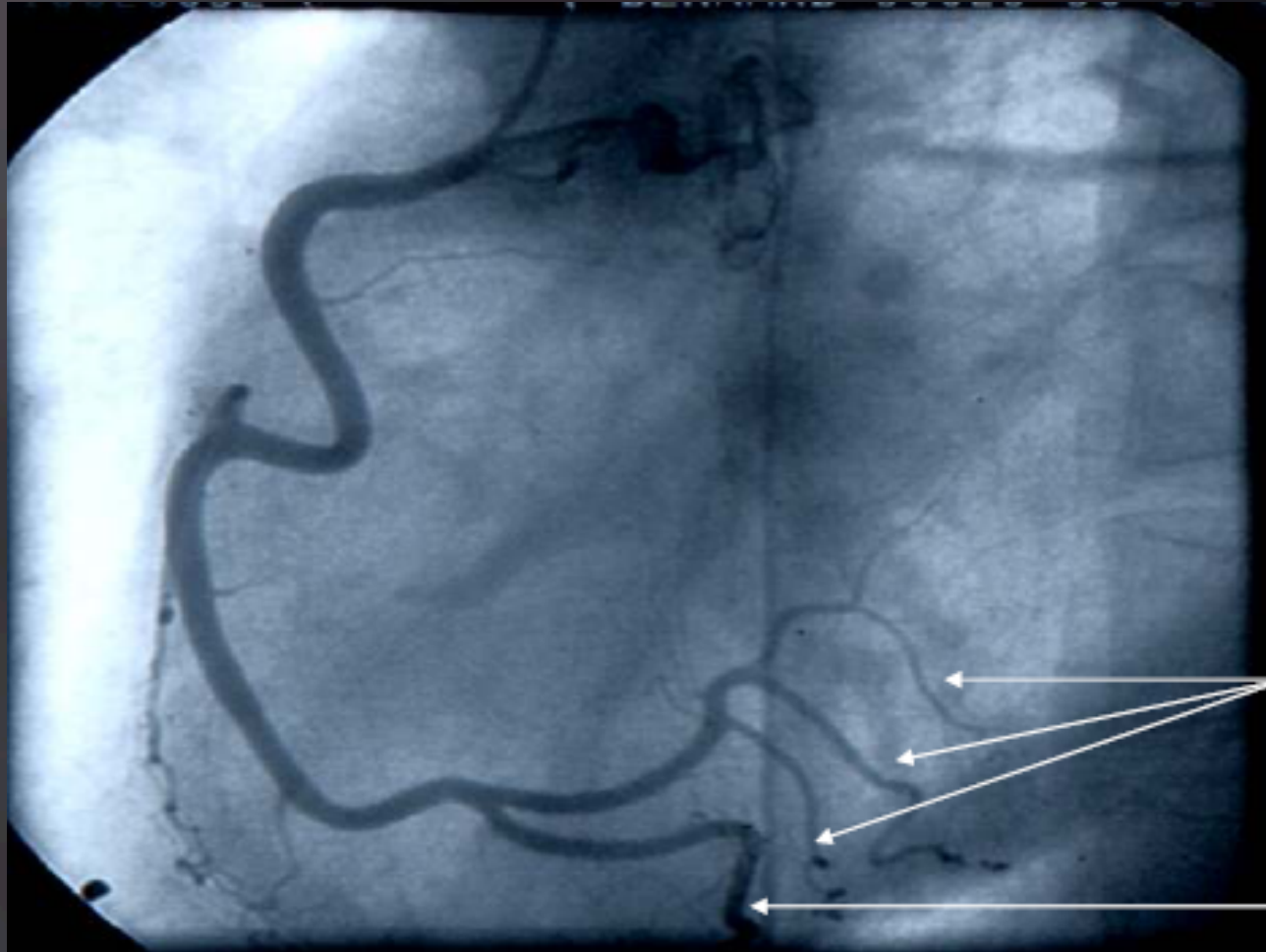


OAG 45°



Elle chemine dans le sillon AV droit de l'ostium à la face postérieure du VG (croix des anatomistes), elle comporte 3 segments. Elle donne deux branches terminales: l'IVP et la **Rétroventriculaire**

# CD dominante (80% des cas)

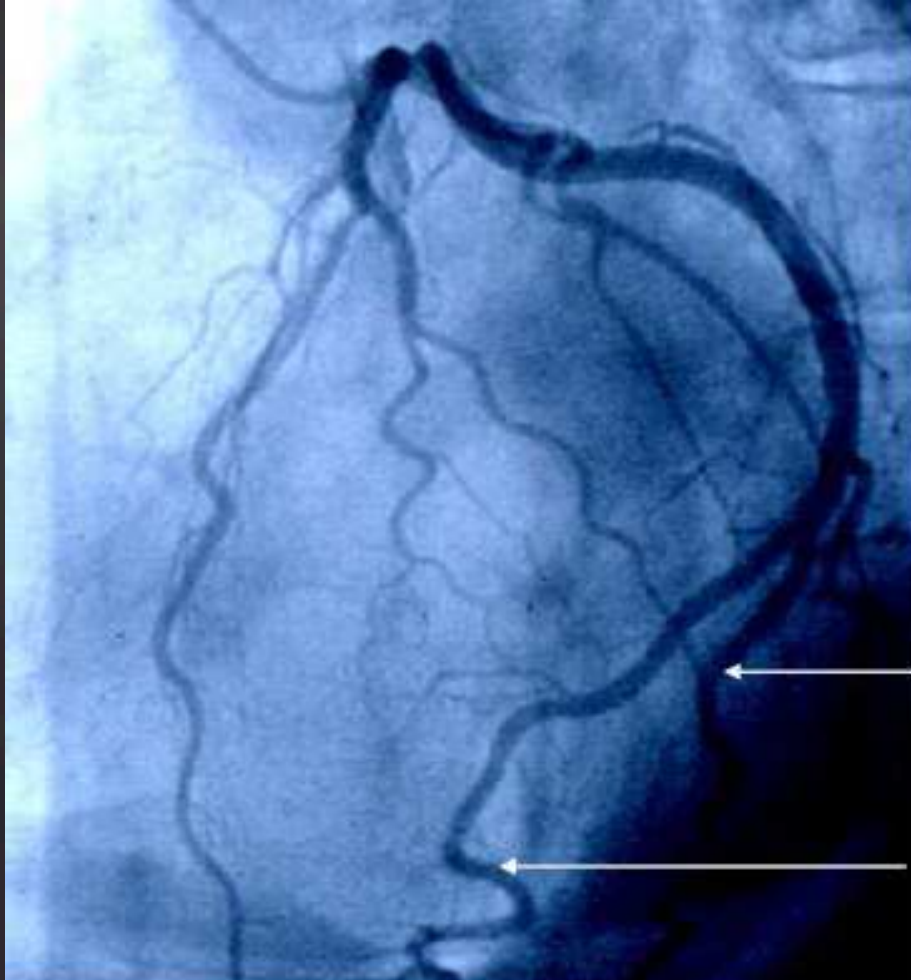


artères  
diaphragmatiques

IVP

Vascularisation de la paroi inférieure et du septum inférieur

# IVA dominante (10% des cas)

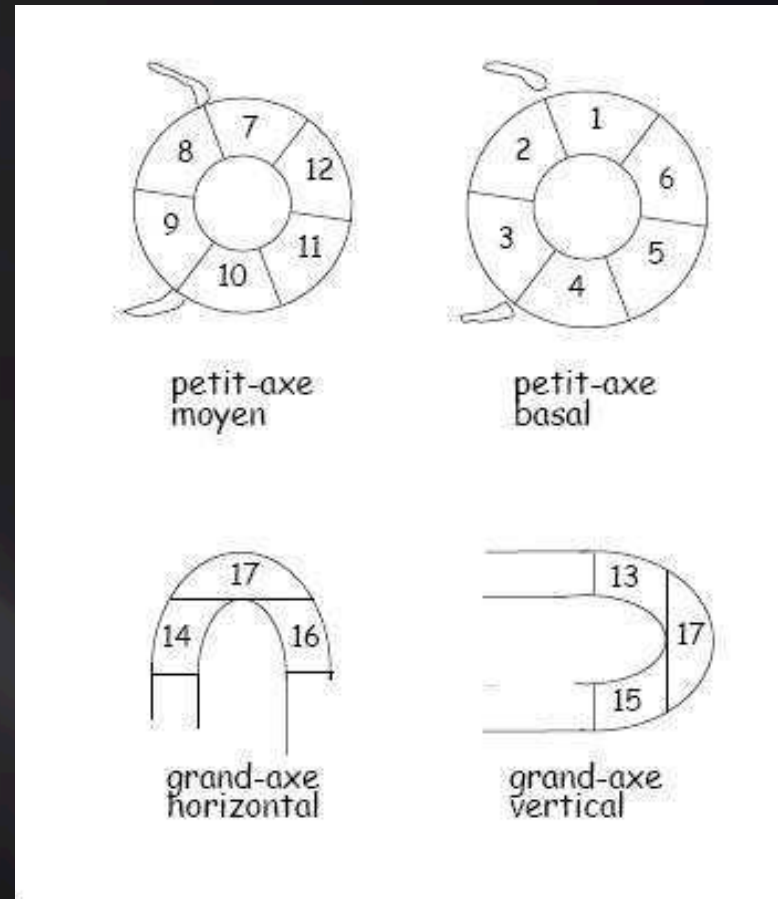
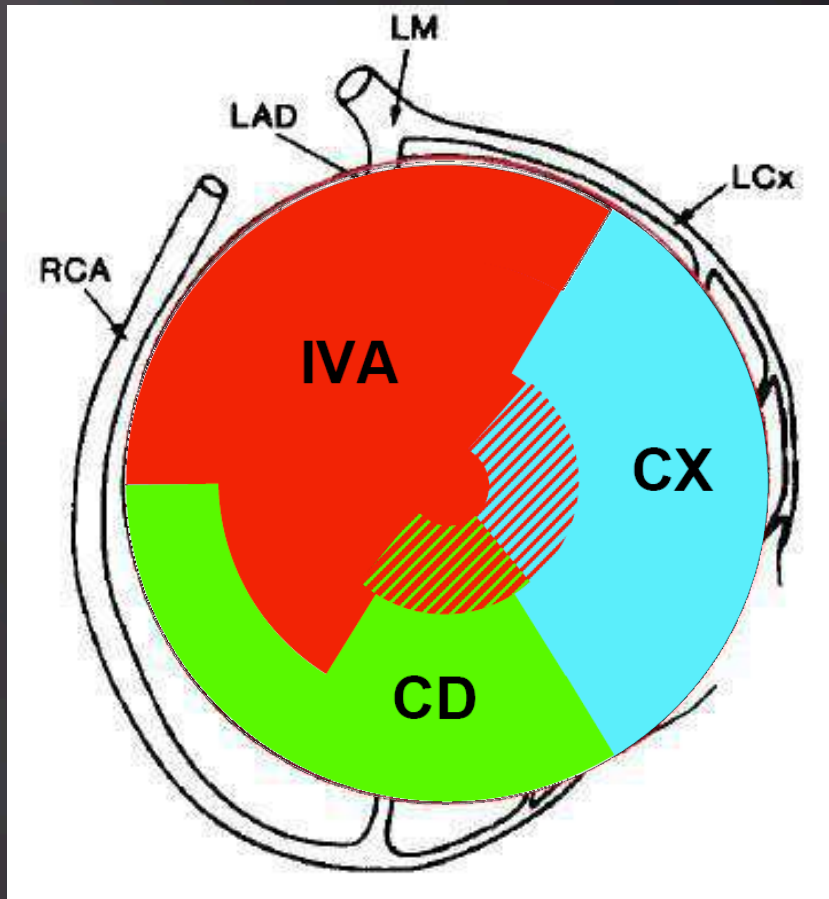


artères  
diaphragmatiques

IVP

Vascularisation de la paroi inférieure et du septum inférieur par la CX

# Segmentation du VG



Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association ; *Manuel D. Cerqueira et Al, Circulation 2002;105;539-542*

# Flux sanguin coronaire

Normal - repos

$$F = \frac{\Delta P}{R_d}$$



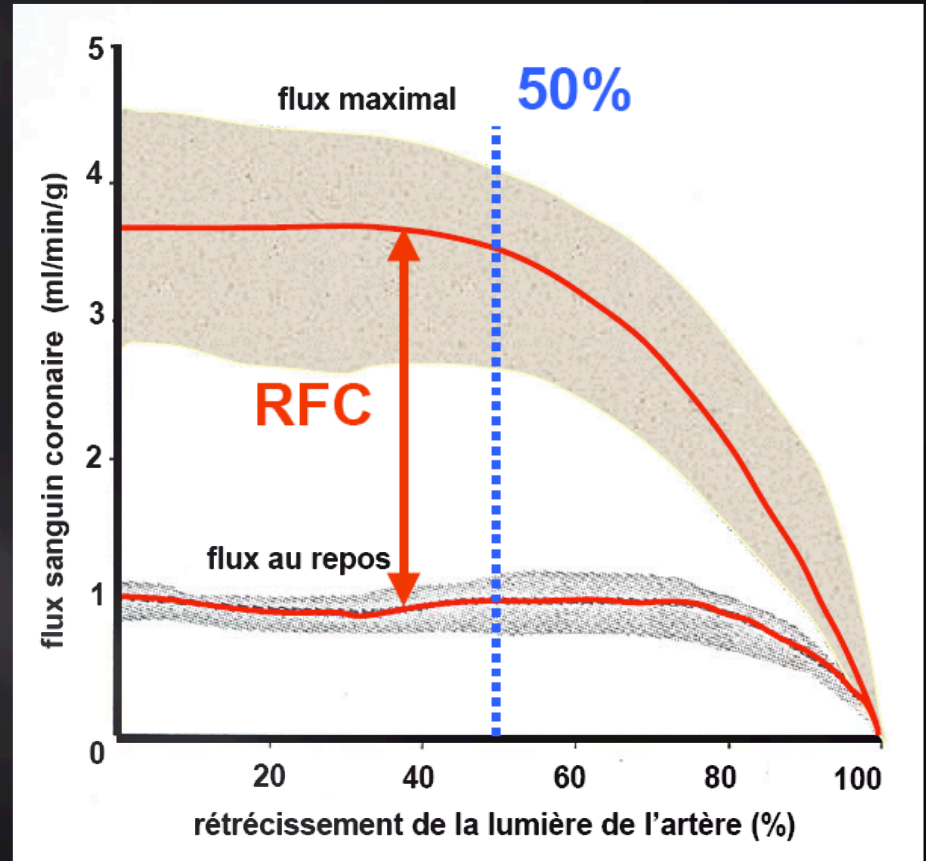
Normal - effort

$$F = \frac{\Delta P}{R_d \downarrow}$$



Sténose - repos

$$F = \frac{\Delta P}{R_s + R_d}$$



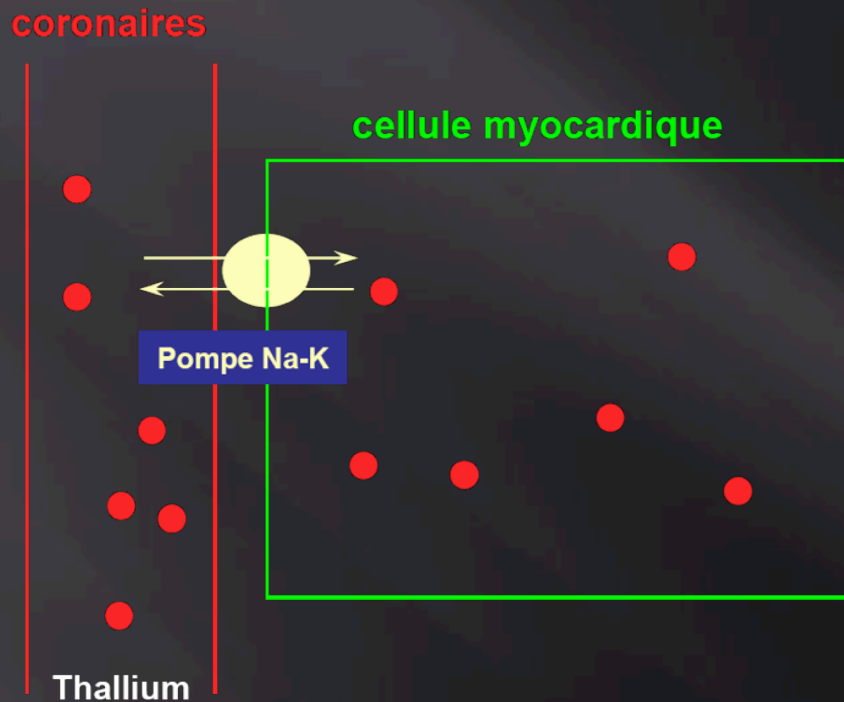
# Techniques de stress

- ▣ **Augmentation du flux sanguin coronaire :**
  - Majoration des besoins en  $O_2$ 
    - ▣ **Épreuve d'effort** : bicyclette ergométrique ou tapis roulant
    - ▣ **Dobutamine** : chronotrope +, inotrope + ( $\frac{1}{2}$  vie : 2 min)
  - Vasodilatation artériolaire directe
    - ▣ **Adénosine** : action direct sur les muscles lisses ( $\frac{1}{2}$  vie : < 10s)
    - ▣ **Dipyridamole** : augmente la concentration d' adénosine dans le secteur interstitiel ( $\frac{1}{2}$  vie : 6 heures)
- ▣ **En pratique :**
  - Épreuve d'effort ou Dipyridamole si risque de test sous maximal ou si contre-indication
  - Test de provocation mixte possible : effort + dipyridamole

# Radiotraceurs

Fixation =  
débit coronaire + viabilité

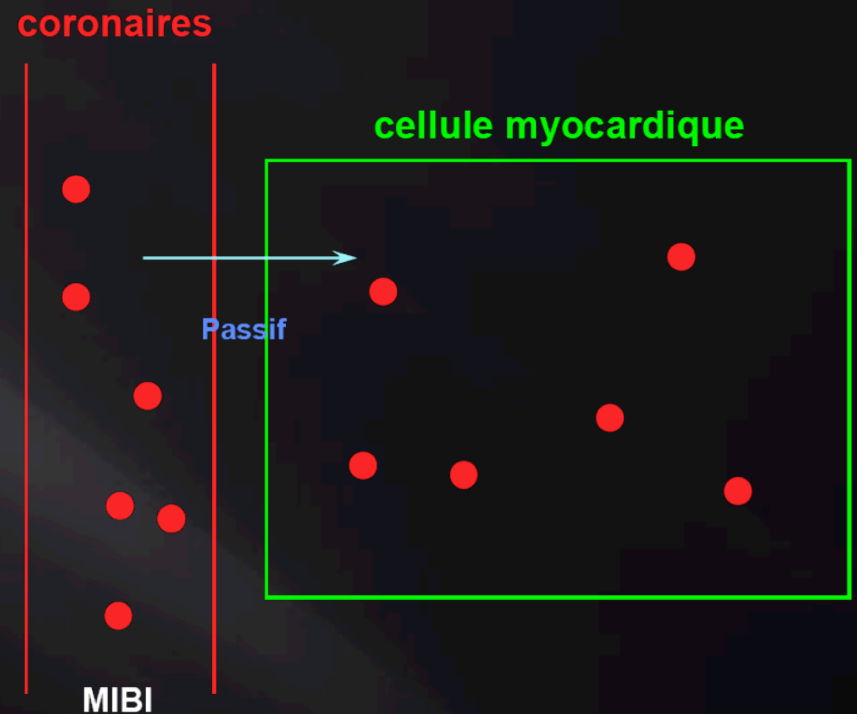
Thallium 201  
*redistribution*



Thallium

Fixation stable du traceur pendant  
15 à 30 min

$^{99m}\text{Tc}$ -MIBI  
*absence de redistribution*



MIBI

Fixation stable du traceur pendant au  
moins 2 heures

# Radiotraceurs

## Thallium 201

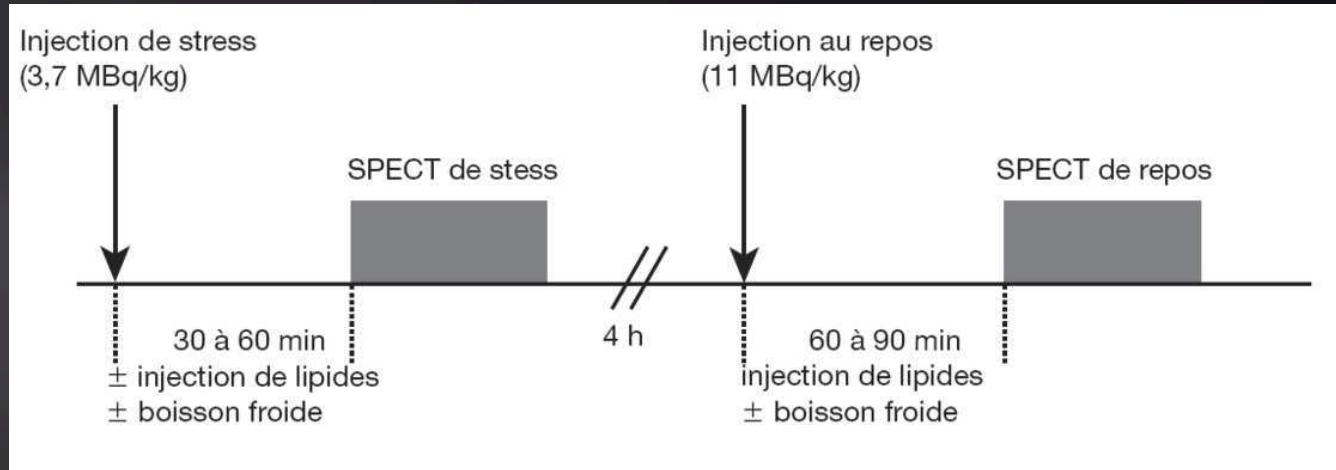
- ▣ Meilleure corrélation avec le flux coronaire
- ▣ Redistribution : les images doivent être enregistrées très rapidement après le stress
- ▣ Qualité d' image moyenne (caméras conventionnelles)
- ▣ Irradiation : 25 à 35 mSv

## <sup>99m</sup>Tc-MIBI

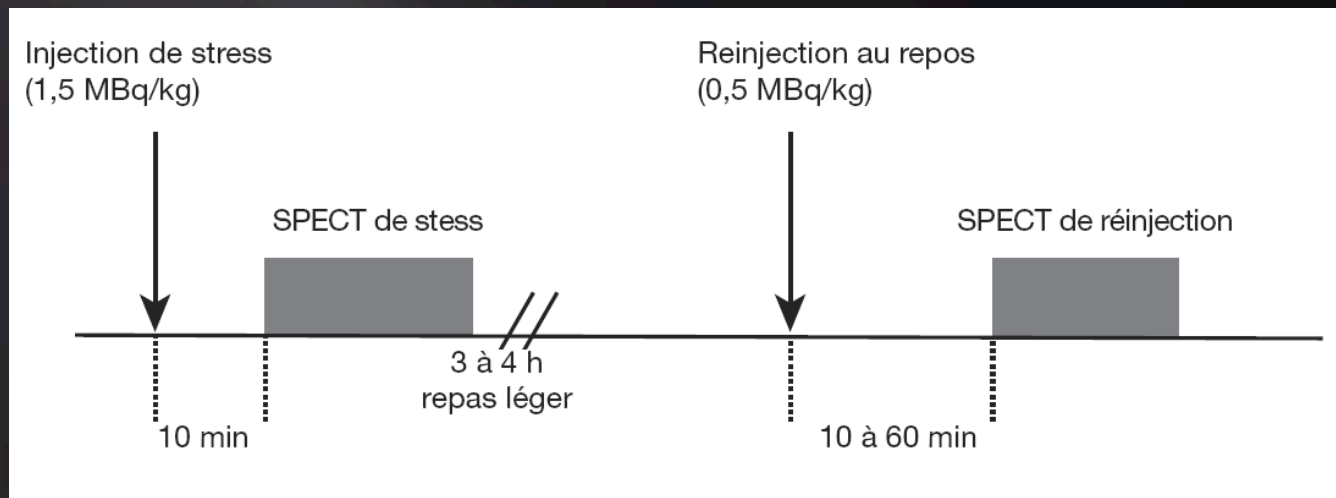
- ▣ Meilleure qualité d' image, surtout pour les patients en surpoids (moins de diffusé)
- ▣ Pas de redistribution (possibilité de réaliser plusieurs acquisitions)
- ▣ Meilleure statistique de comptage : analyse de la contractilité optimisée
- ▣ Irradiation moindre : 10 à 12 mSv

# Protocoles habituels (Caméra Anger)

$^{99m}\text{Tc}$ -MIBI



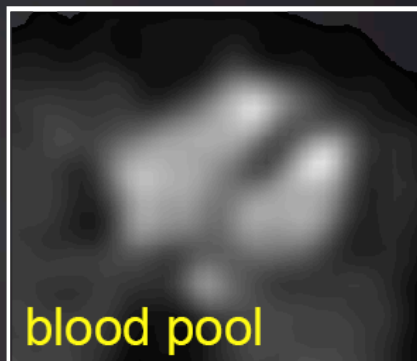
Thallium 201



Recommandations pour la réalisation et l'interprétation de la tomoscintigraphie de perfusion myocardique ; Manrique A, Marie PY, Arch Mal Coeur Vaiss 2003 ; 96(6):695-711

