كلية الطب بالمنستير
FACULTÉ
DE Médecine
DE MONASTIR

Monitorage hémodynamique par échographie cardiaque

Dr Habiba BEN SIK ALI

Collège de réanimation médicale
« Module circulatoire »

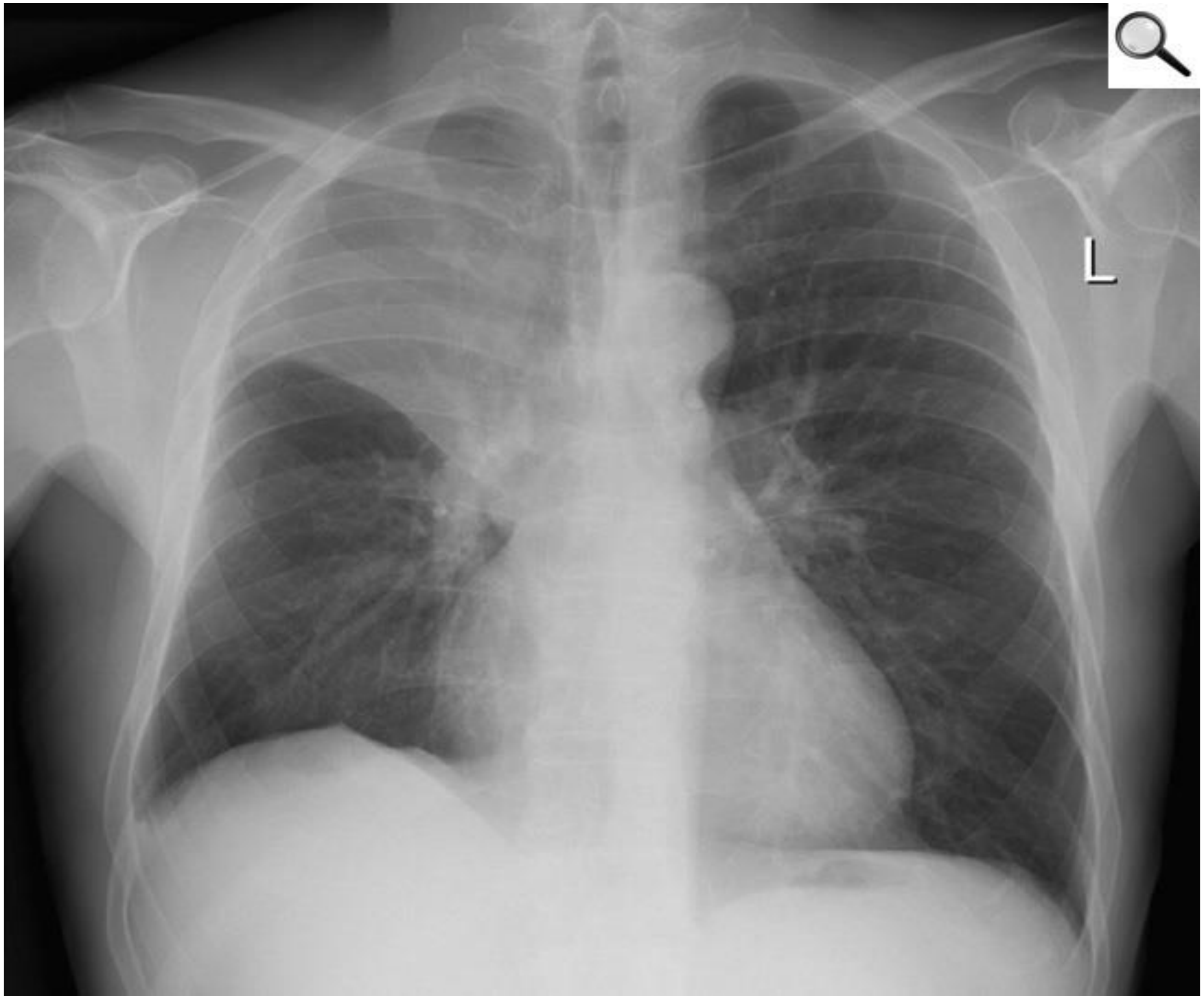
Le 06/06/2019

Vignette clinique

- Patient âgé de 72 ans, hypertendu et diabétique consulte aux urgences pour dyspnée avec toux et expectorations purulentes évoluant depuis 3 jours.

- A l'examen : ϴ=39.5°C, patient somnolent (Glasgow à 13), PA=87/48$_{mmHg}$, FC= 130$_{bpm}$, marbrures au niveau des genoux, FR= 36$_{cpm}$, SpO2= 82$_{\%}$ à l'air ambiant, râles crépitants au niveau du champs pulmonaire droit.

Radiographie du thorax



Bilan

- **Bilan sanguin:** GB : 20 000 élém/mm3, Hb: 12 g/dl, Plaquettes: 130 000 élém/mm3, Na+ : 133 mmol/L, K+ : 4.8 mmol/L, Cl- : 96 mmol/L, Glycémie : 18 mmol/L, Urée : 16 mmol/L, créatinine : 213 µmol/L, Bili totale: 44 µmol/L, TP : 100% .
- **GDS artériel sous MHC 10 l/min :** pH : 7.32, PaCO2 : 22 mmHg, PaO2 : 63 mmHg, HCO3- : 14 mmol/L, SaO2 : 89% , Lactates: 5 mmol/l.
- **ECG :** ACFA à 130 cpm

Prise en charge initiale

- Remplissage par 2500 ml de sérum physiologique
- Antibiothérapie par Claforan-Tavanic
- IOT
- Noradrénaline devant une PAM< 65 mmHg malgré remplissage

Prise en charge initiale

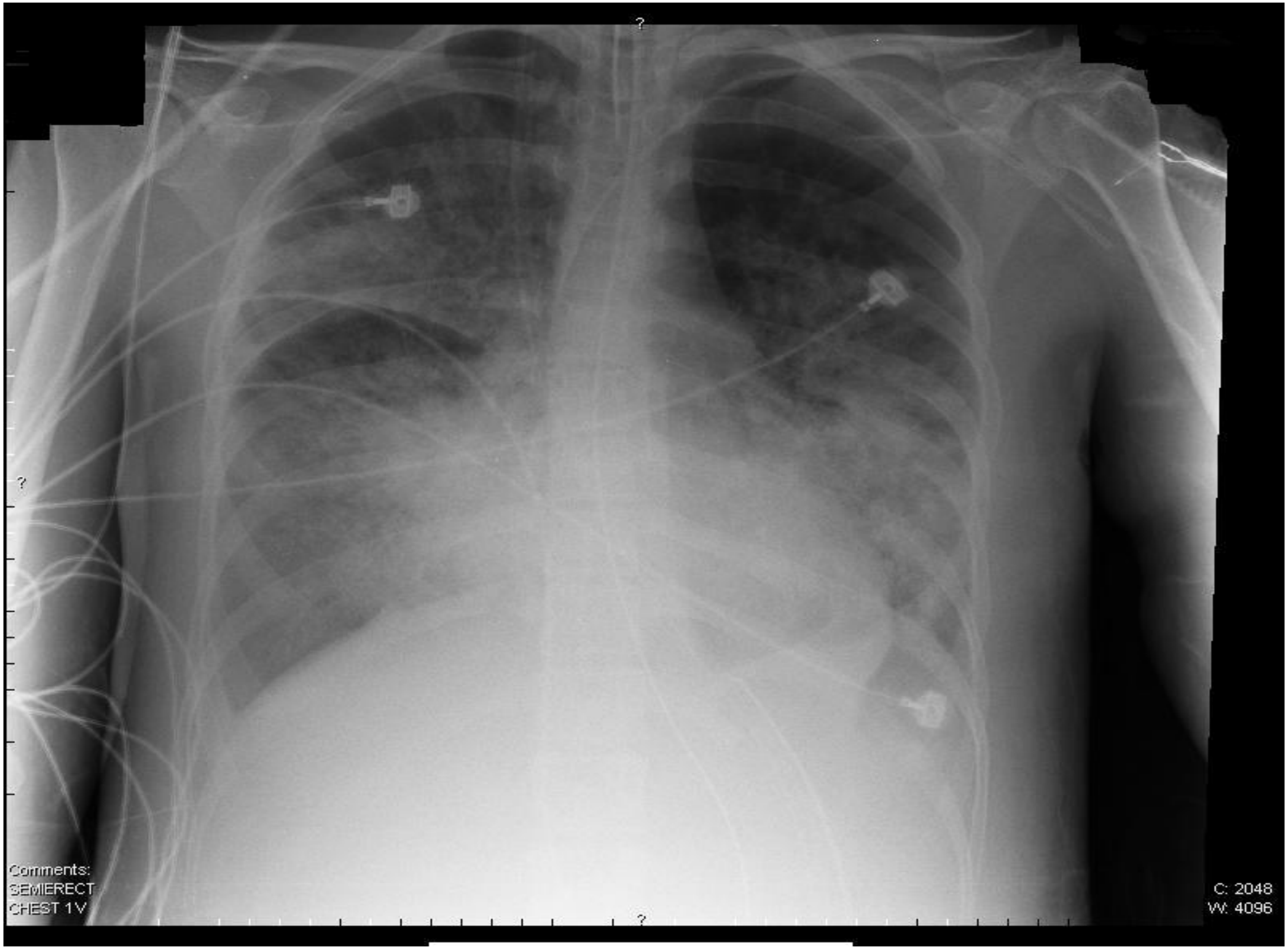
- Remplissage par 2500 ml de sérum physiologique
- Antibiothérapie par Claforan-Tavanic
- IOT
- Noradrénaline devant une PAM< 65 mmHg malgré remplissage

→ **Transfert en réanimation**

A l'admission en réanimation

- PAM= 58 $_{\text{mmHg}}$ sous 6 $_{\text{mg/h}}$ de Noradrénaline
- Persistance des marbrures
- Anurie
- GDS artériel (FiO2: 100$_{\%}$, PEEP: 8 $_{\text{cmH2O}}$): pH : 7.25, PaCO2 : 48 $_{\text{mmHg}}$, PaO2 : 92 $_{\text{mmHg}}$, HCO3- : 8 $_{\text{mmol/L}}$, SaO2 : 93$_{\%}$, Lactates: 6 mmol/l.

Radiographie du thorax à H6


?
?
Comments:
SEMIERECT
CHEST 1V
C: 2048
W: 4096
?

Quelle serait votre conduite à tenir?

SDRA?

SDRA?

Dysfonction cardiaque gauche?

SDRA?

Hypovolémie?

Dysfonction
cardiaque
gauche?

Remplissage vasculaire?

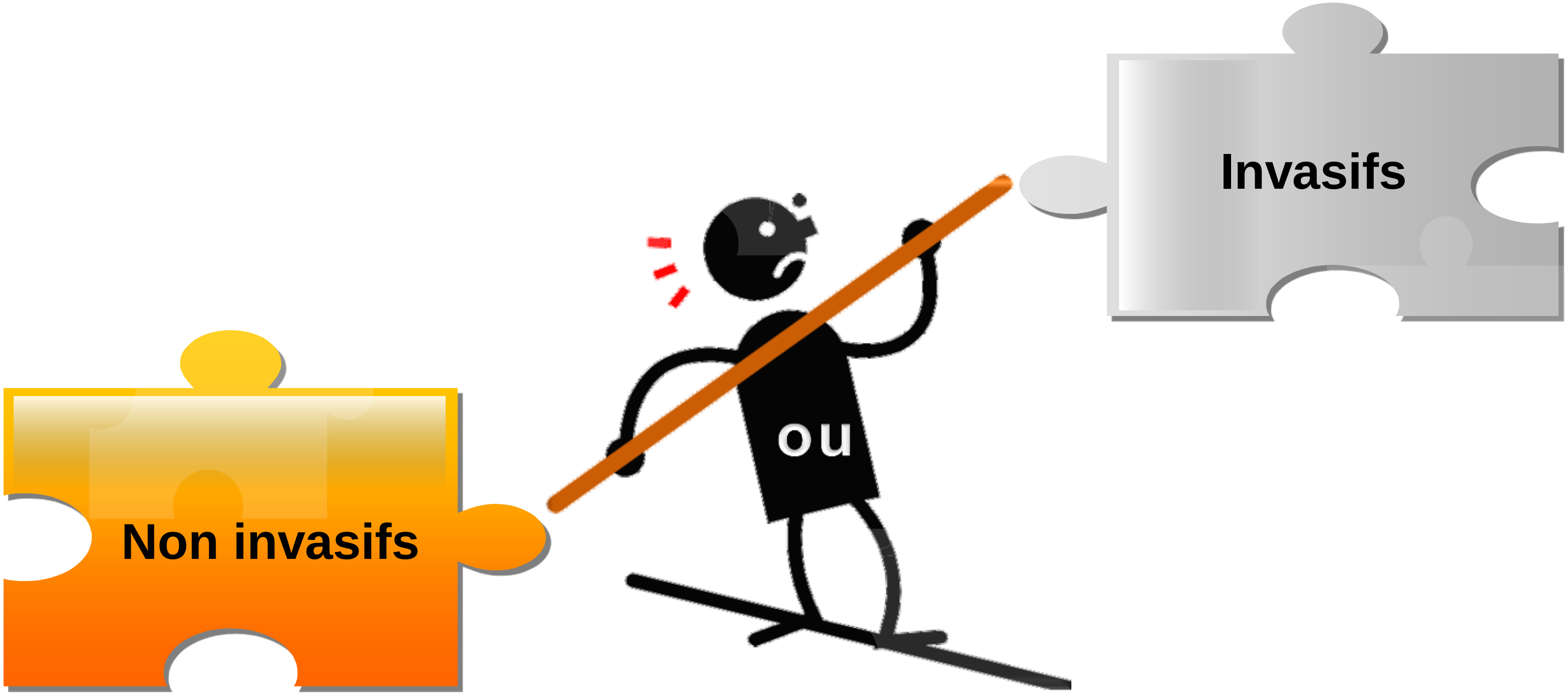
SDRA?

Hypovolémie?

Dysfonction cardiaque gauche?

Dobutamine?

Moyens

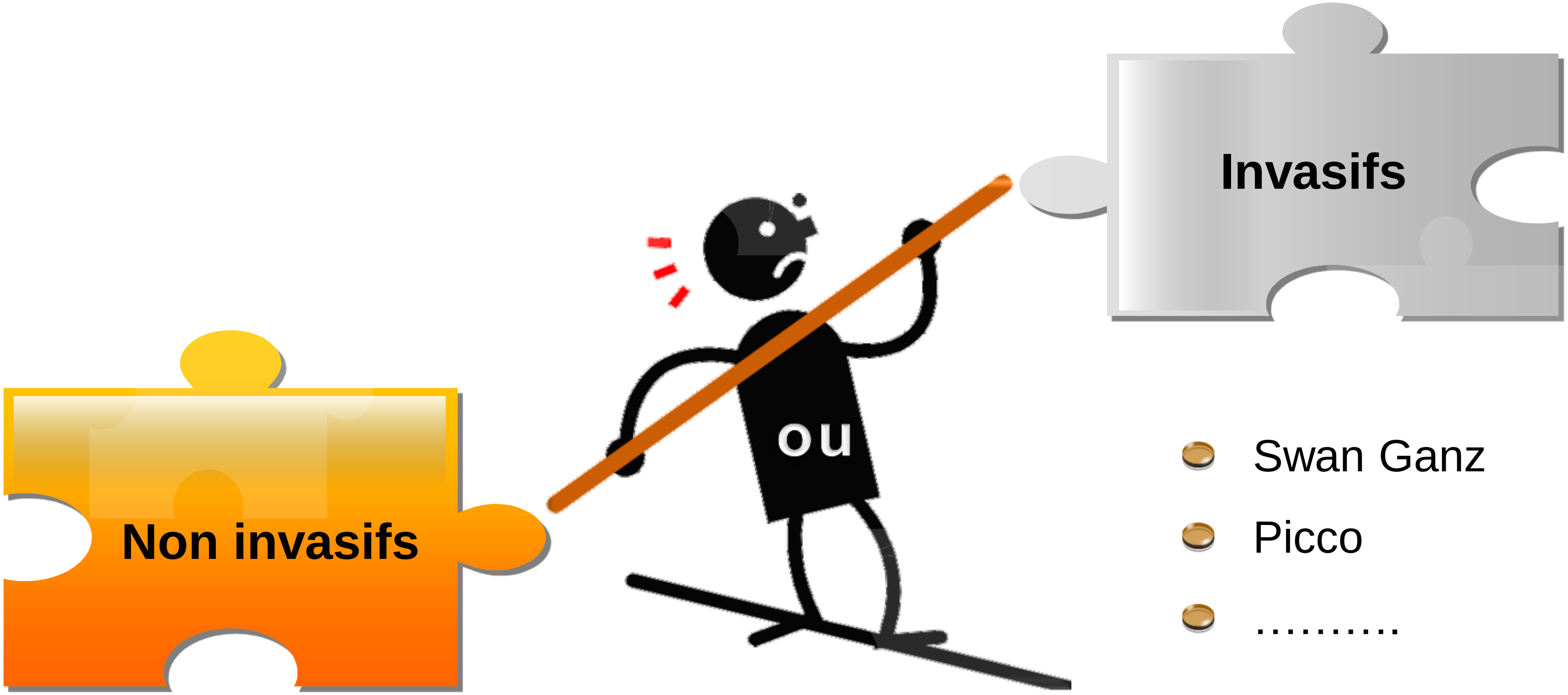


Non invasifs

ou

Invasifs

Moyens



Invasifs

- Swan Ganz
- Picco
- ……….

Non invasifs

- Test de lever de jambes
- Δ PP
- SvO2, ΔPCO2……

Moyens

Non invasifs

- Test de lever de jambes
- Δ PP
- SvO2, ΔPCO2
- **Echographie cardiaque**

Invasifs

- Swan Ganz
- Picco
- ……….

Echocardiographie

- Basée sur la réflexion des ultrasons sur les structures cardiaques pour produire des images
- Approche **rapide, non invasive, reproductible avec cout faible**
- Résultats **instantanés**
- Evaluation du myocarde, des valves, du péricarde, des gros vaisseaux et de la précharge

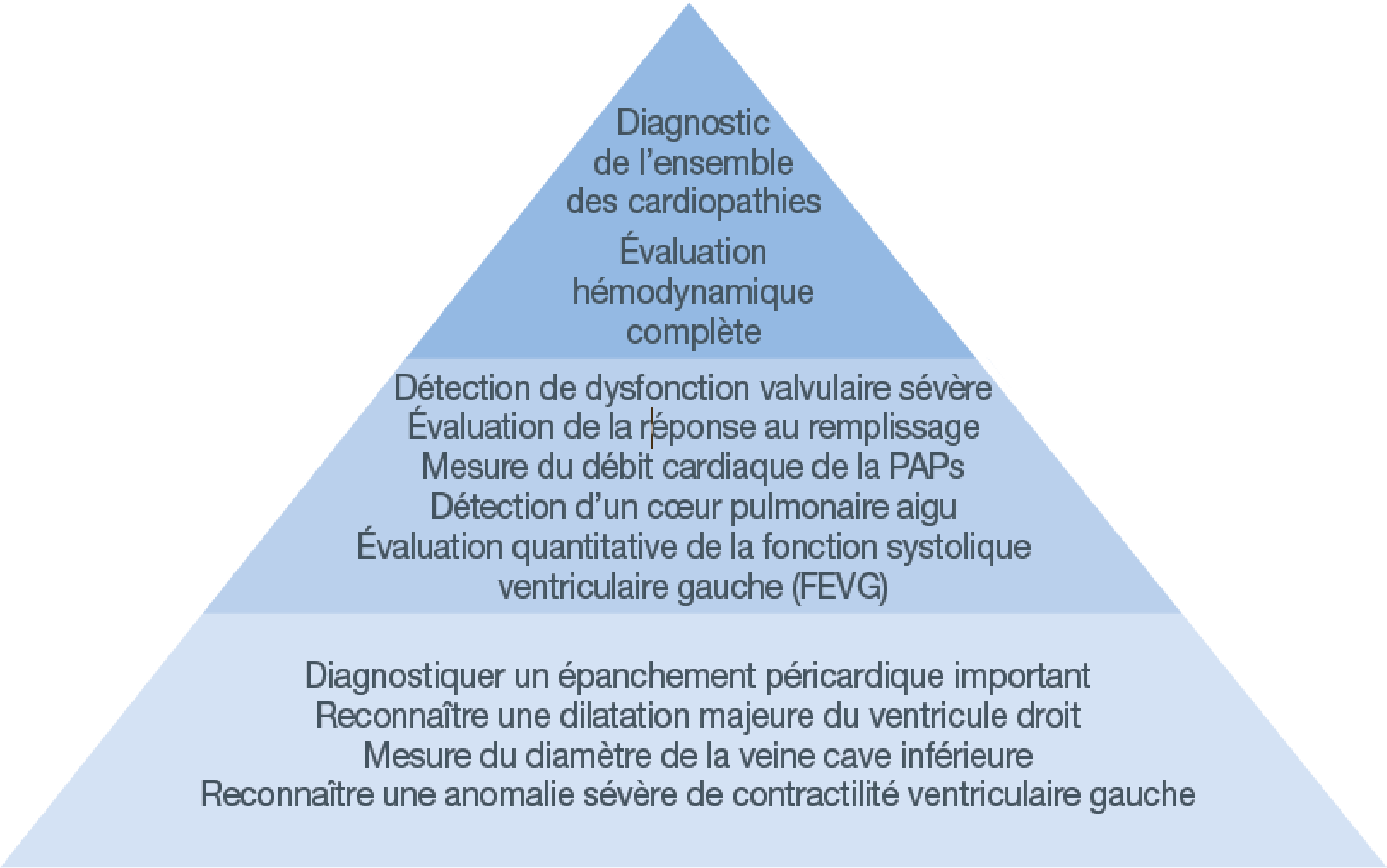
Echocardiographie en réanimation

- **40%** des patients admis en réanimation ont une anomalie cardiaque échographique significative qui est ignorée par la clinique dans plus de **75%** des cas
- L'ETT permet d'exclure ou d'affirmer l'origine **cardiogénique** d'un état de choc avec une sensibilité, une spécificité, une VPN et VPP de $100_{\%}$, $95_{\%}$, $97_{\%}$ et $100_{\%}$ respectivement.

Echocardiographie en réanimation

- Appréciation de la **volémie**
- Diagnostic **OAP** cardiogénique vs lésionnel
- Adaptation des amines dans l'état de **choc septique**
- **SDRA**: dysfonction VD?

Pyramide des compétences d'échocardiographie en réanimation



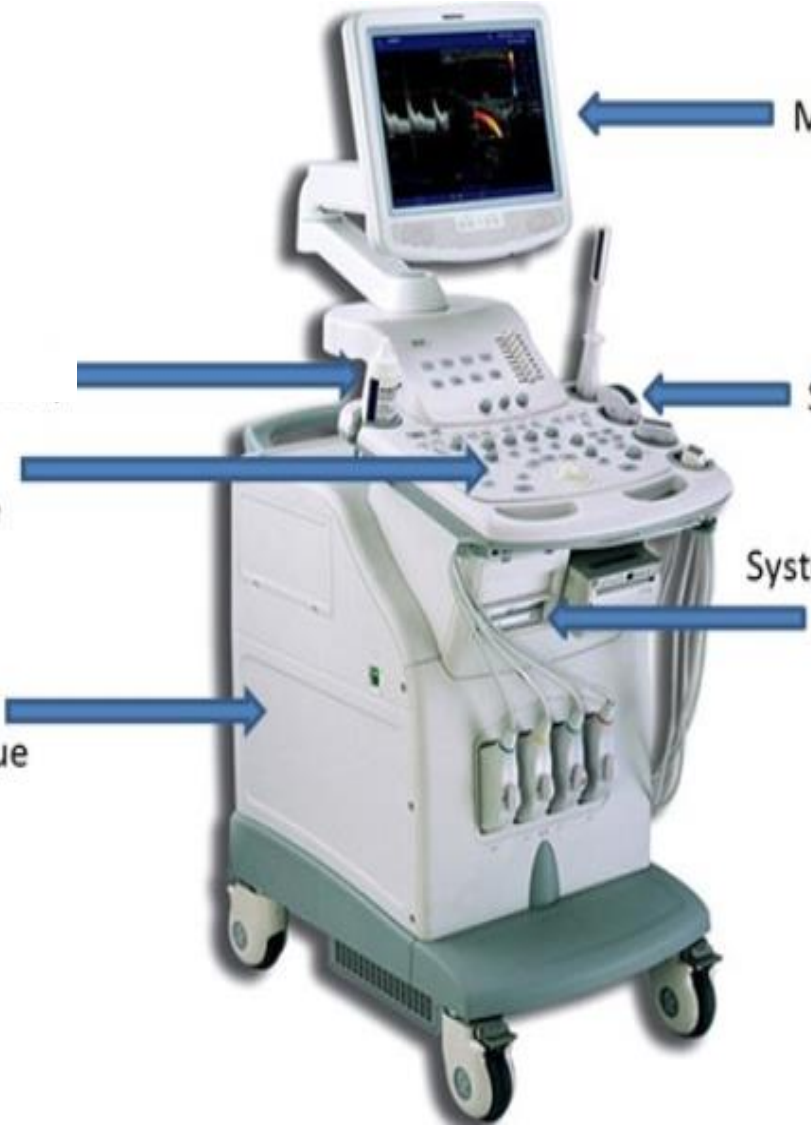
Diagnostic
de l'ensemble
des cardiopathies

Évaluation
hémodynamique
complète

Détection de dysfonction valvulaire sévère
Évaluation de la réponse au remplissage
Mesure du débit cardiaque de la PAPs
Détection d'un cœur pulmonaire aigu
Évaluation quantitative de la fonction systolique
ventriculaire gauche (FEVG)

Diagnostiquer un épanchement péricardique important
Reconnaître une dilatation majeure du ventricule droit
Mesure du diamètre de la veine cave inférieure
Reconnaître une anomalie sévère de contractilité ventriculaire gauche

Echocardiographie en réanimation



Moniteur (écran)