# Acquisition des images

## ECG gated SPECT imaging



SPECT

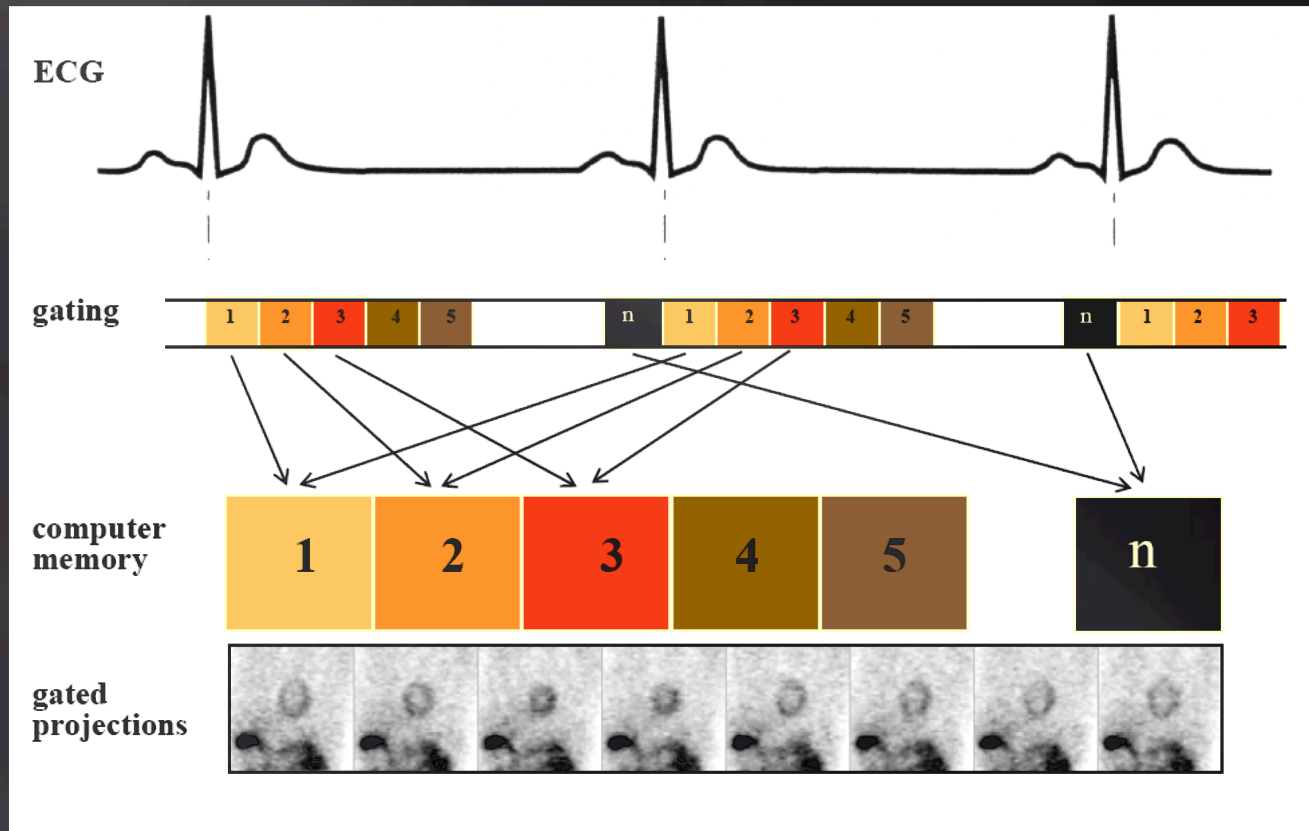


ECG gating



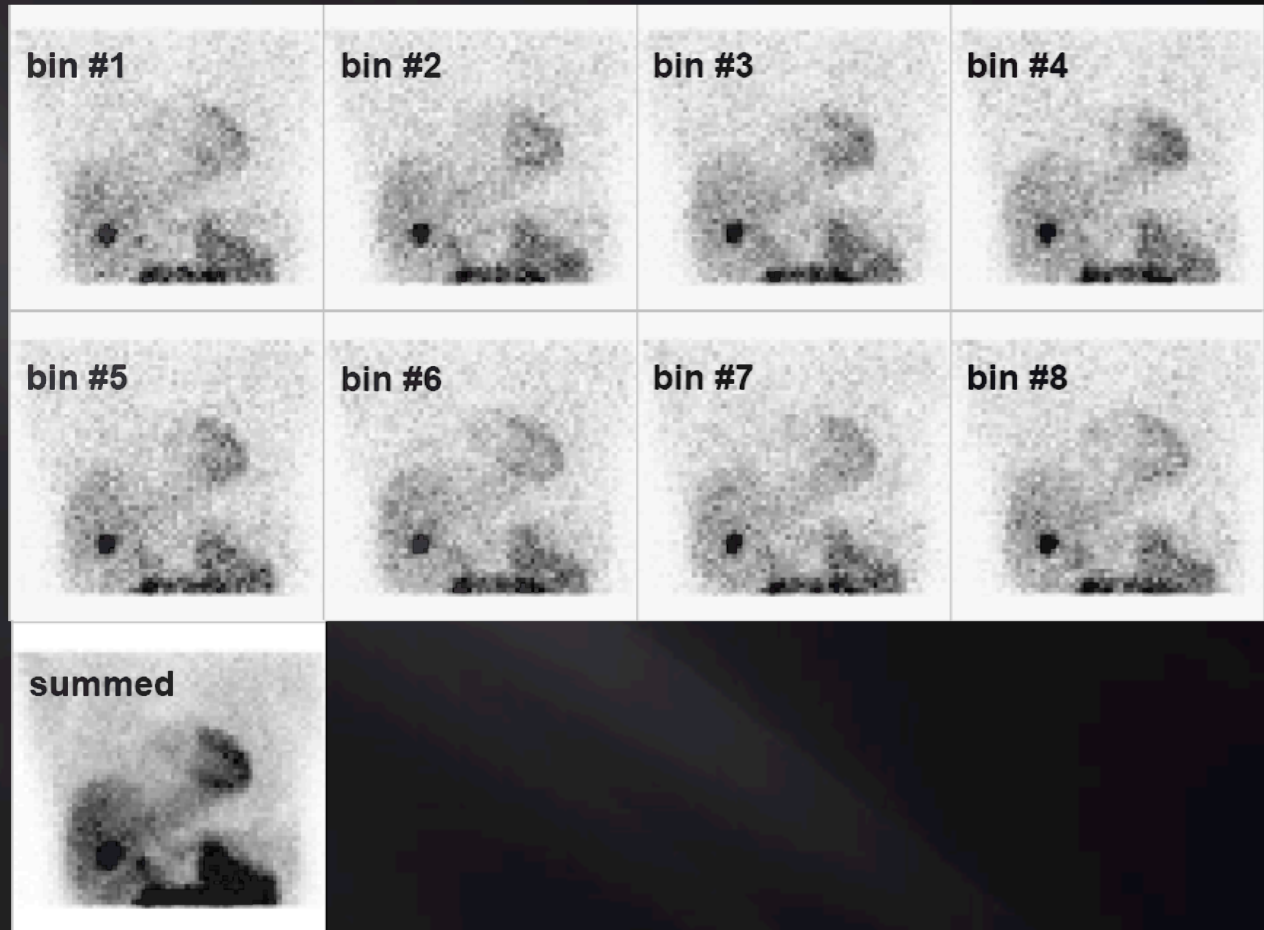
# Synchronisation à l'ECG

ECG triggering \_ frame mode acquisition



Division du cycle cardiaque en 8 ou 16 intervalles

# Synchronisation à l' ECG



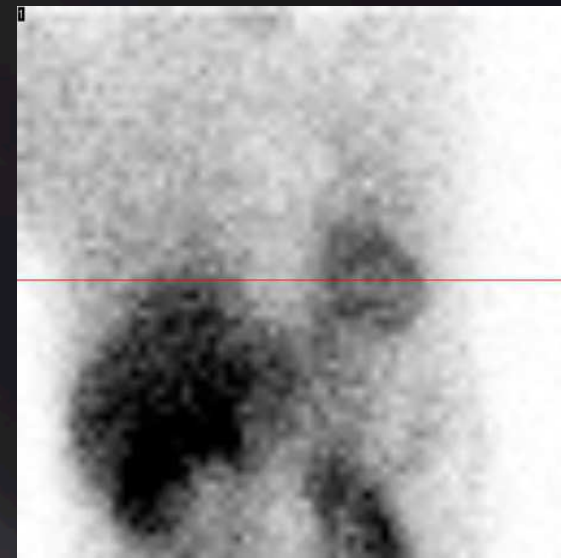
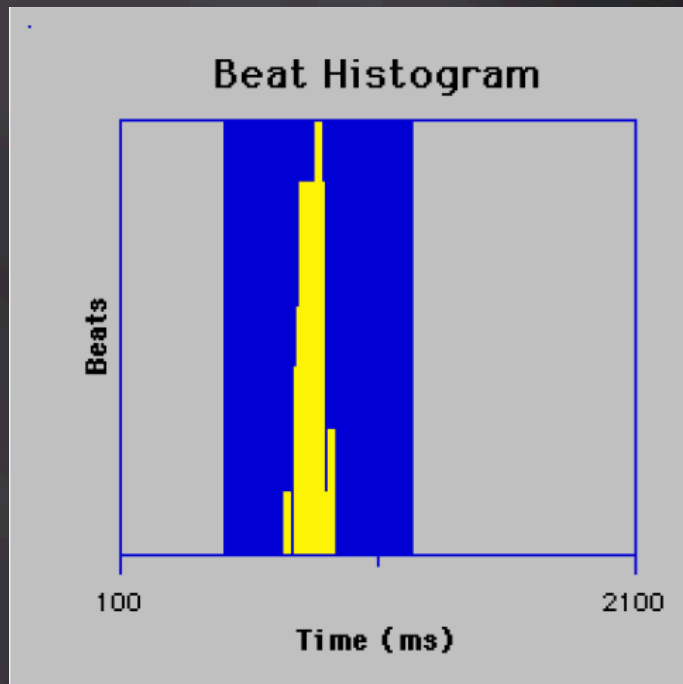
Gated  
projections  
(8 intervalles)

Summed  
projection

# Contrôle de qualité en Gated-SPECT

Artéfacts de gating (ESV, FA...)

Artéfacts de mouvement, atténuation, activité digestive

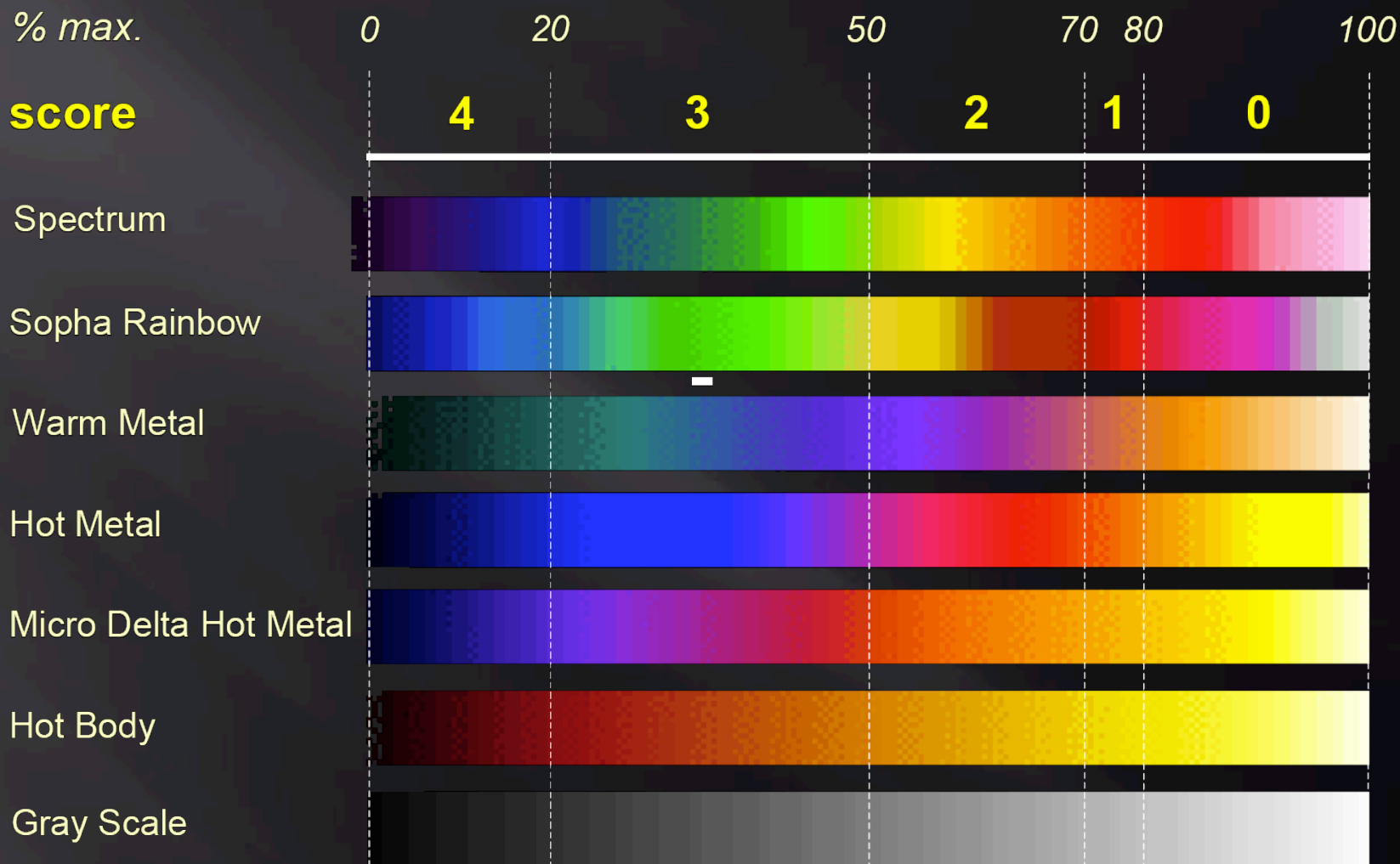


Sinogramme

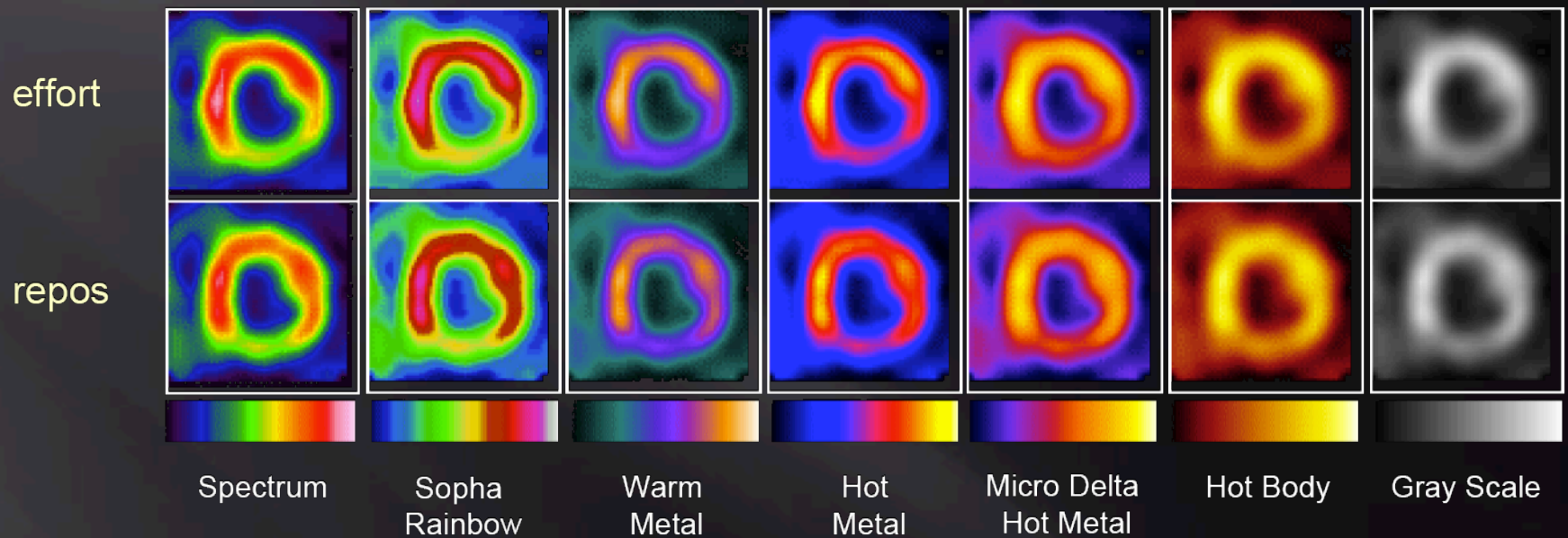


Linogramme

# Analyse semi-quantitative de la fixation du traceur



# Analyse semi-quantitative de la fixation du traceur



# Scintigraphie myocardique de stress

▣ **Indication** : détection de l'ischémie

▣ **Performances diagnostiques** :

■ Sensibilité : 91 %

The diagnostic and prognostic value of ECG-gated SPECT myocardial perfusion imaging ; *Go V, Bhatt MR, Hendel RCJ Nucl Med. 2004;45(5):912-21*

■ Spécificité : 90 %

■ Identiques entre épreuve d'effort et épreuve pharmacologique

Diagnostic accuracy of dipyridamole technetium 99m-labeled sestamibi myocardial tomography for detection of coronary artery disease ; *Miller DD, Younis LT, Chaitman BR, Stratmann HJ Nucl Cardiol 1997 ; 4(1 Pt 1):18-24*

■ Similaires pour les 3 traceurs (Thallium 201, MIBI et Tétrofosmine)

A comparison of three radionuclide myocardial perfusion tracers in clinical practice: the ROBUST study ; *Kapur A, Latus KA, Davies G, Dhawan RT, Eastick S, Jarritt PH, et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2002;29(12):1608-16*



# Analyse simultanée de la perfusion et de la contractilité myocardique

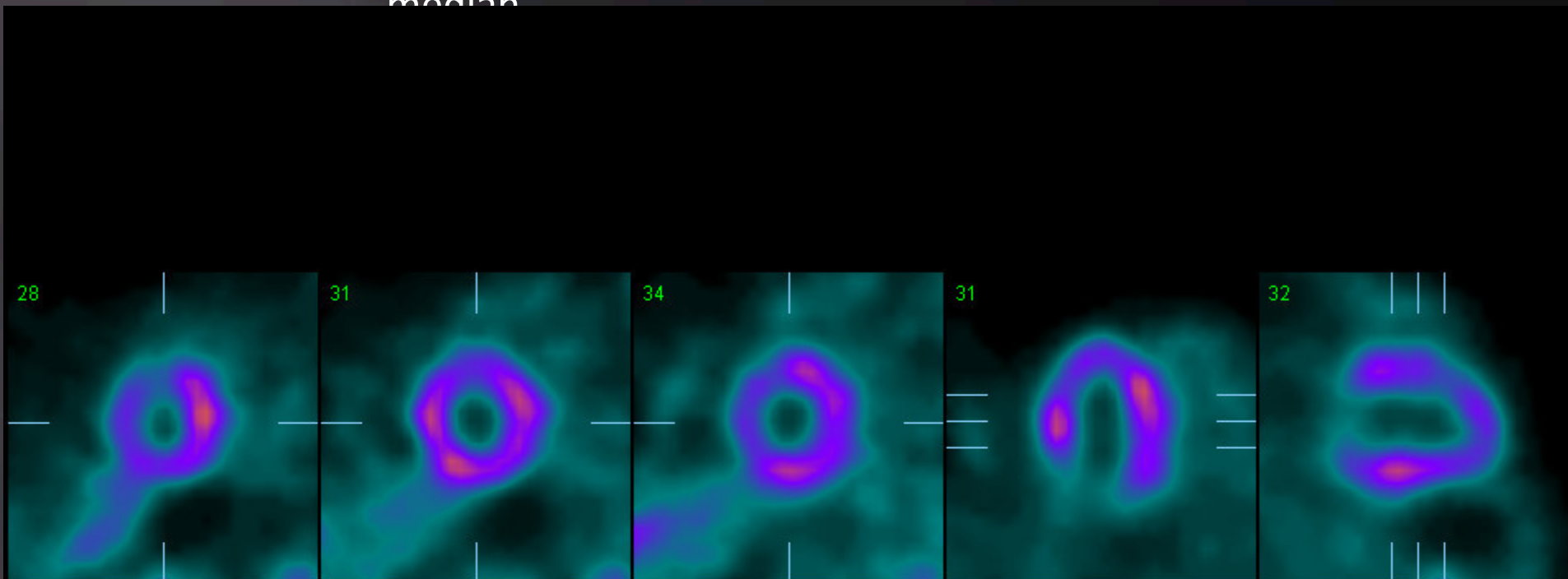
PA distal

PA  
médian

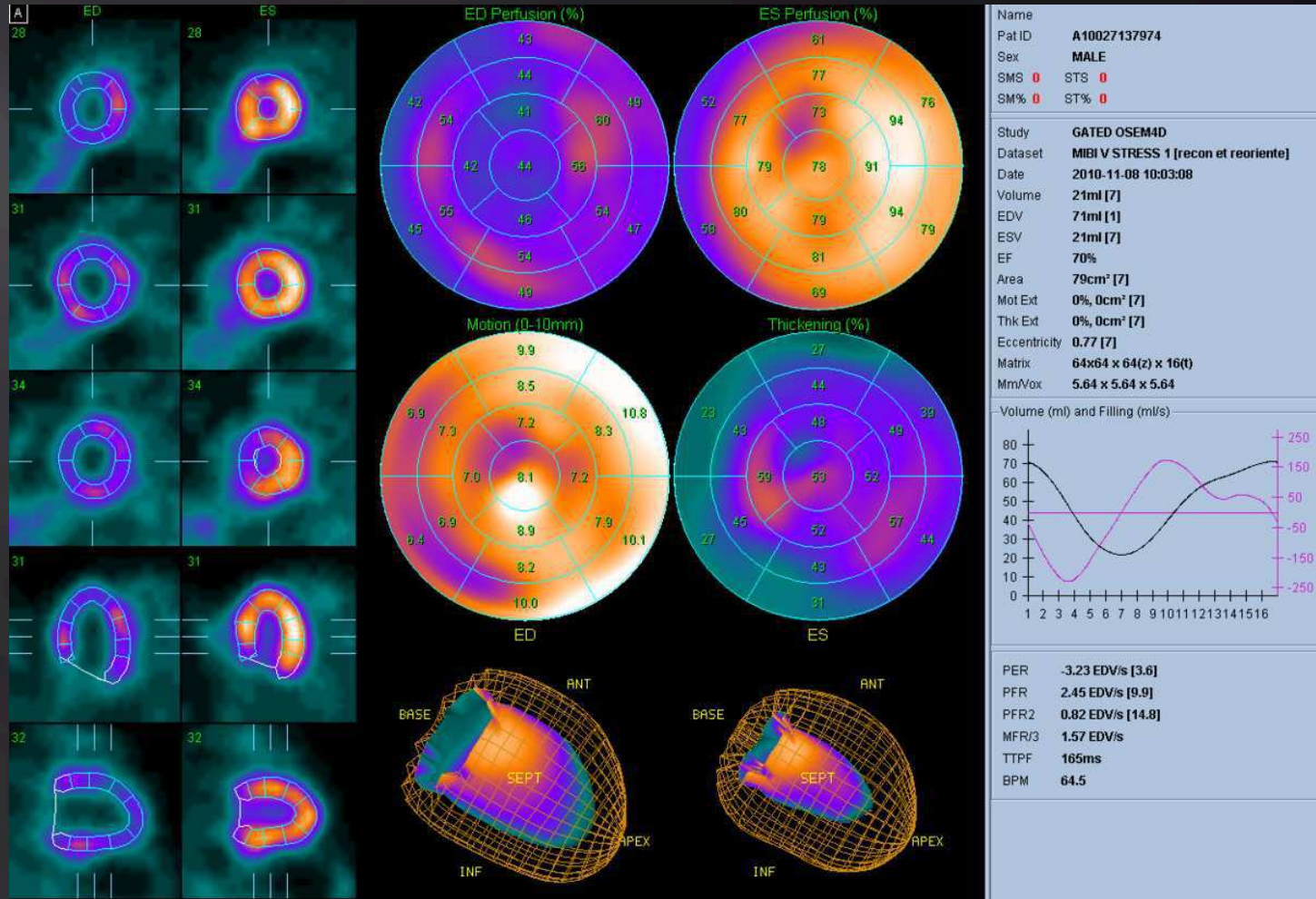
PA basal

GAH

GAV



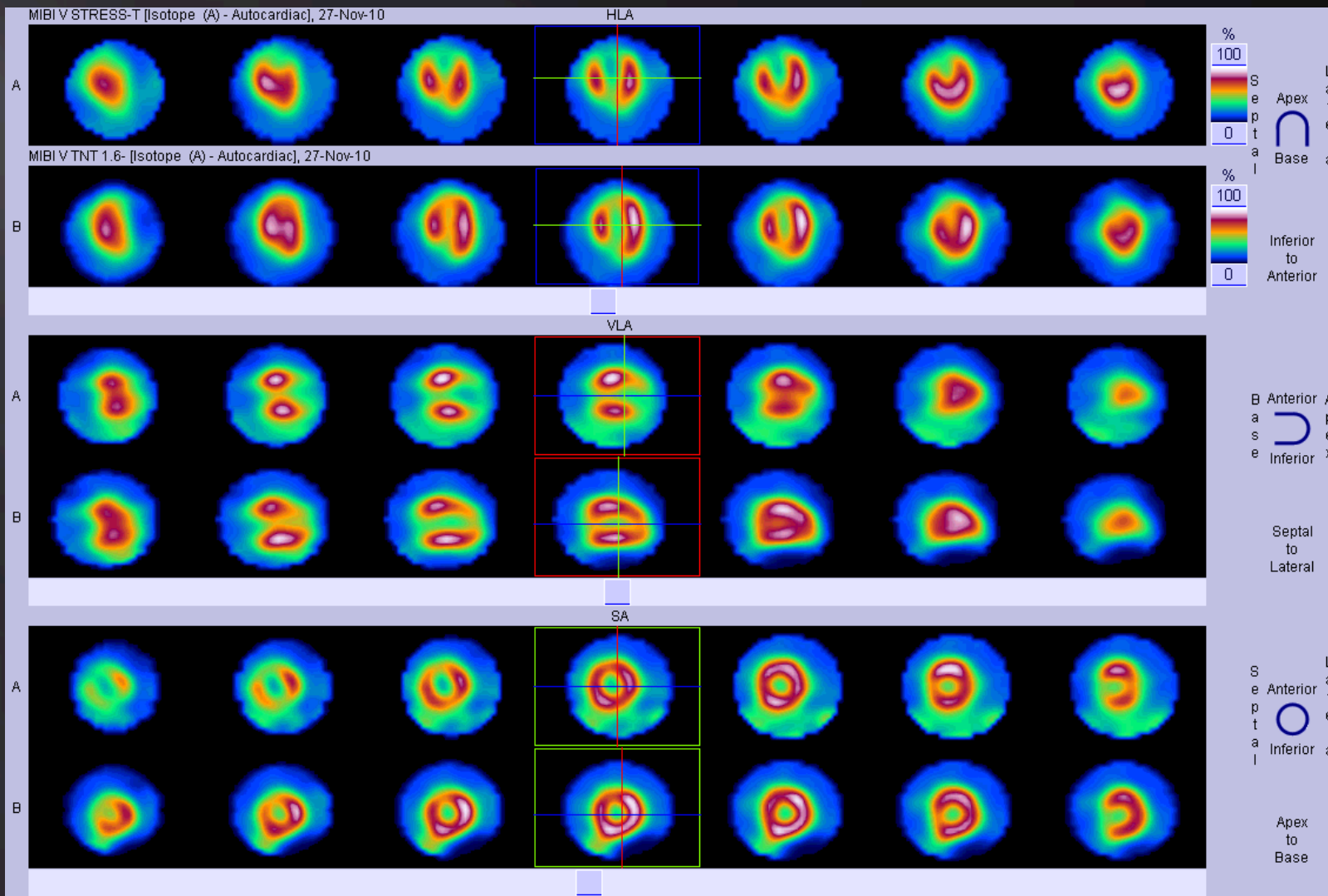
# Fonction ventriculaire gauche : QGS®



Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT ; *Germano G, J Nucl Med. 1995 Nov;36(11):2138-47*

# Mme A, 69 ans, test diagnostique, EE : 100W 102% FMT, négative cl. et elec.

GAH



GAV

PA

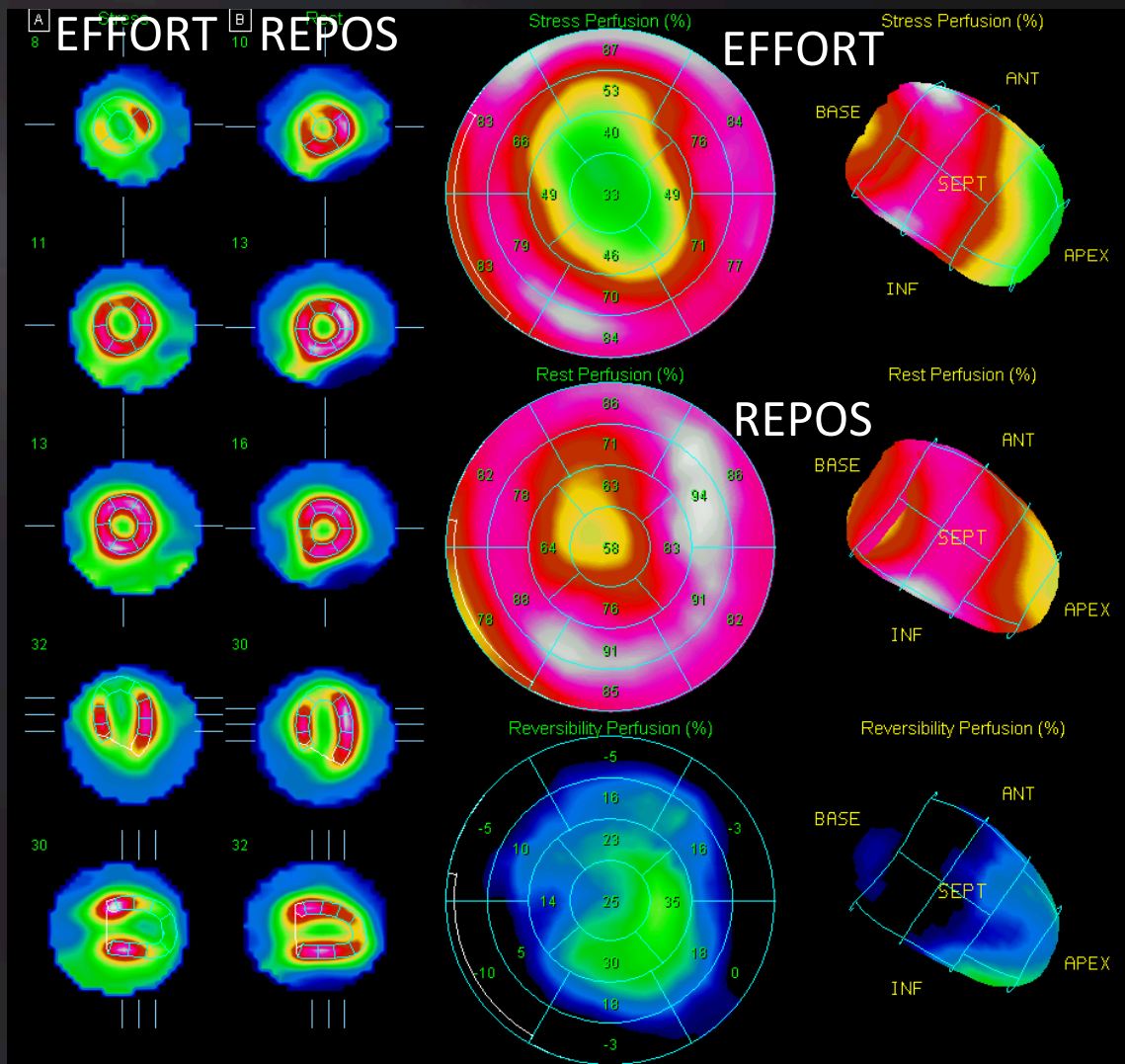
# Mme A, 69 ans, test diagnostique, EE : 100W 102% FMT, négative cl. et elec.

Déficit  
perfusionnel  
réversible

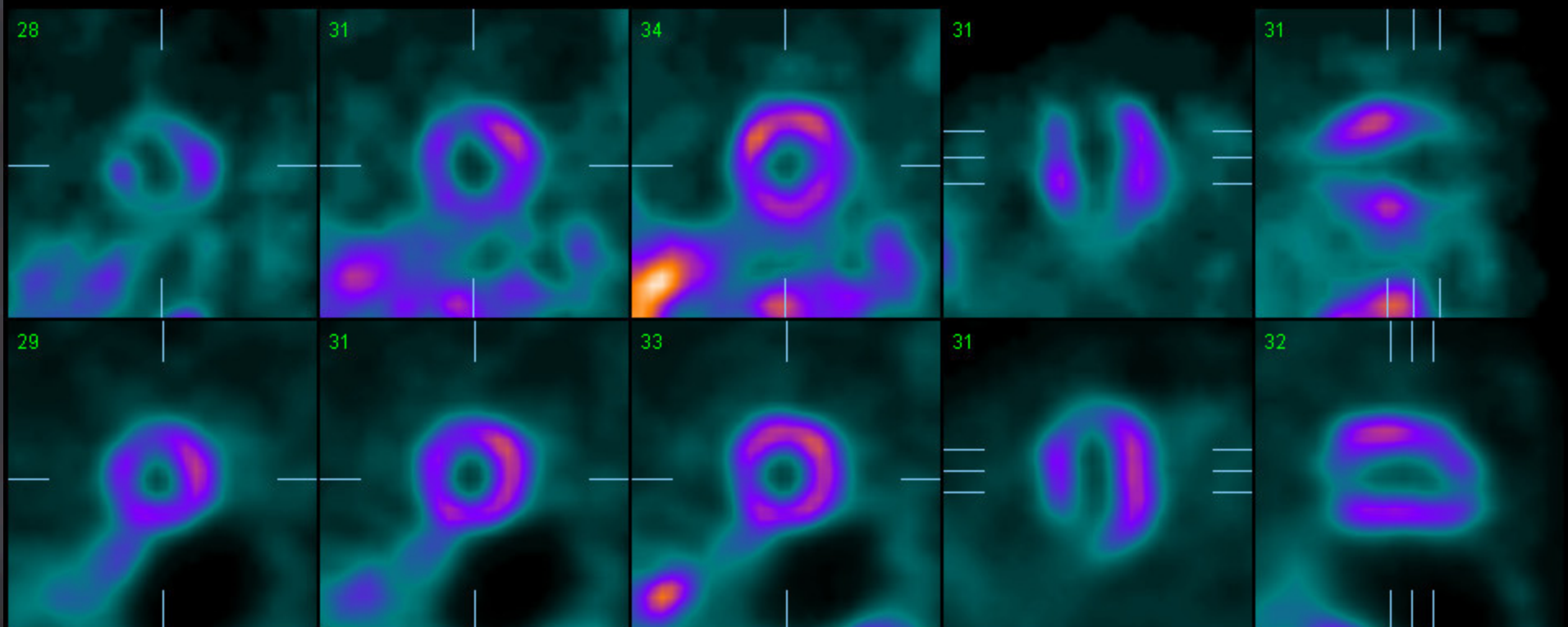
Ischémie  
antéro-  
septo-  
apicale

4 segments:  
7, 13, 15, 17

**IVA**



**Mme A, 69 ans, test diagnostique, EE :  
100W 102% FMT, négative cl. et elec.**





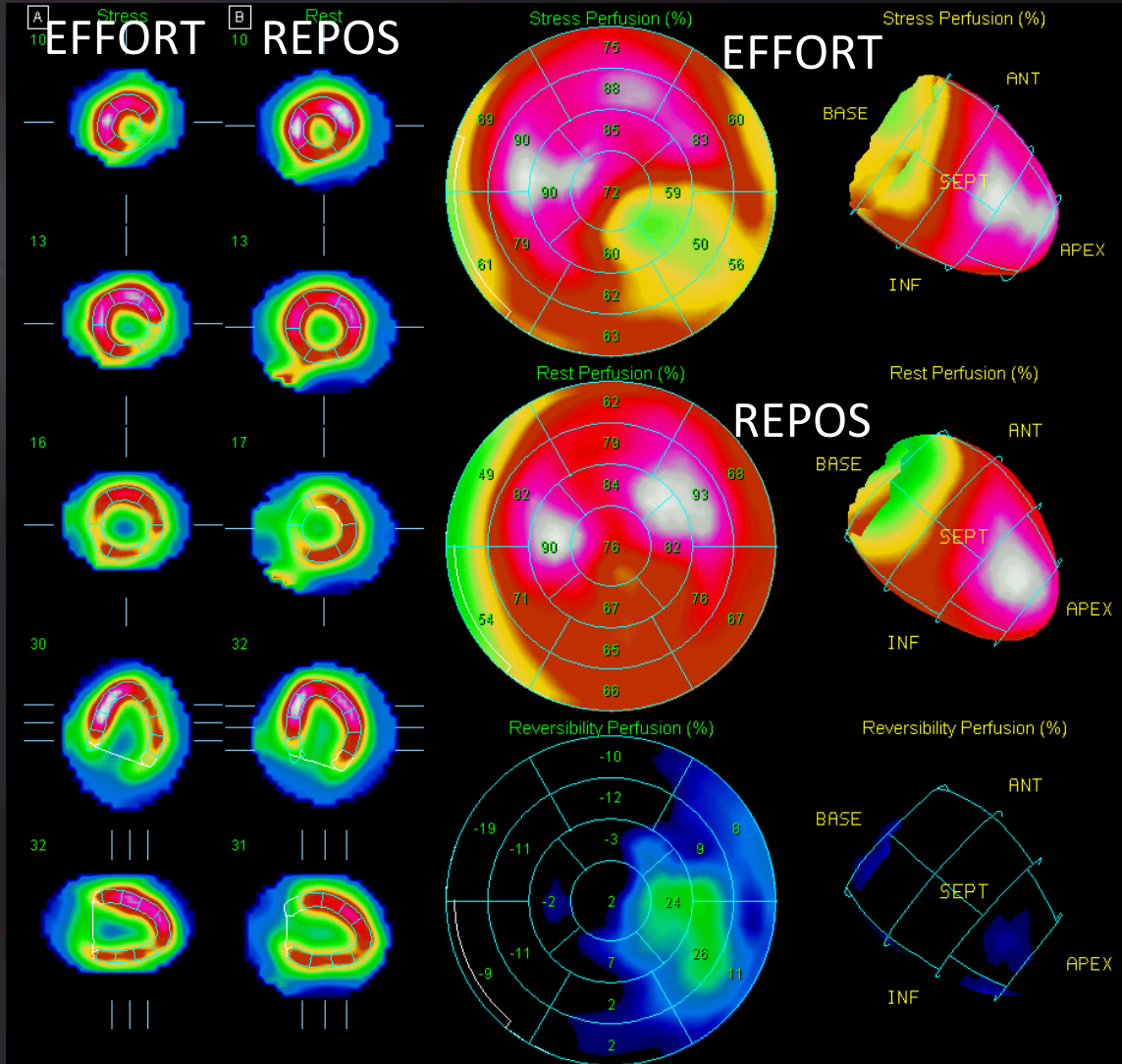
# M. D, 73 ans, angioplastie de l'IVA en 1994, angor. EE : 120W, 80% FMT (maquillée)

Déficit  
perfusionnel  
réversible

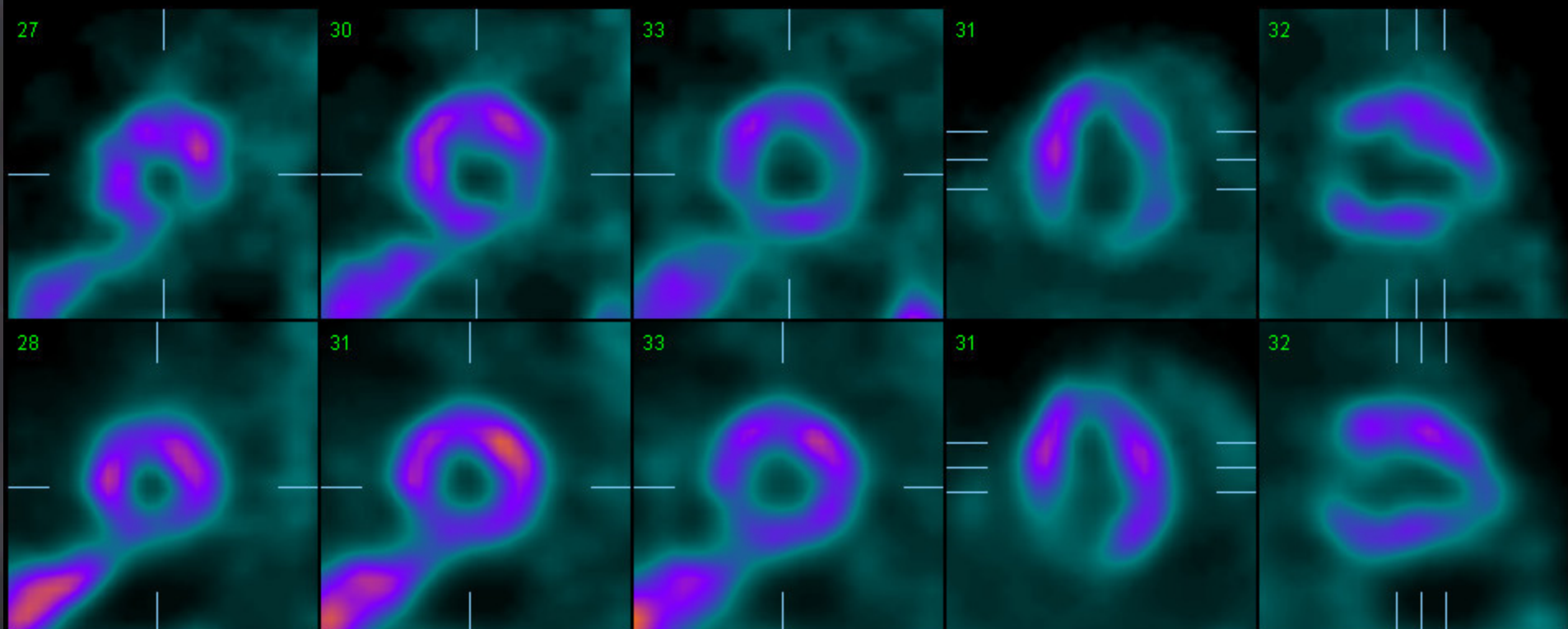
Ischémie  
inféro-  
latérale

3 segments:  
5, 11, 15 ou  
16

**CX**



**M. D, 73 ans, angioplastie de l'IVA en 1994,  
angor. EE : 120W, 80% FMT (maquillée)**

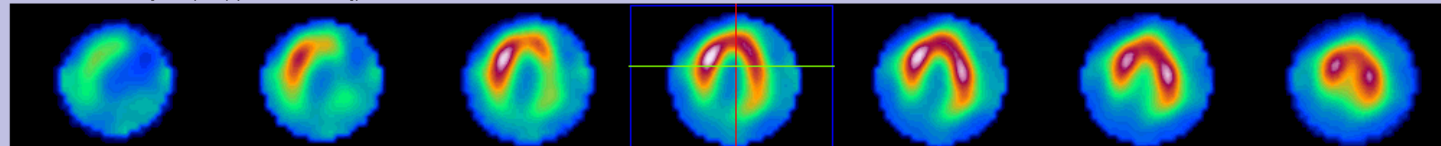


# M. C, 70 ans, antécédents d'infarctus et de pontage de l'IVA. EE : 130 W, 100 % FMT, négative cliniquement et suspecte électriquement

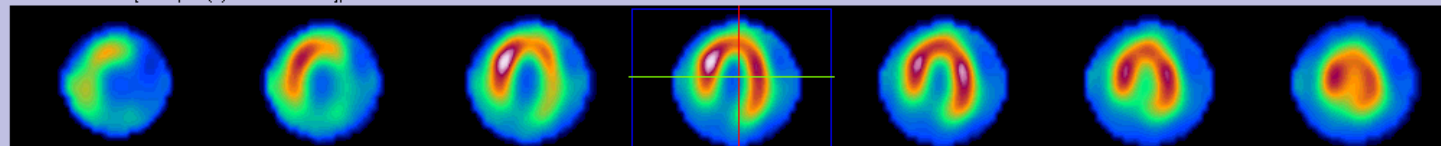
GAH

MIBI V STRESS 1 [Isotope (A) - Autocardiac], 27-Nov-10

HLA

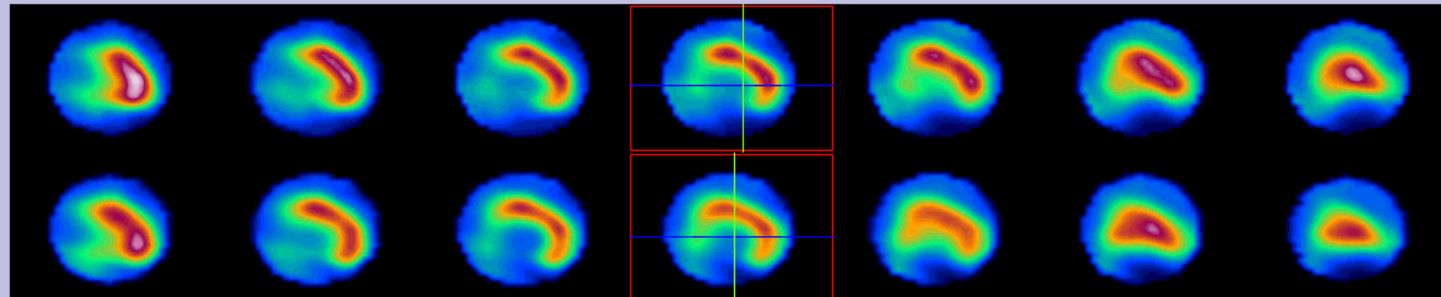


MIBI V TNT 1.6- [Isotope (A) - Autocardiac], 27-Nov-10



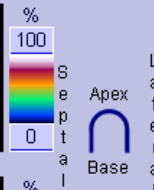
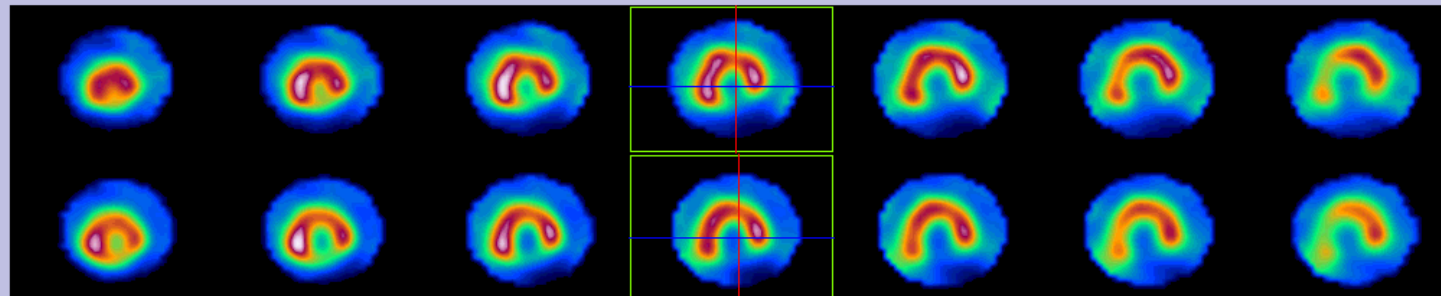
GAV