Gel

Sonde

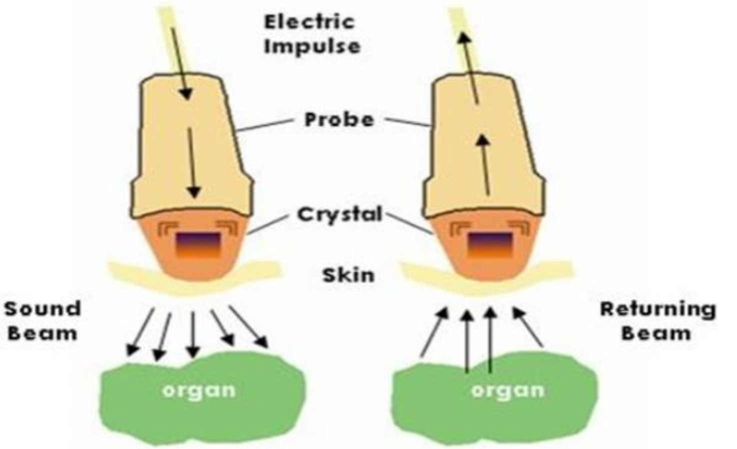
Console de commande

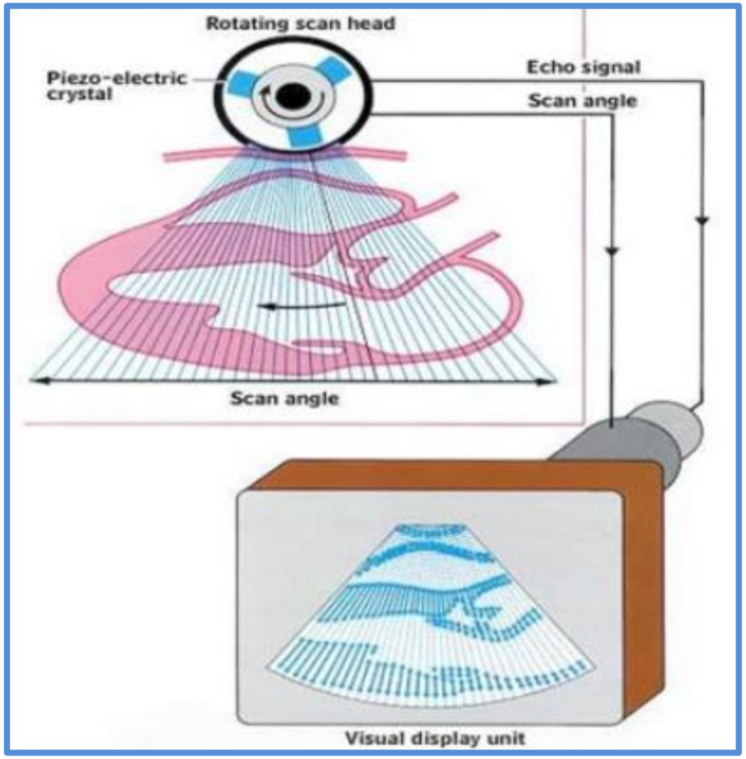
Système d'enregistrement des données

Système informatique

Quelques principes physiques

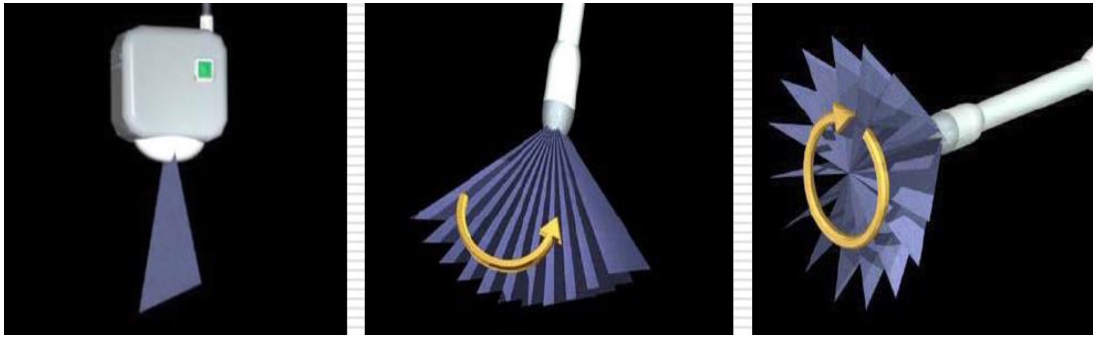
- **Production** d'ultra sons
- **Réflexion** sur les structures cardiaques
- Signal traduit par une **image visuelle**

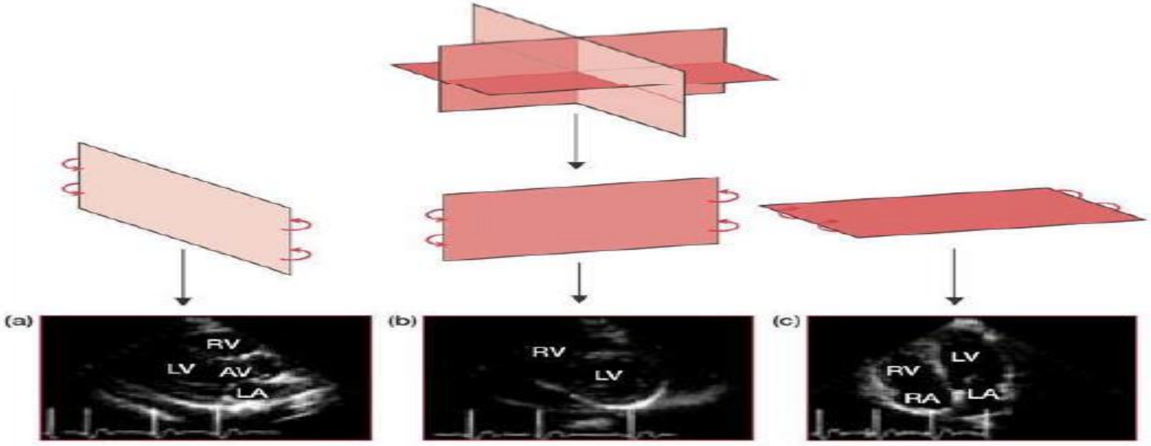

Electric Impulse
Probe
Crystal
Skin
Sound Beam
Returning Beam
organ
organ


Rotating scan head
Piezo-electric crystal
Echo signal
Scan angle
Scan angle
Visual display unit

Mouvements du capteur

- Rotation horaire ou anti-horaire
- Béquillage ou inclinaison vers le haut (ou antérieur), vers le bas (ou postérieur), vers la gauche (ou interne), vers la droite (ou externe).




(a)
RV
LV
AV
LA
(b)
RV
LV
(c)
LV
RV
RA
LA

Différentes modalités d’imagerie

- Uni dimensionnelle (TM)
- Bi dimensionnelle
- Doppler

Différentes modalités d'imagerie

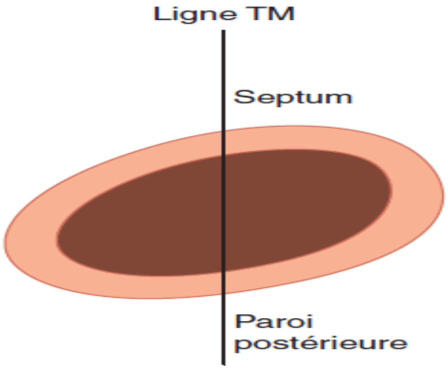
Mode temps-Mouvement (TM) ou unidimensionnel

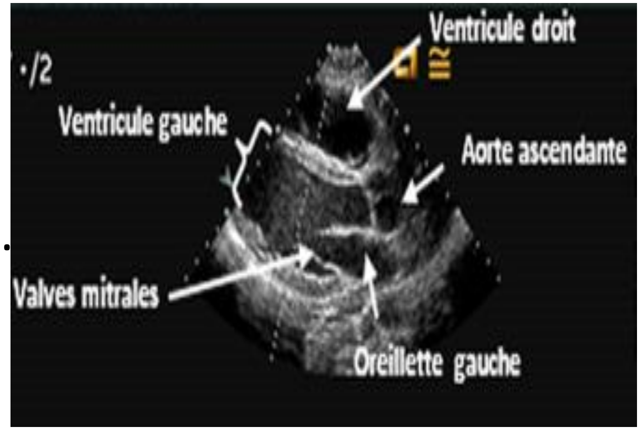
- Image obtenue par émission d'un **seul** ultrason ou ligne

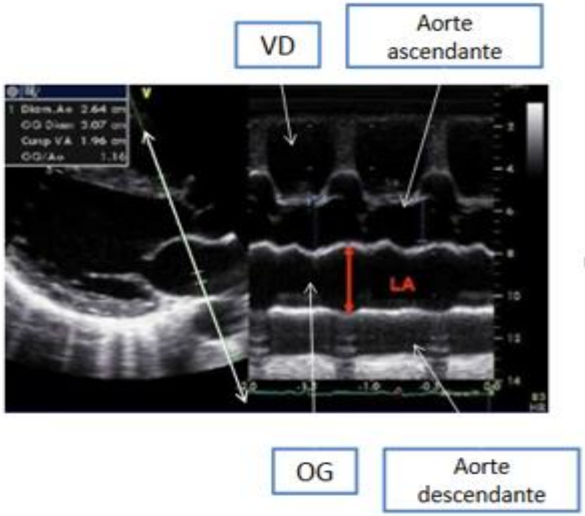
appelée ligne TM

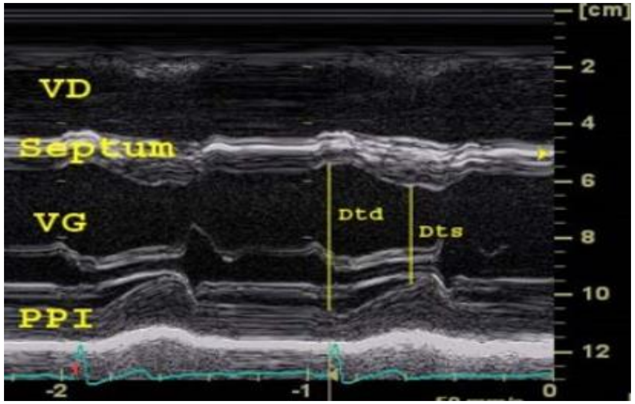
- Etude des structures traversées par un tir ultrasonore

- Etude de l'épaisseur des parois, diamètre des cavités ...


Ligne TM
Septum
Paroi postérieure

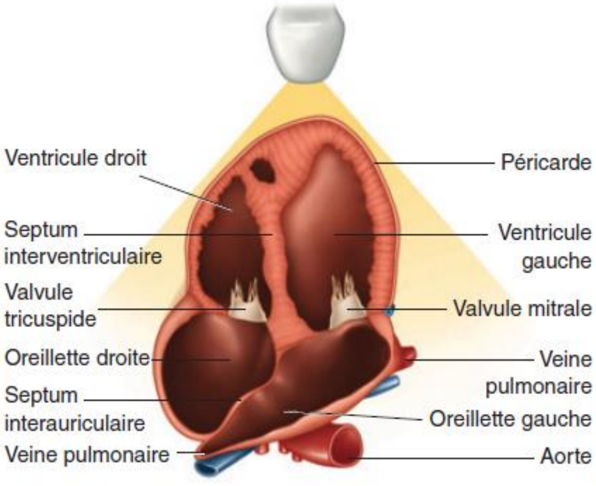

Ventricule droit
Ventricule gauche
Aorte ascendante
Valves mitrales
Oreillette gauche


VD
Aorte ascendante
Diam.Ao 2.64 cm
OG Diam 3.07 cm
Cusp VA 1.96 cm
OG/Ao 1.16
LA
OG
Aorte descendante

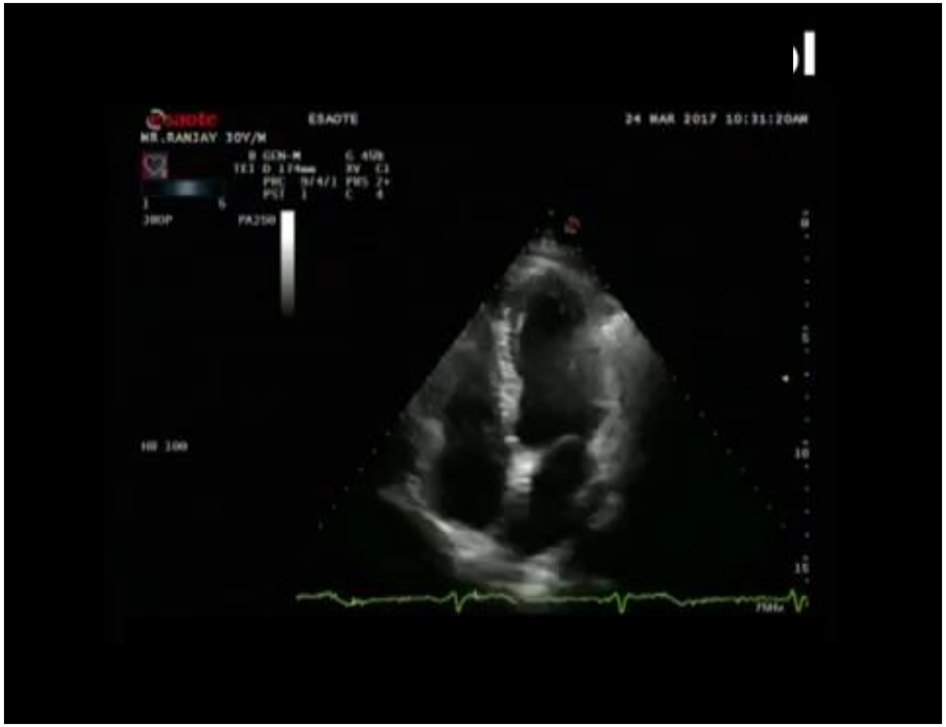

[cm]
VD
Septum
VG
Dtd
Dts
PPI
2
4
6
8
10
12
-2
-1
0

Différentes modalités d’imagerie

- Mode temps-Mouvement (TM) ou unidimensionnel

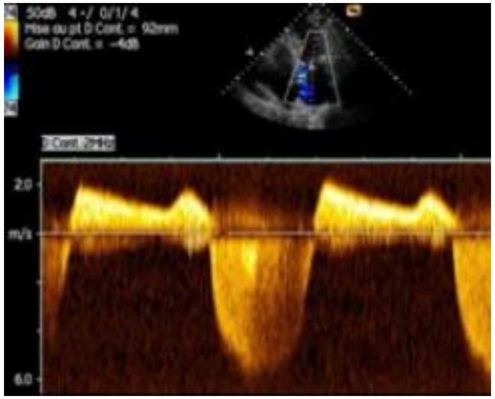

Ventricule droit
Péricarde
Septum interventriculaire
Ventricule gauche
Valvule tricuspide
Valvule mitrale
Oreillette droite
Veine pulmonaire
Septum interauriculaire
Oreillette gauche
Veine pulmonaire
Aorte

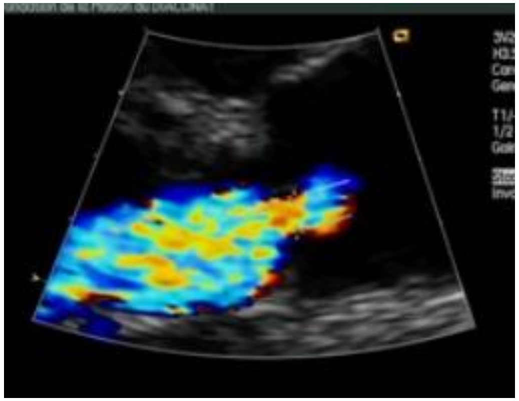
- **Mode Bi dimensionnel:**
  - Faisceau d’ultrasons composé de **milliers de lignes**
  - Etude: taille des cavités, structure et fonctionnement des valves, mobilité des parois


ESAOTE
24 MAR 2017 10:31:20AM

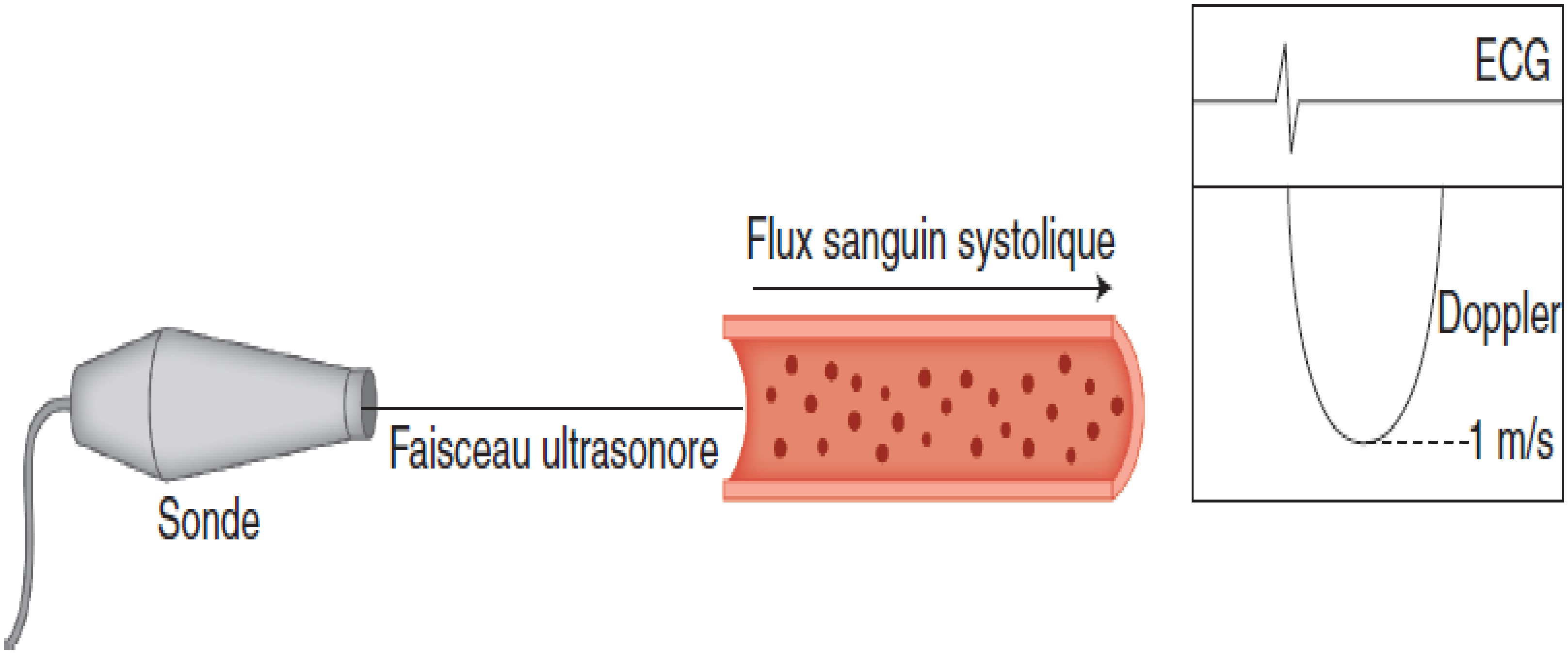
Différentes modalités d'imagerie

- Mode temps-Mouvement (TM) ou unidimensionnel
- Mode bi dimensionnel
- **Mode doppler:**
    - Analyse du déplacement des flux sanguins dans le cœur
    - Le sens de déplacement du sang, sa vitesse peuvent être déterminés


50dB 4·/ 0/1/4
Mise au pt D Cont. = 92mm
Gain D Cont. = -4dB
D Cont. 2MHz
2.0
m/s
6.0



Doppler


Flux sanguin systolique
Sonde
Faisceau ultrasonore
ECG
Doppler
1 m/s

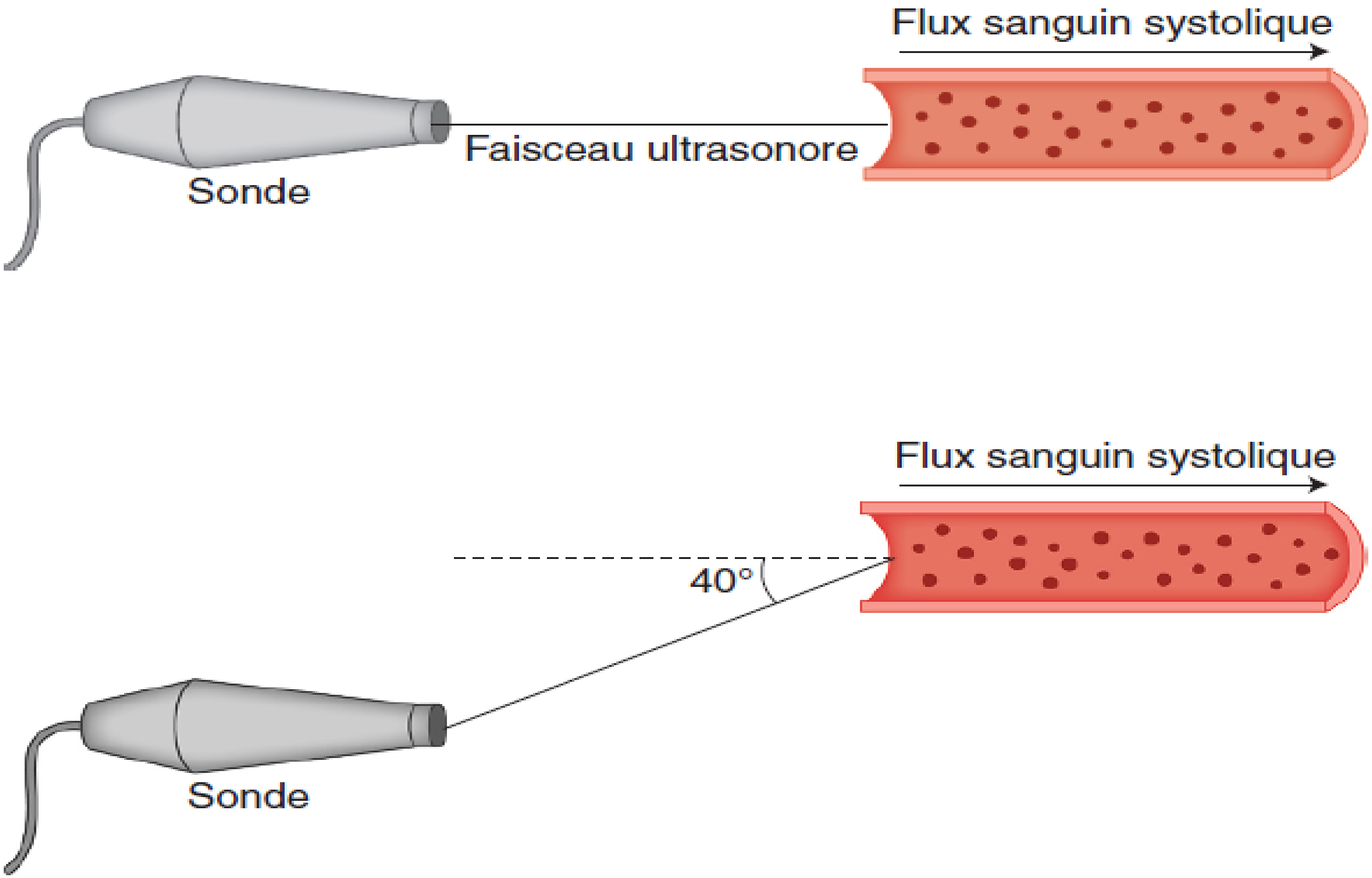
Équation Doppler

$$V = \Delta F \times c / (2 \times Fe \times \cos \theta)$$

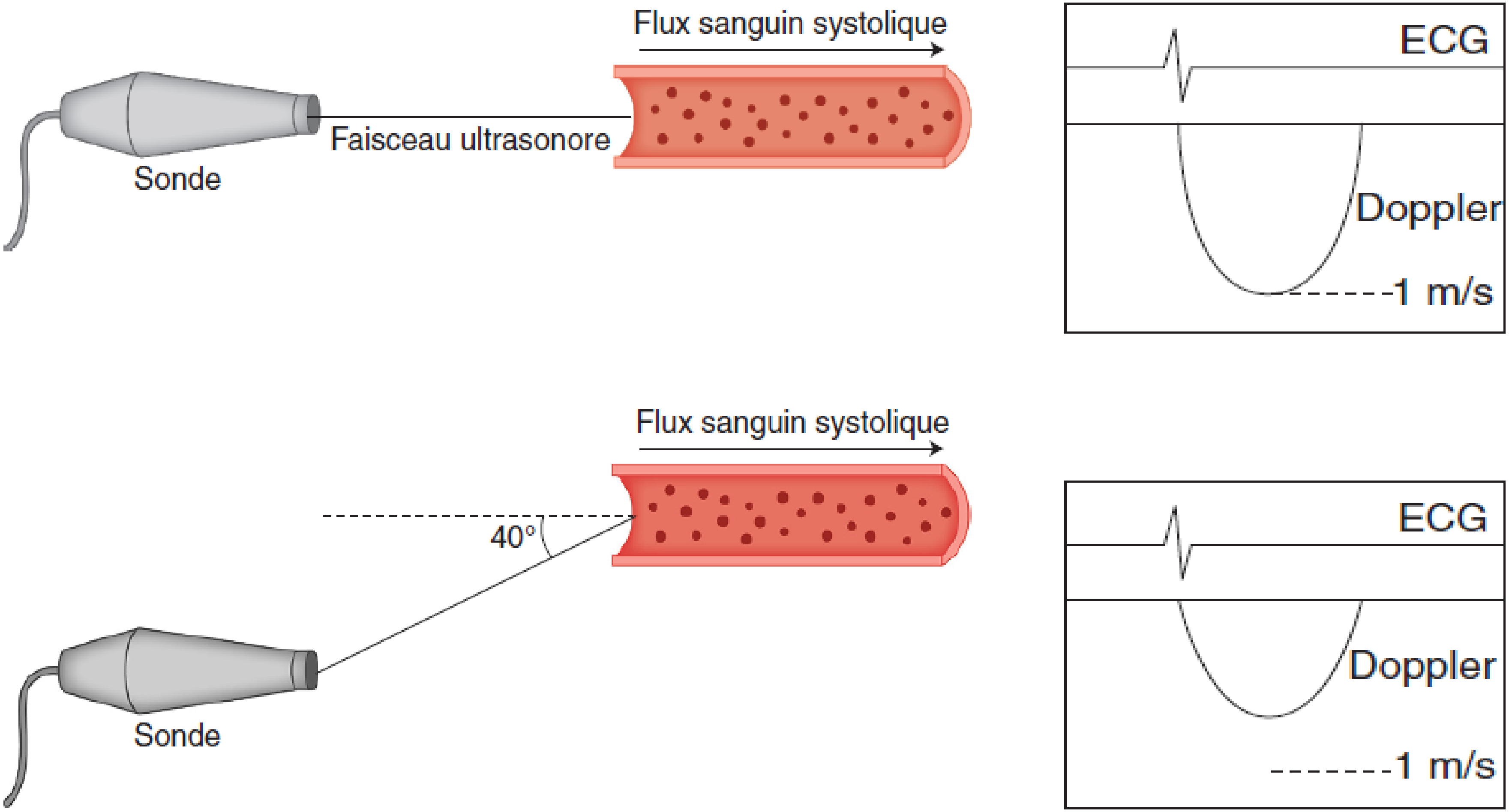
$$\Delta P = 4v^2$$

V: vitesse du flux sanguin
C: vitesse de propagation des ultrasons dans les tissus mous (1540 m/s)
ΔF: différence entre la fréquence émise (Fe) et réfléchie (Fr)
Θ: angle entre le flux sanguin et l'ultrason émis