VLA



PA

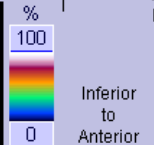
SA



Lateral

Apex

Base



Inferior to Anterior

Anterior to Inferior

Septal to Lateral

Septal to Lateral

Apex to Base

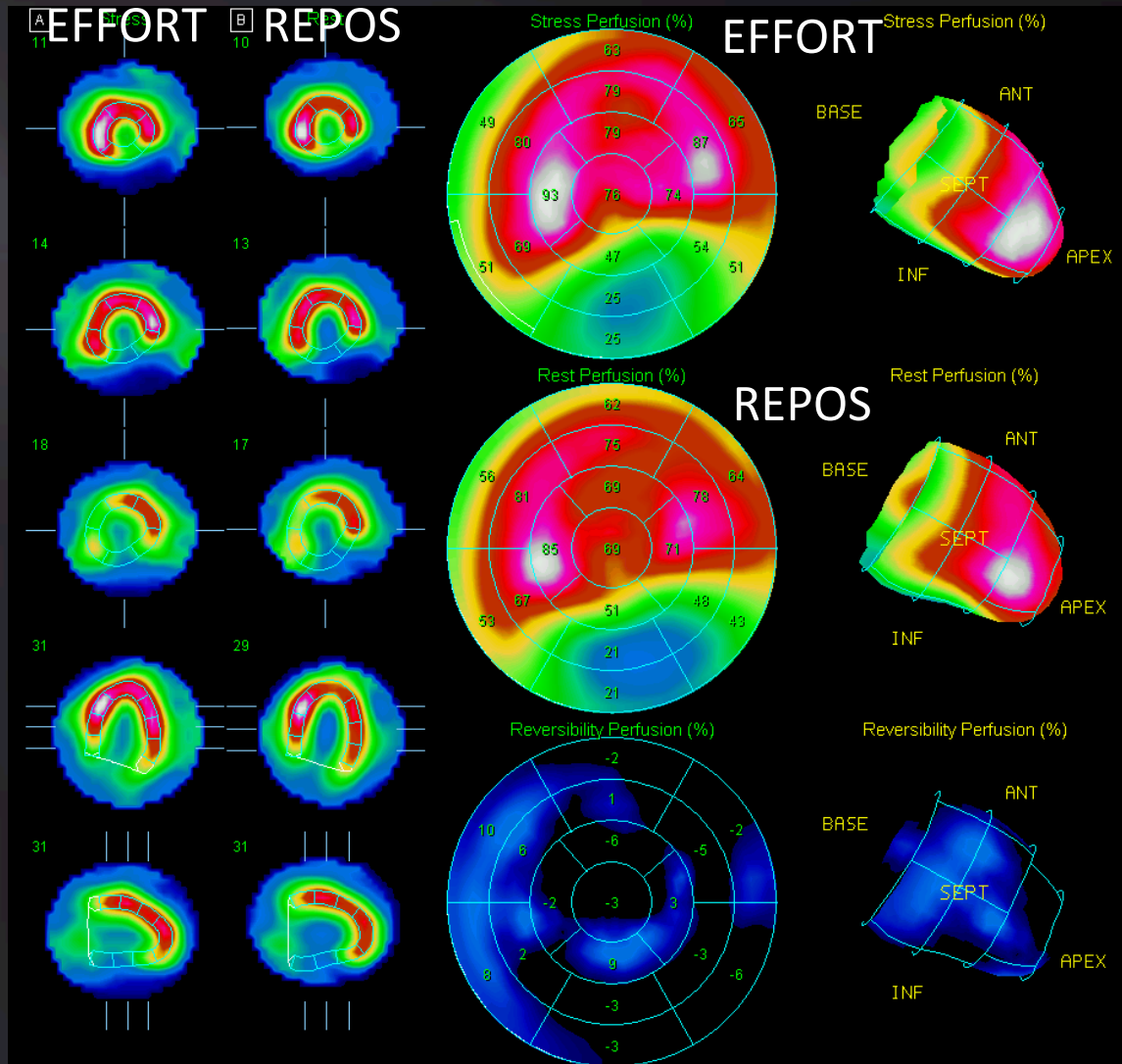
# M. C, 70 ans, antécédents d'infarctus et de pontage de l'IVA. EE : 130 W, 100 % FMT, négative cliniquement et suspecte électriquement

Déficit  
perfusionnel  
non  
réversible

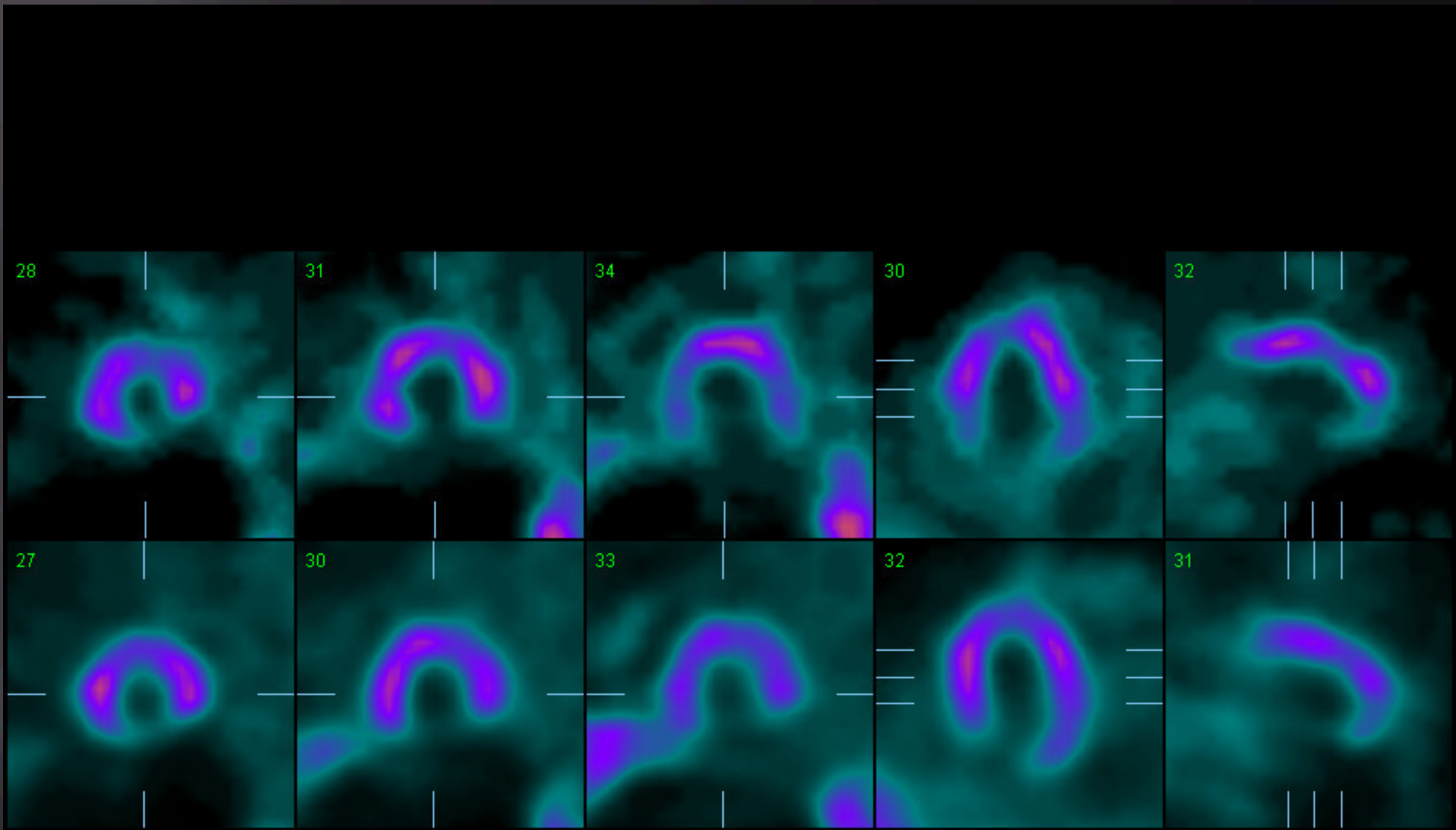
Infarctus  
inférieur

5 segments:  
4, 5, 10, 11  
et 15

CD



**M. C, 70 ans, antécédents d'infarctus et de pontage de l'IVA. EE : 130 W, 100 % FMT, négative cliniquement et suspecte électriquement**

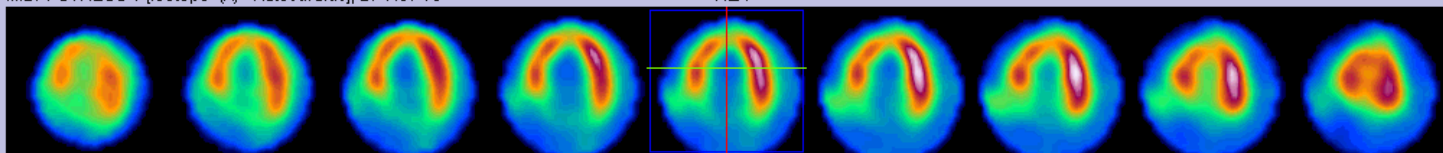


# M. L, 63 ans, BBG complet, examen diagnostique, test au dipyridamole

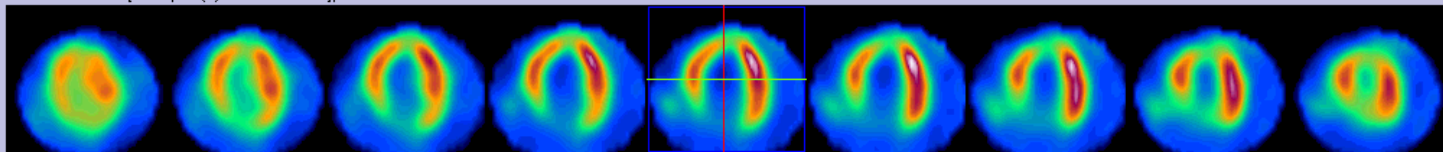
GAH

MIBI V STRESS 1 [Isotope (A) - Autocardiac], 27-Nov-10

HLA

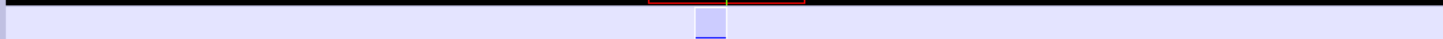
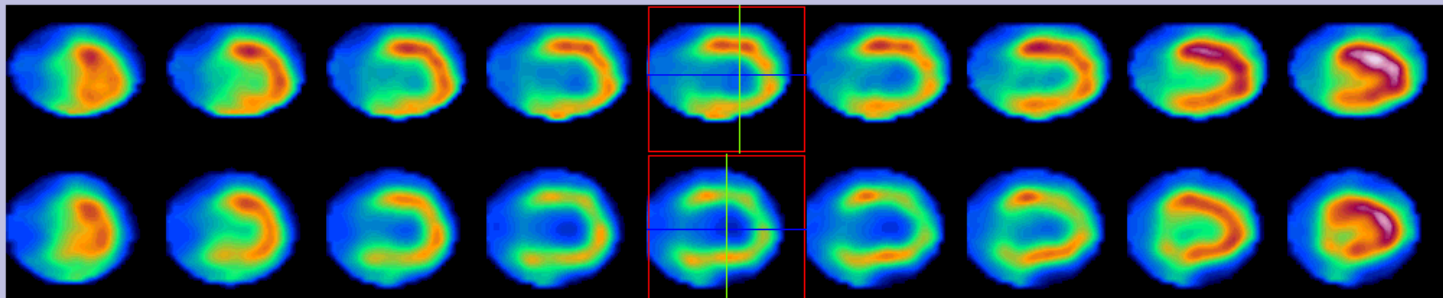


MIBI V 1.6-Tc-9 [Isotope (A) - Autocardiac], 27-Nov-10



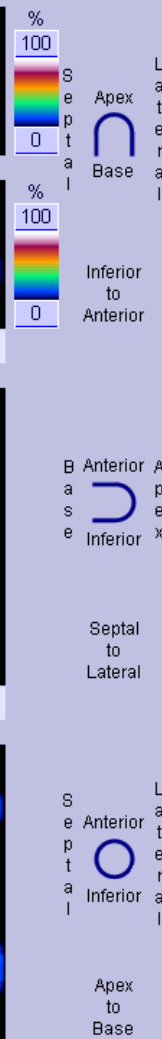
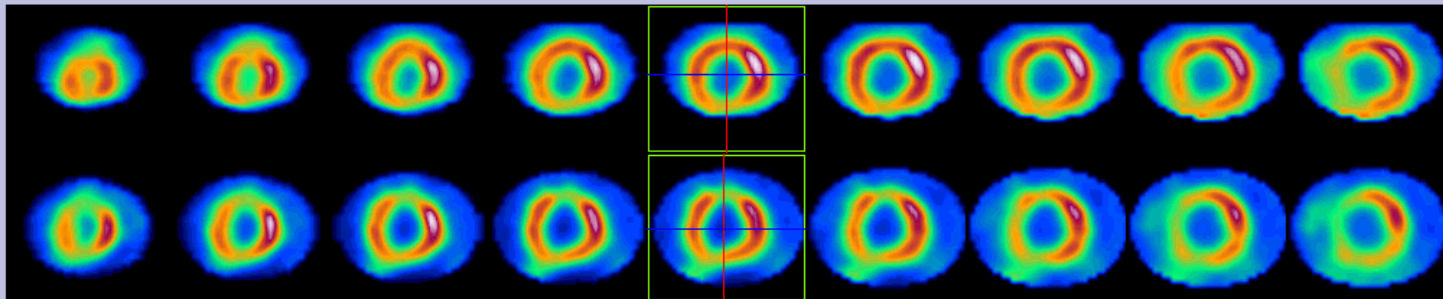
GAV

VLA

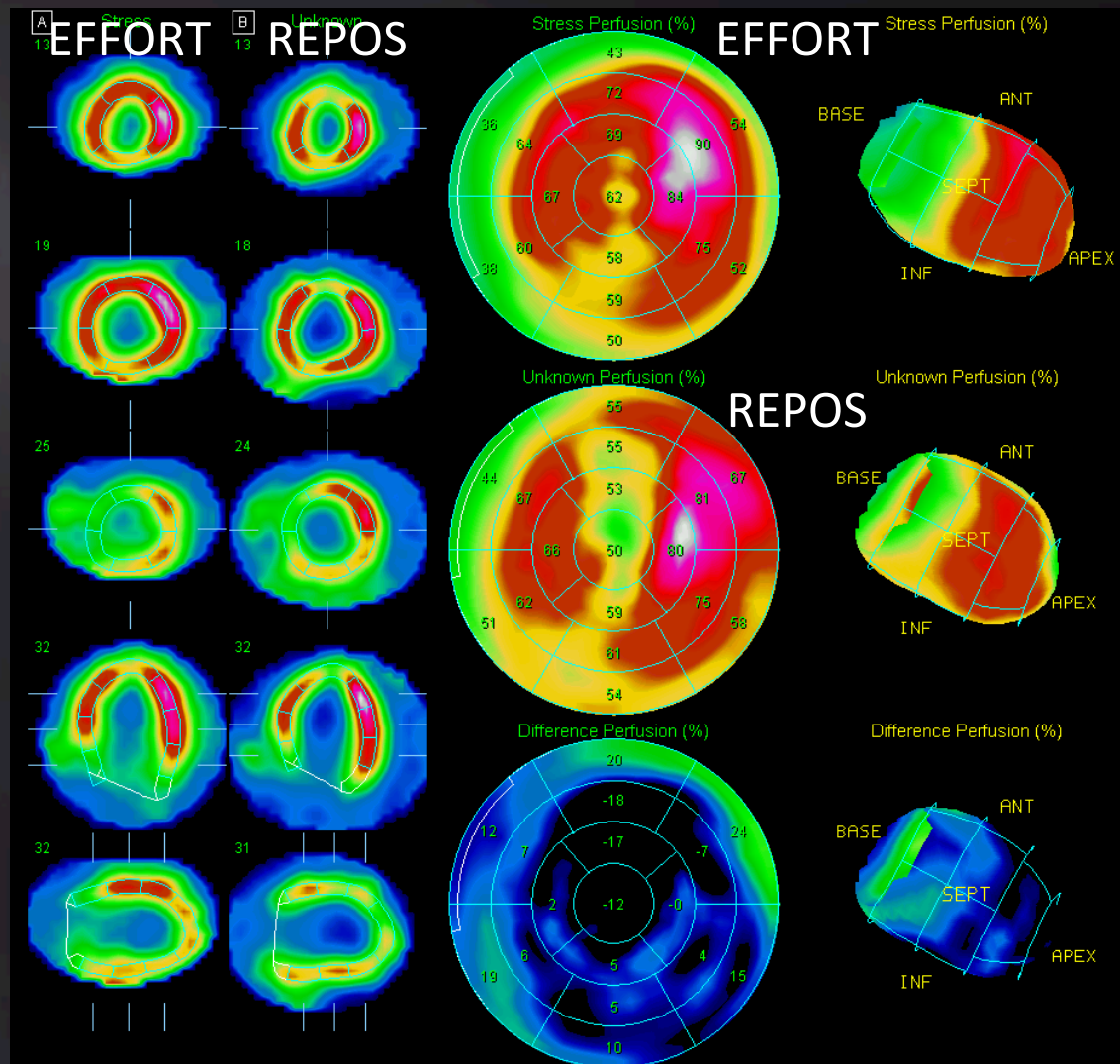


PA

SA



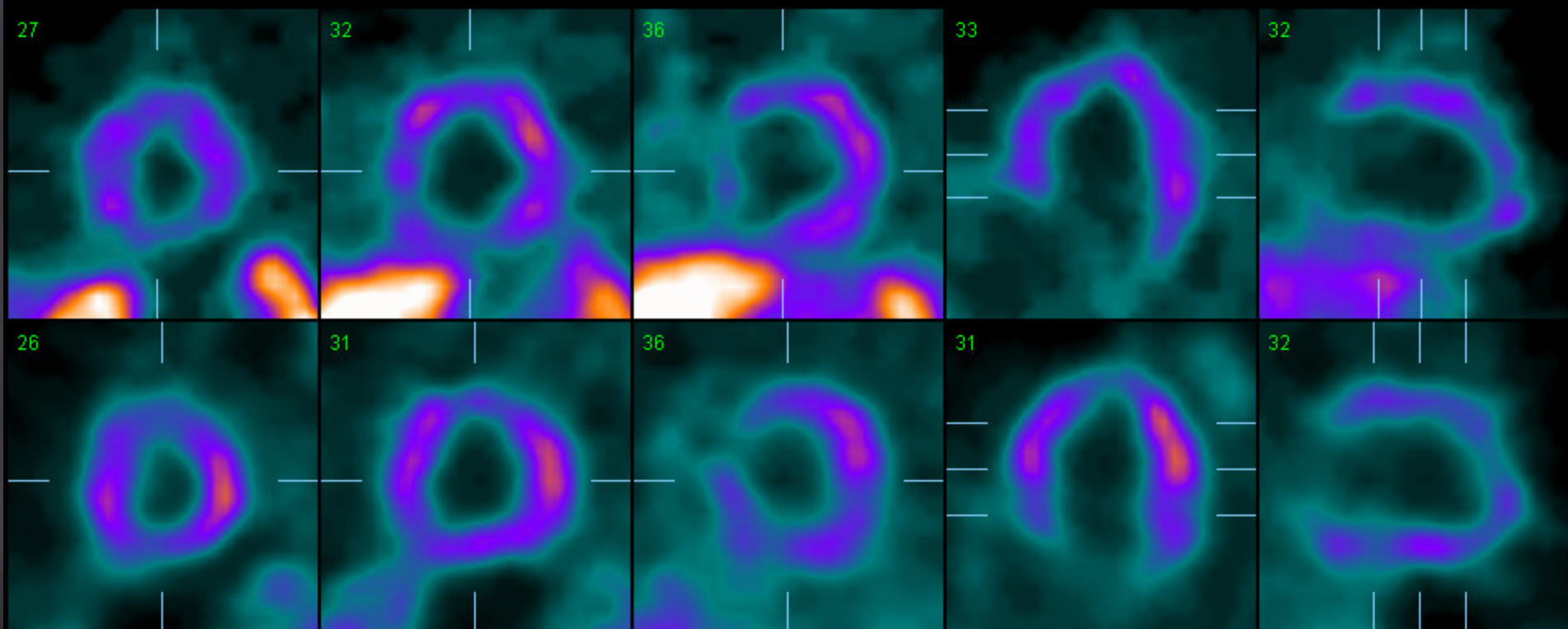
# M. L, 63 ans, BBG complet, examen diagnostique, test au dipyridamole



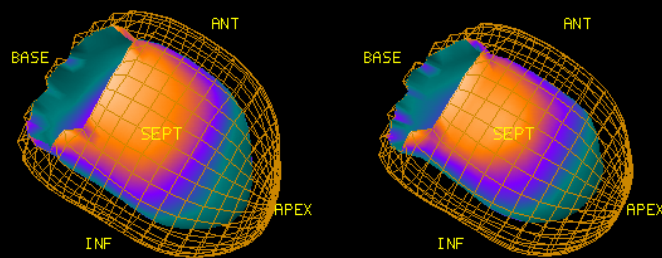
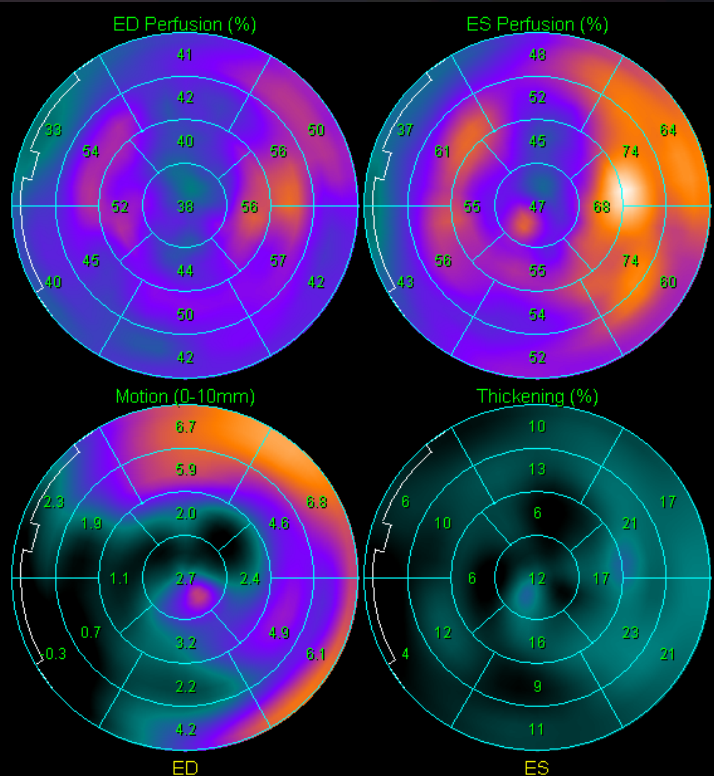
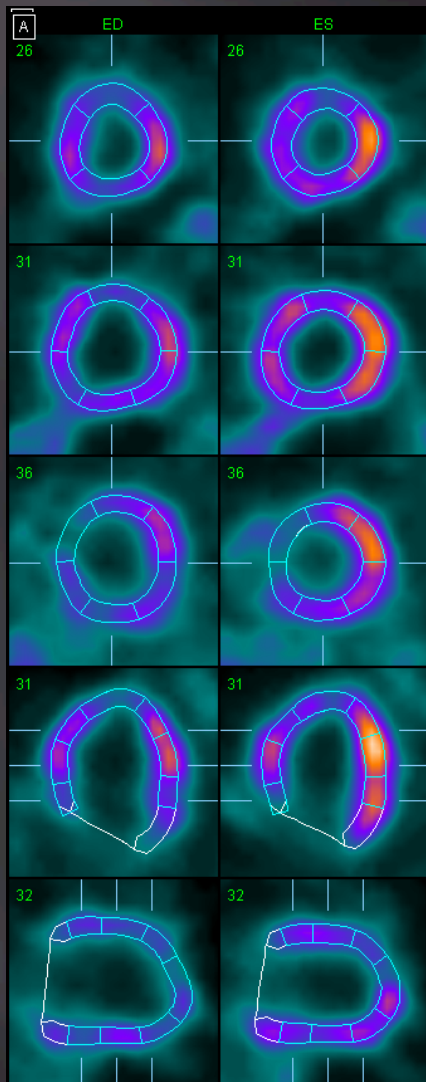
Anomalies de la perfusion inférieure

Déficits plus marqués au repos.

# M. L, 63 ans, BBG complet, examen diagnostique, test au dipyridamole



# M. L, 63 ans, BBG complet, examen diagnostique, test au dipyridamole



Name	
Pat ID	A10011747388
Sex	MALE
SMS	37
STS	27
SM%	44
ST%	53

Study	GATED OSEM4D
Dataset	MIBI V 1.6-Tc-9 [recon et reorienté]
Date	2010-11-27 21:04:46
Volume	215ml [8]
EDV	281ml [1]
ESV	215ml [8]
EF	24%
Area	216cm <sup>2</sup> [8]
Mot Ext	68%, 146cm <sup>2</sup> [8]
Thk Ext	58%, 124cm <sup>2</sup> [8]
Eccentricity	0.74 [8]
Matrix	64x64 x 64(z) x 16(t)
Mm/Vox	5.64 x 5.64 x 5.64

Volume (ml) and Filling (ml/s)

PER	-1.08 EDV/s [4.5]
PFR	0.77 EDV/s [11.3]
PFR2	
MFR/3	
TTPF	
BPM	

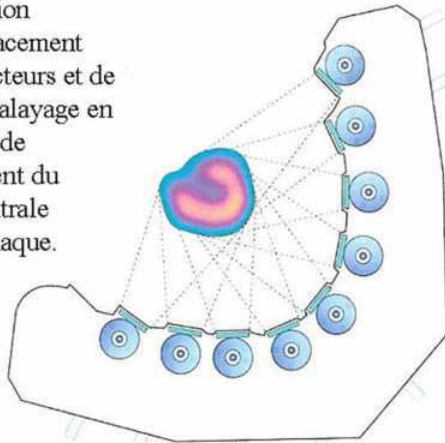
**Effort**  
**FEVG = 23%**

**Repos**  
**FEVG = 24%**

**CMD non ischémique**

# Caméra à semi-conducteurs D-SPECT®

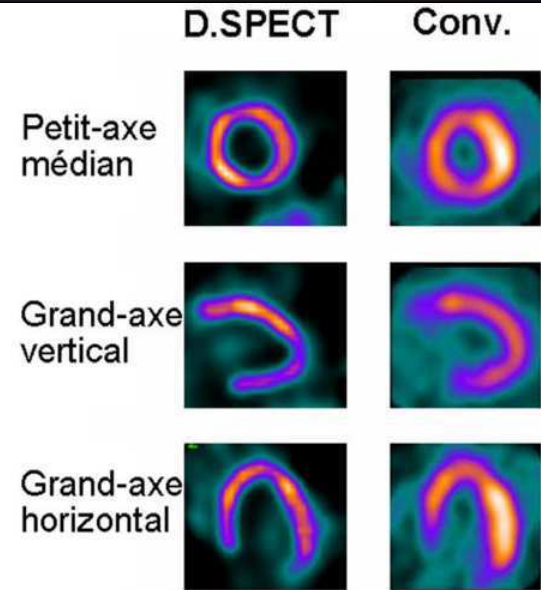
**Figure 1 :** Représentation schématique de l'emplacement des 9 colonnes de détecteurs et de leurs mouvements de balayage en rotation, ce qui permet de focaliser l'enregistrement du signal sur une zone centrale comprenant l'aire cardiaque.