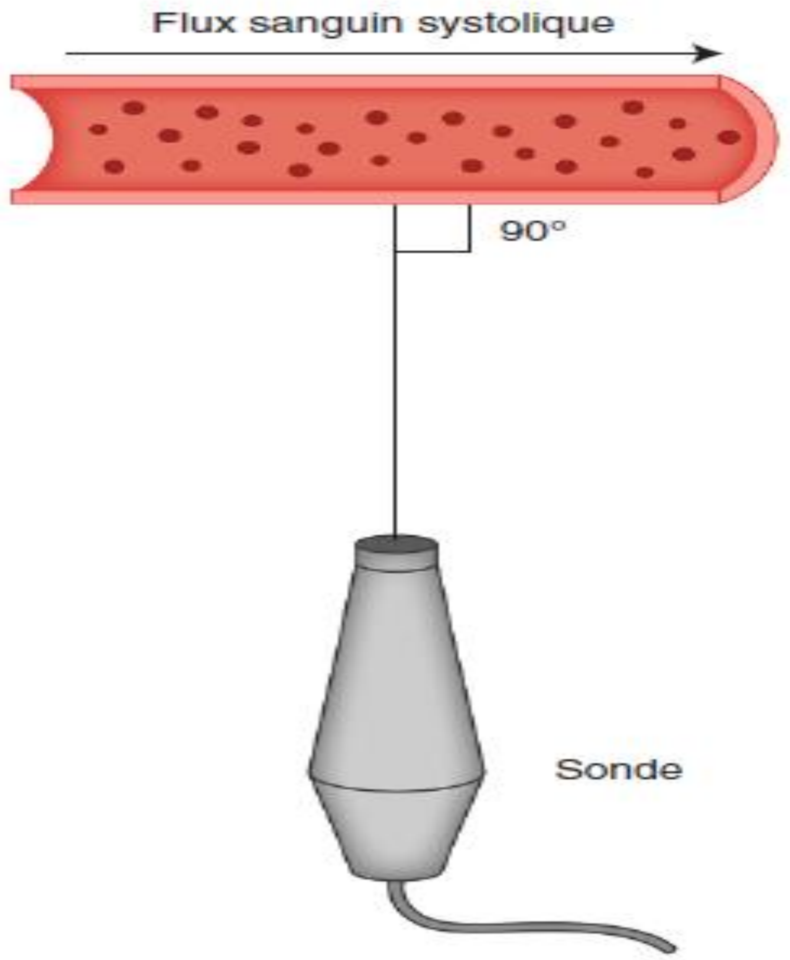
Doppler


Flux sanguin systolique
Faisceau ultrasonore
Sonde
Flux sanguin systolique
40°
Sonde

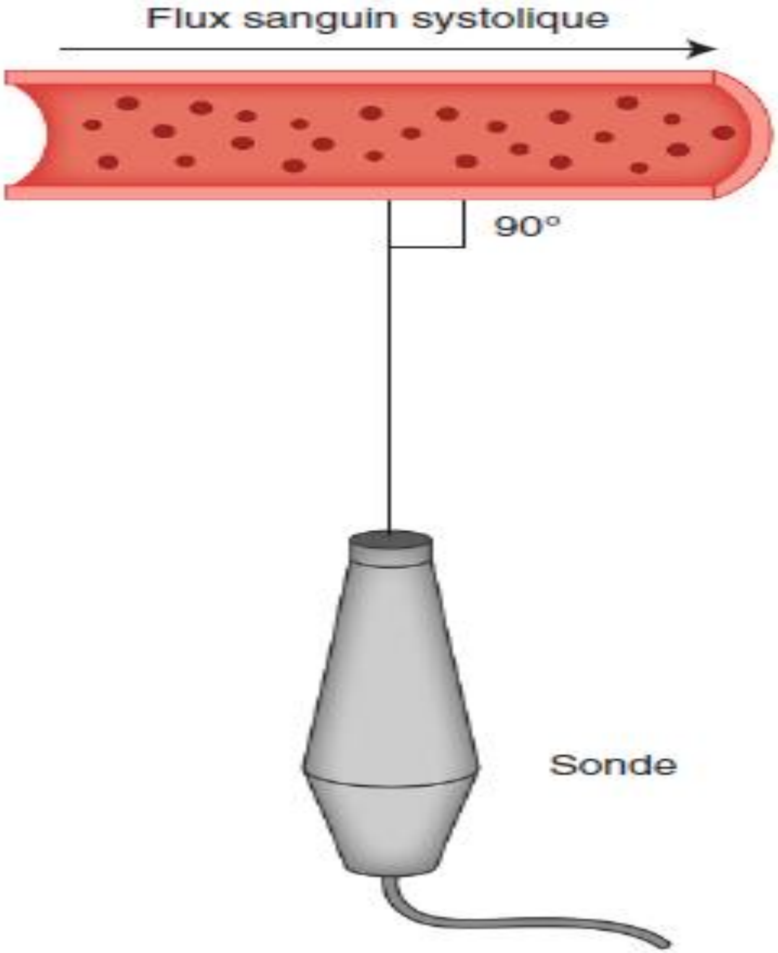
Doppler

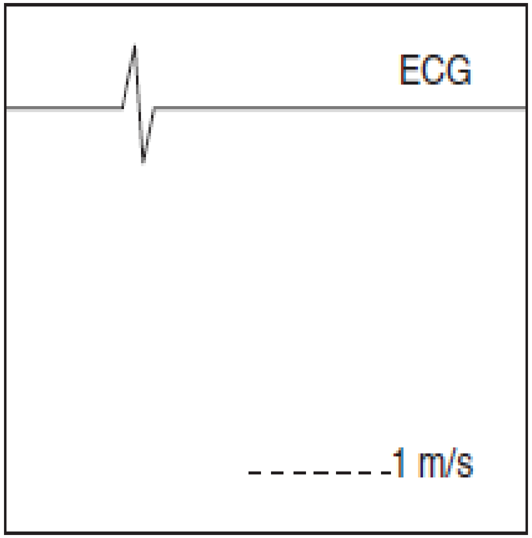

Flux sanguin systolique
Sonde
Faisceau ultrasonore
ECG
Doppler
1 m/s
Flux sanguin systolique
40°
Sonde
ECG
Doppler
1 m/s

Doppler


Flux sanguin systolique
90°
Sonde

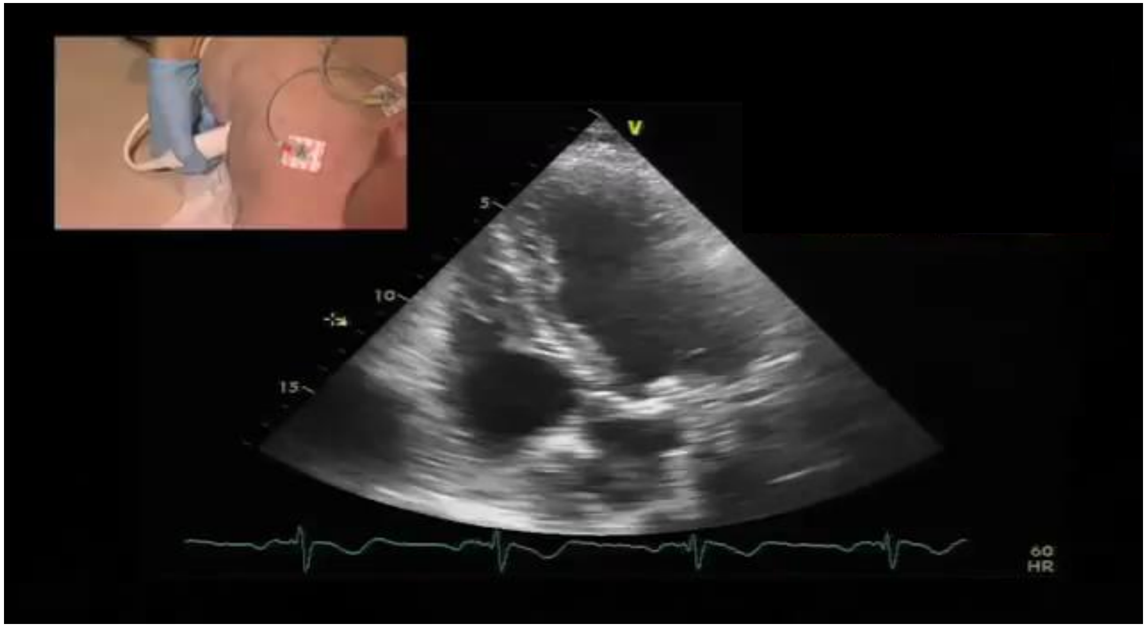
Doppler


Flux sanguin systolique
90°
Sonde



Doppler continu

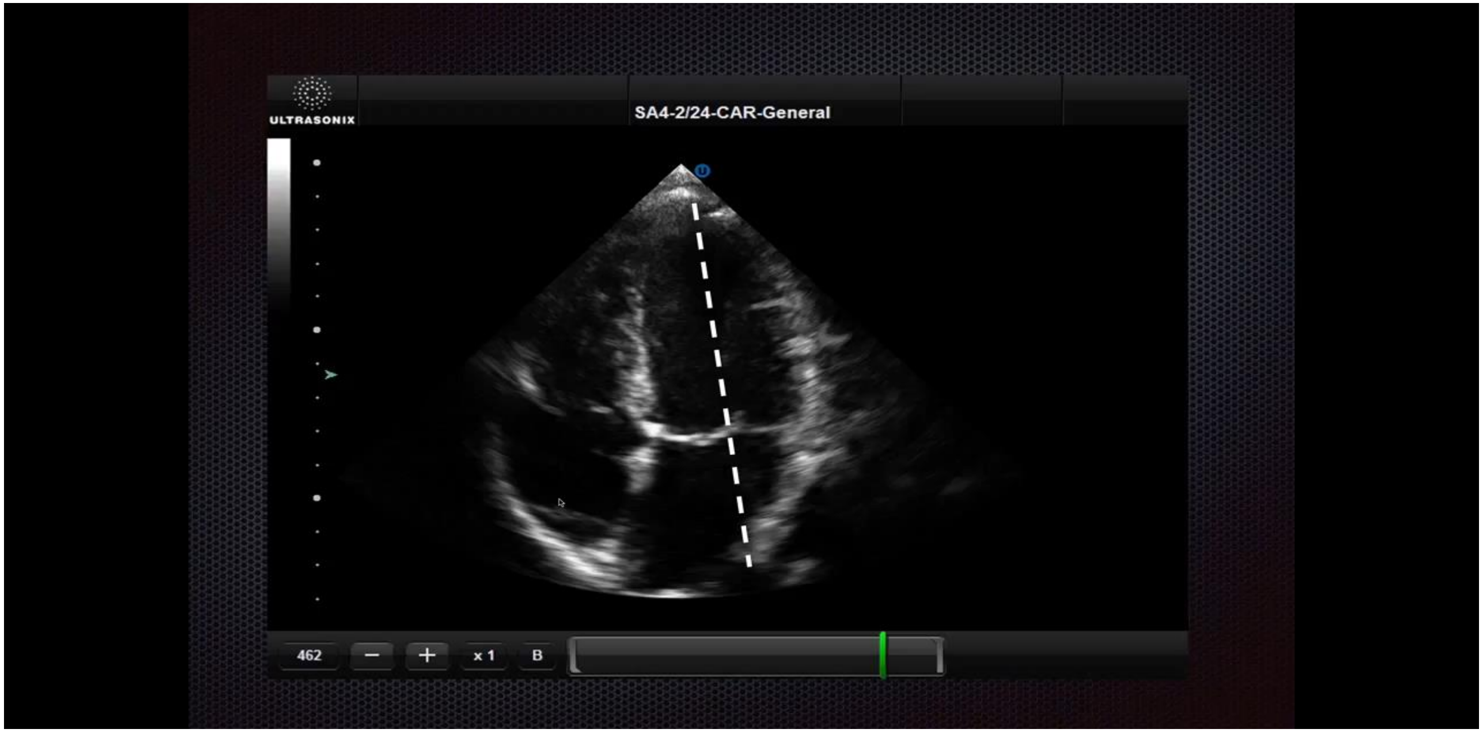
- La sonde émet et analyse **en permanence** les signaux réfléchis
- Analyse de la vélocité sur toute la ligne d'émission **sans localisation** du flux
- Une ligne horizontale caractérise la vitesse 0:
  - Les flux se rapprochant de la sonde s'inscrivent positivement **AU DESSUS**
  - Les flux sanguins s'éloignant de la sonde s'inscrivent négativement **AU DESSOUS**



Doppler pulsé

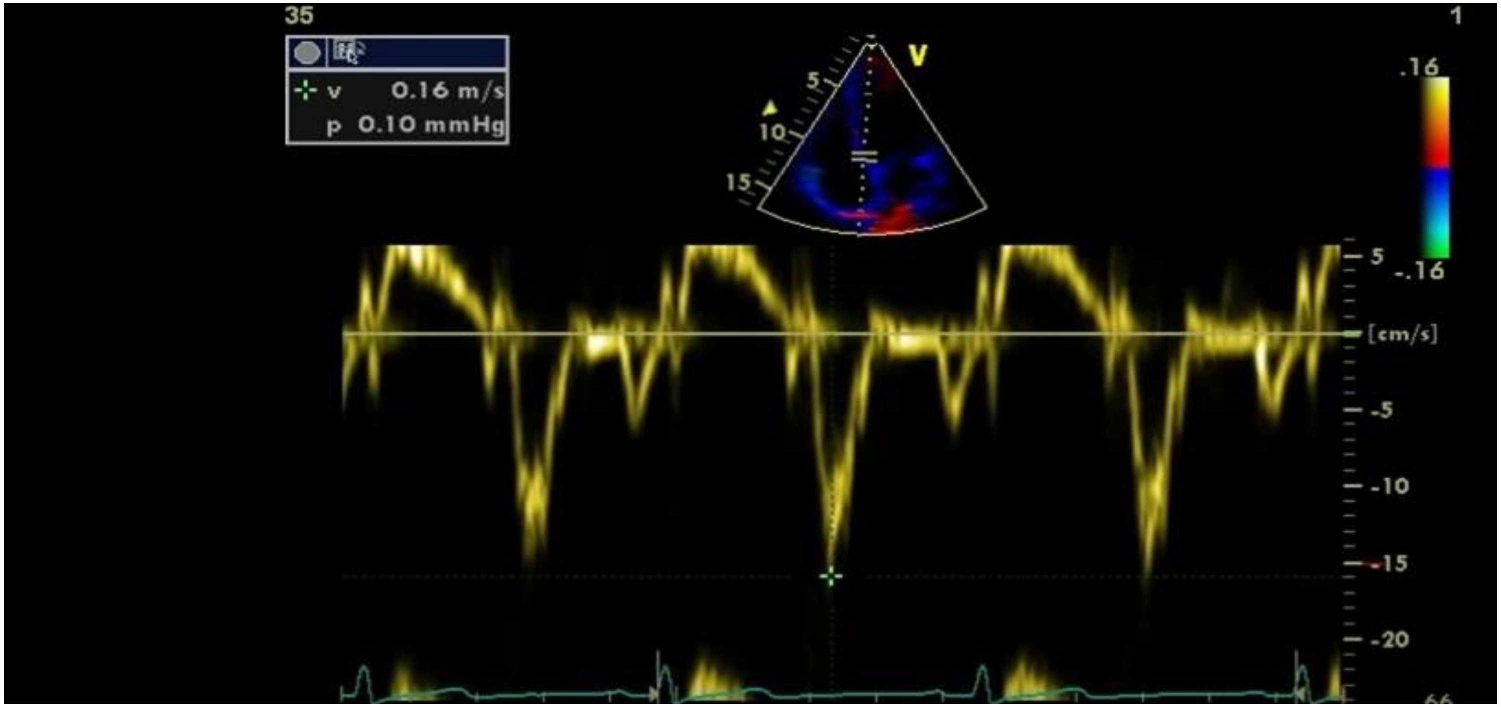
- La sonde émet des ultra sons et **alternativement** reçoit des ultrasons réfléchis par les différents flux sanguins.

- **Analyse spatiale** et de la vitesse (permet de localiser les flux sanguins)


ULTRASONIX
SA4-2/24-CAR-General
462
−
+
x 1
B

Doppler tissulaire

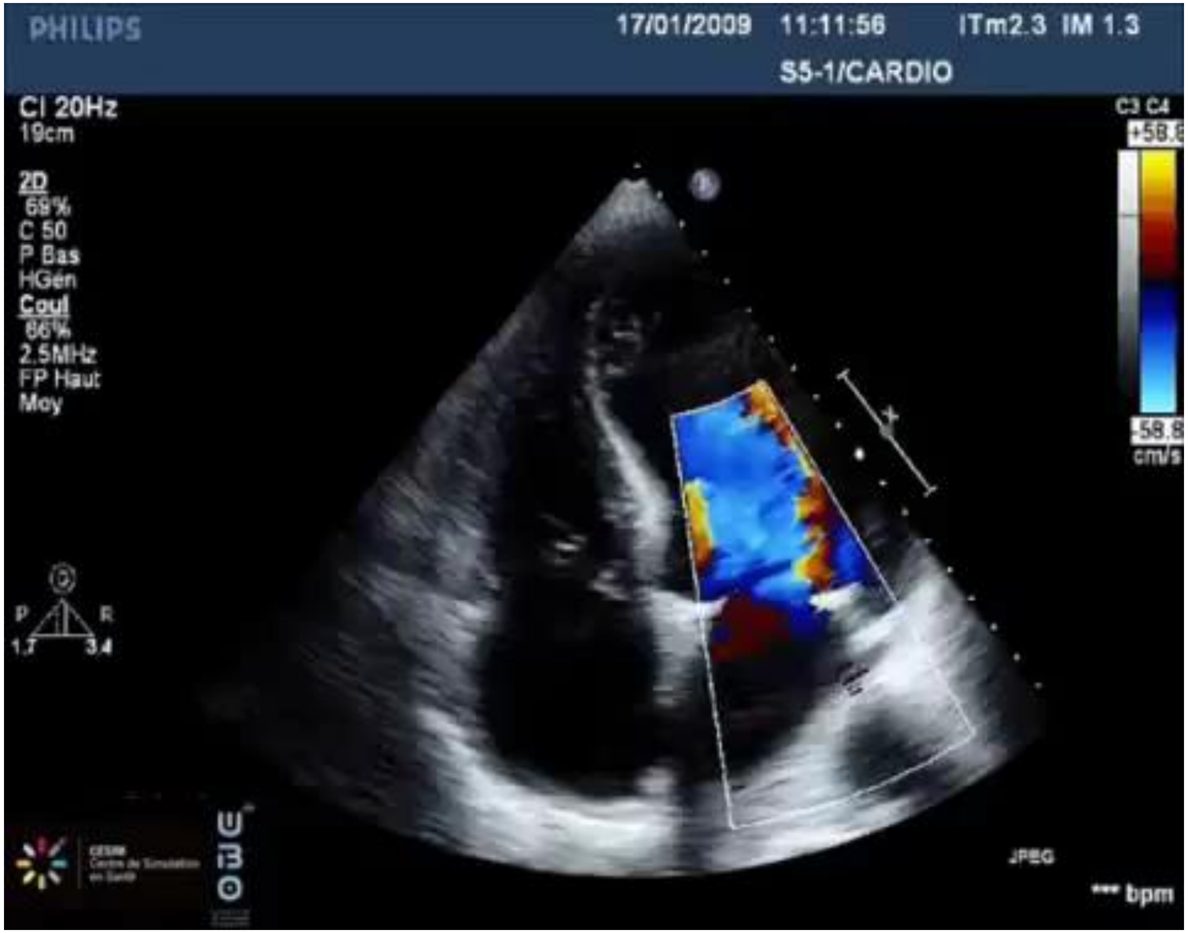
- Technique de **Doppler pulsé** avec des réglages particuliers des gains et des filtres
- Analyse non pas les flux mais les vitesses des mouvements des **parois cardiaques**.


35
1
v 0.16 m/s
p 0.10 mmHg
V
5
10
15
.16
-.16
5
[cm/s]
-5
-10
-15
-20

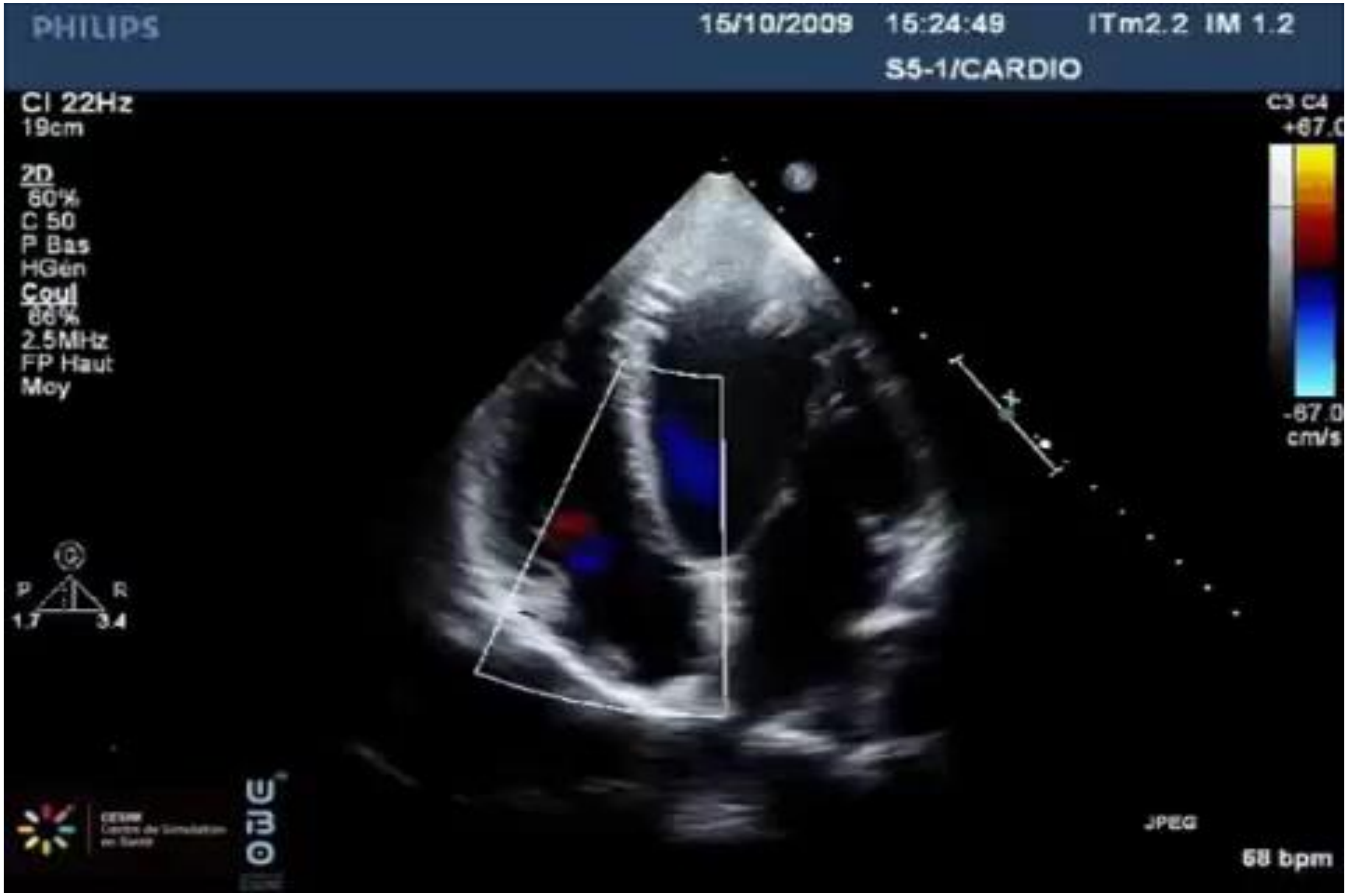
Doppler couleur

- **Codage couleur:**
  - Flux qui « vient » vers la sonde: **ROUGE**
  - Flux qui « fuit » la sonde: **BLEU**
- **Permet de visualiser les fuites valvulaires, CIA, CIV**

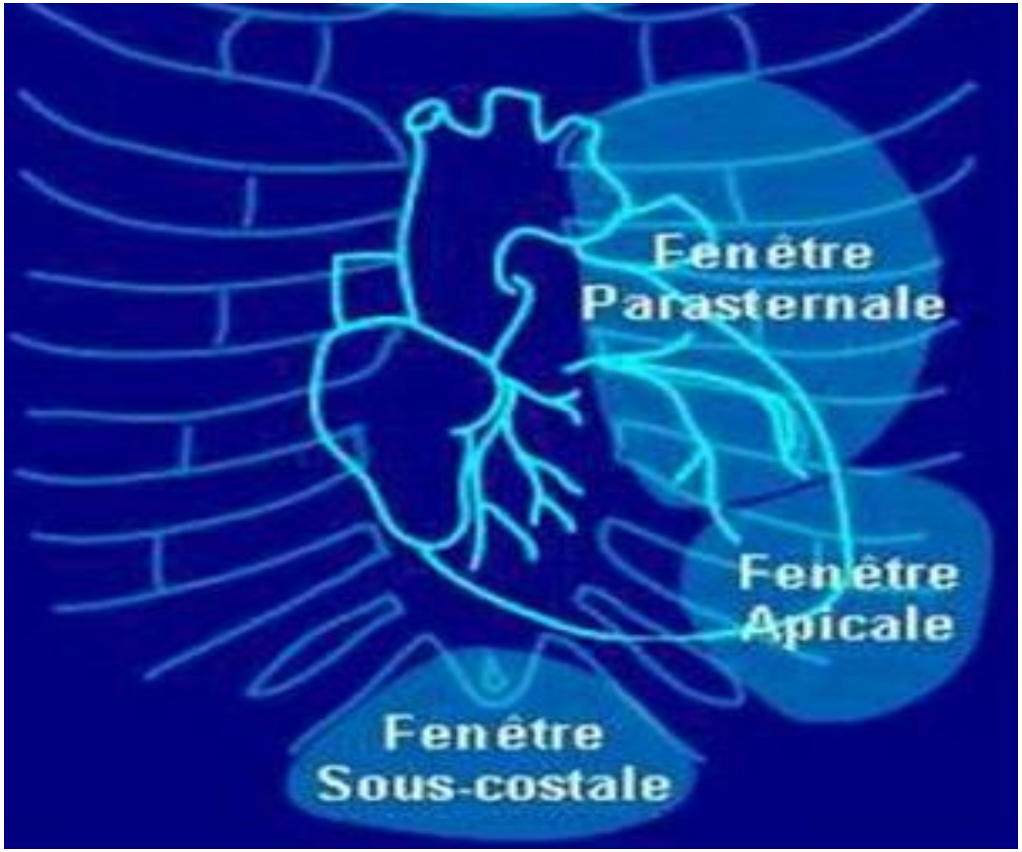
Doppler couleur


PHILIPS
17/01/2009
11:11:56
ITm2.3 IM 1.3
S5-1/CARDIO
CI 20Hz
19cm
2D
69%
C 50
P Bas
HGén
Coul
66%
2.5MHz
FP Haut
Moy
C3 C4
+58.
-58.
cm/s
P
R
1.7
3.4
JPEG
*** bpm

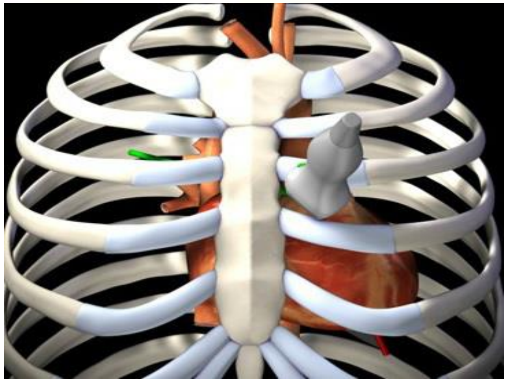
Doppler couleur

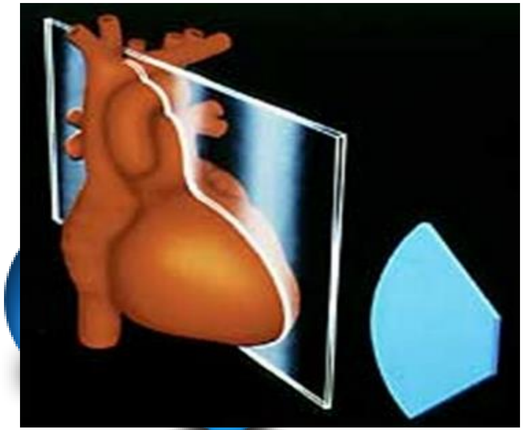

PHILIPS
15/10/2009 15:24:49 ITm2.2 IM 1.2
S5-1/CARDIO
CI 22Hz
19cm
2D
60%
C 50
P Bas
HGén
Coul
66%
2.5MHz
FP Haut
Moy
C3 C4
+67.0
-67.0
cm/s
P
R
1.7
3.4
JPEG
58 bpm

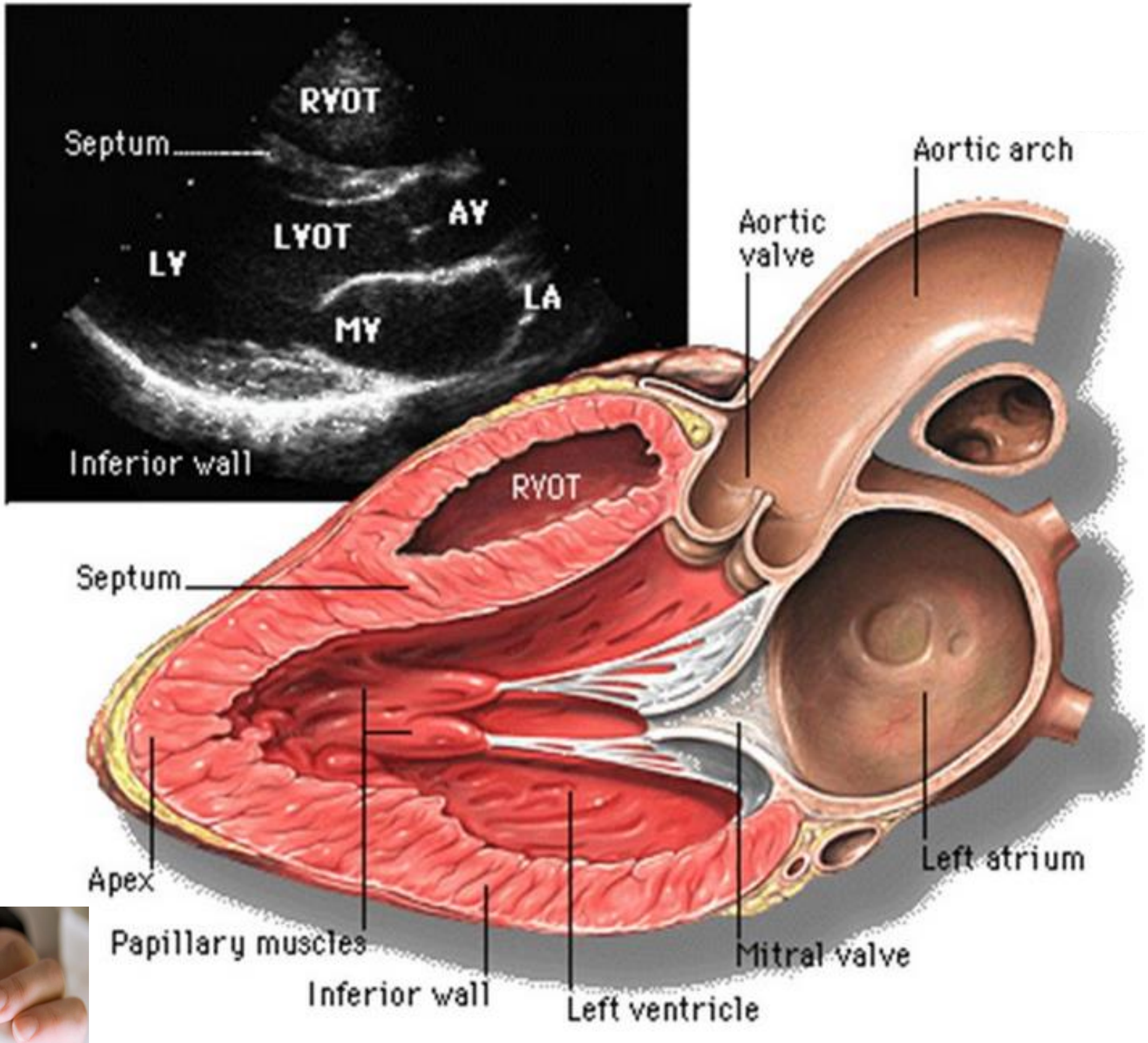
Fenêtres acoustiques


Fenêtre
Parasternale
Fenêtre
Apicale
Fenêtre
Sous-costale

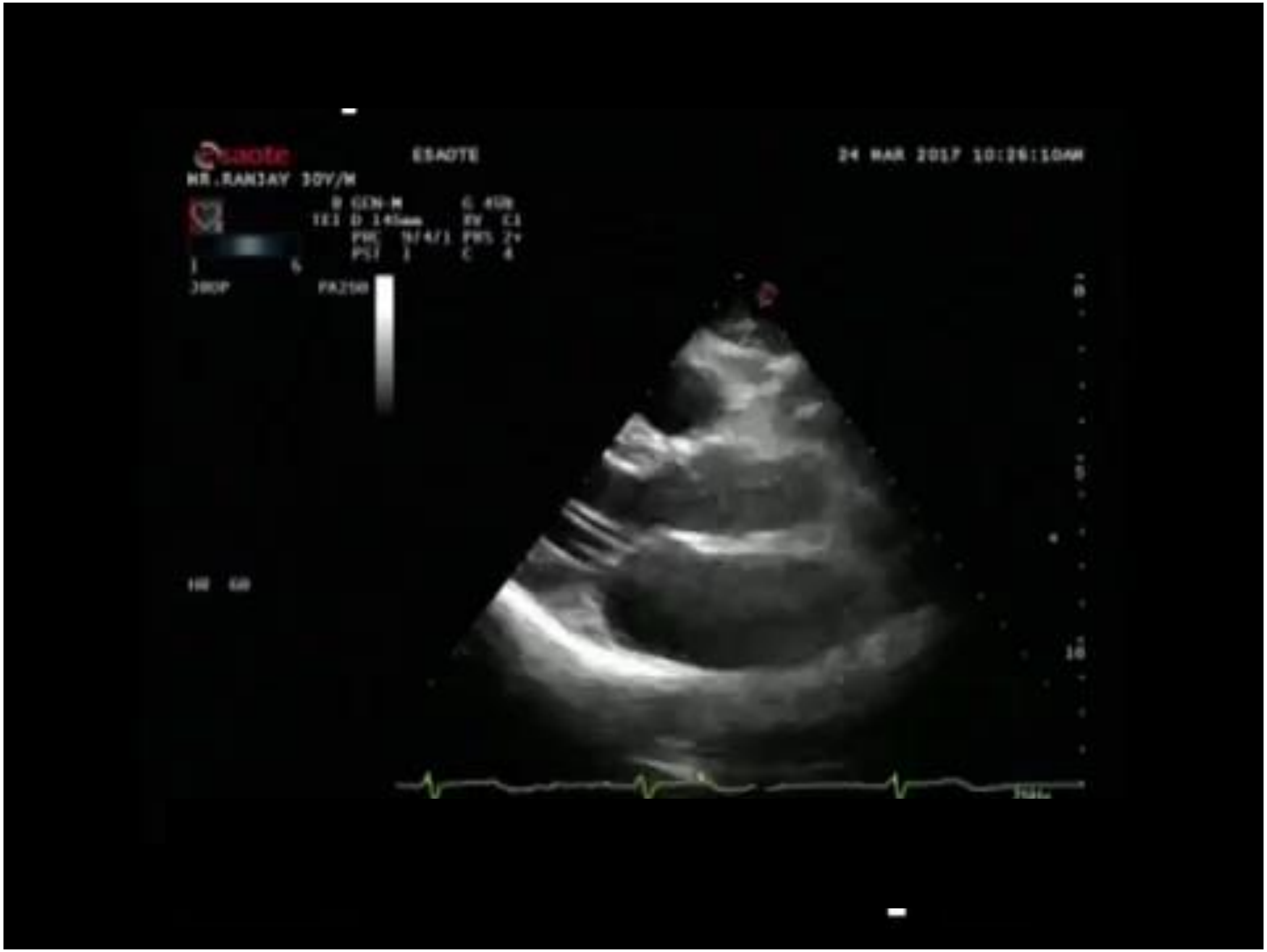
Incidence para sternale grand axe



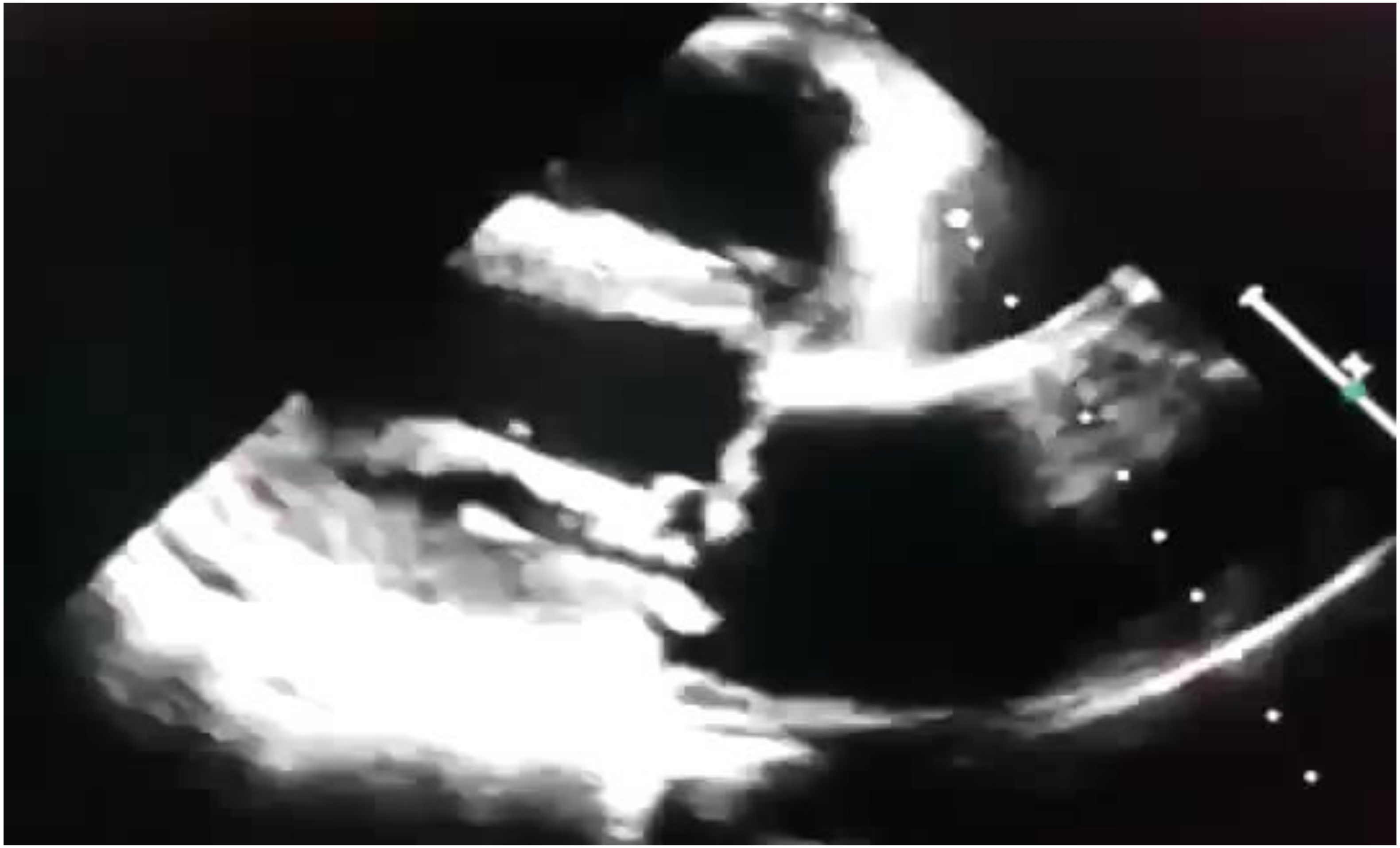



RVOT
Septum
AV
LVOT
LV
LA
MV
Inferior wall
Aortic arch
Aortic valve
RVOT
Septum
Apex
Papillary muscles
Inferior wall
Left ventricle
Mitral valve
Left atrium

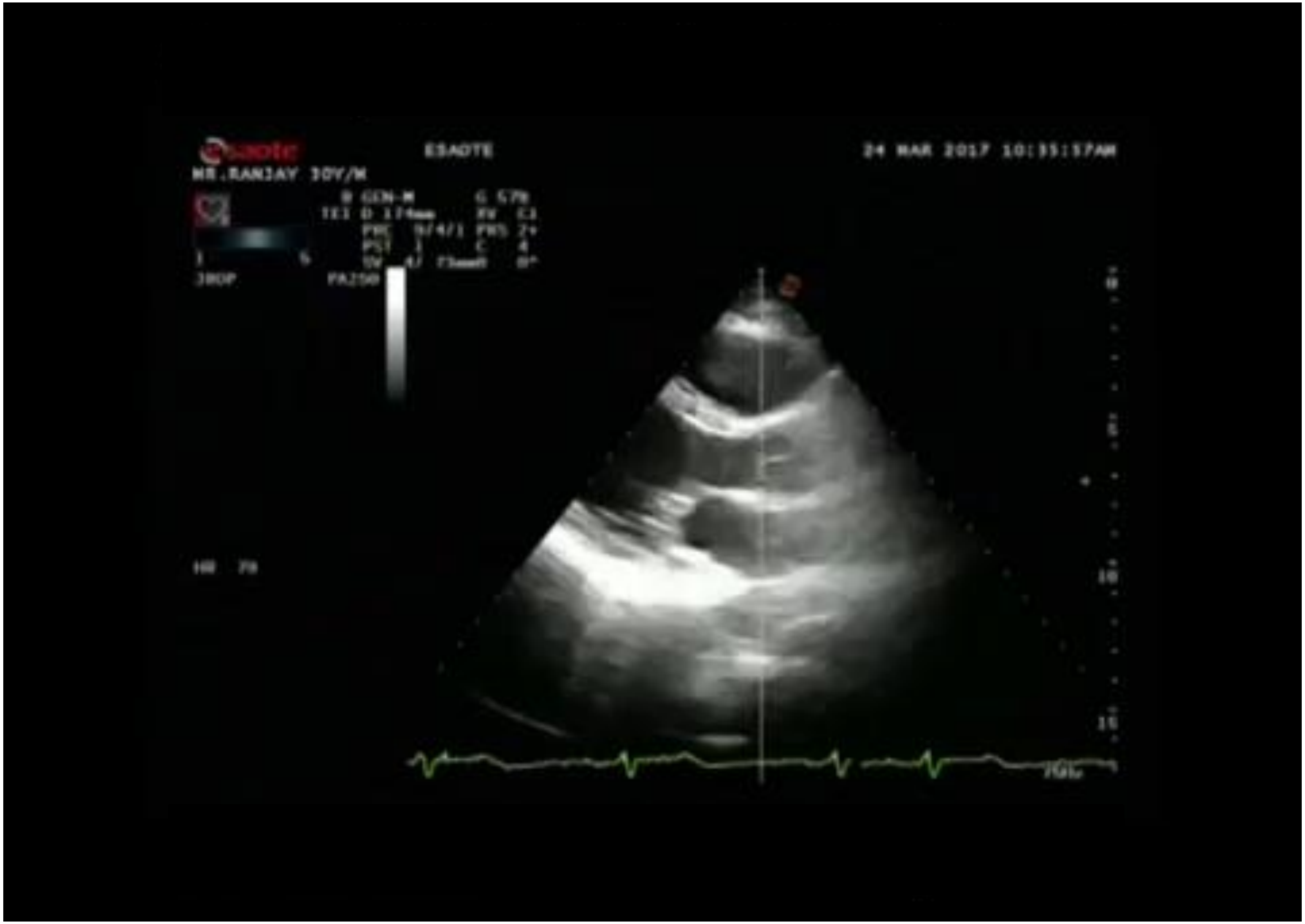
Incidence para sternale grand axe mode bi dimensionnel


esaote
ESAOTE
24 MAR 2017 10:26:10AM
MR.RANJAY 30Y/M
0
5
10

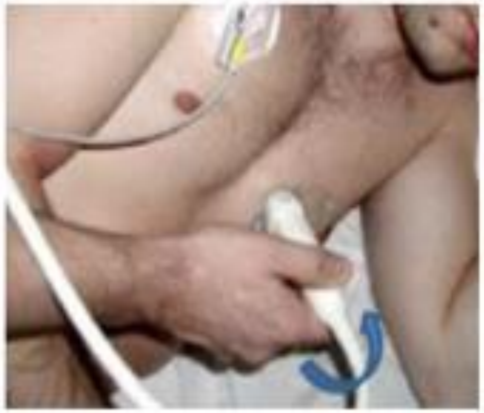
Incidence para sternale grand axe mode bi dimensionnel

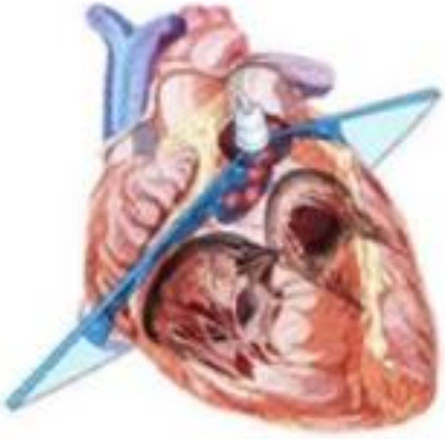


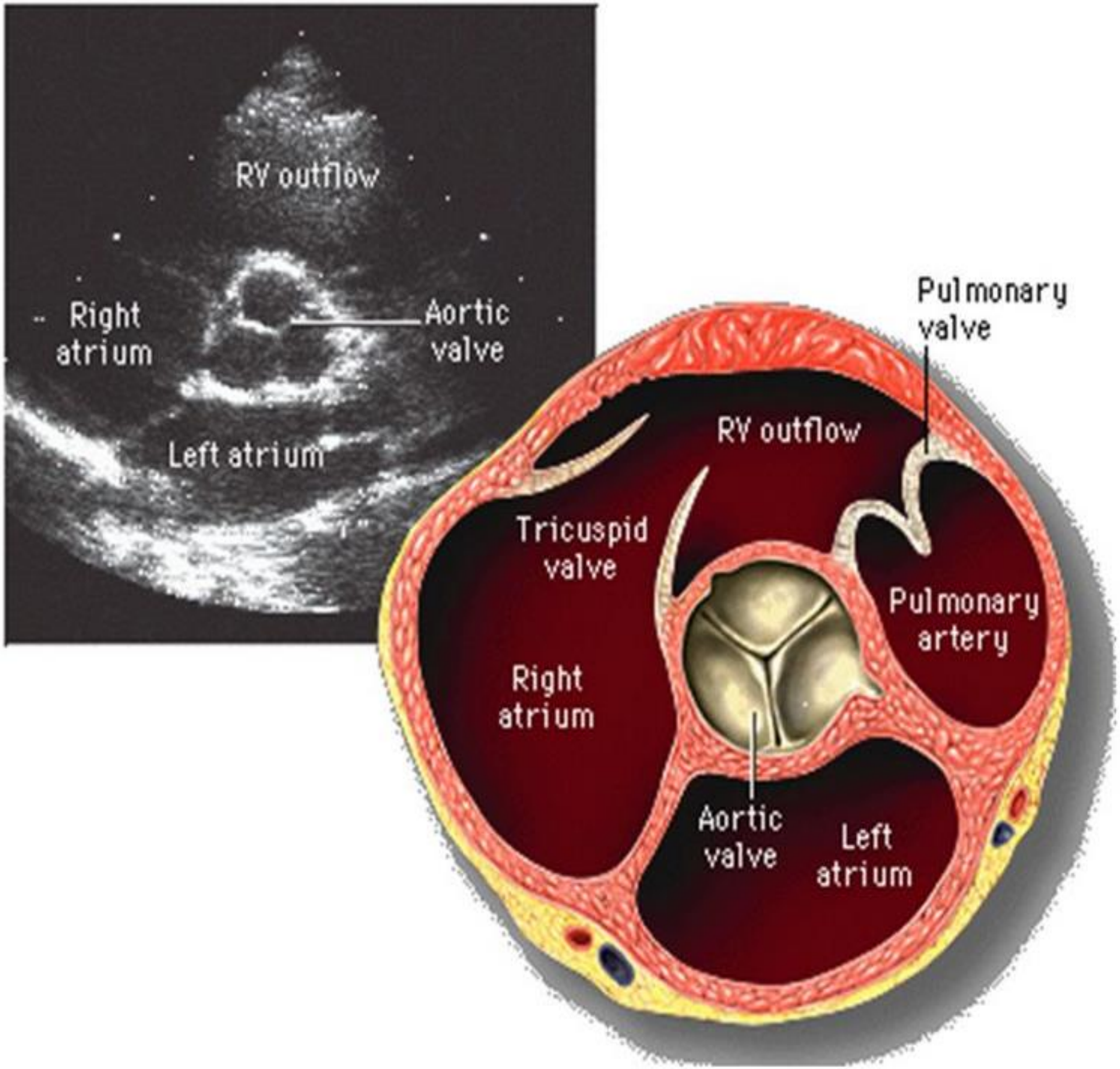
Incidence para sternale grand axe mode Temps-Mouvement (TM)


ESADOTE
24 MAR 2017 10:35:57AM
HR 78
0
5
10
15

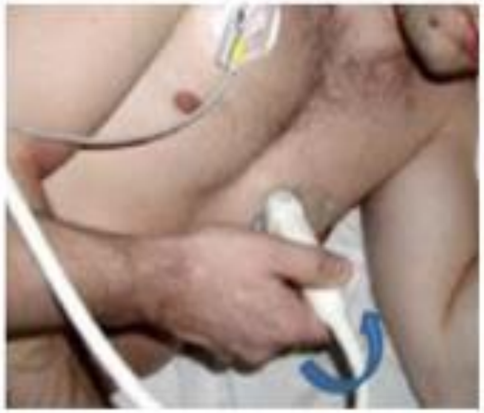
Incidence para sternale petit axe

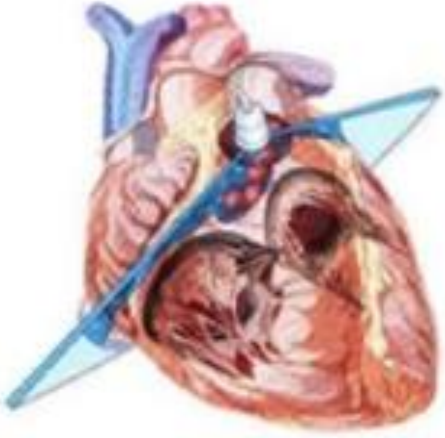


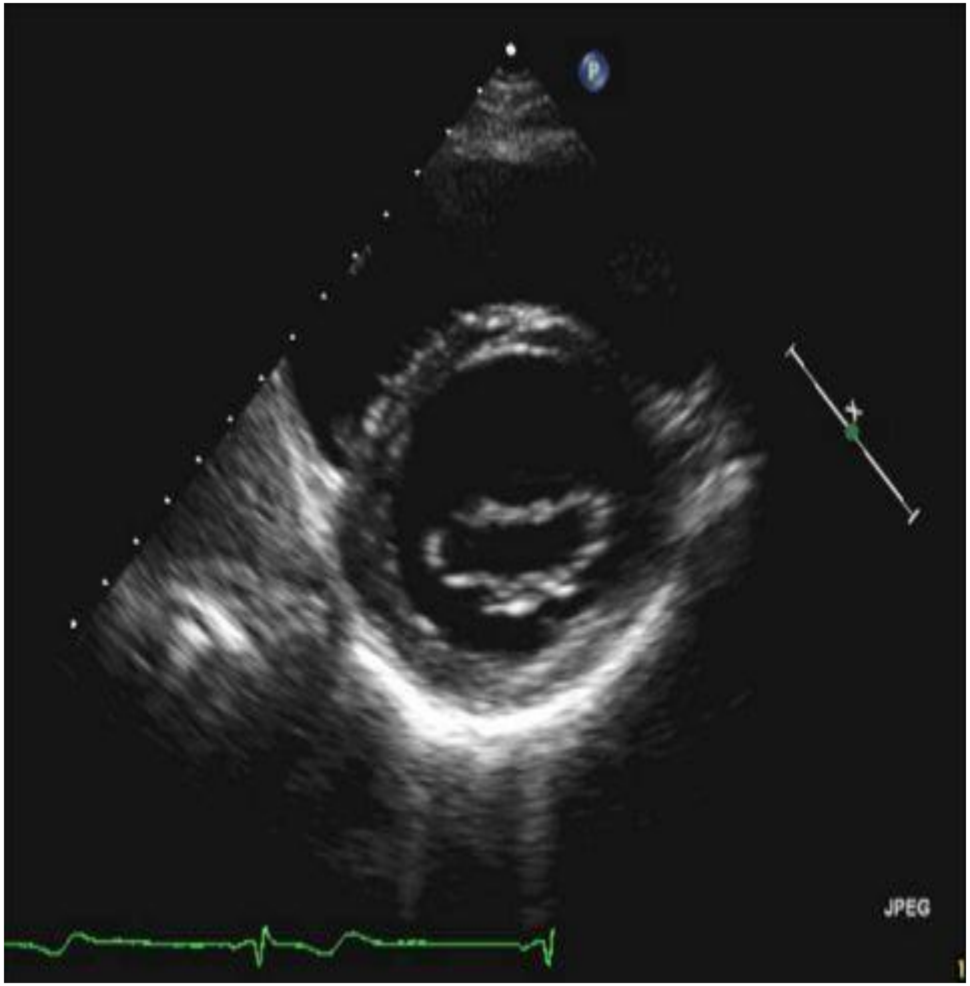



RV outflow
Right atrium
Aortic valve
Left atrium
Pulmonary valve
RV outflow
Tricuspid valve
Pulmonary artery
Right atrium
Aortic valve
Left atrium