**Figure 3 :** Enregistrement en position assise d'une TSM par la caméra D.SPECT. On peut noter le très faible encombrement spatial de cette caméra.

**Figure 2 :** Exemples de TSM au Sestamibi enregistrées par une caméra conventionnelle (Conv.) puis par la caméra D.SPECT chez un même patient.

On peut noter les différences dans l'épaisseur des parois du ventricule gauche et dans le niveau d'activité du bruit de fond sanguin, témoignant des meilleures résolutions spatiale et en énergie de la caméra D.SPECT.



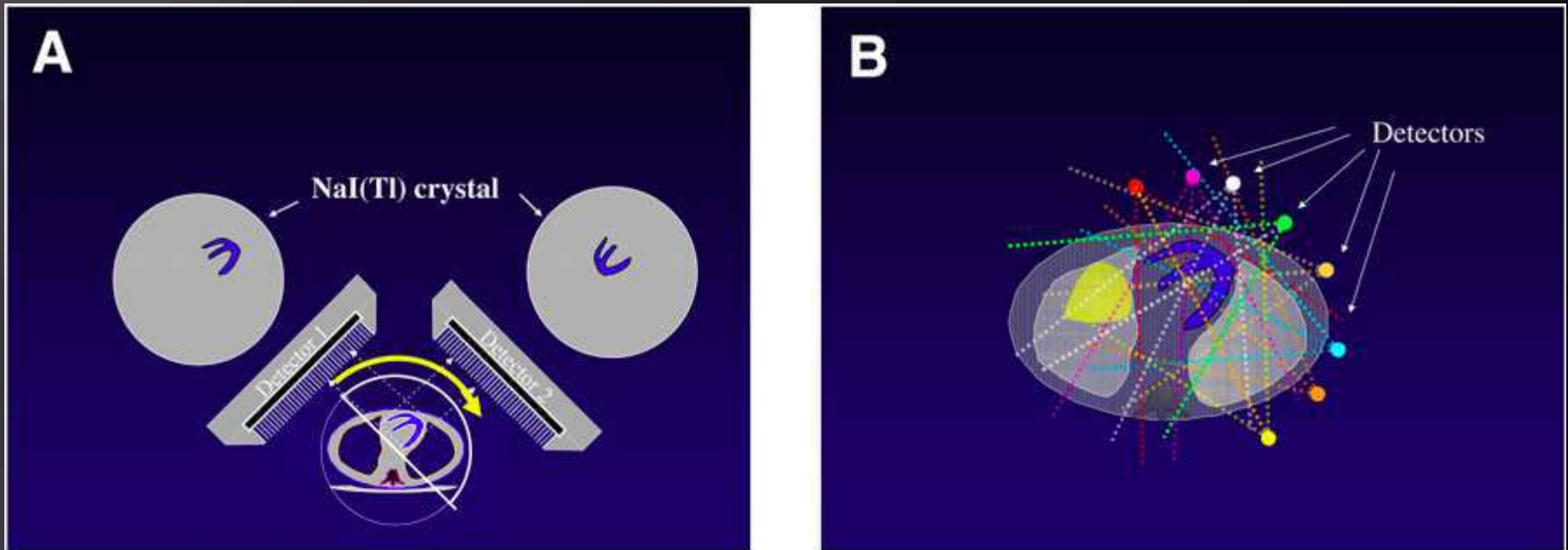
$^{99m}\text{Tc-MIBI}$  : 30 mCi  $\rightarrow$  10 mCi

Acquisition : 20 min  $\rightarrow$  8 min

# Caméra à semi-conducteurs D-SPECT®

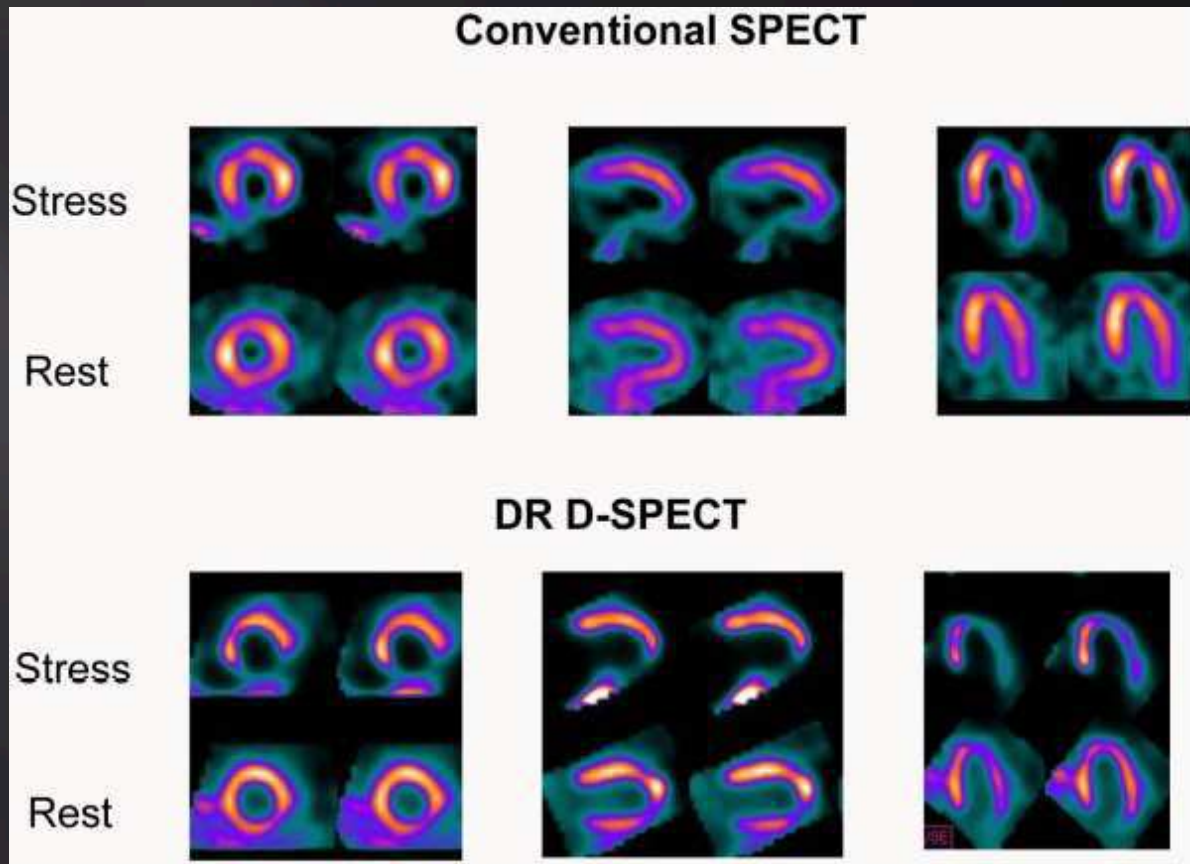
Caméra d' ANGER

D-SPECT



Gain en sensibilité de 5 à 10 x à résolution identique

# DOUBLE ISOTOPE



Effort + Repos simultané  
Durée de l'examen 30 à 45 min

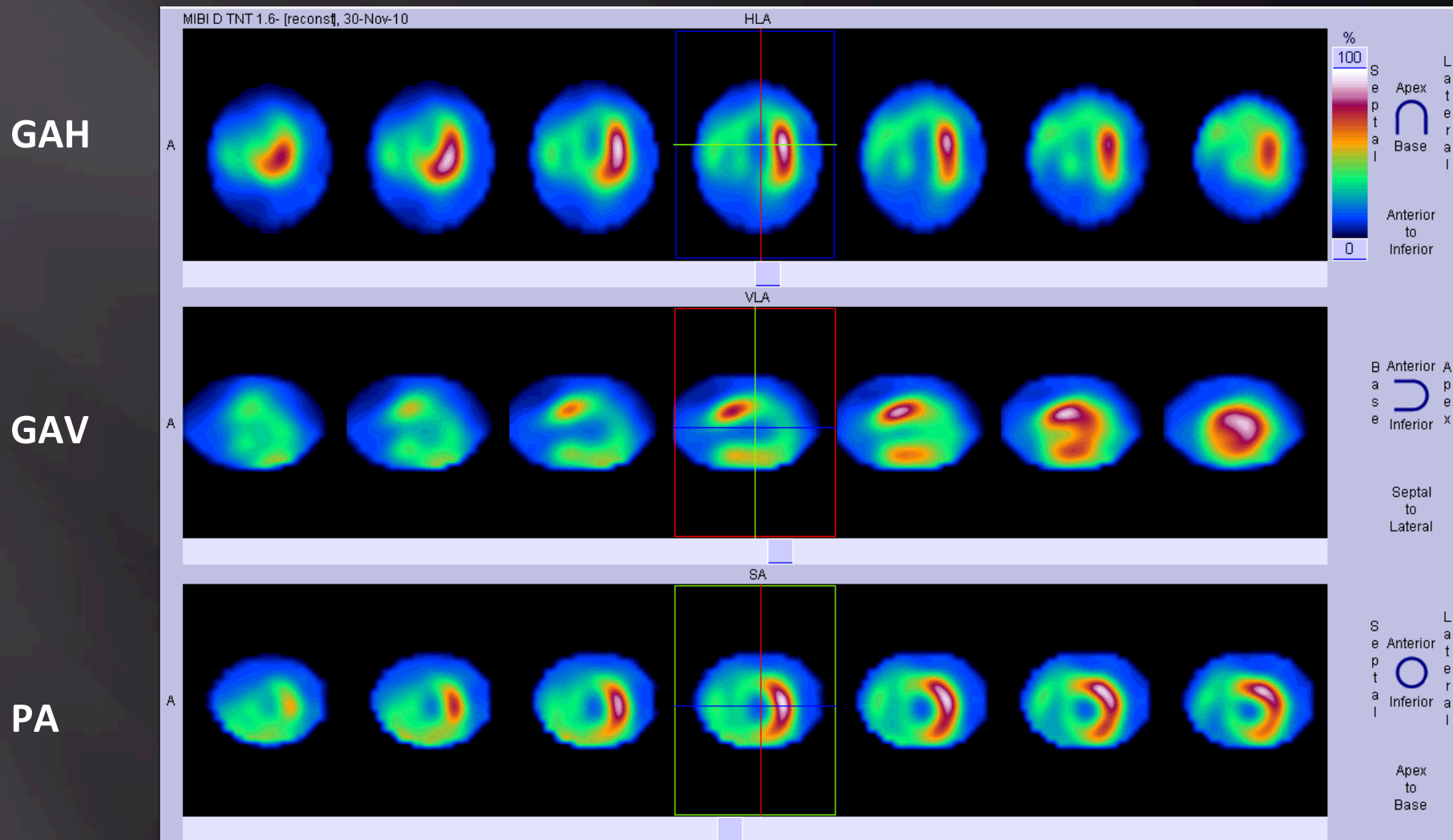
# Viabilité myocardique

- ▣ Évaluation de la viabilité résiduelle après un SCA avant d'envisager un geste de revascularisation.
- ▣ Scintigraphie myocardique de repos au MIBI sous dérivés nitrés
- ▣ TEP au  $^{18}\text{F}$ -FDG
- ▣ IRM cardiaque

# Scintigraphie myocardique de repos

- ▣  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI
  - ▣ Administration préalable de dérivés nitrés : permet d'apprécier la réserve coronaire
  - ▣ Gated-SPECT : mesure des volumes cavitaires et de la FEVG
- 
- ▣ Thallium 201
  - ▣ Images tardives à 4 heures après redistribution
  - ▣ Gated-SPECT

# Mme N, 63 ans, IDM inférieur + extension VD



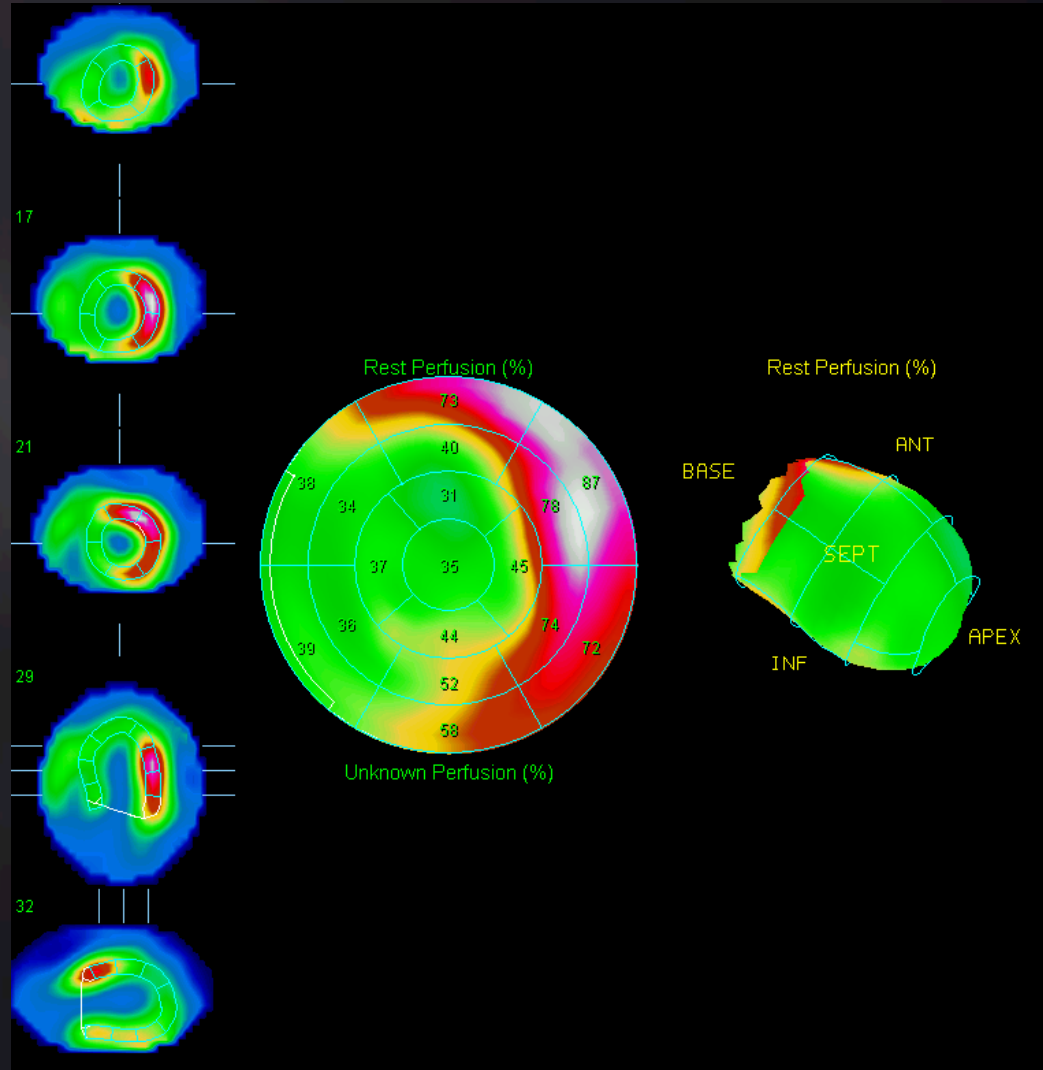
# Mme N, 63 ans, IDM inférieur + extension VD

IDM antéro-septo-apical et inférieur

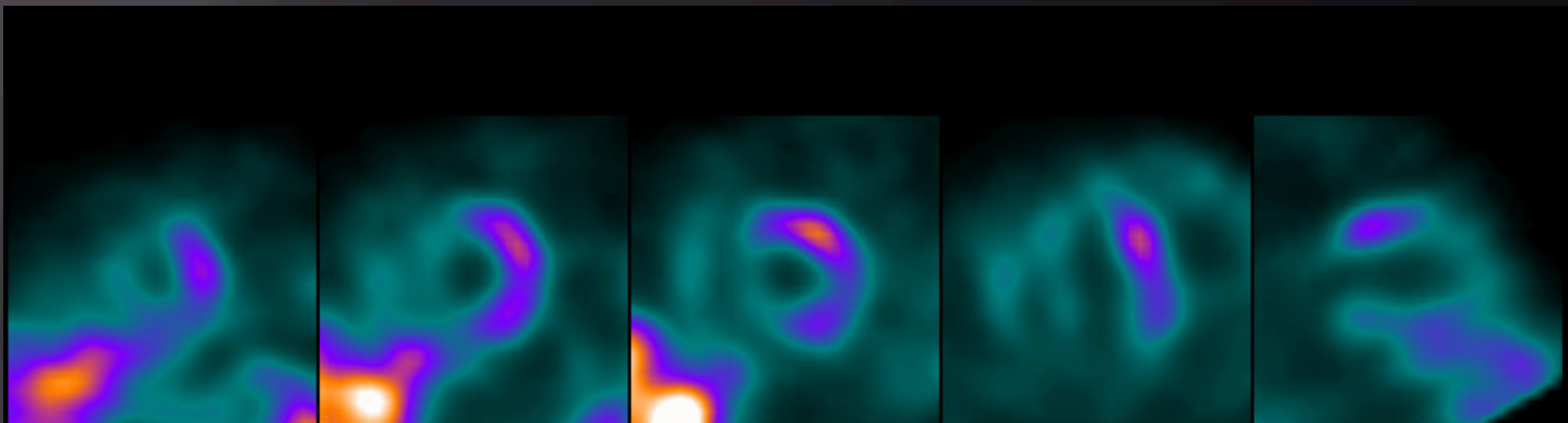
Viabilité IVA :  
1/3 proximal de la paroi antérieure

IDM inférieur

Viabilité CD :  
2/3 proximaux de la paroi inféro-latérale



# Mme N, 63 ans, IDM inférieur + extension VD



# TEP Cardiaque au $^{18}\text{F}$ FDG

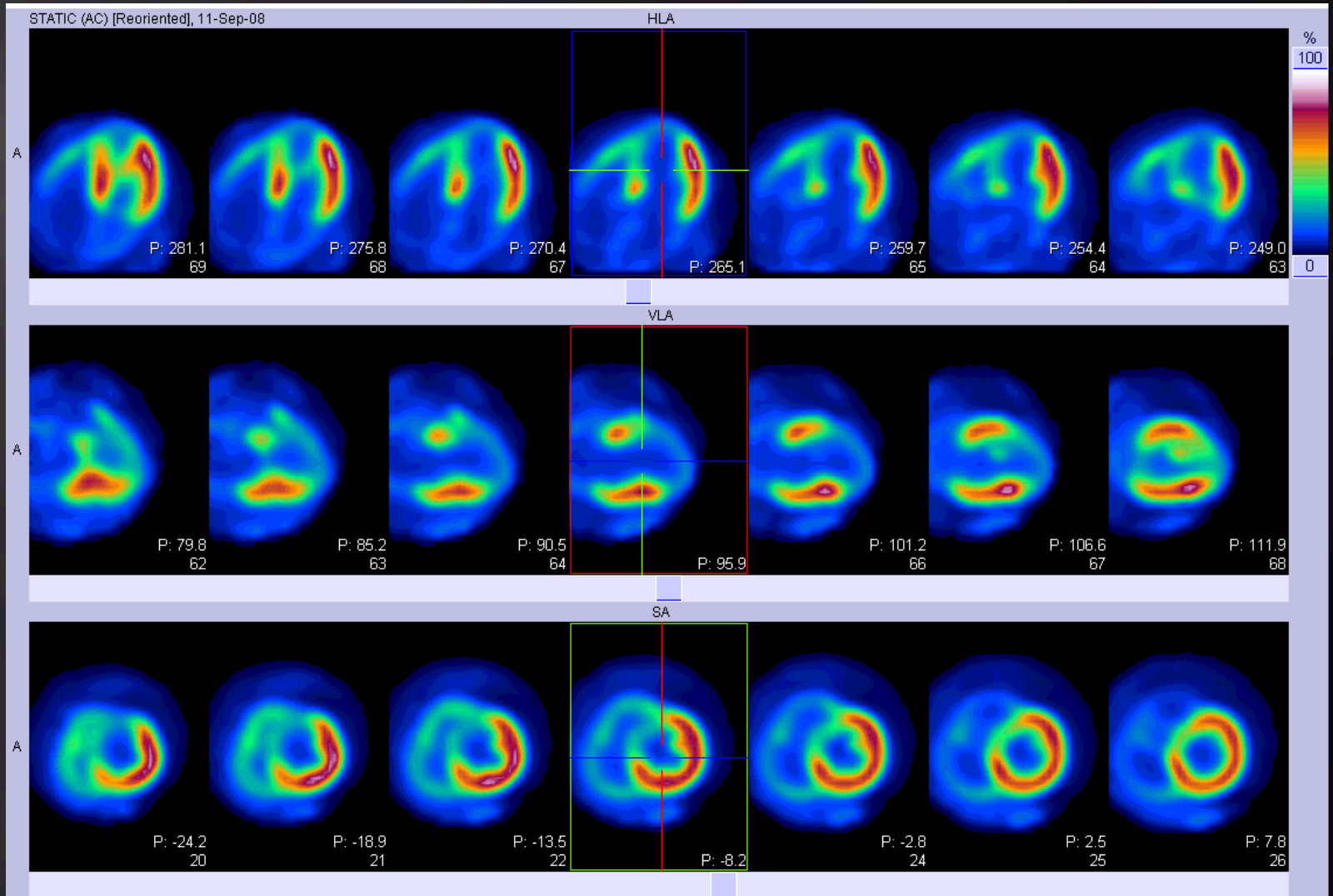
- ▣ Glucose métabolisé par les cellules myocardiques : véritable traceur de la viabilité
- ▣ **Acide nicotinique** pour limiter la consommation d'acide gras et favoriser l'absorption du glucose
- ▣ **Clamps insuliniques** utiles, en particulier chez les patients diabétiques
- ▣ Acquisitions TEP corrigées de l'atténuation par un scanner low-dose.
- ▣ Synchronisation à l'ECG : Gated-TEP