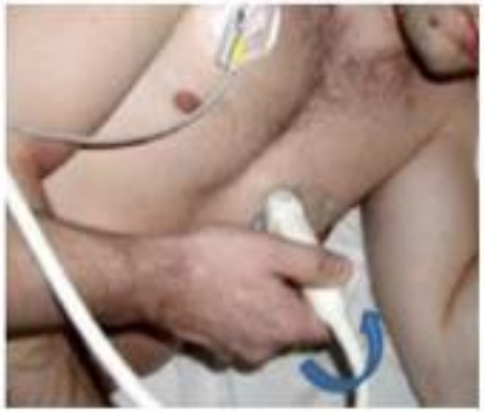
Incidence para sternale petit axe

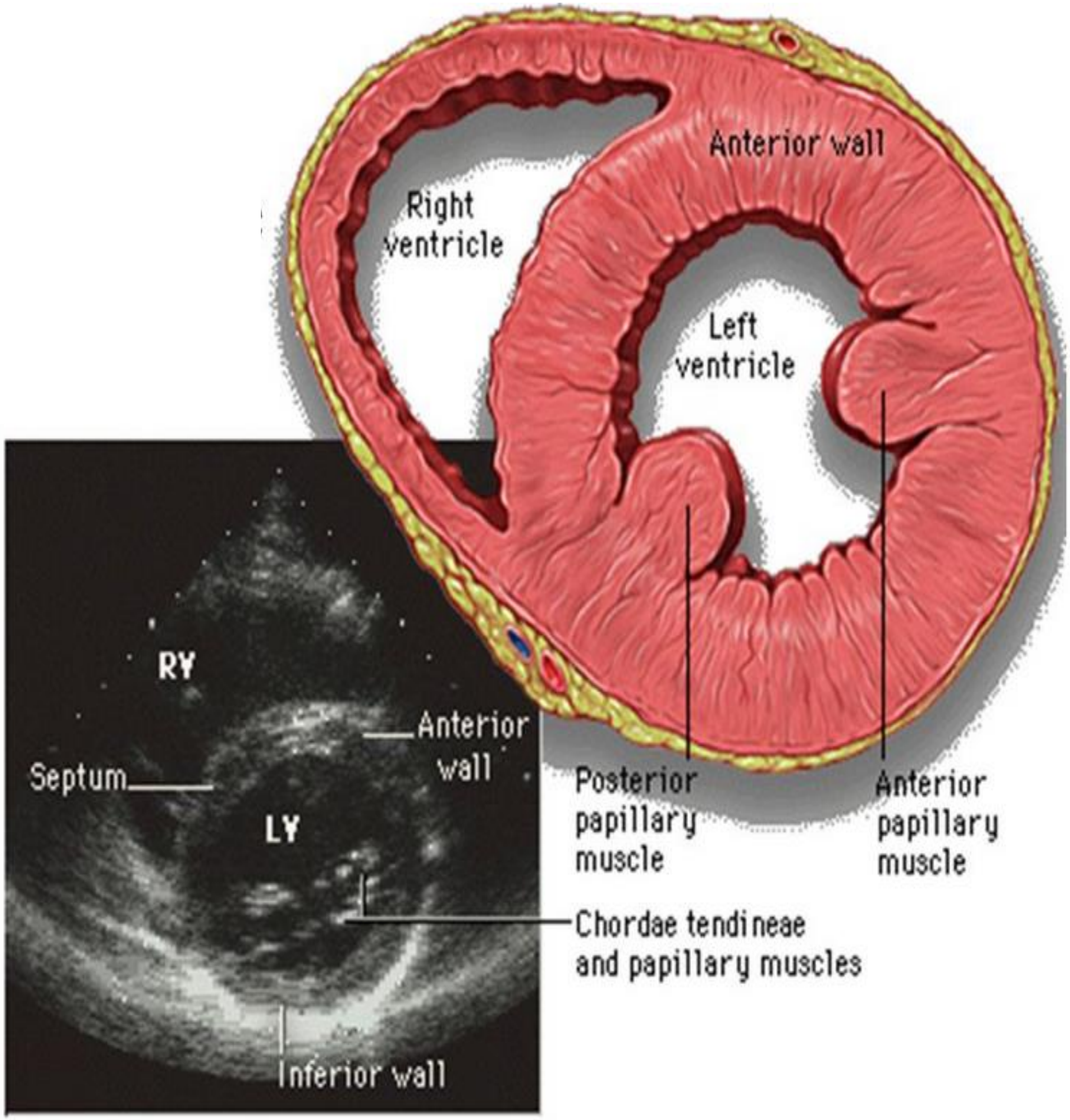




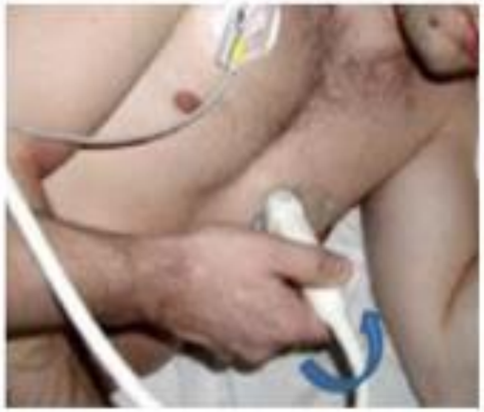


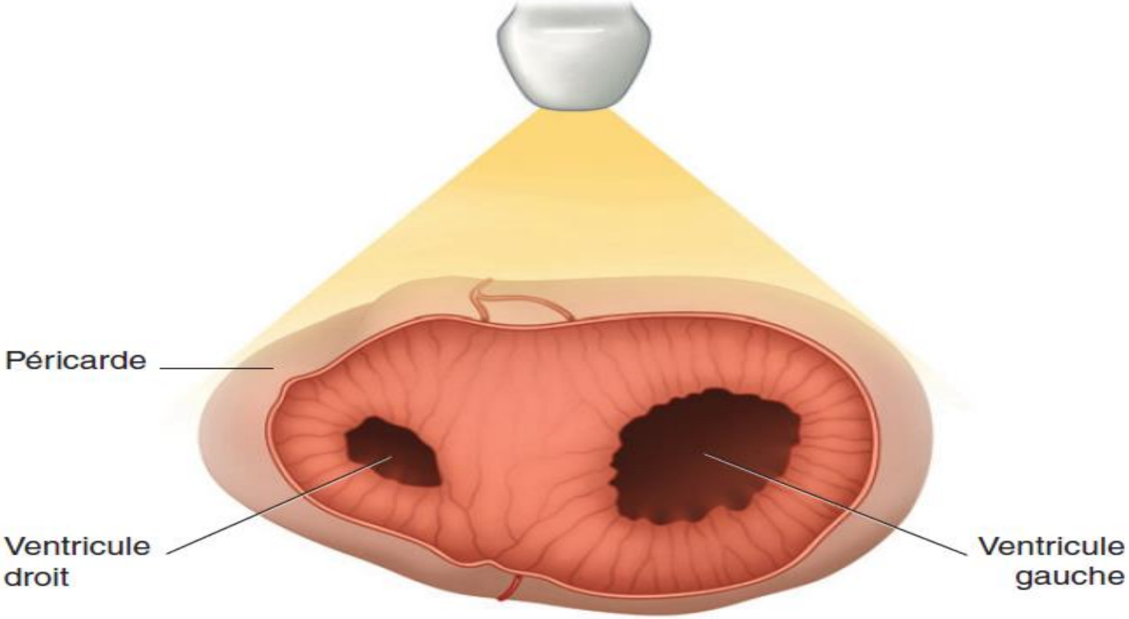
Incidence para sternale petit axe

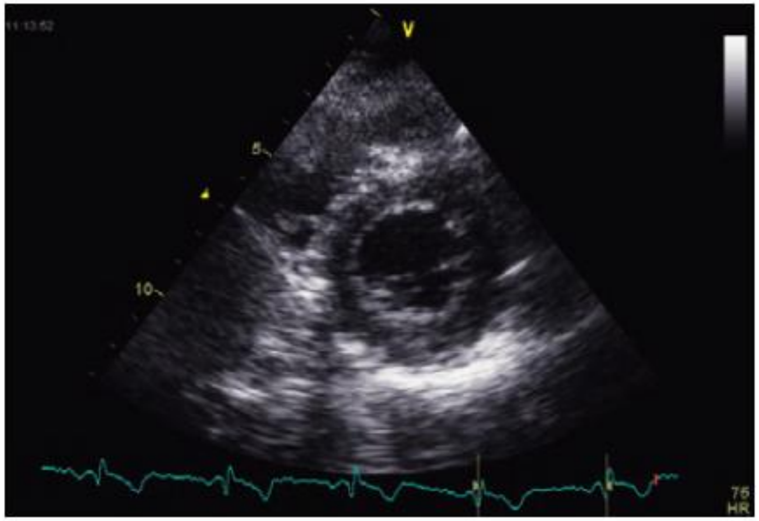



Anterior wall
Right ventricle
Left ventricle
RV
Anterior wall
Septum
LV
Posterior papillary muscle
Anterior papillary muscle
Chordae tendineae and papillary muscles
Inferior wall

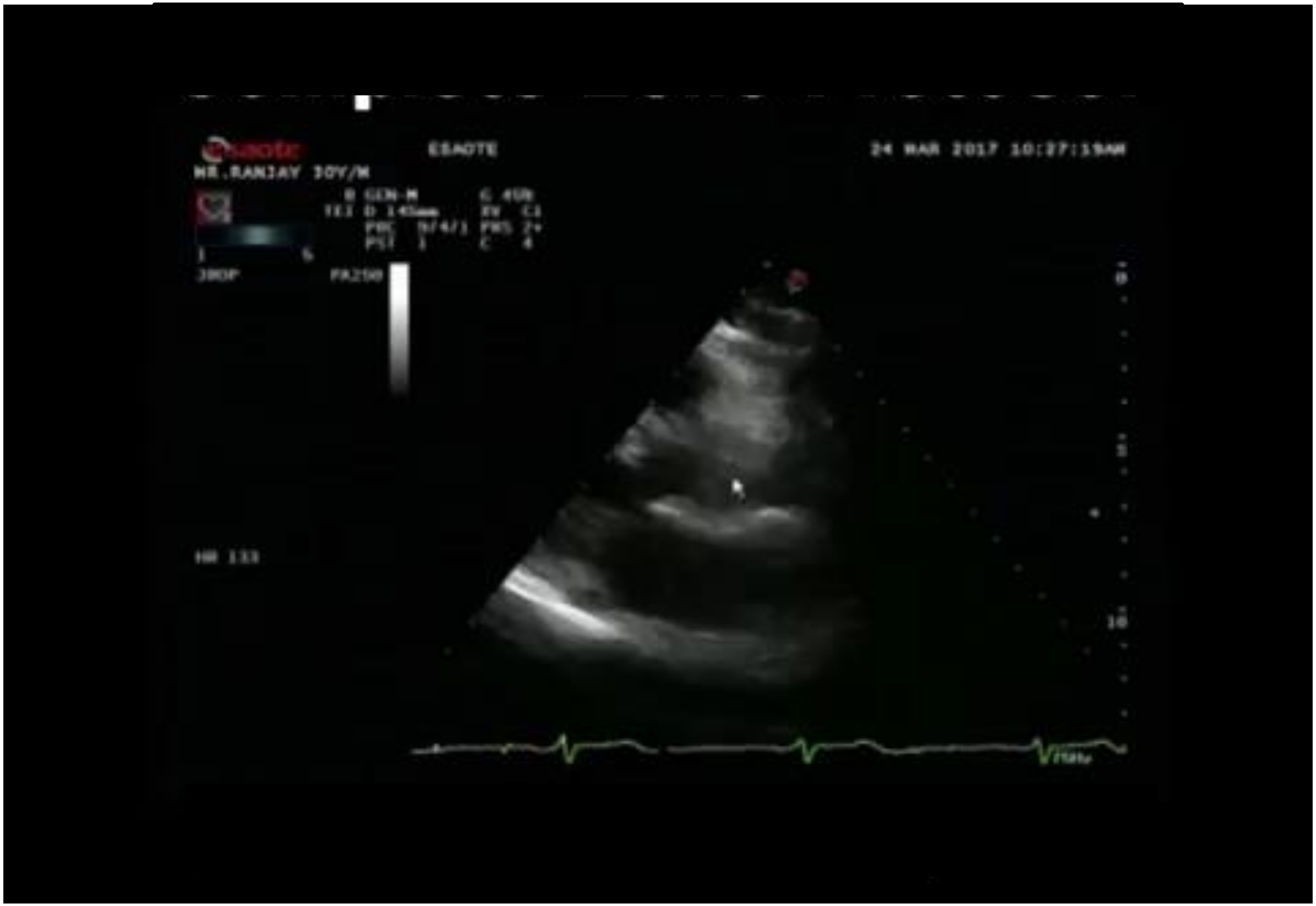
Incidence para sternale petit axe



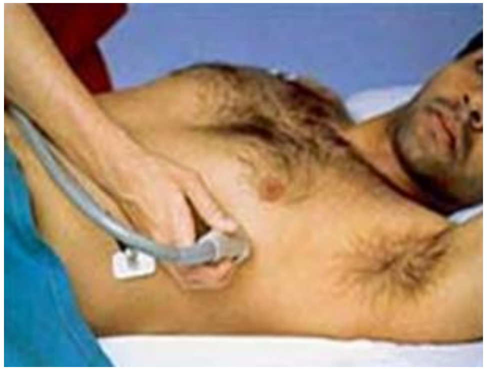

Péricarde
Ventricule droit
Ventricule gauche

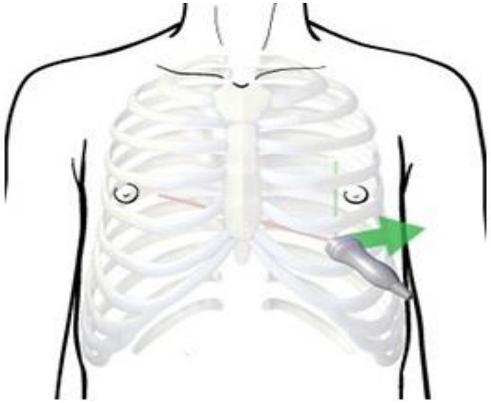


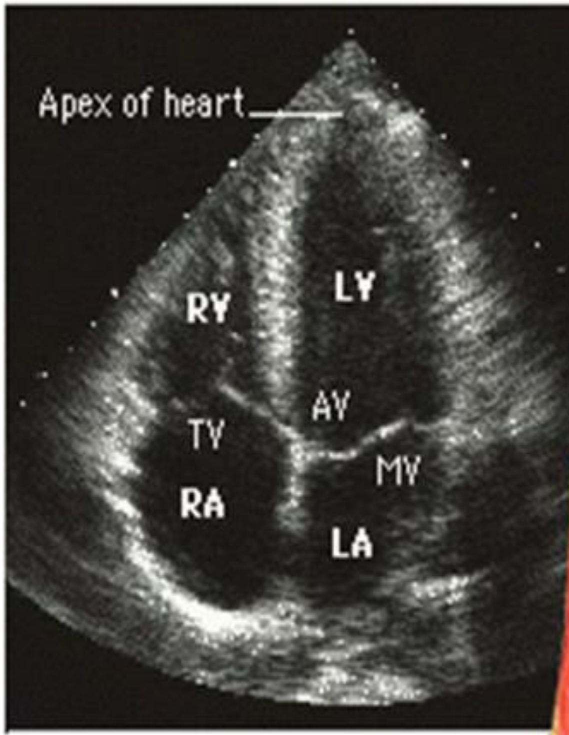
Incidence para sternale petit axe

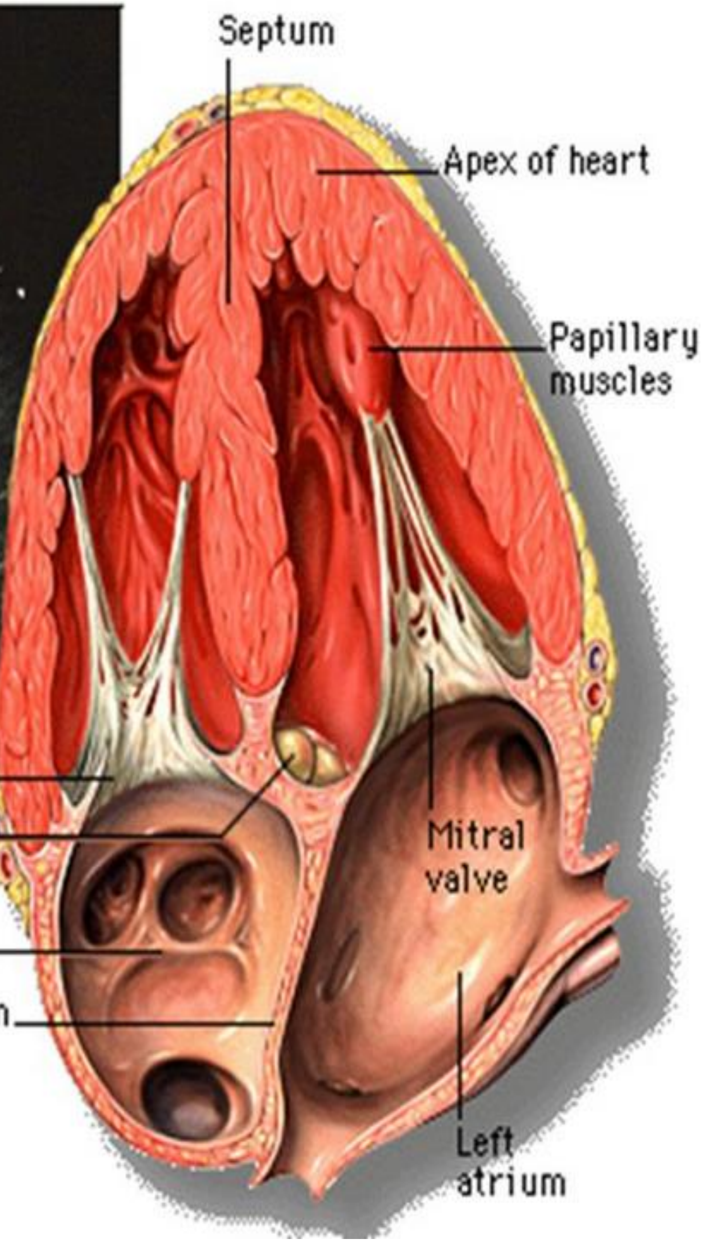

ESAOTE
24 MAR 2017 10:27:19AM
MR.RANJAY 30Y/M
D 145mm
HR 133
0
5
10

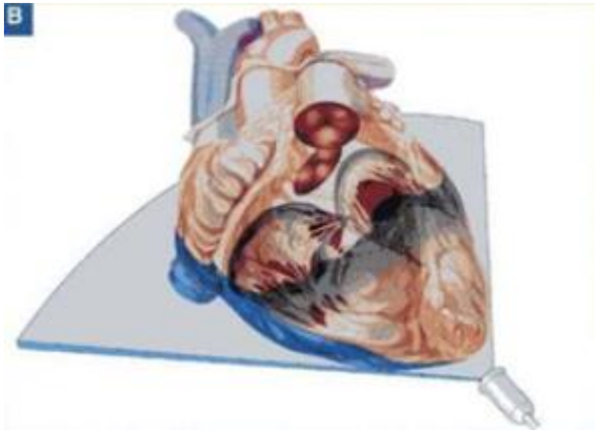
Incidence apicale 4 cavités



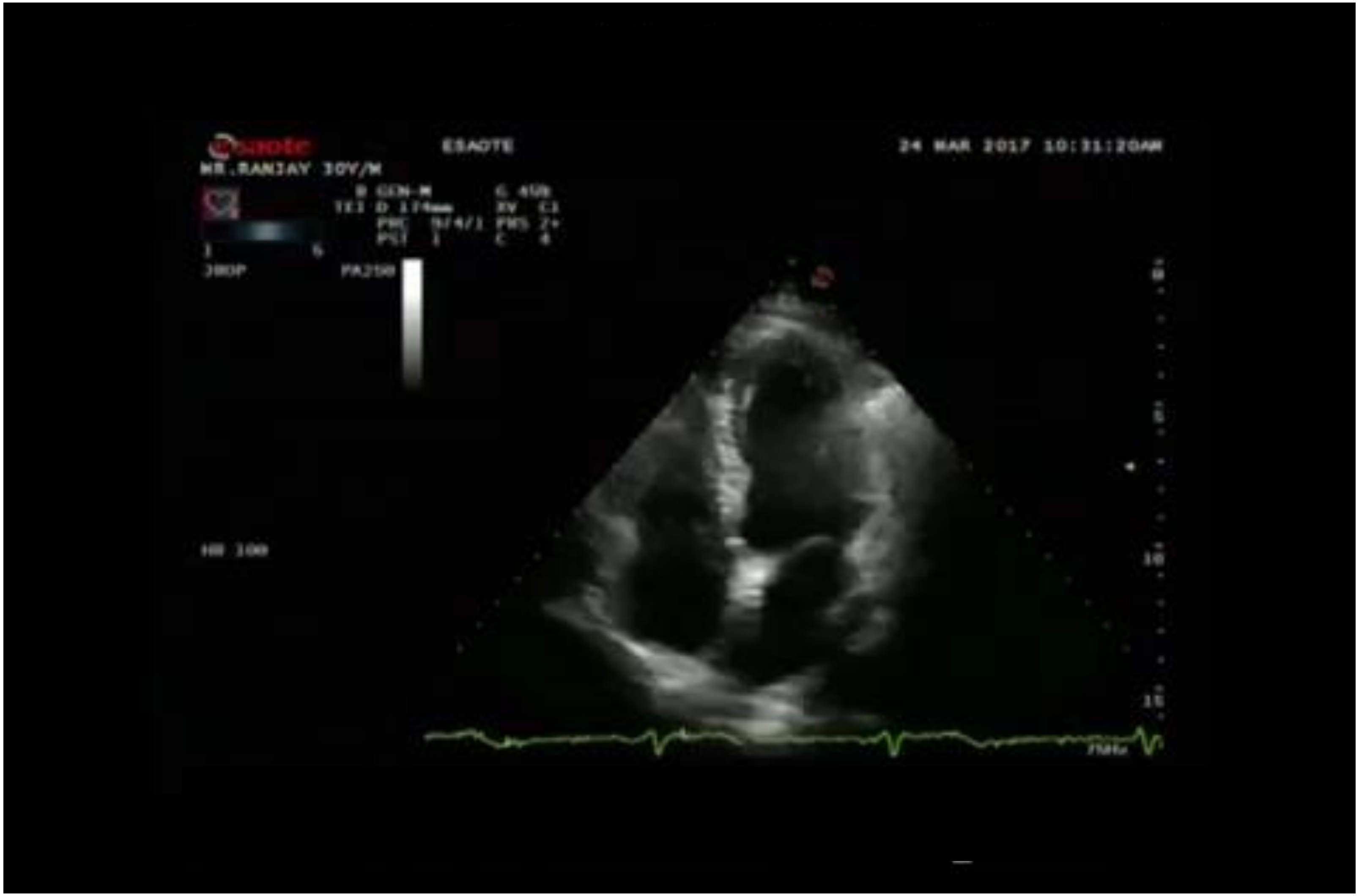



Apex of heart
RV
LV
AV
TV
MV
RA
LA

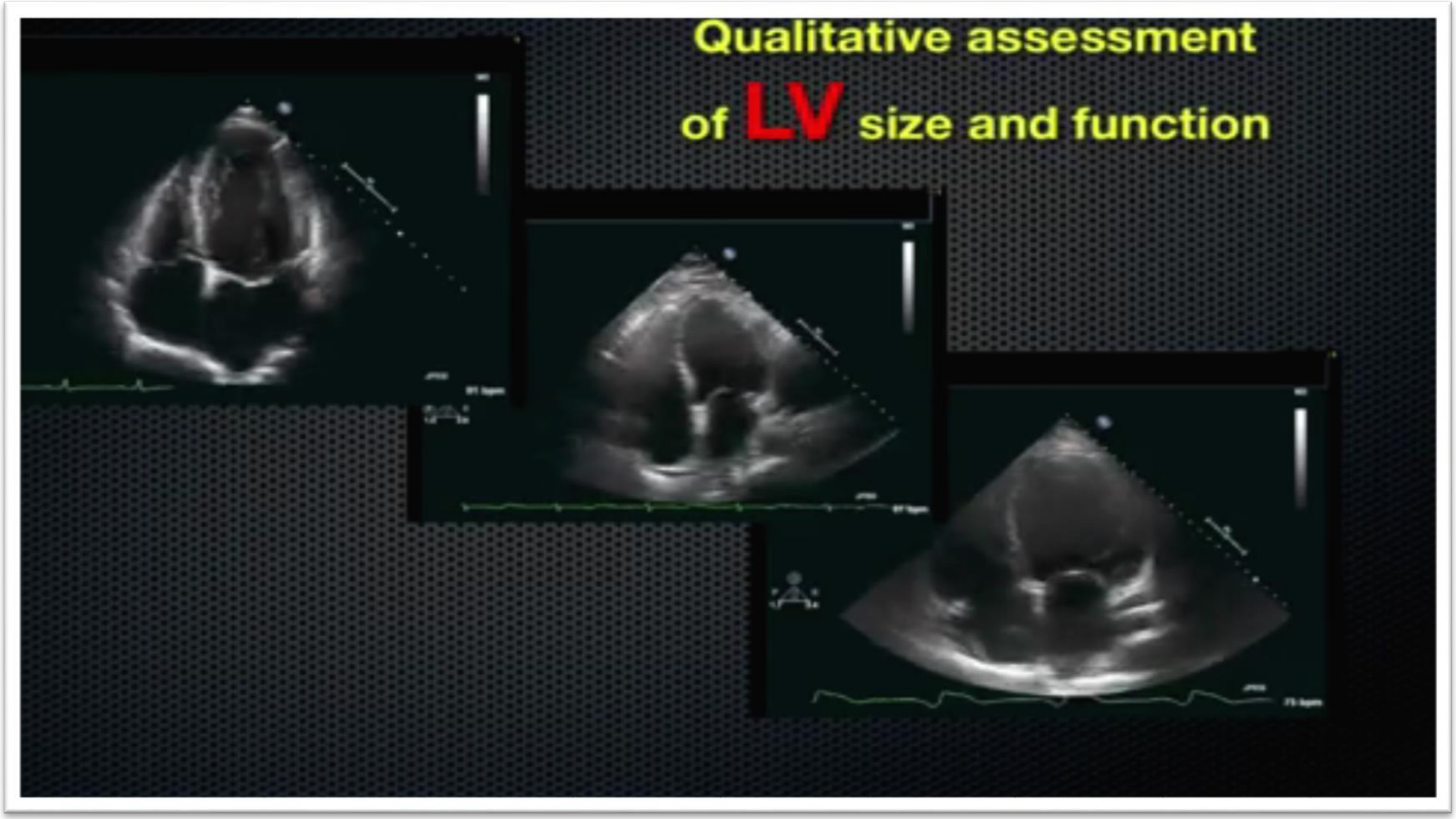

Septum
Apex of heart
Papillary muscles
Tricuspid valve
Aortic valve
Mitral valve
Right atrium
Interatrial septum
Left atrium