# $^{18}\text{F}$ -FDG Gated TEP

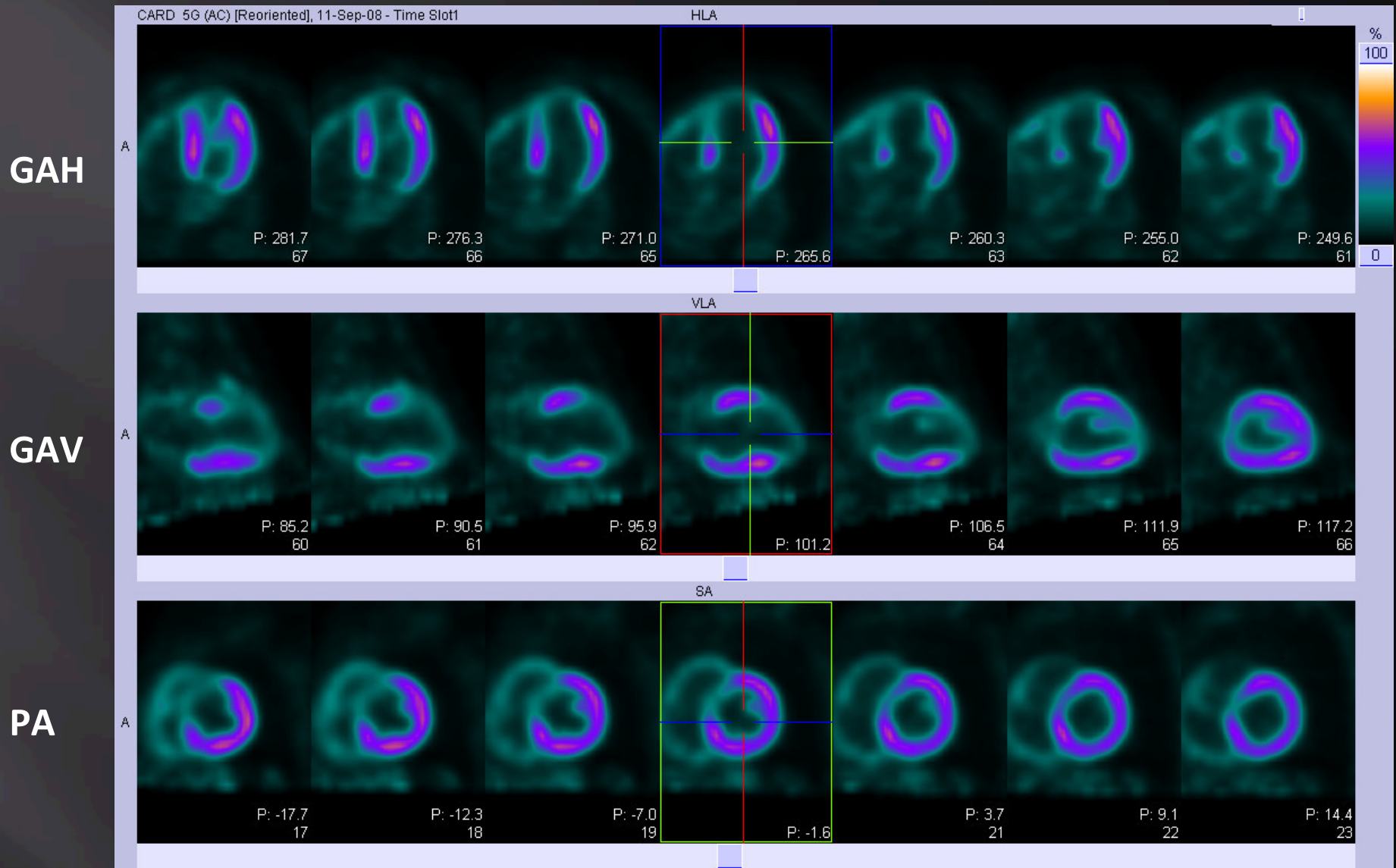
GAV

GAV

PA



# $^{18}\text{F}$ -FDG Gated TEP

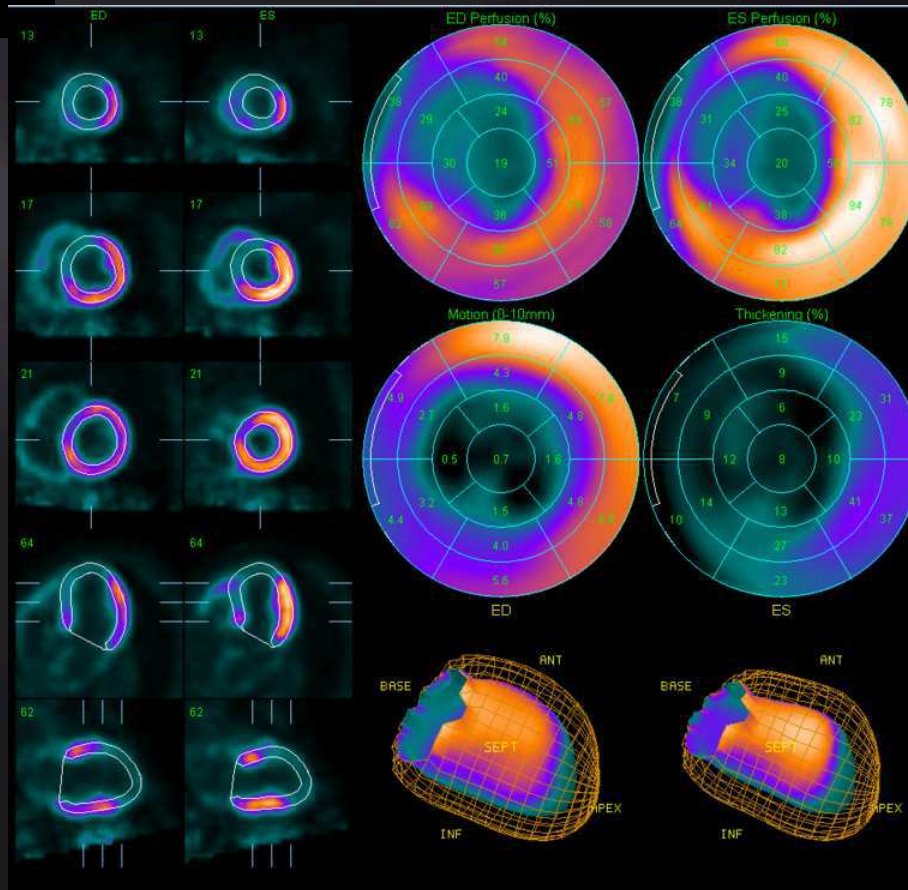


# <sup>18</sup>F-FDG Gated TEP

Fonction ventriculaire gauche

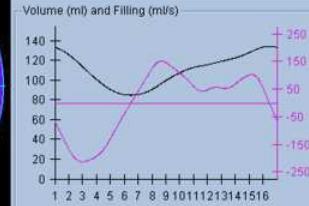
IDM antéro-septo-apical

Viabilité dans le territoire de l'IVA : 1/3 proximal des parois antérieure et septale



Name DOUCHET^GERARD  
 Pat ID A10037349661  
 Sex MALE  
 SMS 26 STS 22  
 SM% 31 ST% 43

Study PET^PETCT\_Cardiac\_LM\_Nancy (Adult)  
 Dataset CARD: 5G (AC) [Reoriented]  
 Date 2008-09-10 13:32:50  
 Volume 85ml [6]  
 EDV 134ml [16]  
 ESV 85ml [6]  
 EF 36%  
 Area 132cm<sup>2</sup> [6]  
 Mot Ext 46%, 60cm<sup>2</sup> [6]  
 Thk Ext 48%, 64cm<sup>2</sup> [6]  
 Eccentricity 0.78 [6]  
 Matrix 128x128 x 41(z) x 16(t)  
 Mm/Vox 5.35 x 5.35 x 5.35

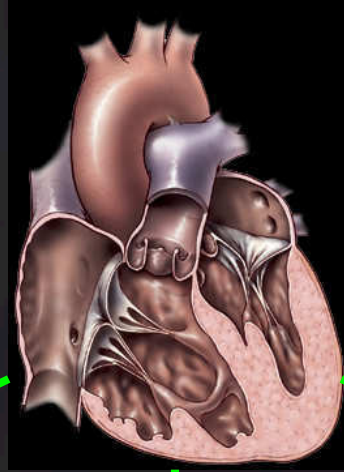


Rates PER 1.58 EDV/s [3.0], PFR 1.13 EDV/s [8.7]  
 PFR2 0.42 EDV/s [12.7], BPM 60.5  
 Misc MFR3 0.76 EDV/s, TTPF 130ms

# IRM Cardiaque

- ▣ Analyse de la fonction ventriculaire gauche (images ciné)
- ▣ Excellente caractérisation anatomique
- ▣ Apport de l' injection de chélates de Gadolinium
  
- ▣ Limites : accessibilité, modalités techniques complexes nécessitant une équipe entraînée.

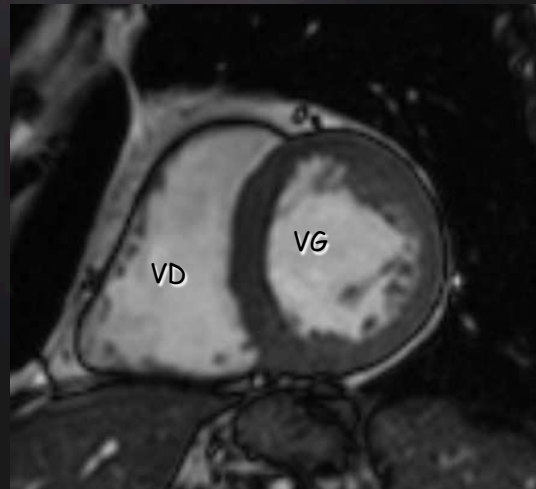
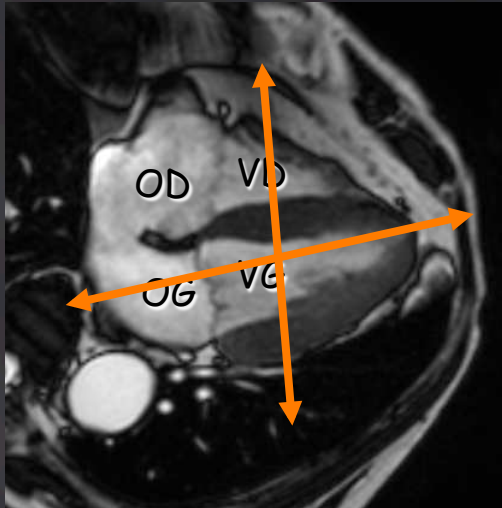
Tous les examens débutent par des séquences de repérage anatomique qui déterminent les plans de référence



4 cavités

Petit axe  
« *Short axis* »

2 cavités G  
« *long axis* »

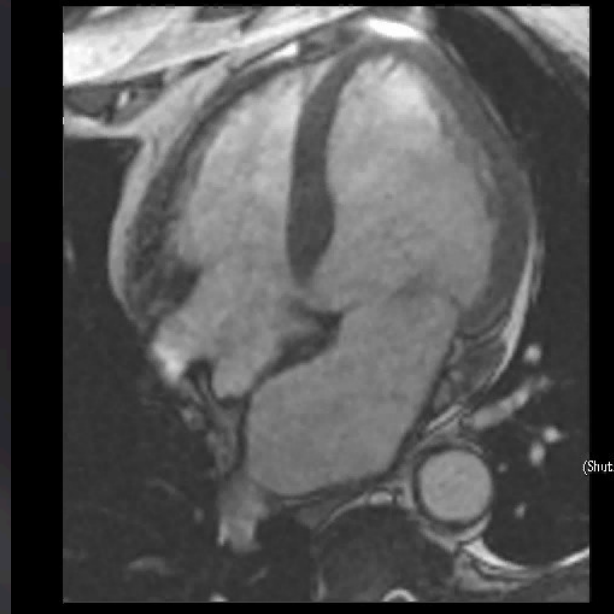


# Ciné-IRM

Grand-axe vertical



Grand-axe horizontal



Précession  
à  
l'équilibre  
(SSFP)  
**FIESTA (GE®)**

↑ Signal enregistré  
(refocalisation de l'aimantation résiduelle)  
± imagerie parallèle

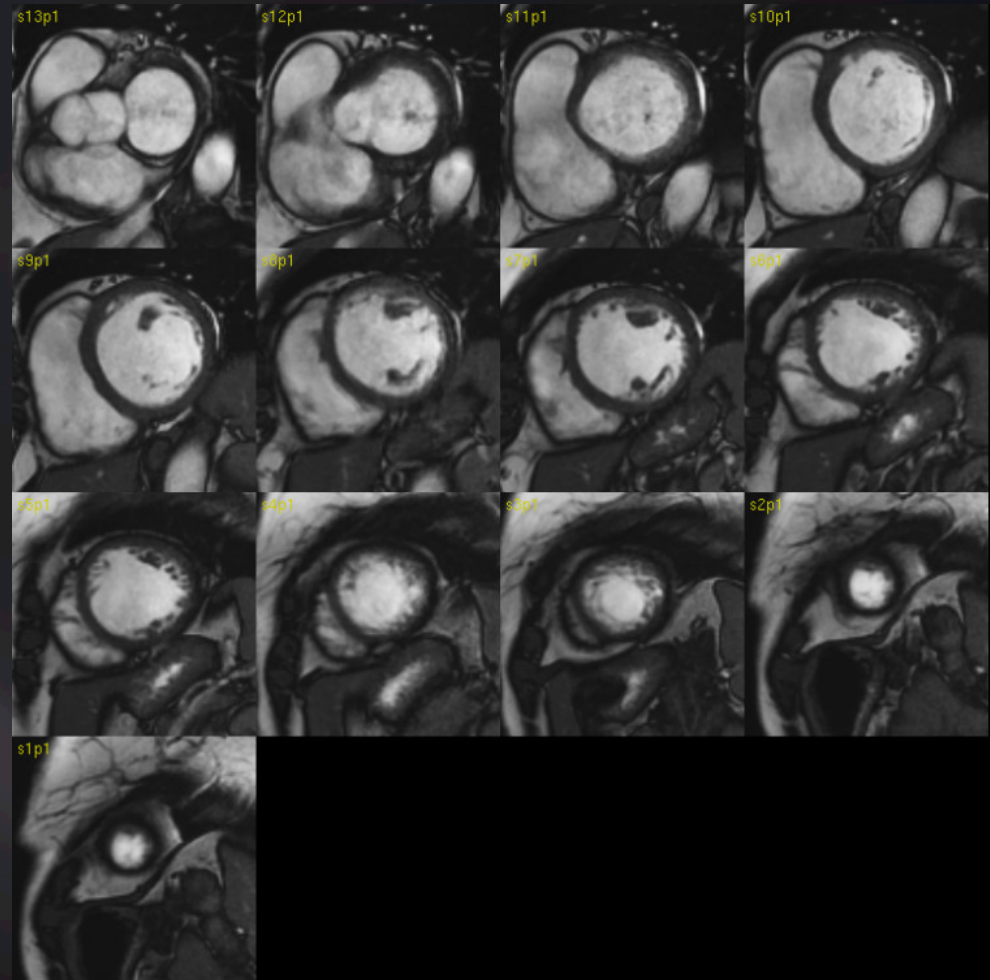
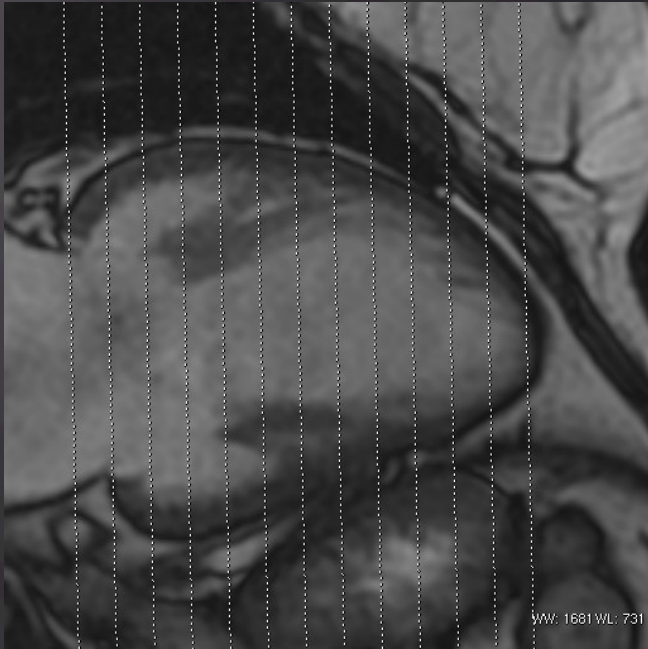
↑ Contraste myocarde / sang  
(pondération  $T_2$  supplémentaire)

Artéfacts de flux

→ TR et TE courts, réglage fréquence (décalage du pic)

MR Imaging of the Heart with Cine True  
Fast Imaging with Steady-State  
Precession: Influence of Spatial and  
Temporal Resolutions on Left  
Ventricular Functional  
Parameters ; *S Miller, Radiology 2002;*  
*223:263–269*

# Volume et masse ventriculaire



Mesures volume et fraction d'éjection du VG

- ✓ 12 à 16 coupes « petit-axe » jointives
- ✓ Identification des images de télé-diastole et de télé-systole
- ✓ Logiciels automatisés de détection des contours, corrections manuelles

# Contraste de phase



Contraste de phase : mesure précise du débit sanguin

1. débit cardiaque de repos (débit aortique);
2. variation de débit suffisante (QD/Qs) phasage,
3. flux par les artères coronaires et pulmonaires
3. (flux de repos négatifs) déplacés entre les 2
4. synchronisation ECG « parfaite ».
3. L'importance du déphasage dépend de la distance parcourue (vitesse)

Contraste de phase

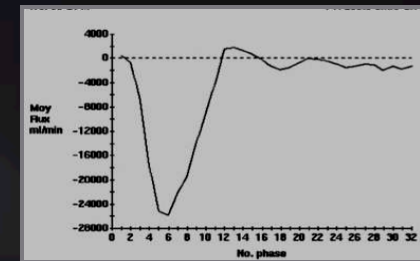
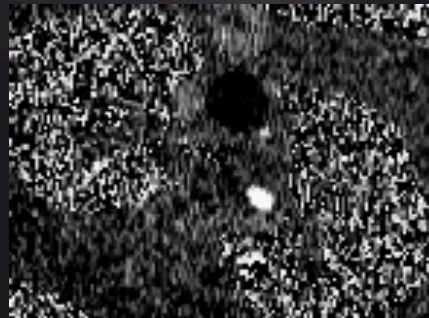
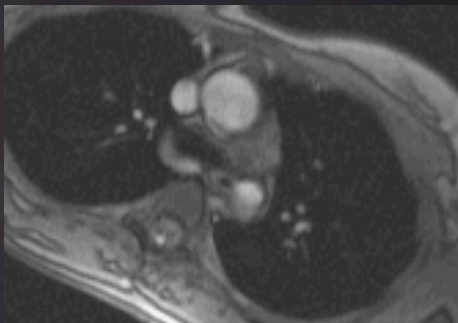
Surface (cm<sup>2</sup>)

X

Velocité (cm/s)

=

Flux (cm<sup>3</sup>/s)



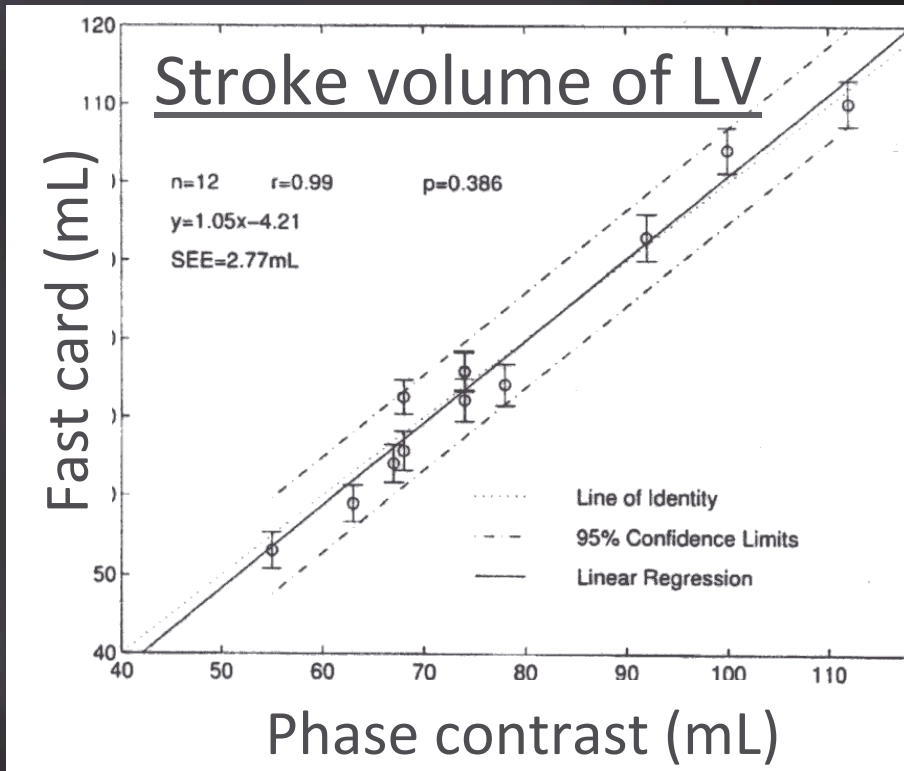
Surface min. : 1 cm<sup>2</sup>

Vélocité max. : 3 m/s

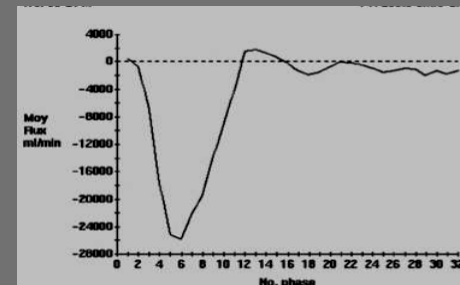
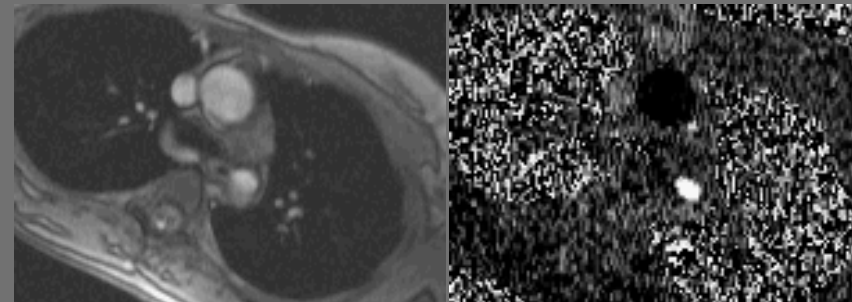
# Volume, fraction d'éjection et masse myocardique du VG

SSFP ( $\pm$  parallel imaging)

Quality control by determining stroke volume with phase contrast velocity mapping ; *Graves MJ, Dommett DM. Br J Radiol. 2000; 73(872):825.*



## Contraste de phase



# La rétention tardive du gadolinium-DTPA

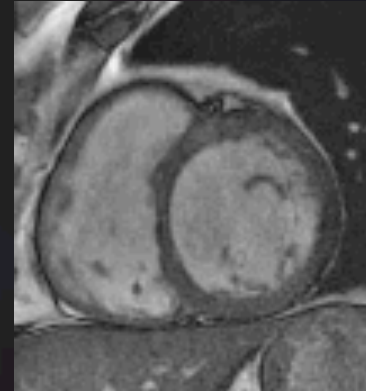
- ▣ liée à une augmentation du volume liquidien interstitiel
  - nécrose cellulaire
  - fibrose tissulaire
  - œdème
- ▣ elle dépend aussi :
  - de l'ancienneté de l'infarctus
  - de la perfusion tissulaire (persistance ou non d'une occlusion coronaire)
  - de la clairance sanguine du traceur (fonction rénale)

# Rétention tardive

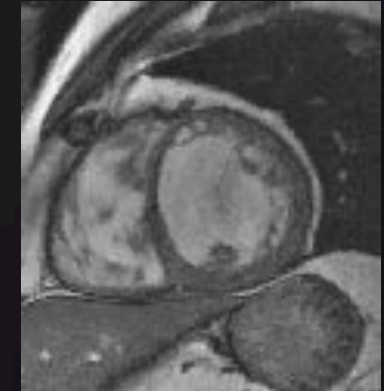
*Petit-axes*

Fiesta

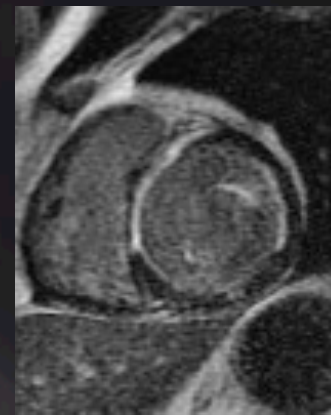
*basal*



*médian*



Delayed  
enhancement



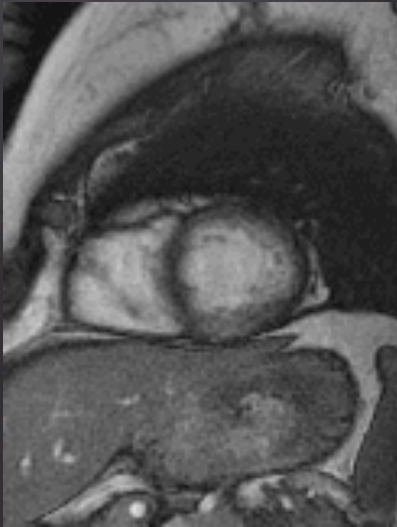
Séquence statique écho de gradient 2-D très pondérée en  $T_1$  (saturation ou inversion récupération EG) :

- ✓ 10 à 20 min après 0,1 mmol/kg de Gadolinium-DTPA
- ✓ Temps d'inversion ajusté pour supprimer totalement le signal myocardique
- ✓ 6-8 mm d'épaisseur de coupe, matrice 256x128, 28-34 cm de FOV,
- ✓ TE (1.3 ms) et TR (3.5 ms) courts.

# Rétention tardive

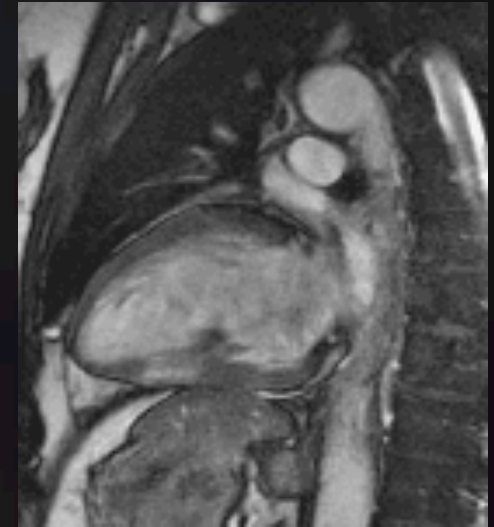
SSFP

avant  $\text{Ga}^{++}$ -DTPA



SSFP

15 min après  $\text{Ga}^{++}$ -DTPA



IDM avec coronarographie  
et échographie normales

Séquence statique écho de gradient 3-D

# Rétention tardive

- ▣ Détection des foyers de nécrose et/ou de fibrose, 10 à 20 min après l'injection de chélates de gadolinium

Visualisation of presence, location, and transmural extent of healed Q-wave and non-Q-wave myocardial infarction ; *Wu E et Al. Lancet 2001 Jan 6;357(9249):21-8*

- ▣ Très sensible pour les petits foyers de destruction cellulaire (< 1g)

Visualization of discrete microinfarction after percutaneous coronary intervention associated with mild creatine kinase-MB elevation ; *Ricciardi MJ et Al. Circulation. 2001 Jun 12;103(23):2780-3*

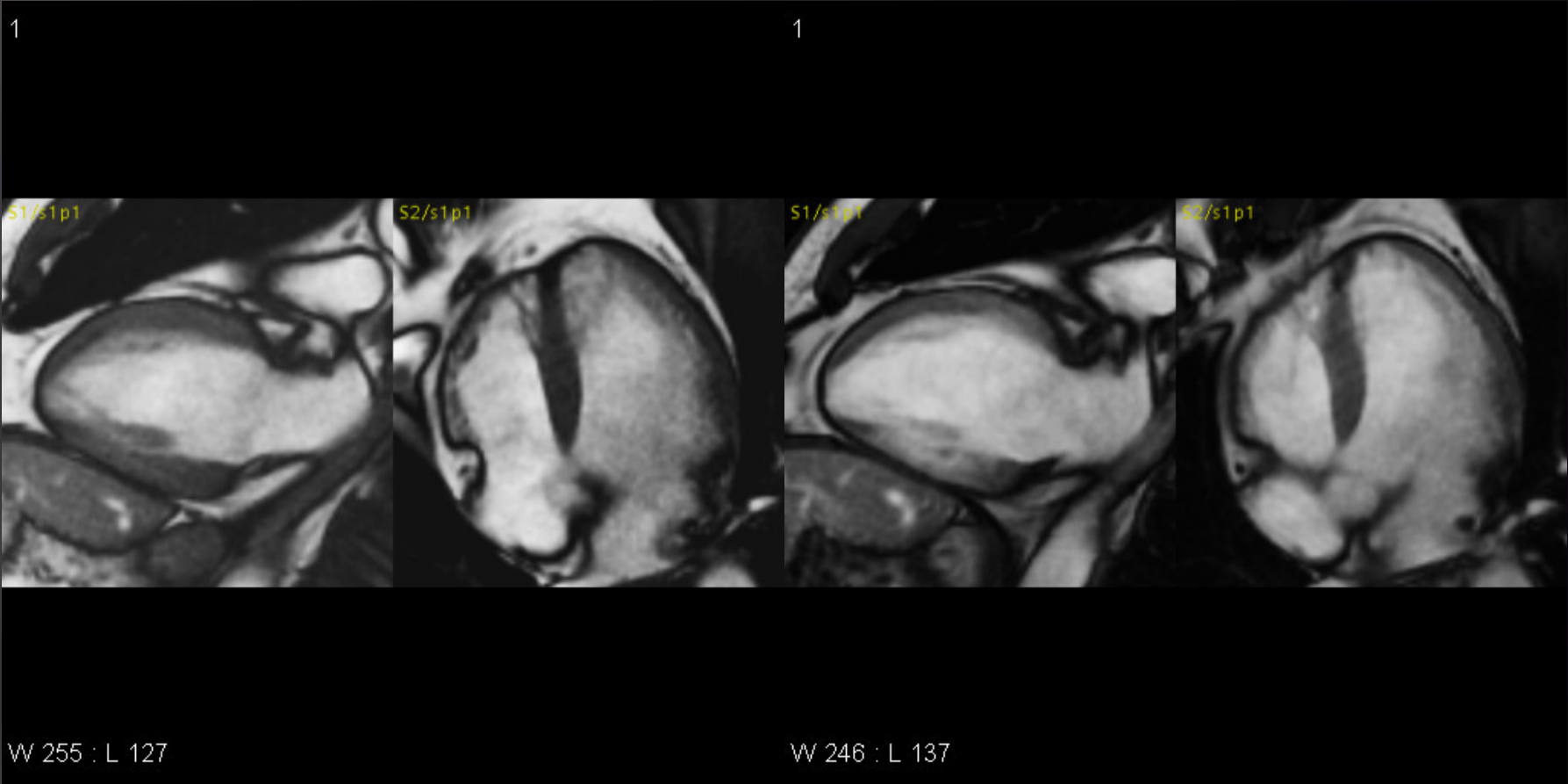
# M. T, Infarctus ambulatoire inférieur

SSFP

Sans injection

SSFP

15 min après  $\text{Ga}^{++}$ -DTPA



GAV

GAH

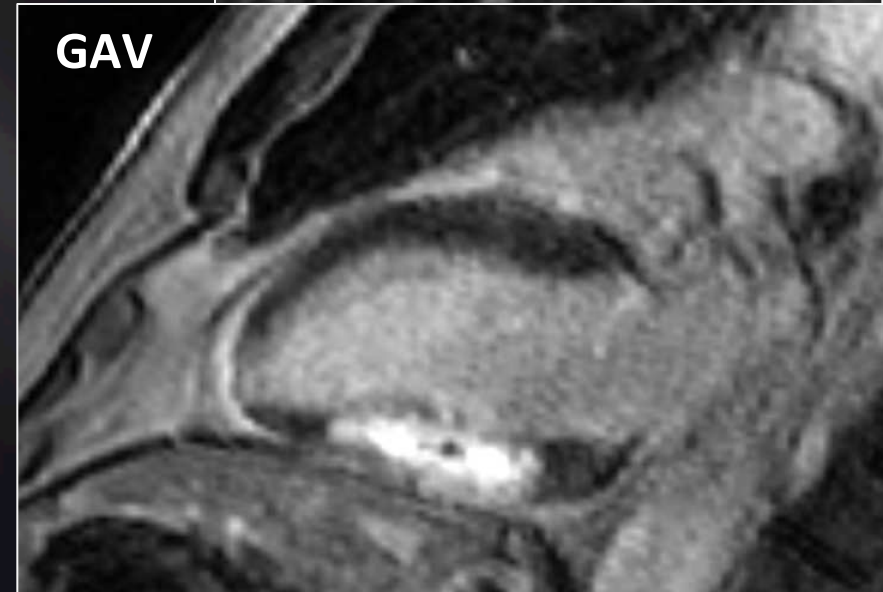
GAV

GAH

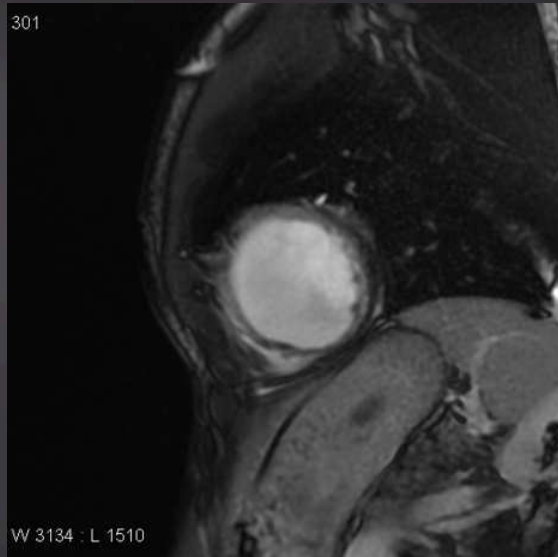
# M. T, Infarctus inférieur



Séquelles d' IDM  
transmural  
Segments 3, 4 et 10



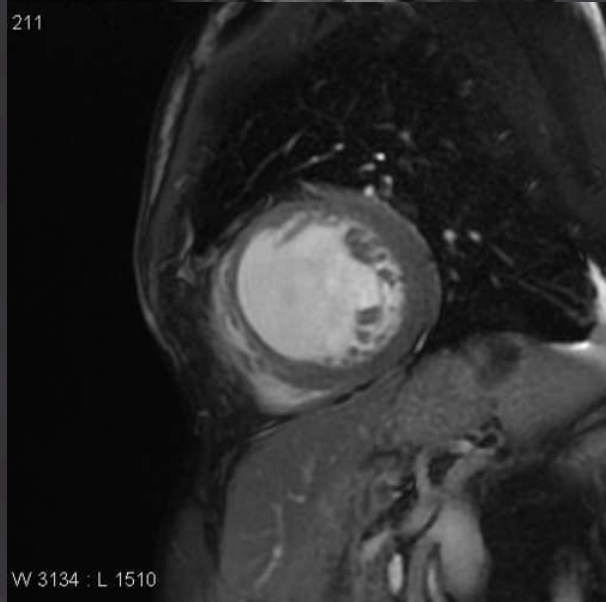
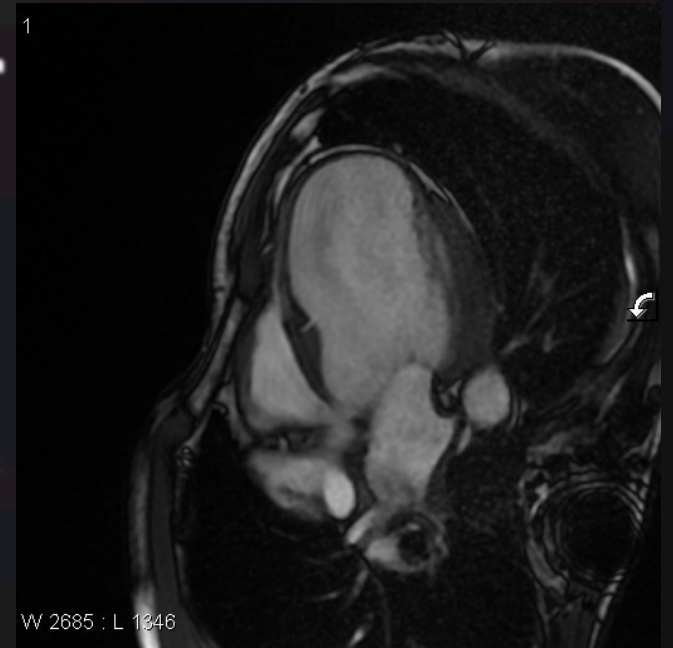
# M. D, Infarctus antérieur



PA distal

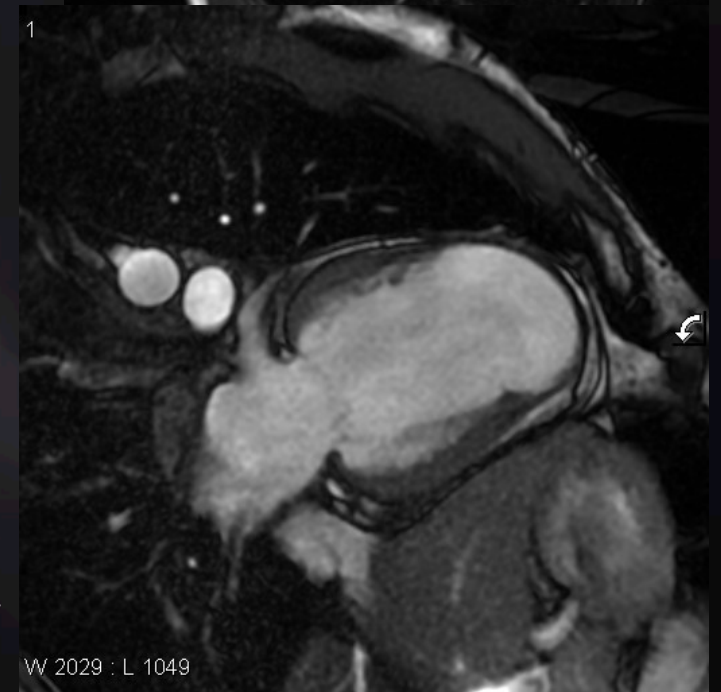
GAH

Akinésie antéro-septo-apicale

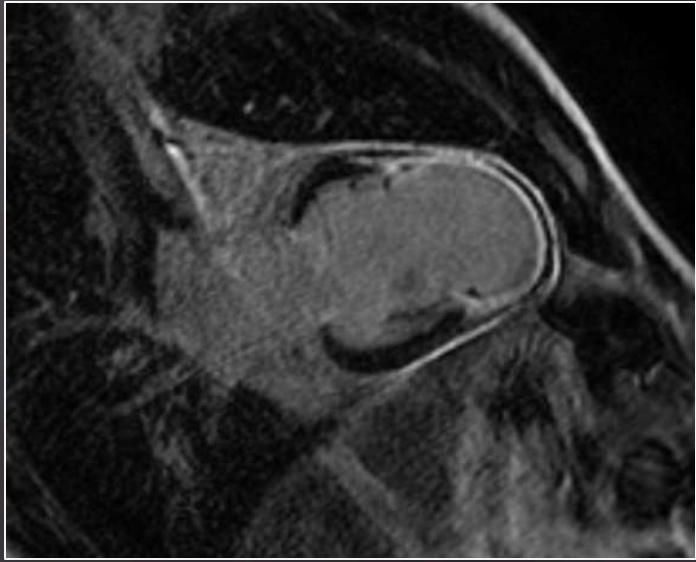


PA médian

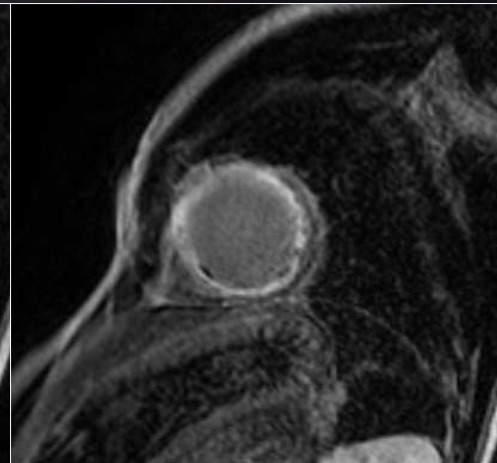
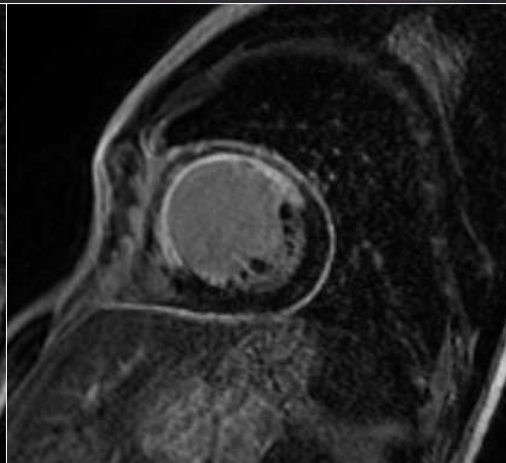
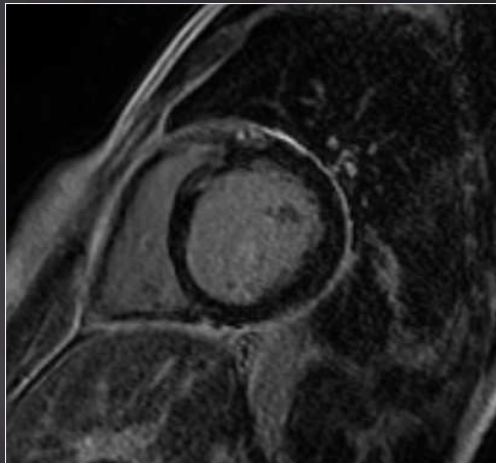
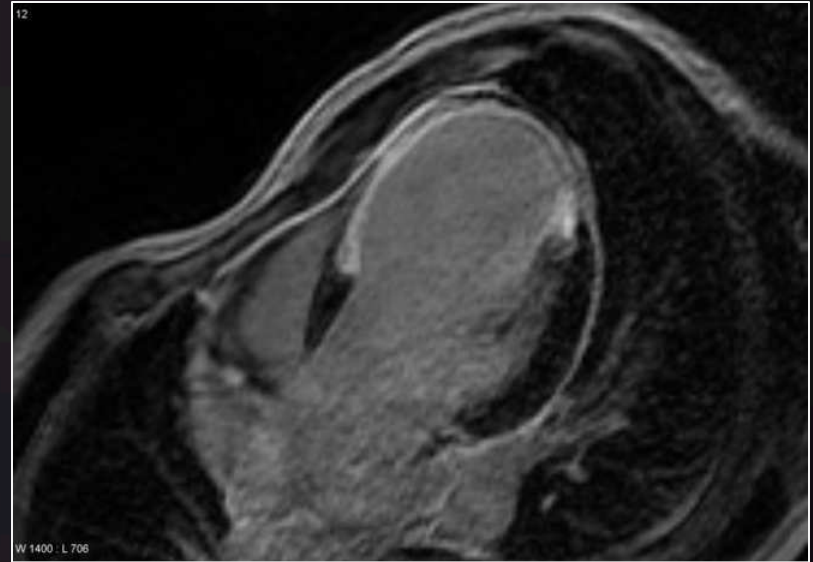
GAV



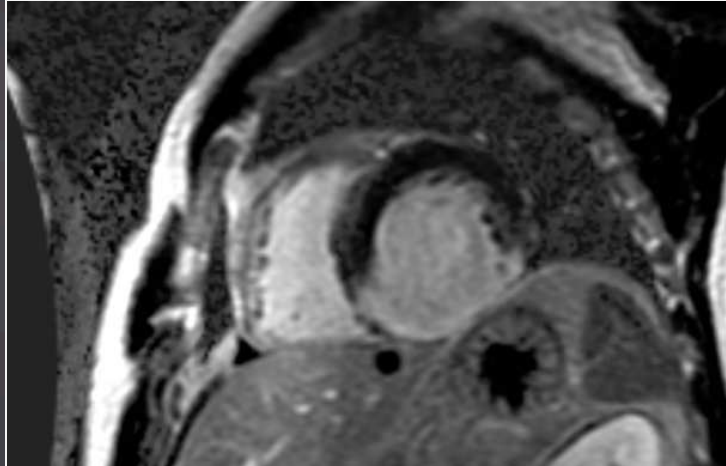
# M. D, Infarctus antérieur



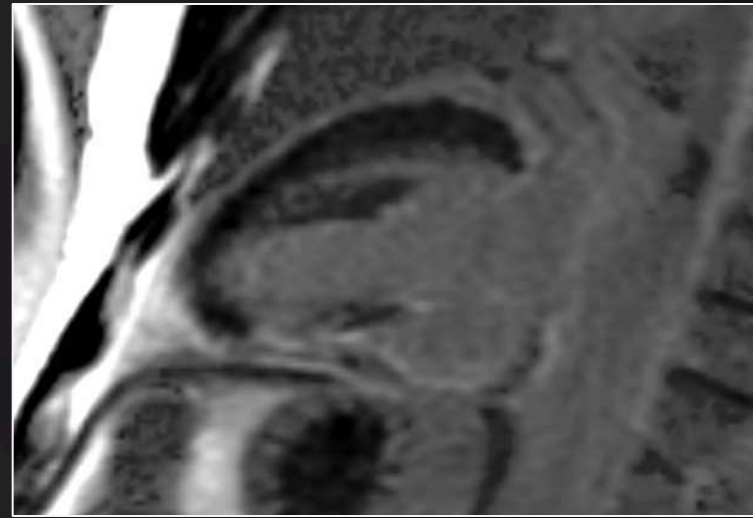
Séquelles  
d' IDM  
transmural  
Segments 7, 8,  
9, 13, 14, 15, 16  
et 17



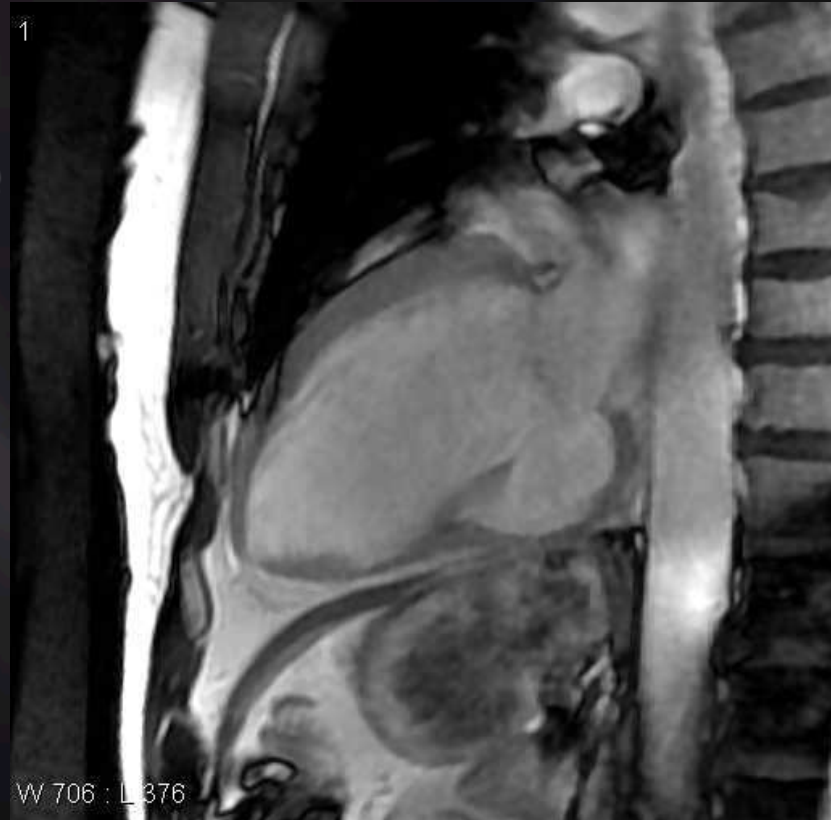
# M. C, infarctus inférieur



Séquelles  
d' IDM  
transmural  
inférieur étendu

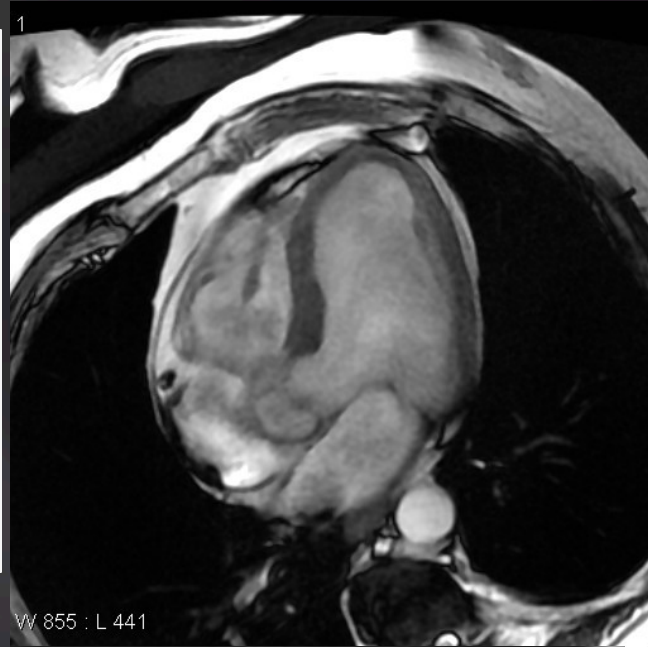
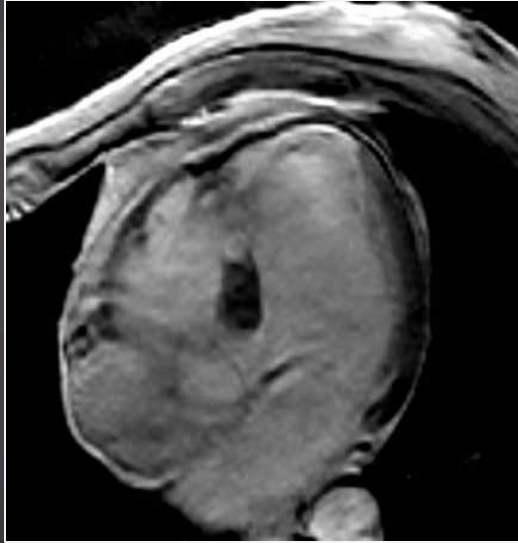


**Anévrisme  
postéro-  
basal !**



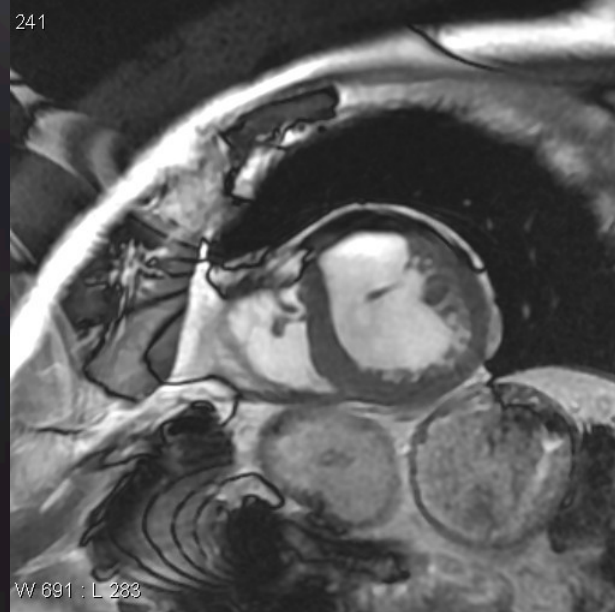
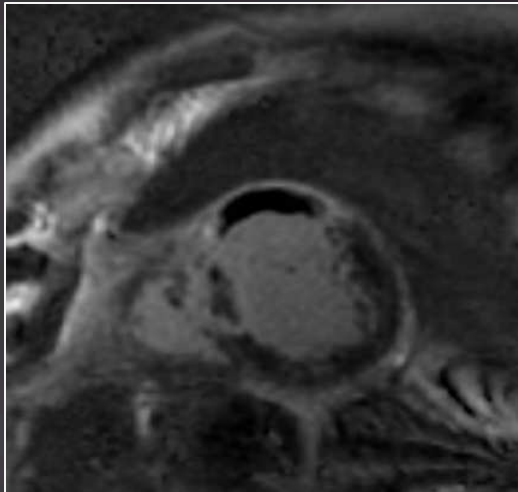
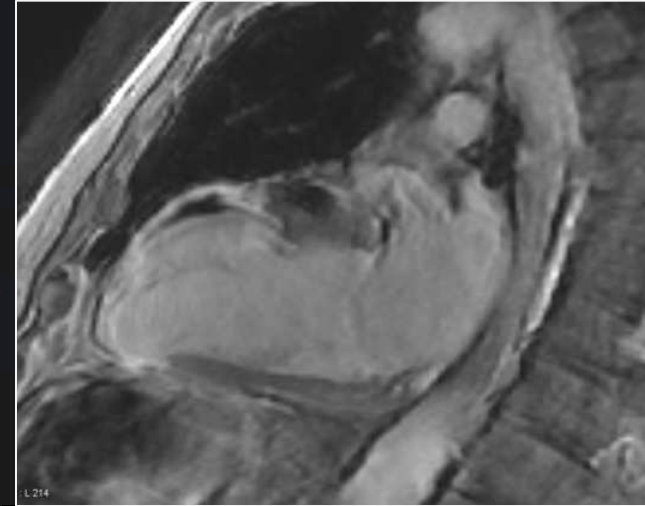
# M. G, infarctus ASA

Thrombus antérieur !