Incidence apicale 4 cavités: mode bi dimensionnel

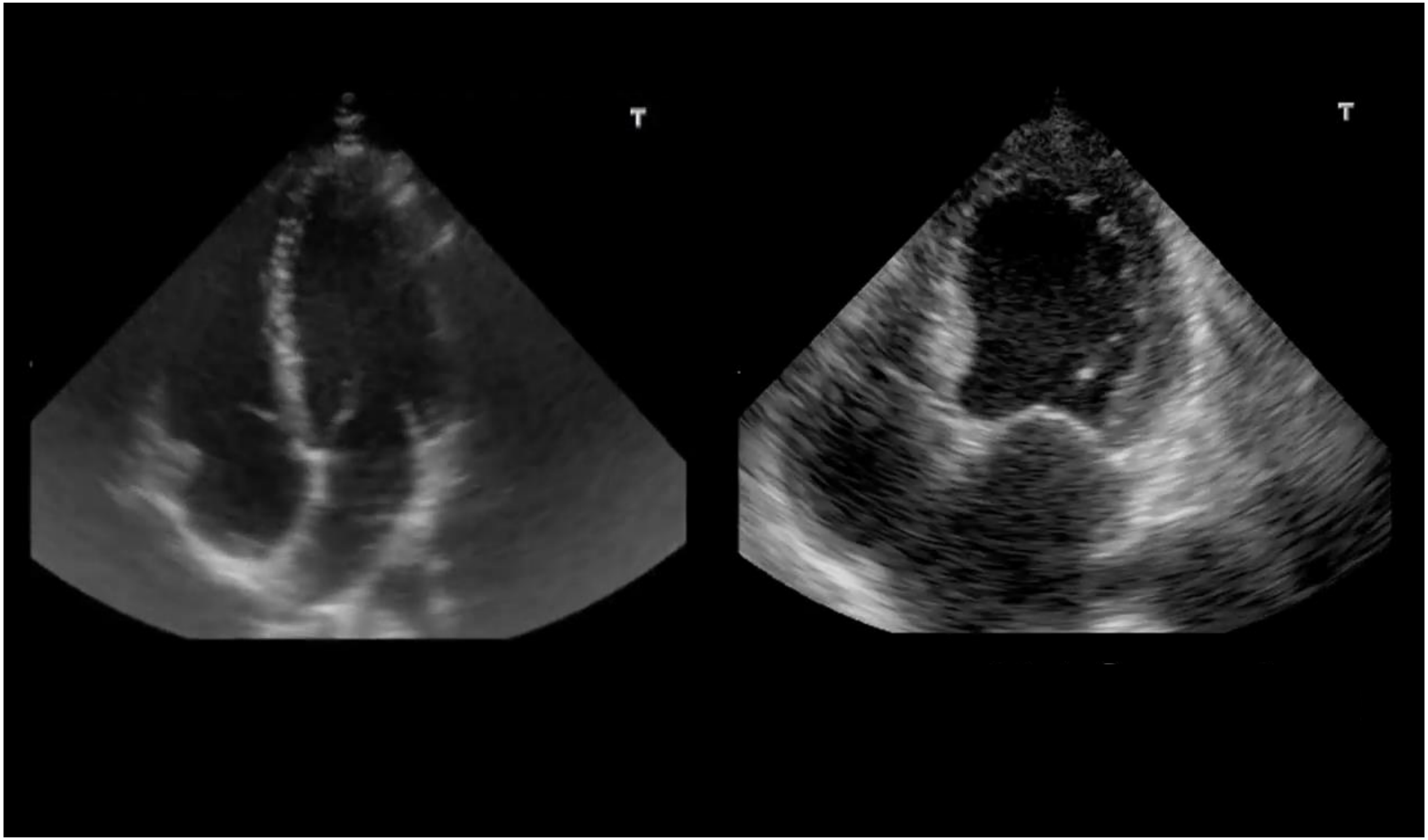

ESAOTE
24 MAR 2017 10:31:20AM
MR.RANJAY 30Y/M
HR 100
0
5
10
15

Incidence apicale 4 cavités: FEVG visuelle

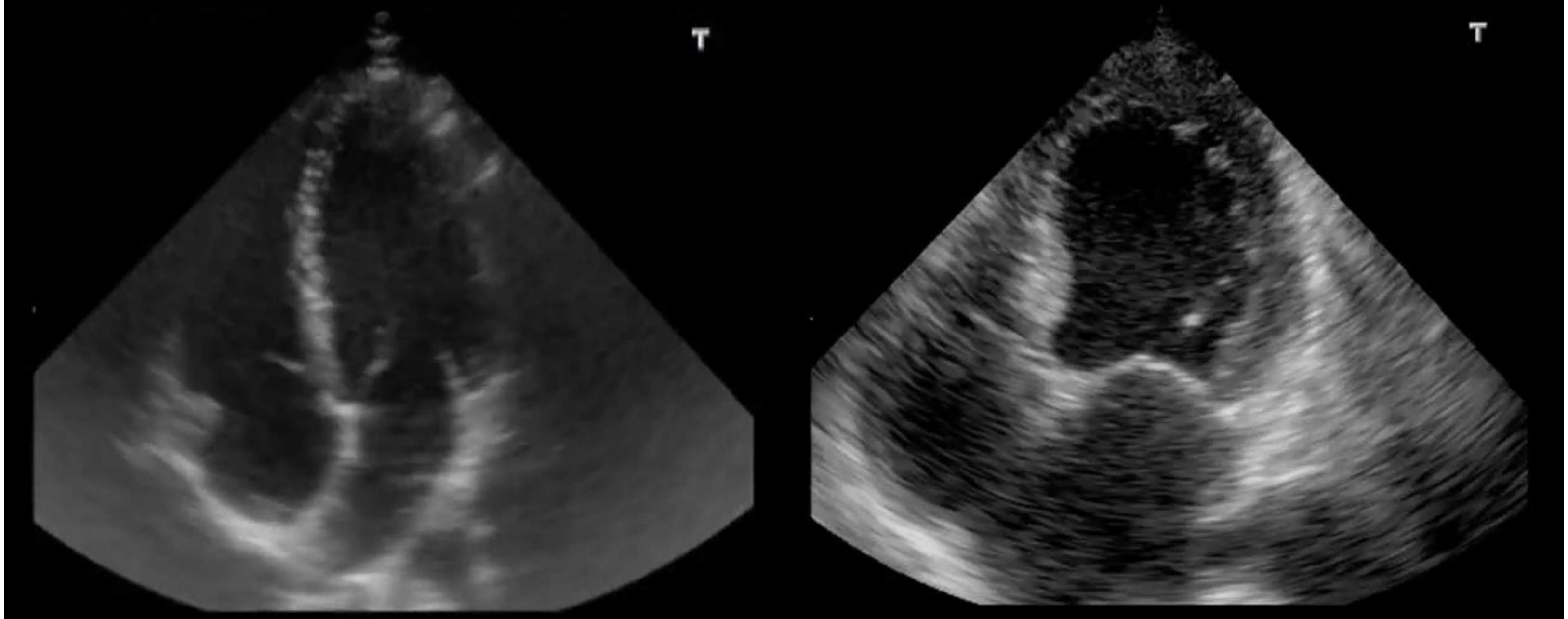


Qualitative assessment of LV size and function

Incidence apicale 4 cavités: FEVG visuelle



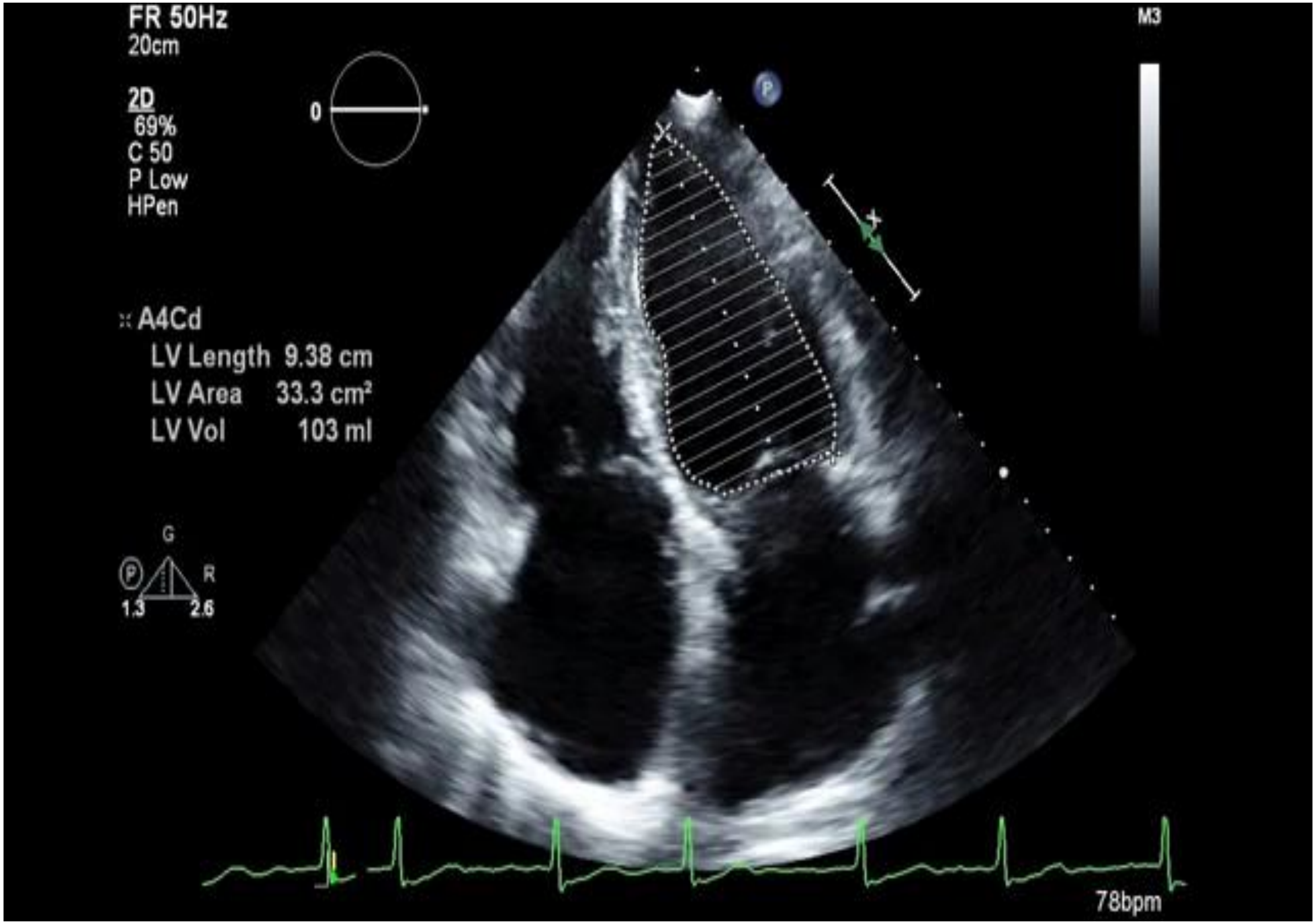
Incidence apicale 4 cavités: FEVG visuelle



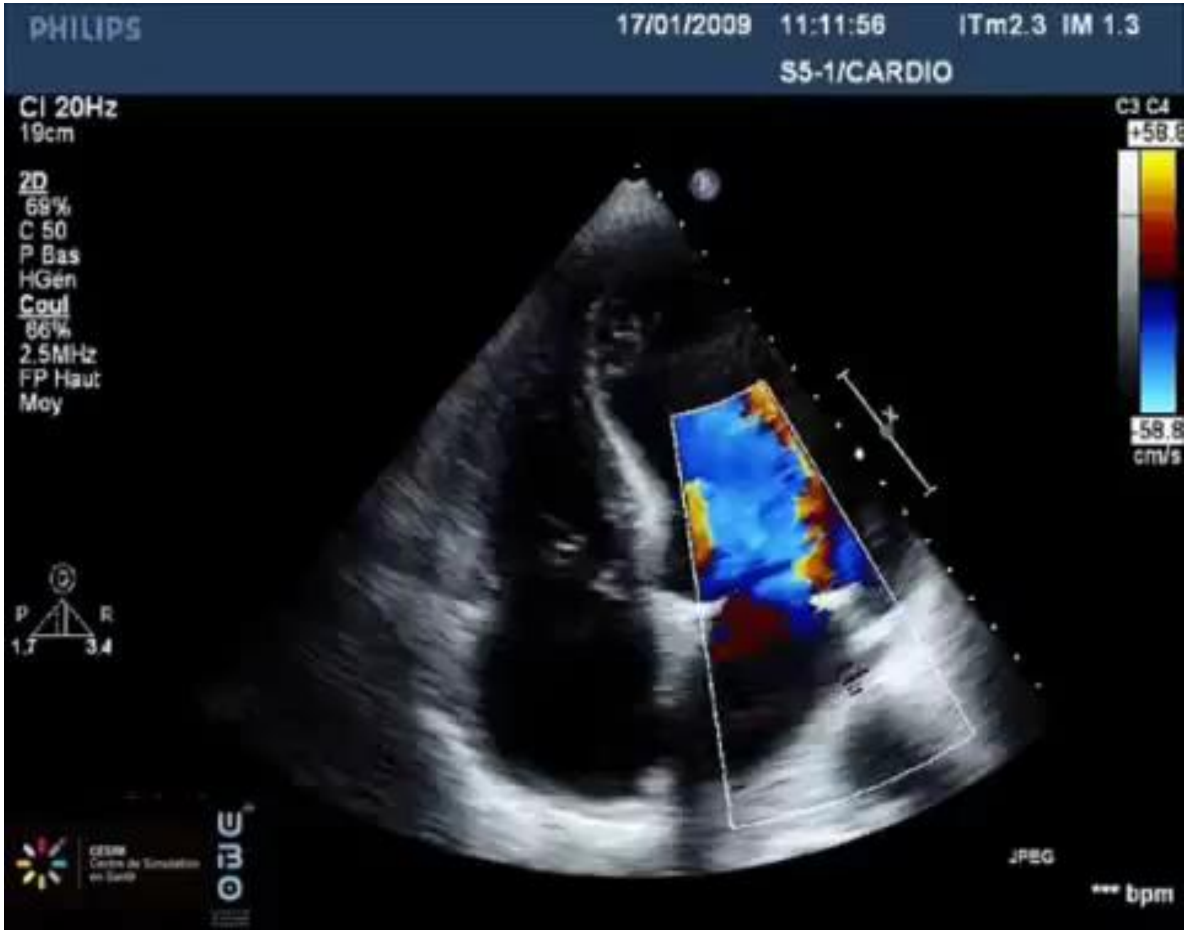
FE conservée

FE altérée

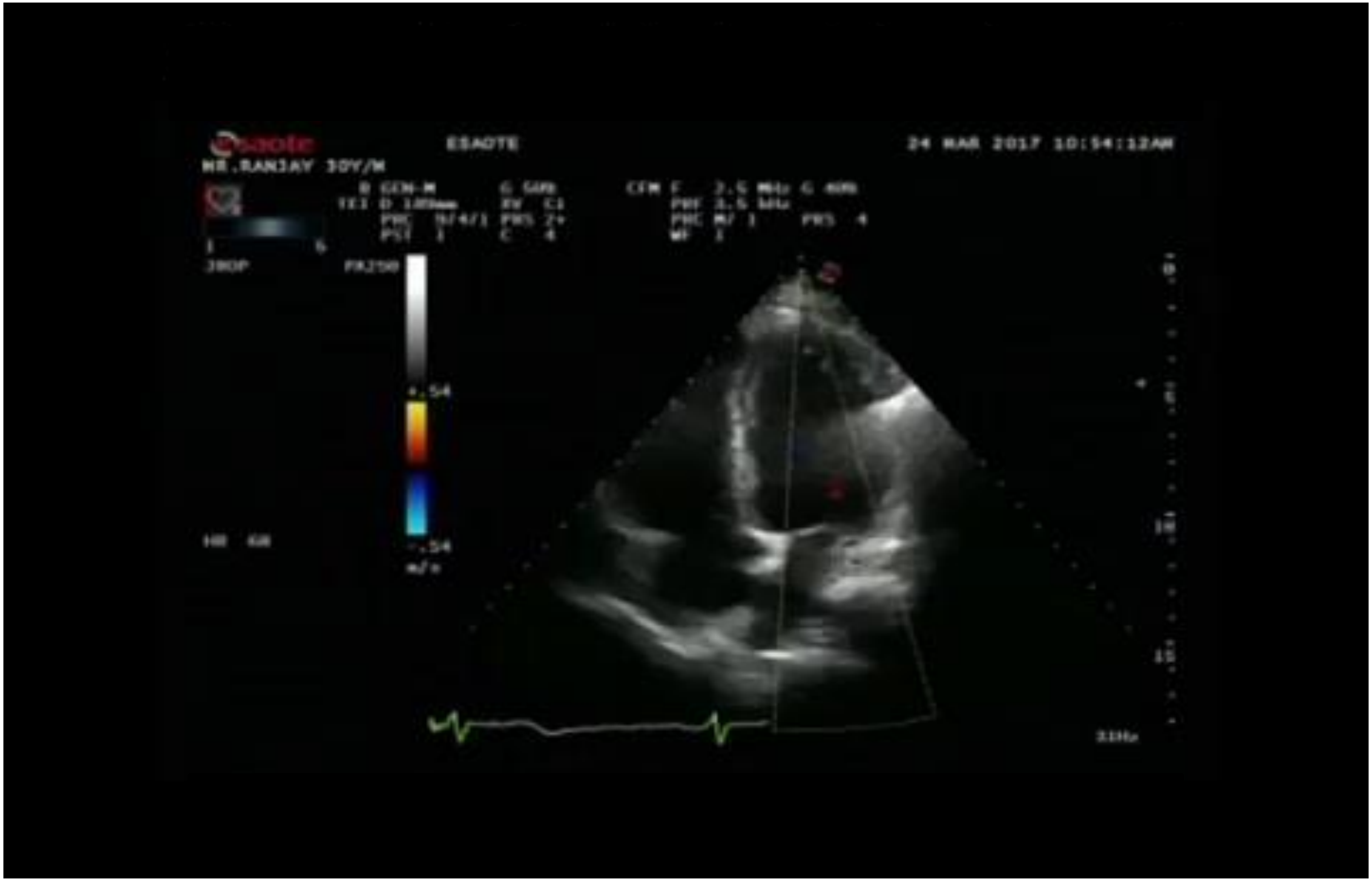
Incidence apicale 4 cavités: FEVG « Simpson »


FR 50Hz
20cm
2D
69%
C 50
P Low
HPen
0
M3
A4Cd
LV Length 9.38 cm
LV Area 33.3 cm²
LV Vol 103 ml
G
P
R
1.3
2.6
78bpm

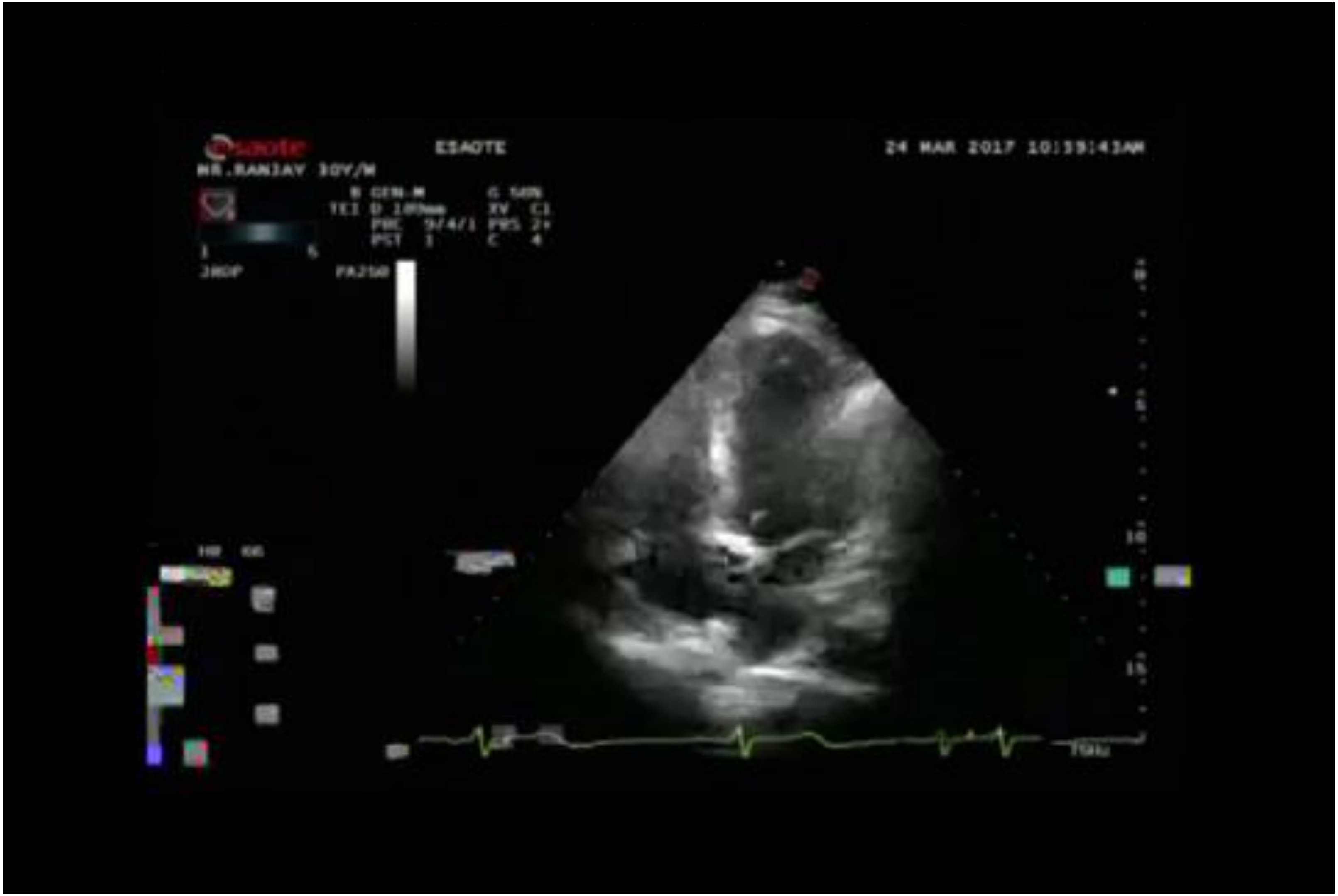
Incidence apicale 4 cavités: doppler couleur


PHILIPS
17/01/2009 11:11:56 ITm2.3 IM 1.3
S5-1/CARDIO
CI 20Hz
19cm
2D
69%
C 50
P Bas
HGén
Coul
66%
2.5MHz
FP Haut
Moy
C3 C4
+58.8
-58.8
cm/s
P
R
1.7
3.4
JPEG
*** bpm

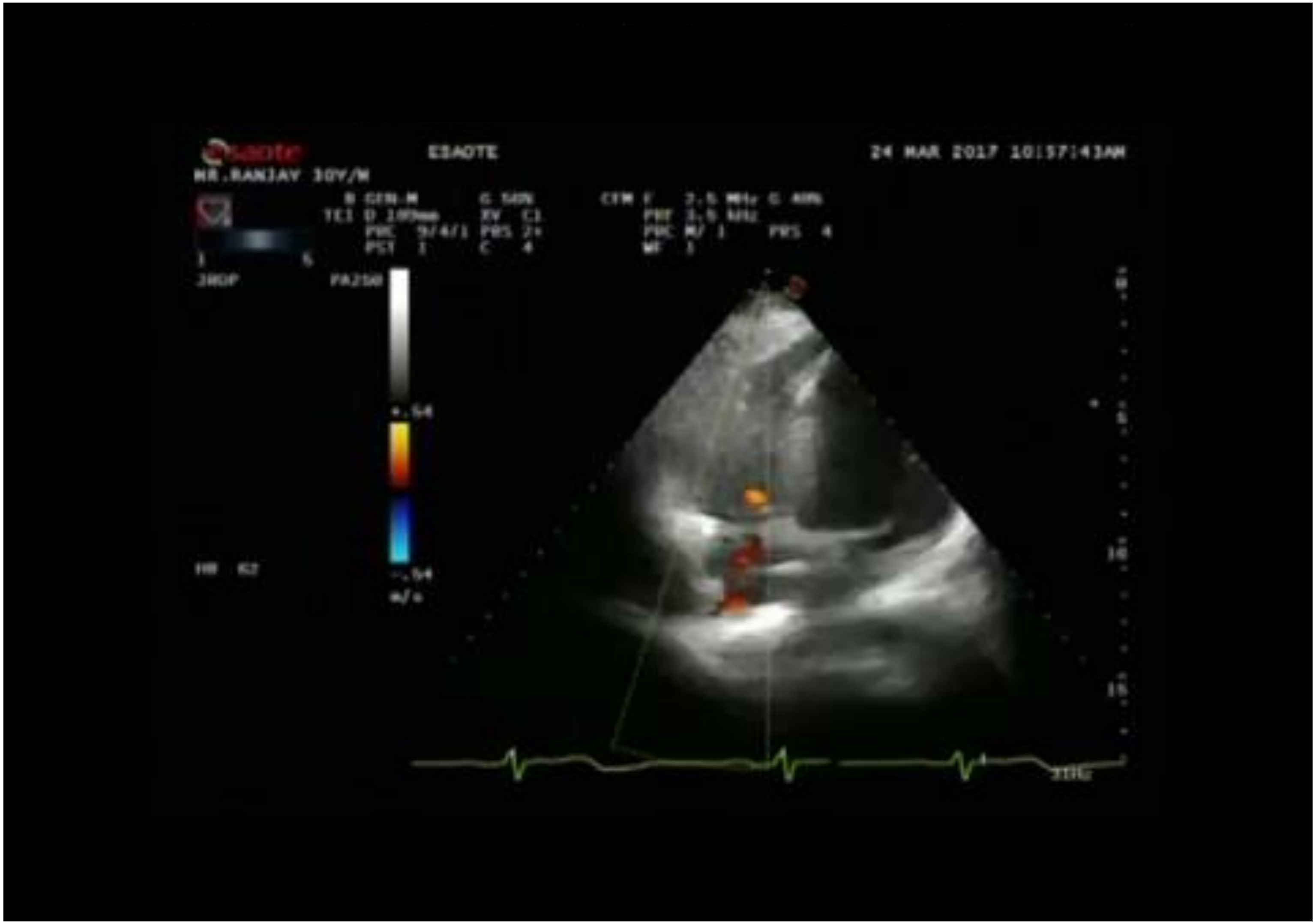
Incidence apicale 4 cavités: doppler pulsé



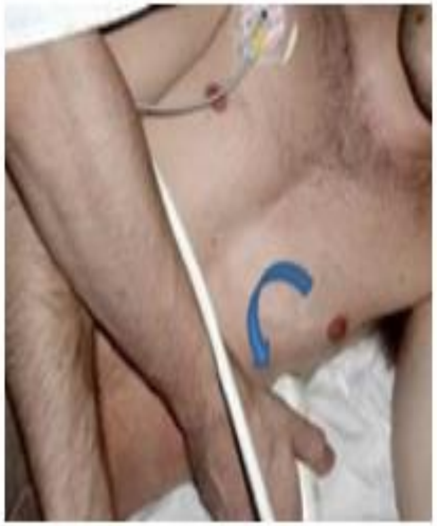
Incidence apicale 4 cavités: doppler tissulaire

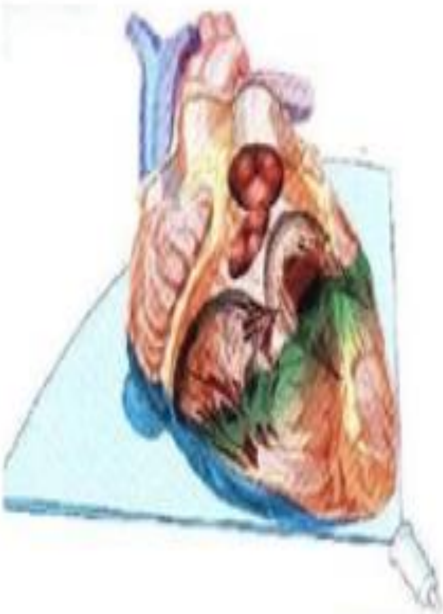

ESAOTE
24 MAR 2017 10:39:43AM

Incidence apicale 4 cavités: doppler continu

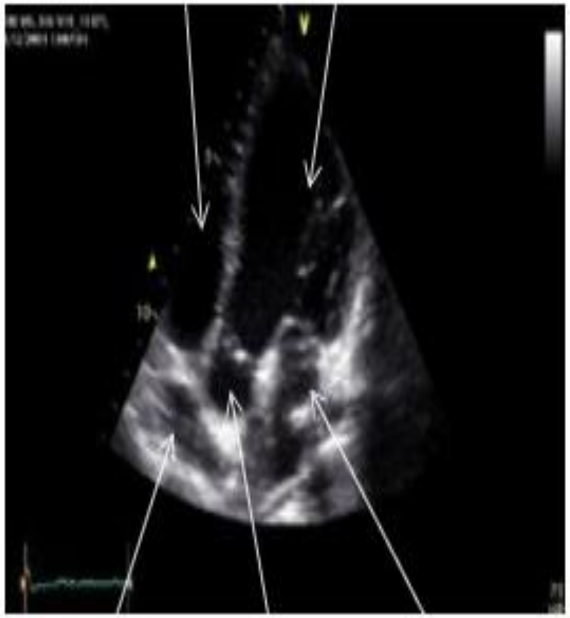

ESAOTE
24 MAR 2017 10:57:43AM
MR.RANJAY 30Y/M
TCI
PA250
m/s
10
15

Incidence apicale 5 cavités



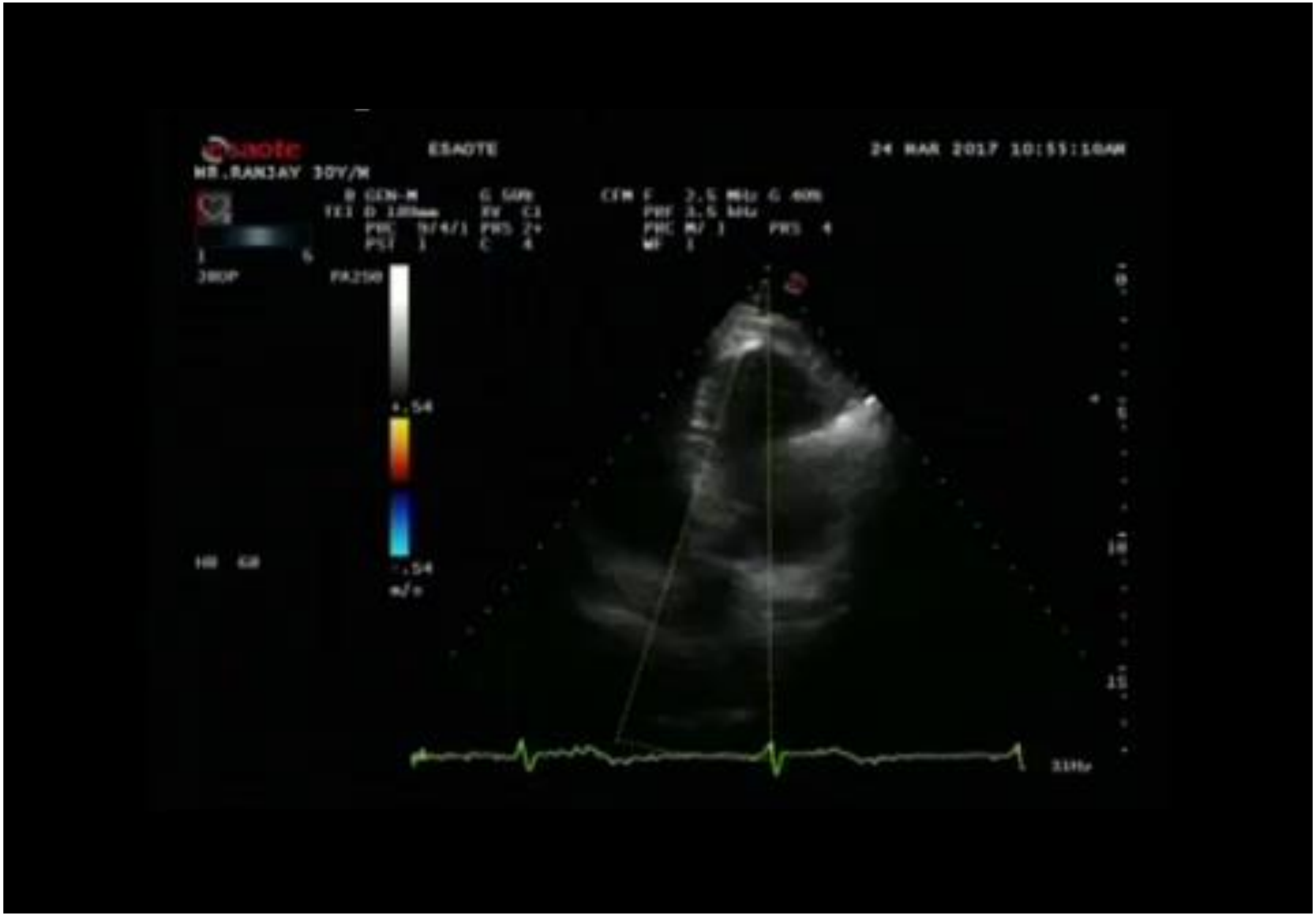


VD VG

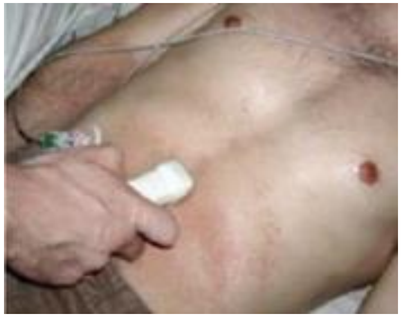


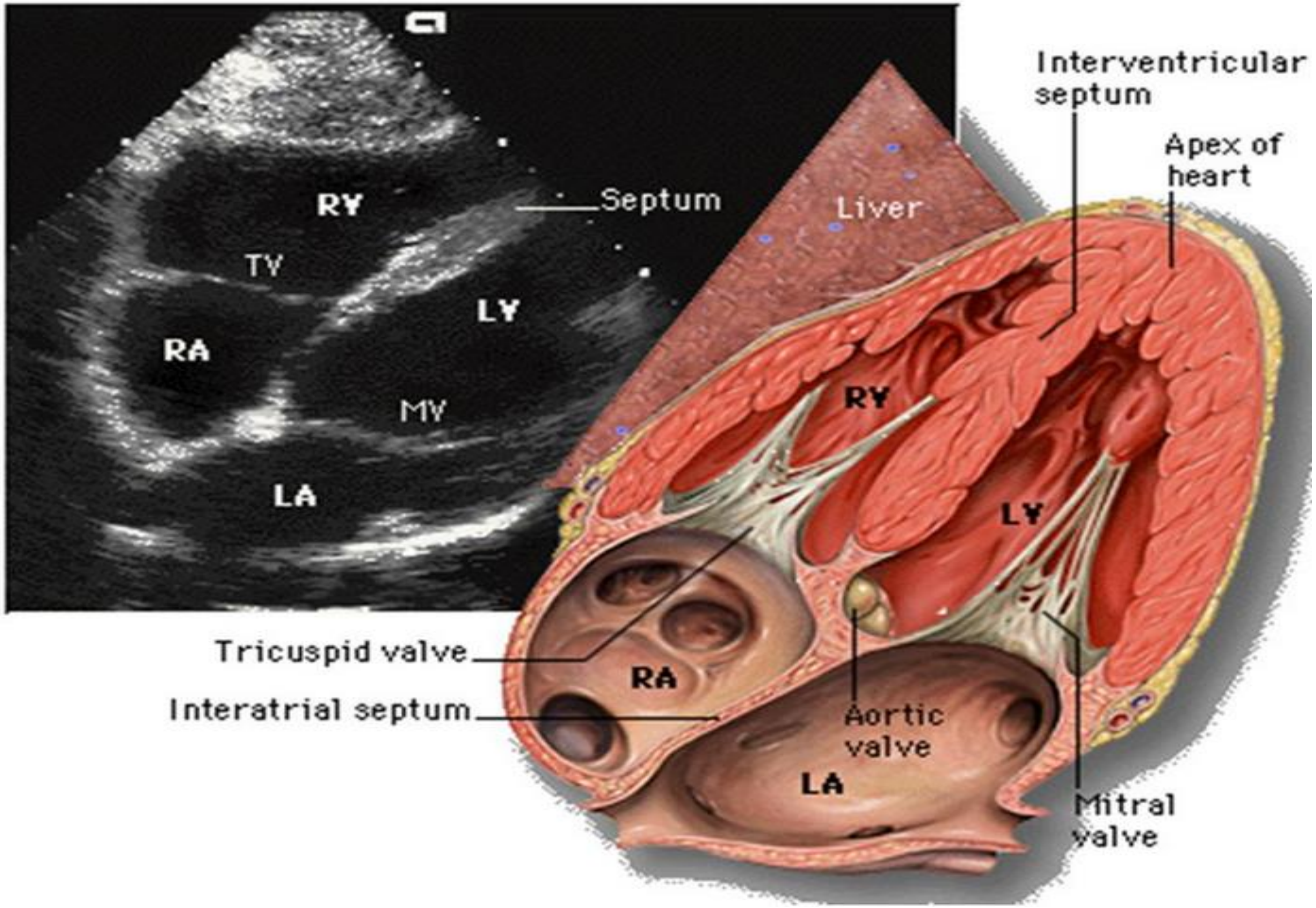
OD Aorte OG

Incidence apicale 5 cavités


ESAOTE
24 MAR 2017 10:55:10AM
MR.RANJAY 30Y/M
+.54
-.54
m/s
0
5
10
15

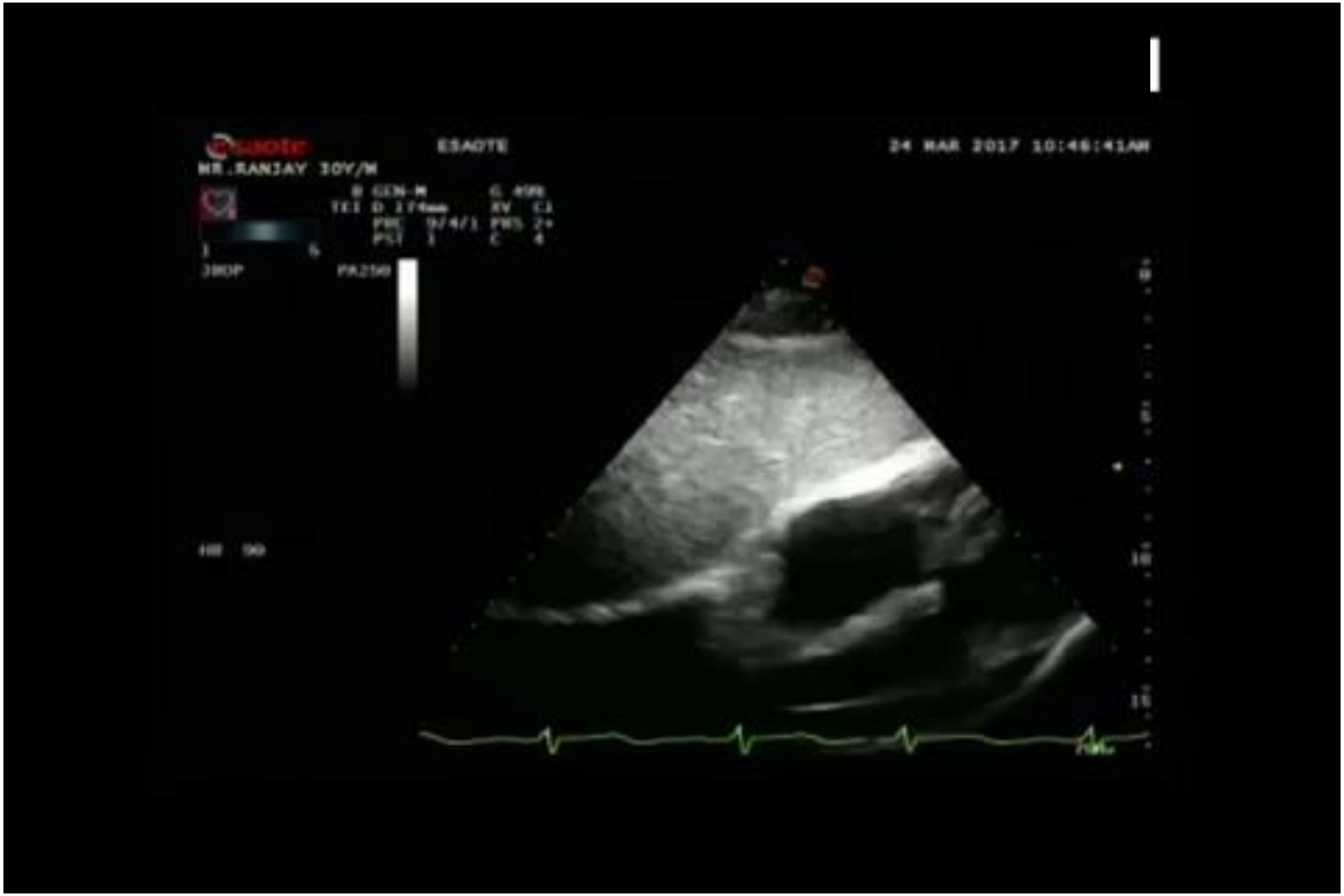
Incidence sous costale




RV
Septum
TV
LV
RA
MV
LA
Liver
Interventricular septum
Apex of heart
RV
LV
RA
Aortic valve
LA
Tricuspid valve
Interatrial septum
Mitral valve

Visualise bien le péricarde et le septum inter auriculaire

Incidence sous costale


ESAOTE
MR.RANJAY 30Y/M
24 MAR 2017 10:46:41AM
PA250
HR 90
0
5
10
15

De retour à notre patient

Remplissage vasculaire?

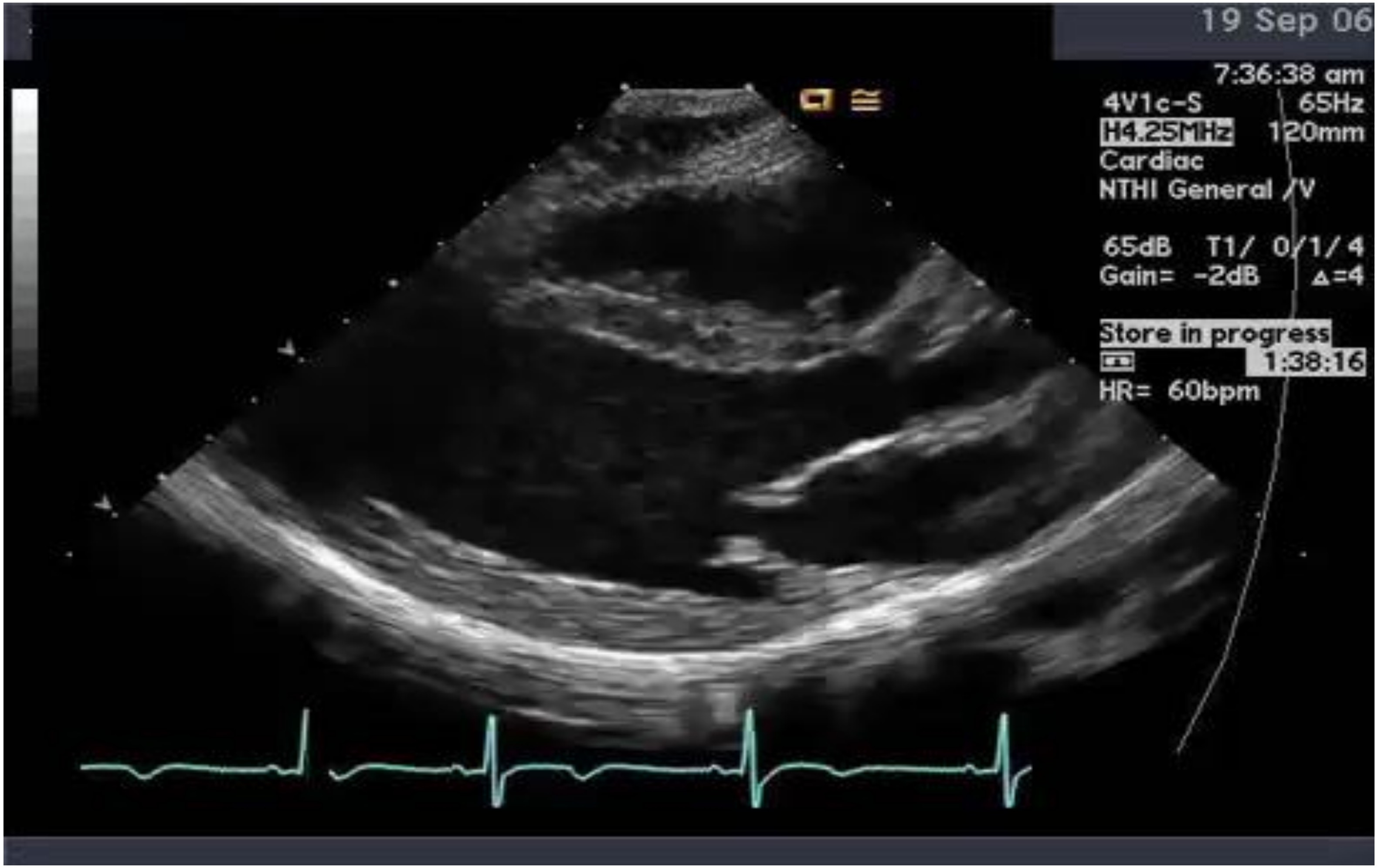
SDRA?

Hypovolémie?

Dobutamine?

Dysfonction cardiaque gauche?

Evaluation de la fonction systolique du VG


19 Sep 06
7:36:38 am
4V1c-S 65Hz
H4.25MHz 120mm
Cardiac
NTHI General /V
65dB T1/ 0/1/ 4
Gain= -2dB ∆=4
Store in progress
1:38:16
HR= 60bpm

De retour à notre patient

Remplissage vasculaire?

SDRA?

Hypovolémie?

Dobutamine?

Dysfonction cardiaque gauche?

De retour à notre patient

Remplissage vasculaire?

SDRA?

Hypovolémie?

~~Dobutamine?~~

~~Dysfonction cardiaque gauche?~~

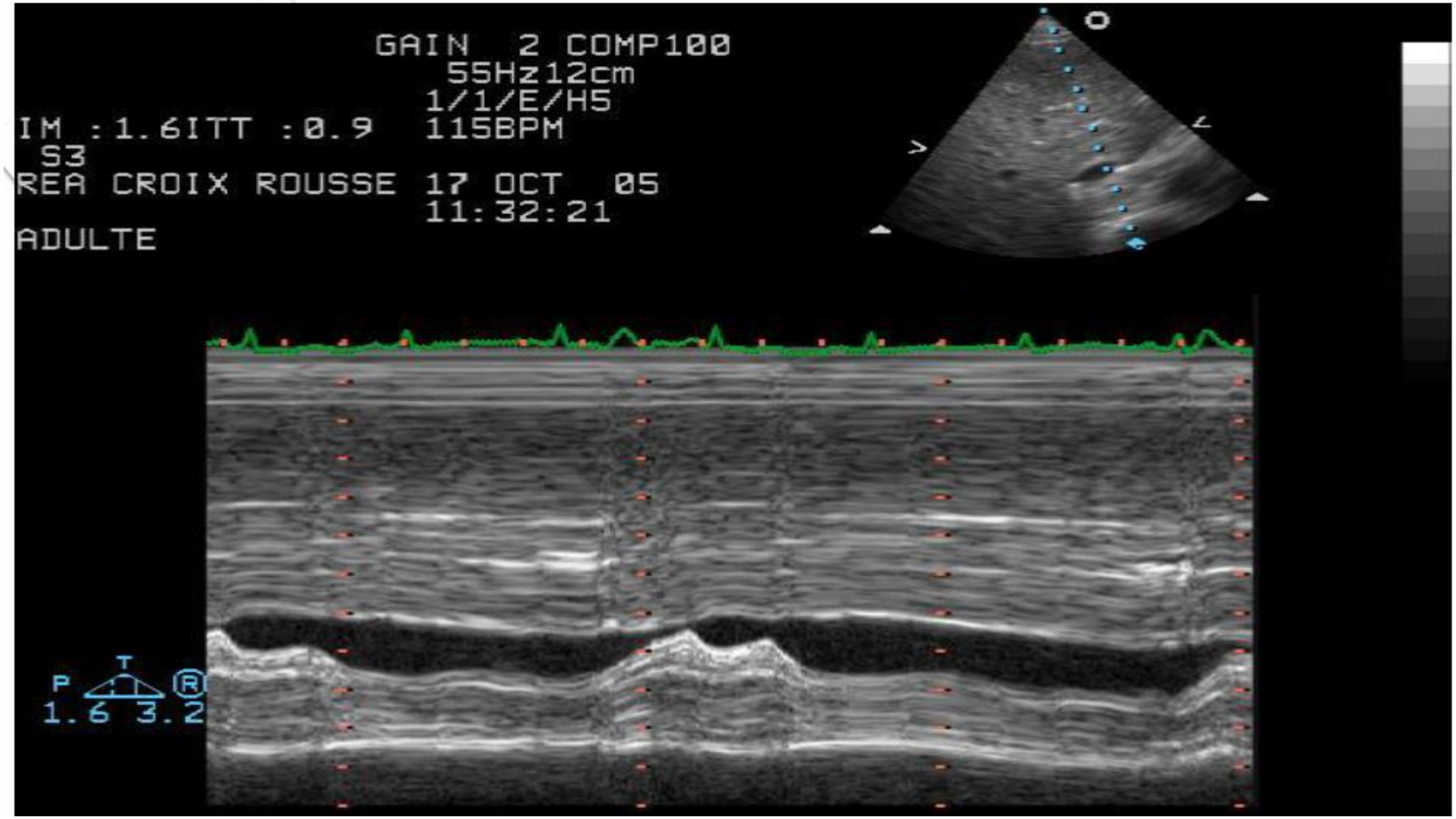
De retour à notre patient

Vide?

Bien rempli?

En surcharge?

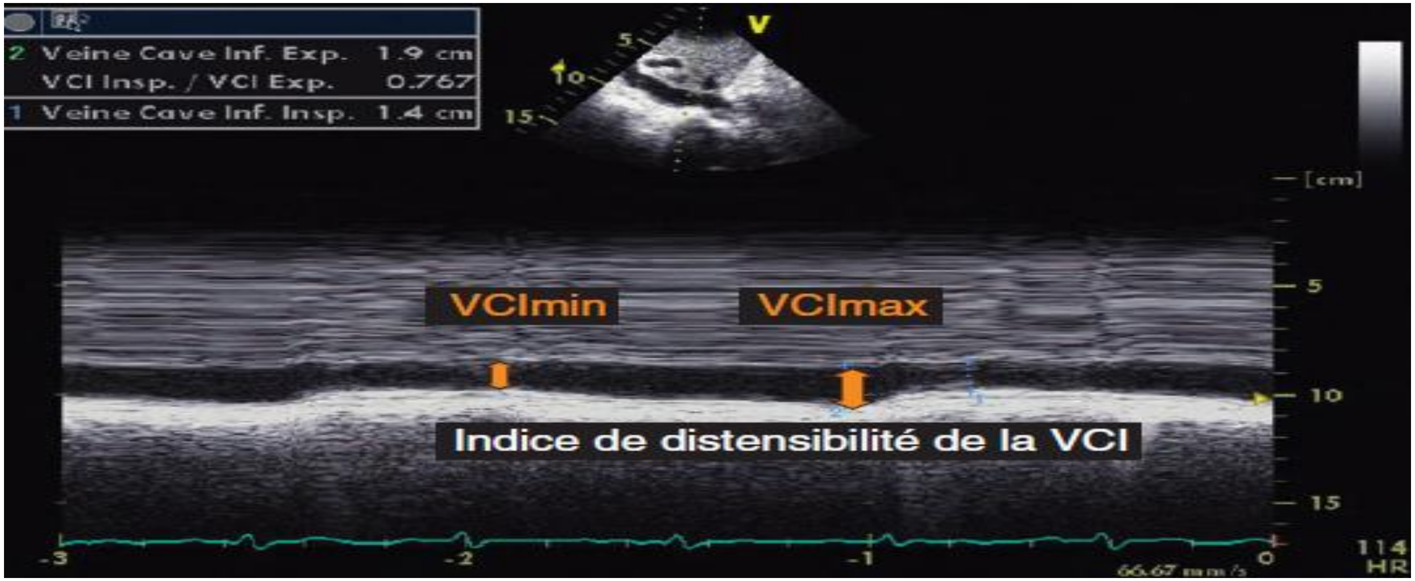
Veine cave inférieure


GAIN 2 COMP100
55Hz12cm
1/1/E/H5
IM :1.6ITT :0.9 115BPM
S3
REA CROIX ROUSSE 17 OCT 05
11:32:21
ADULTE
P T R
1.6 3.2

Indices en faveur d'une hypovolémie et d'une réponse probable positive au remplissage vasculaire

Un diamètre de la VCI < 10 mm est synonyme d'une pression auriculaire droite basse (< 10 mmHg ; spécificité 100 %) et d'une efficacité probable d'un remplissage vasculaire

Veine cave inférieure


2 Veine Cave Inf. Exp. 1.9 cm
VCI Insp. / VCI Exp. 0.767
1 Veine Cave Inf. Insp. 1.4 cm
V
5
10
15
[cm]
VCImin
VCImax
Indice de distensibilité de la VCI
-3
-2
-1
0
66.67 mm/s
114 HR

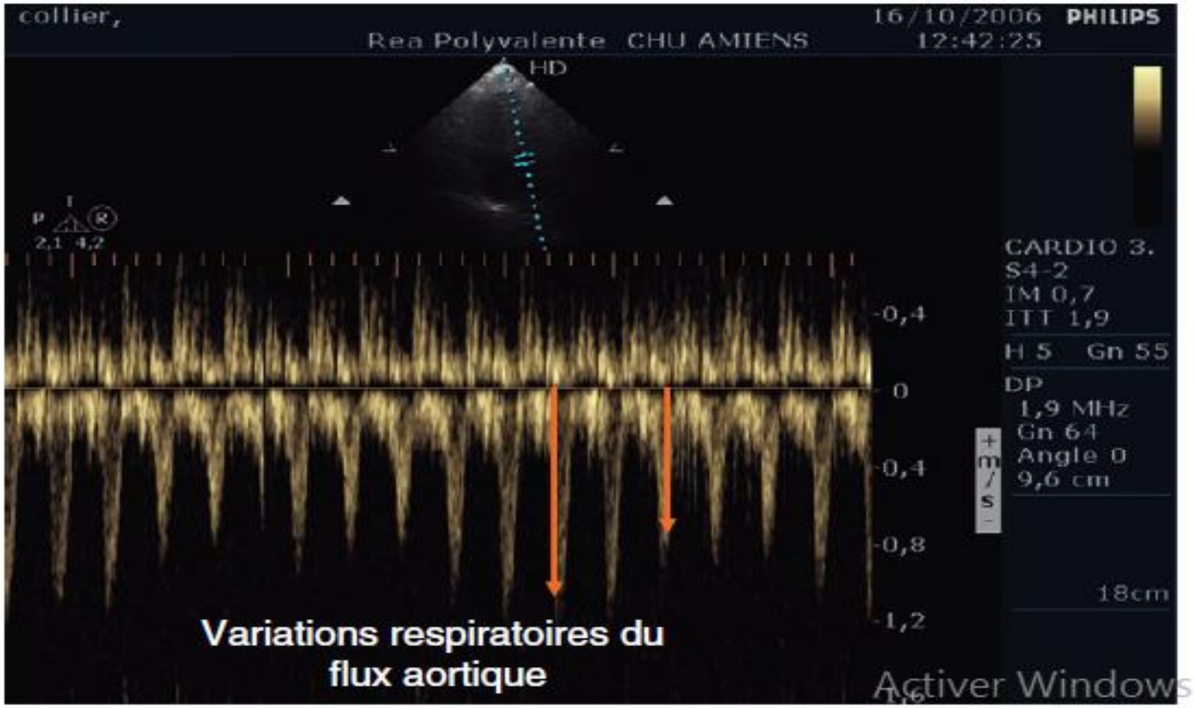
Indices dynamiques permettant de sélectionner a priori les patients répondeurs au remplissage en ventilation contrôlée et sédatés (Vc > 6 ml/kg et sans cycle spontané)

Indice de distensibilité de la VCI : en ETT en TM coupe sous-costale longitudinale

$(VCI_{max} - VCI_{min}) \times 100 / (\text{moyenne } VCI_{max} \text{ et } VCI_{min}) > 12\ \%$

$(VCI_{max} - VCI_{min}) \times 100 / VCI_{min} > 18\ \%$

Flux aortique


collier,
Rea Polyvalente CHU AMIENS
16/10/2006 PHILIPS
12:42:25
HD
P
R
2,1 4,2
CARDIO 3.
S4-2
IM 0,7
ITT 1,9
H 5 Gn 55
DP
1,9 MHz
Gn 64
Angle 0
9,6 cm
18cm
-0,4
0
-0,4
-0,8
-1,2
+ m/s -
Variations respiratoires du flux aortique

Mesure des variations respiratoires du flux aortique.