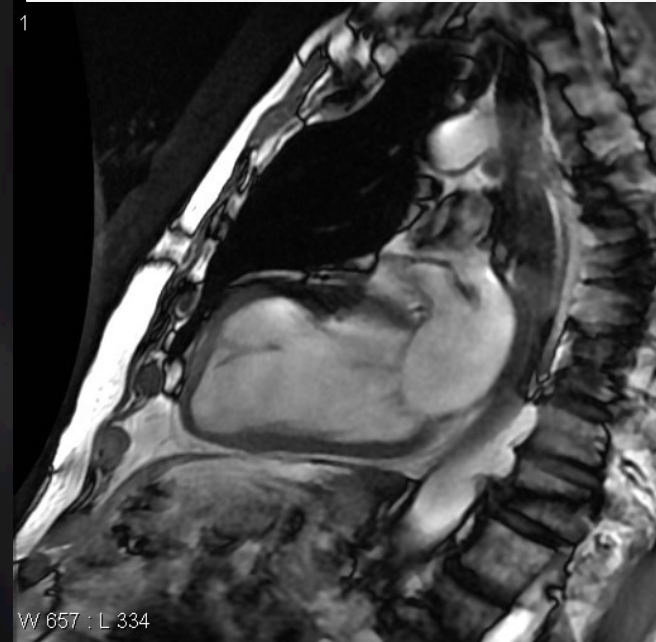


WV 855 : L 441

241



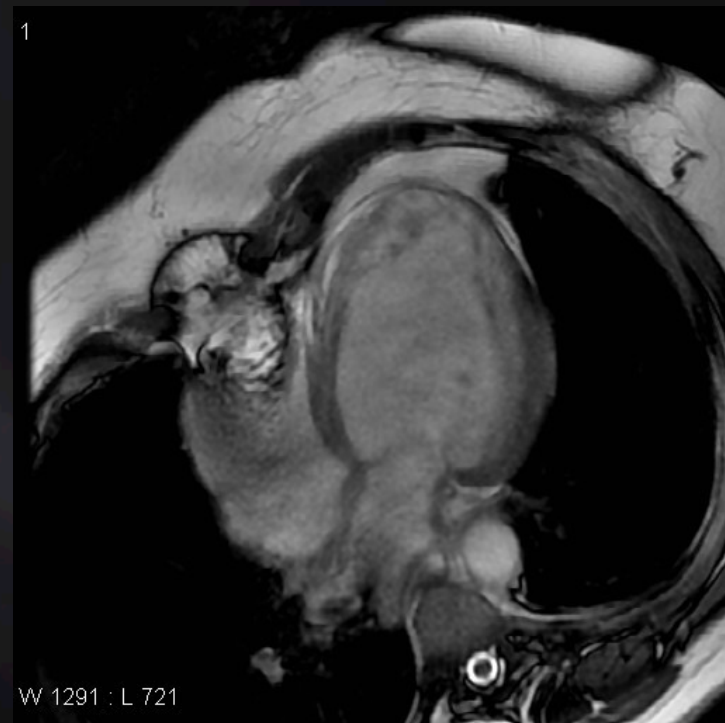
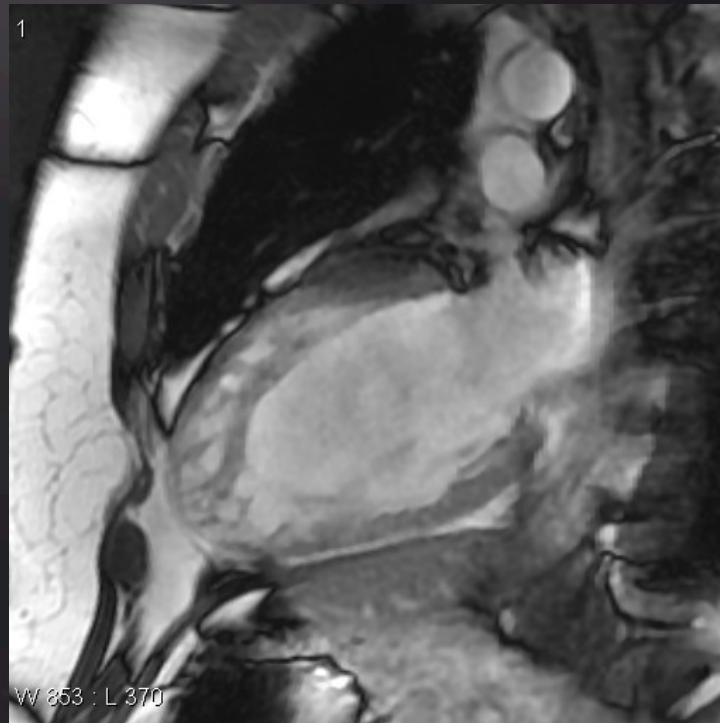
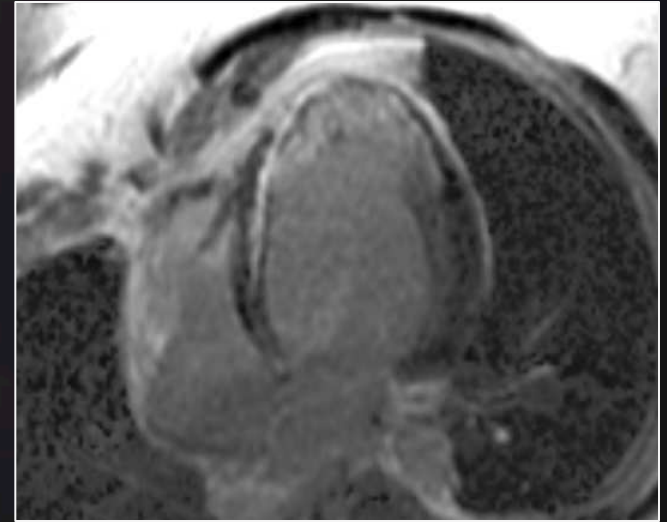
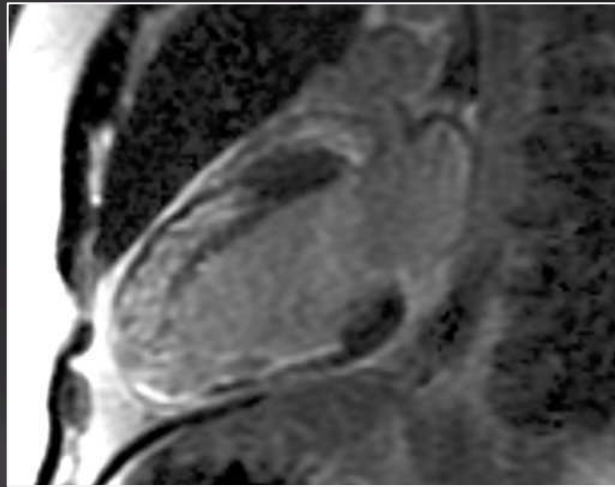
WV 691 : L 233



WV 657 : L 334

# M. A, infarctus ASA

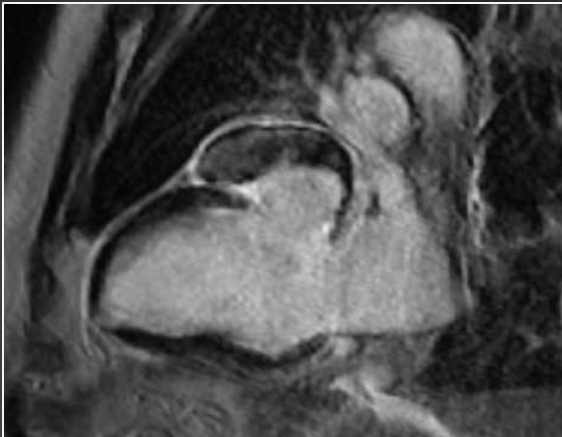
**Non compaction !**



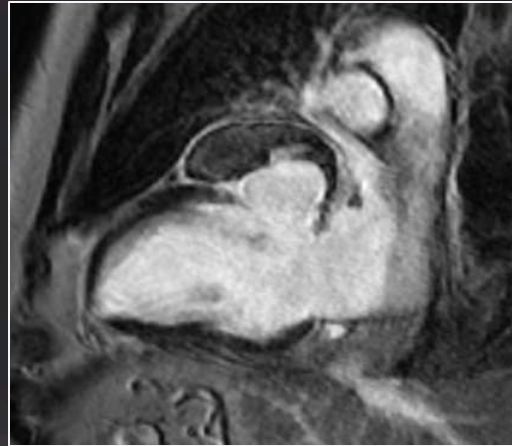
# M. V, IDM antérieur



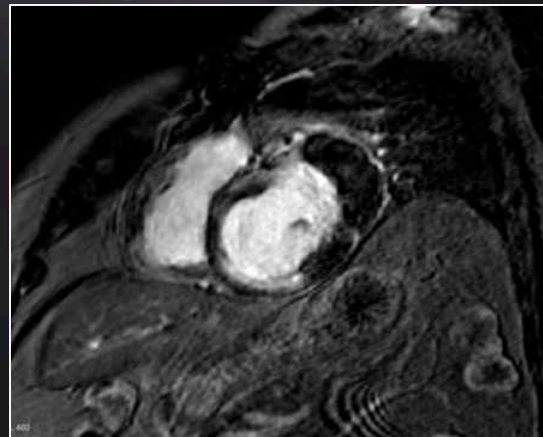
GAV Fiesta Gado



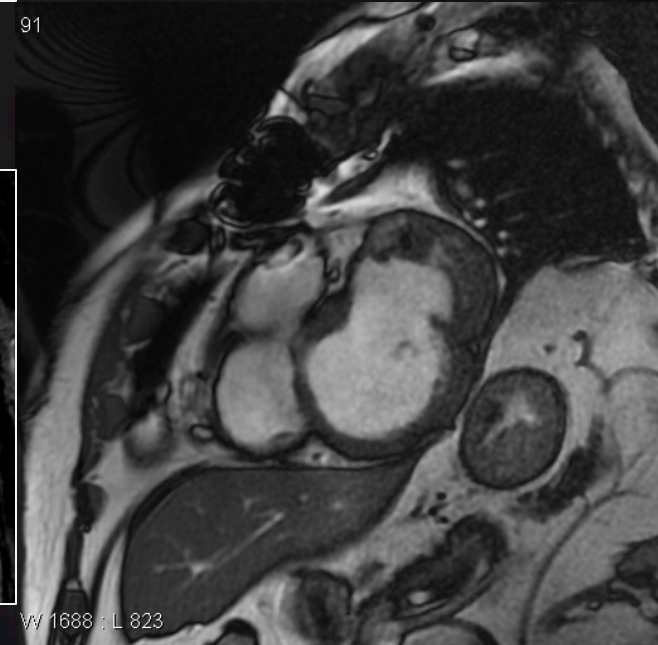
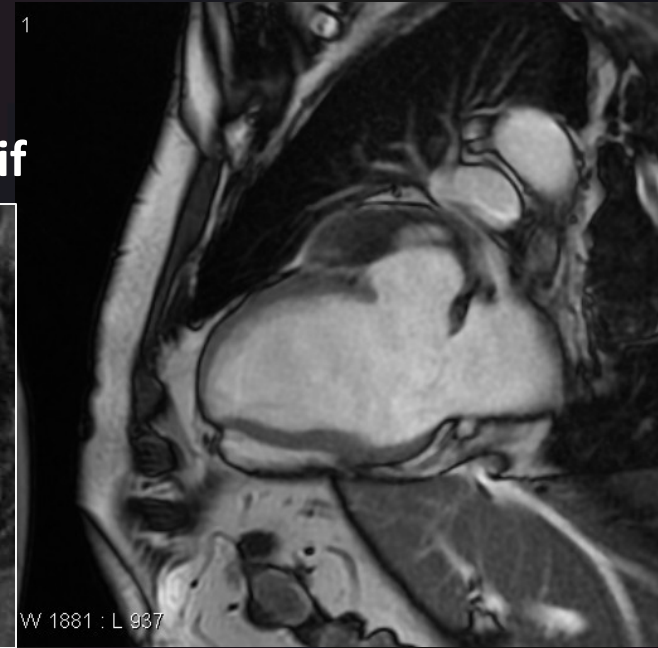
GAV oblique Fiesta Tardif



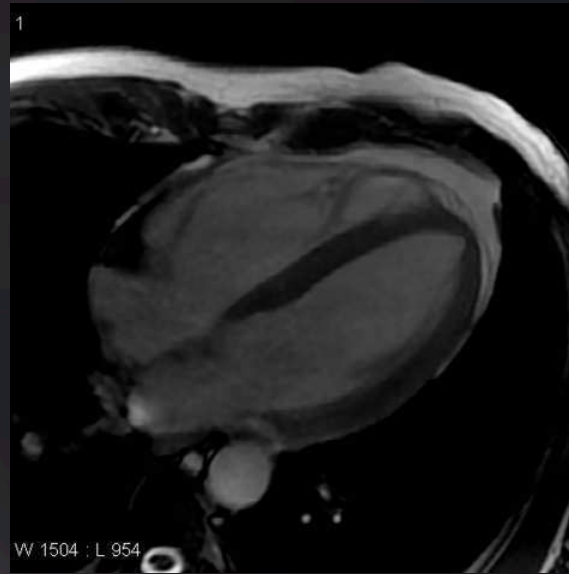
**Rupture  
myocardique !**



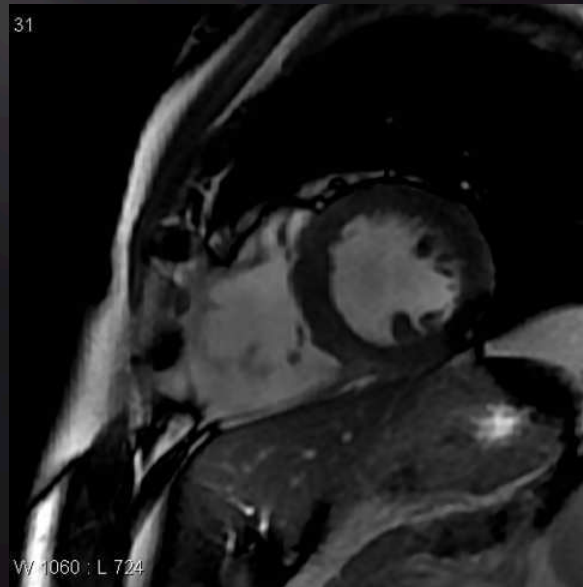
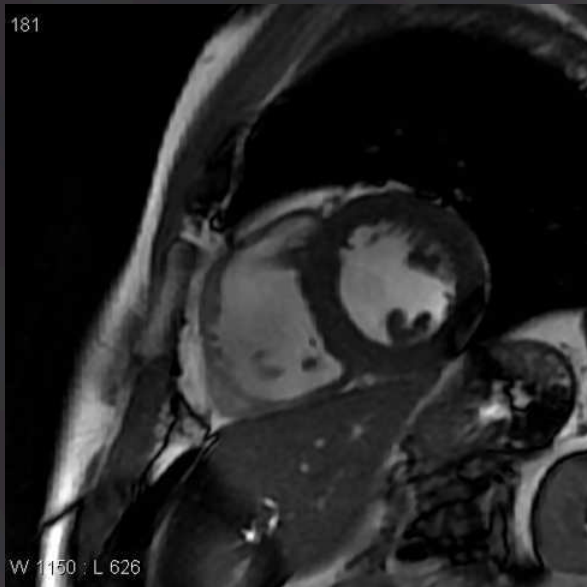
PA



# M. S, SCA, tropo +, coro normale



GAH

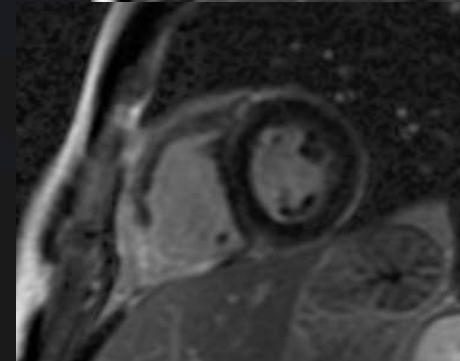
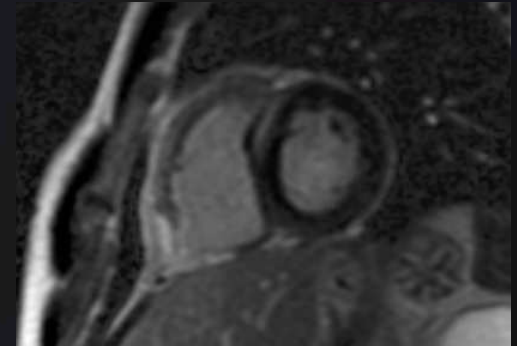


PA

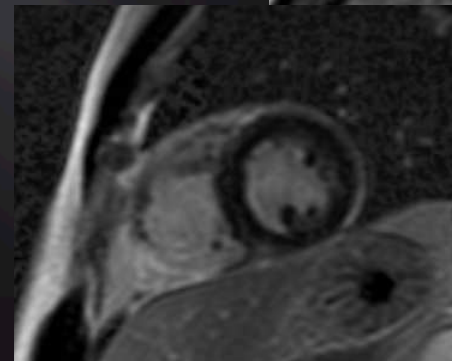
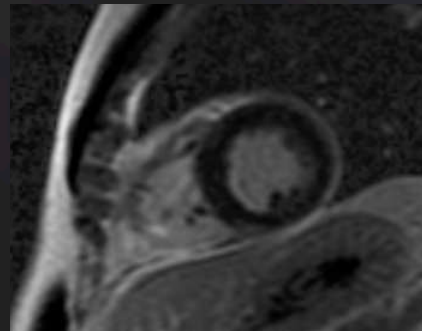
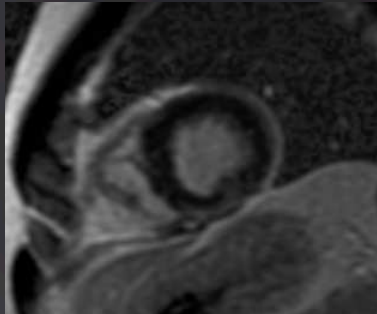
# M. S, SCA, tropo +, coro normale

**Infarctus de la  
paroi libre du VD!**

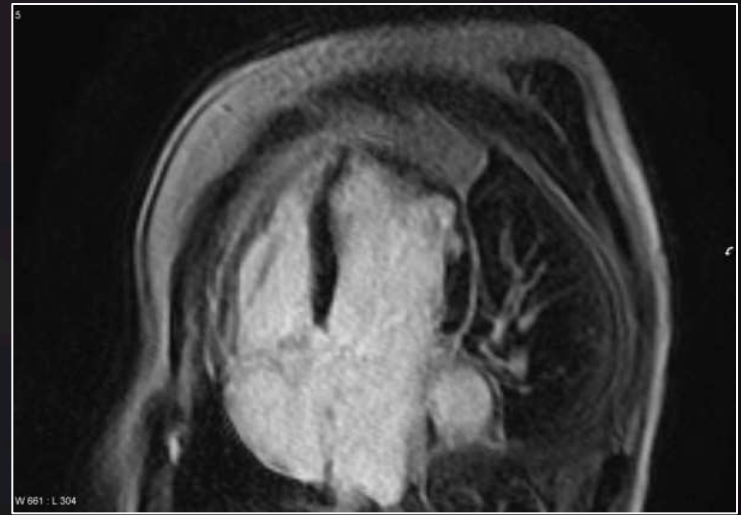
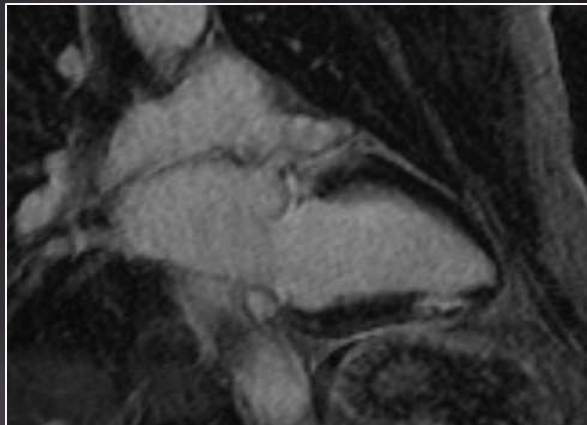
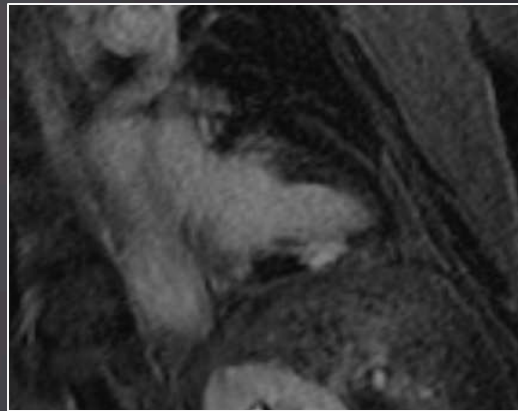
PA basal



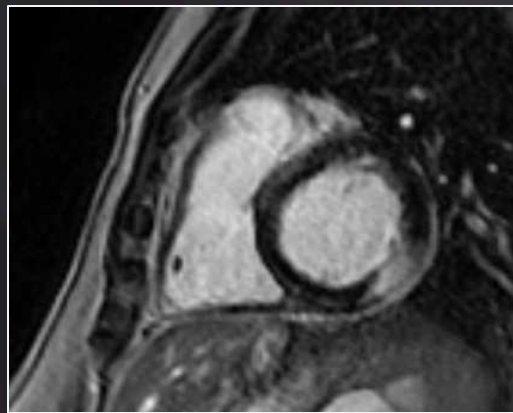
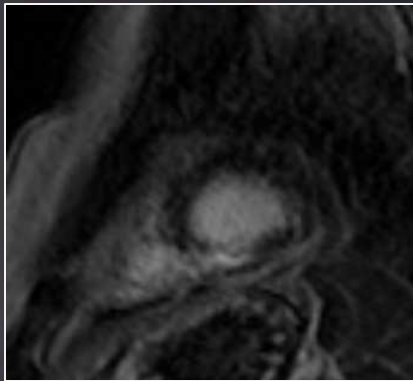
PA distal



# M. M, SCA, tropo +



**Emboles  
multiples !**



Merci de votre attention.