Activer Windows
Accédez aux paramètres c
activer Windows.

Variations respiratoires du flux aortique : obtenues en Doppler pulsé

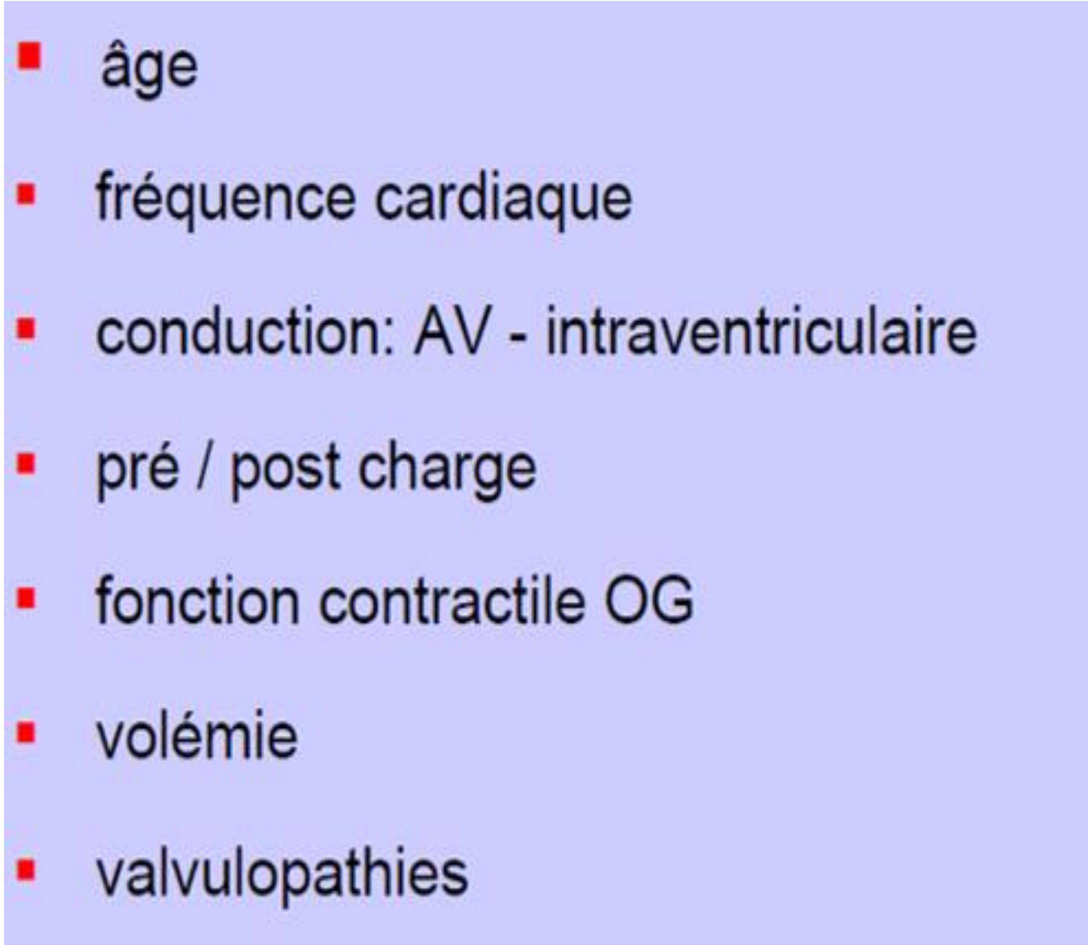
Non utilisable en arythmie

$(V_{max} – V_{min}) \times 100$ / (moyenne V_{max} et V_{min}) > 12 %

$VTI_{max} – VTI_{min}) \times 100 / VTI_{max} > 20$ %

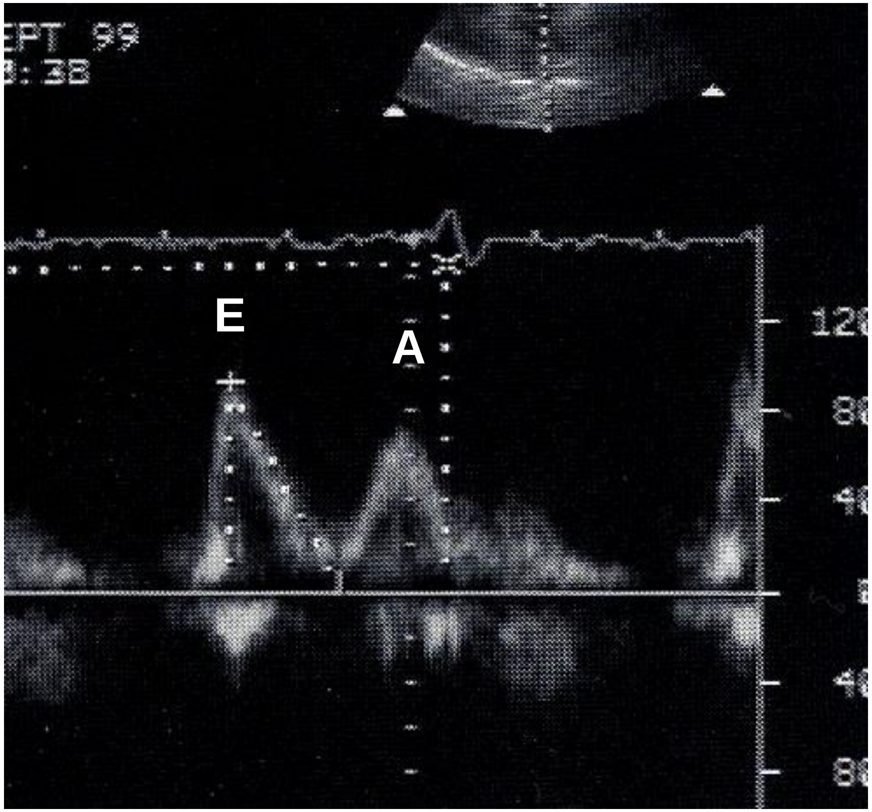
Activer Windows
Accédez aux paramètres de l'ordinat

Flux mitral: facteurs de variation



- âge
- fréquence cardiaque
- conduction: AV - intraventriculaire
- pré / post charge
- fonction contractile OG
- volémie
- valvulopathies

Flux mitral


EPT 99
:38
E
A
12
8
4
4
8

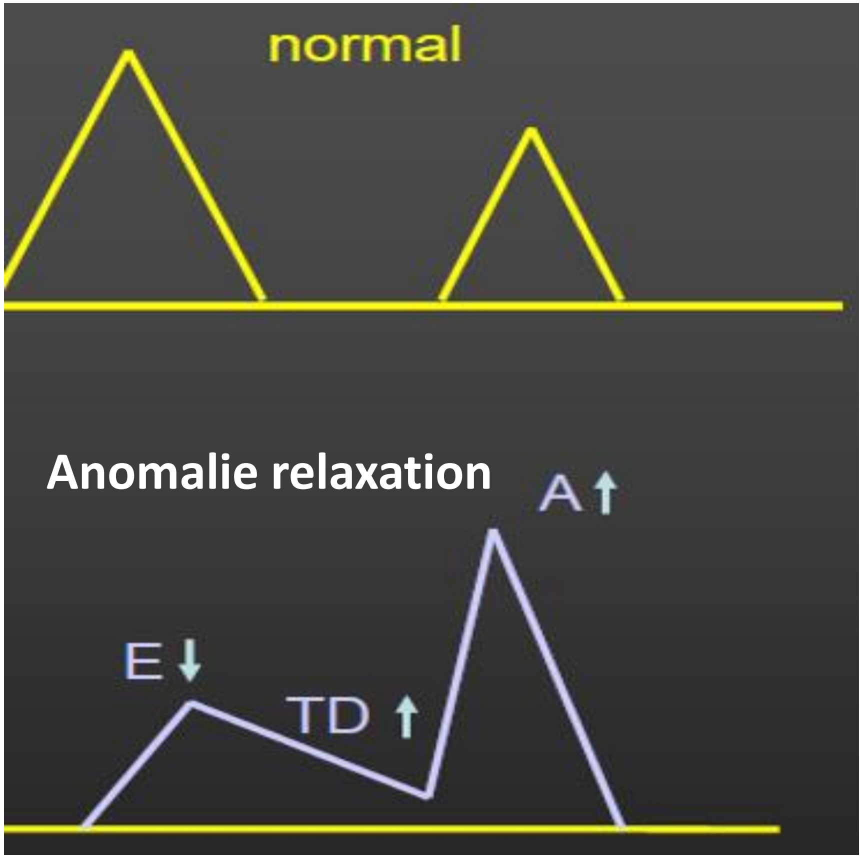
E: Remplissage rapide initial

Relaxation

A : Remplissage rapide terminal
Systole atrial
Rythme sinusal

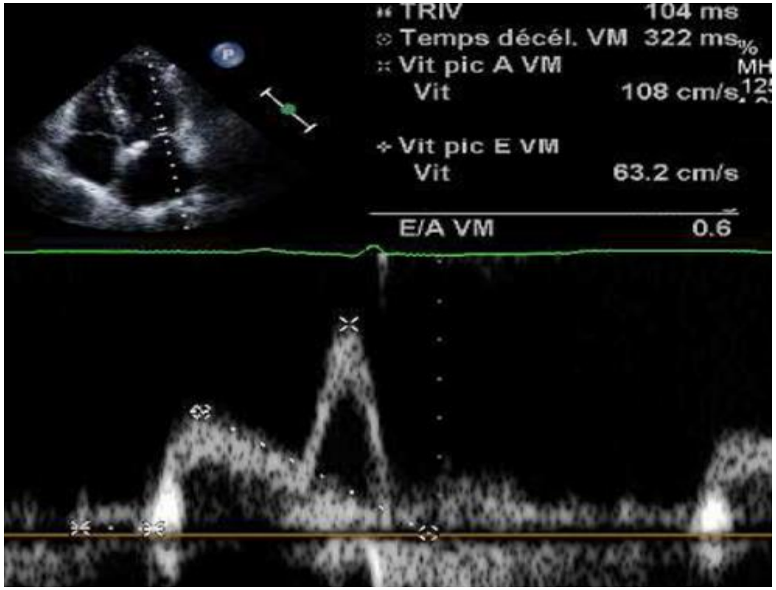
Compliance

Anomalie de relaxation

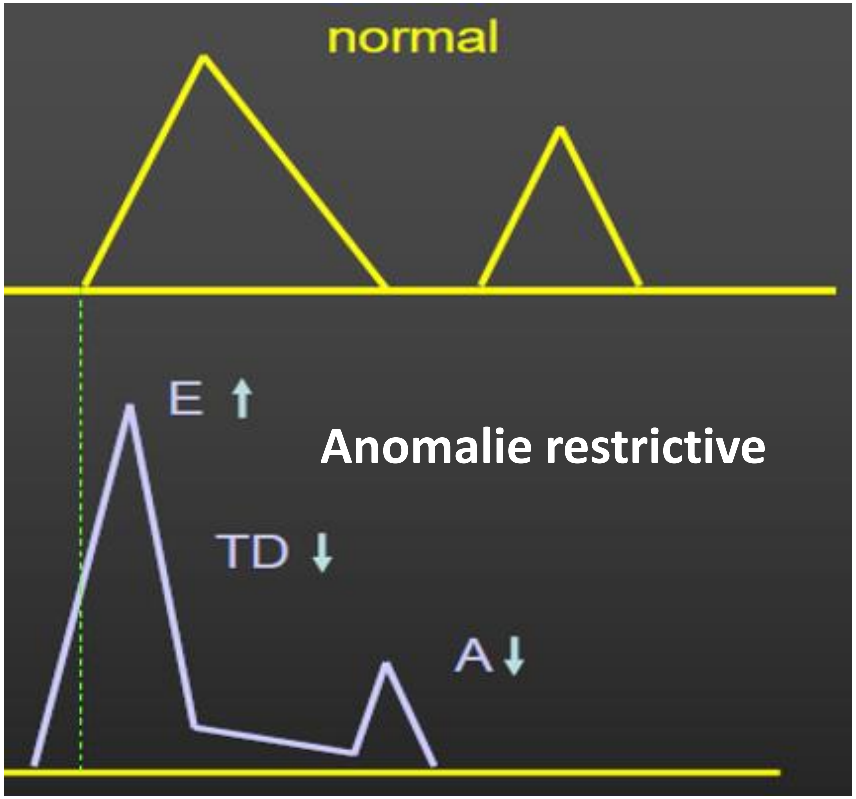

normal
Anomalie relaxation
A ↑
E ↓
TD ↑

E/A < 1

TD > 220 ms

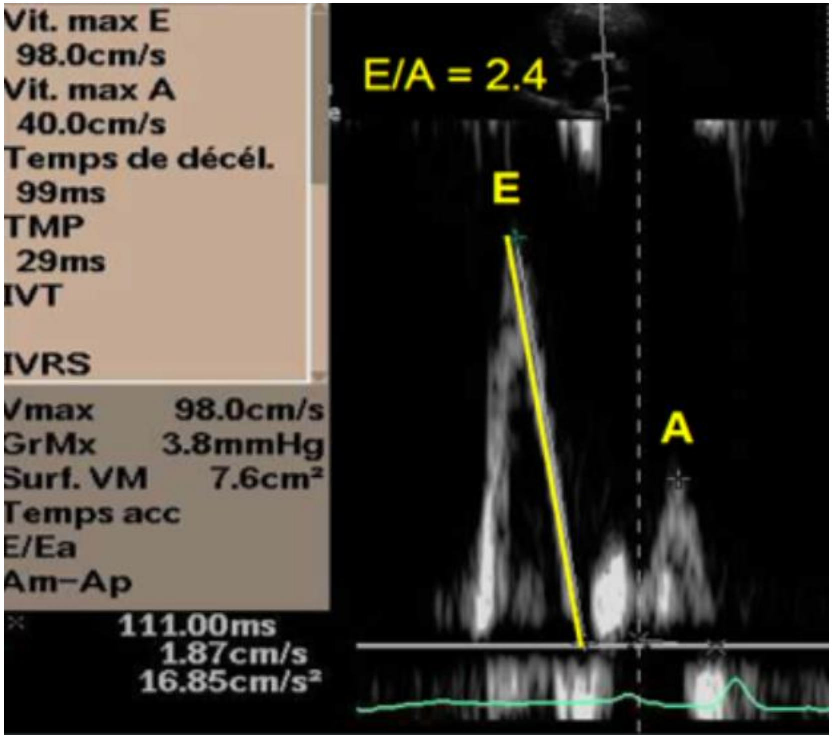

TRIV 104 ms
Temps décél. VM 322 ms
Vit pic A VM
Vit 108 cm/s
Vit pic E VM
Vit 63.2 cm/s
E/A VM 0.6

Anomalie de type restrictif « diminution compliance »


normal
E ↑
Anomalie restrictive
TD ↓
A ↓

E/A > 2

TD < 150 ms



Vit. max E
98.0cm/s
Vit. max A
40.0cm/s
Temps de décél.
99ms
TMP
29ms
IVT

IVRS

Vmax 98.0cm/s
GrMx 3.8mmHg
Surf. VM 7.6cm²
Temps acc
E/Ea
Am-Ap

111.00ms
1.87cm/s
16.85cm/s²

E/A = 2.4

Pressions de remplissage: méthode d'évaluation

Flux mitral: E/A et FE

flux mitral

E > A - E < A

FE

≥ 45% - < 45%

Pressions de remplissage: méthode d'évaluation

$E < A$ et

$E < 50$ cm/s

Pressions de remplissage normales

Pressions de remplissage: méthode d'évaluation

E > A → **FE < 45%**

↓

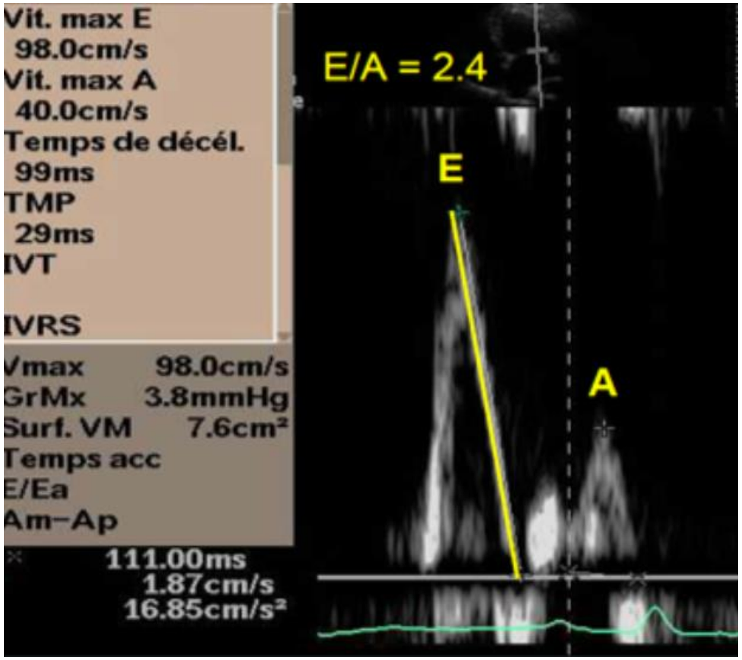
E/A > 2

et/ou

TDE < 150 ms

↓

Pressions élevées



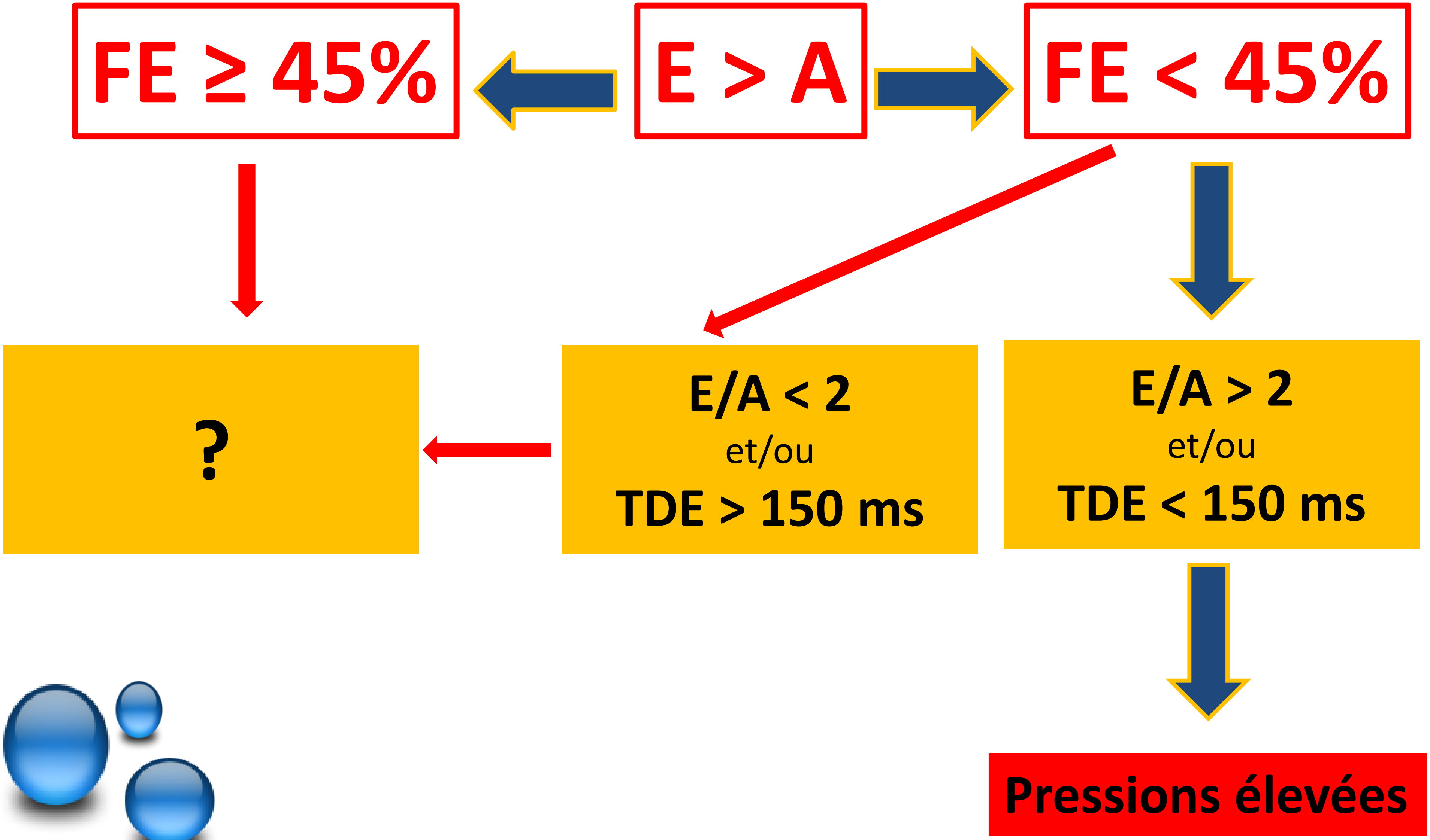
Vit. max E
98.0cm/s
Vit. max A
40.0cm/s
Temps de décél.
99ms
TMP
29ms
IVT

IVRS

Vmax	98.0cm/s
GrMx	3.8mmHg
Surf. VM	7.6cm²
Temps acc	
E/Ea	
Am-Ap	

111.00ms
1.87cm/s
16.85cm/s²

Pressions de remplissage: méthode d'évaluation



E > A

FE ≥ 45%

FE < 45%

?

E/A < 2
et/ou
TDE > 150 ms

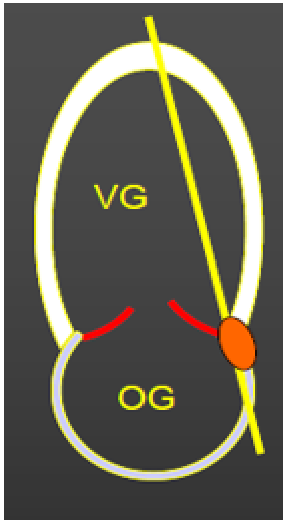
E/A > 2
et/ou
TDE < 150 ms

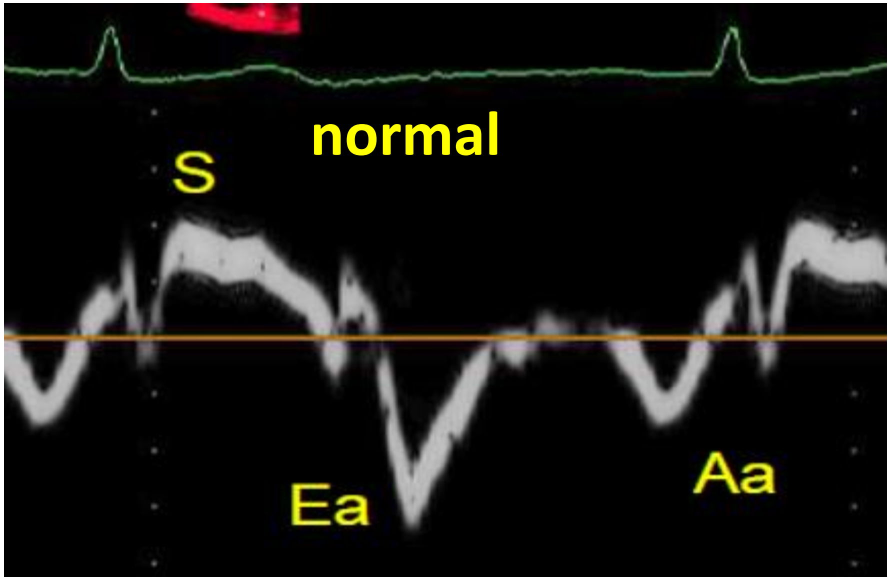
Pressions élevées

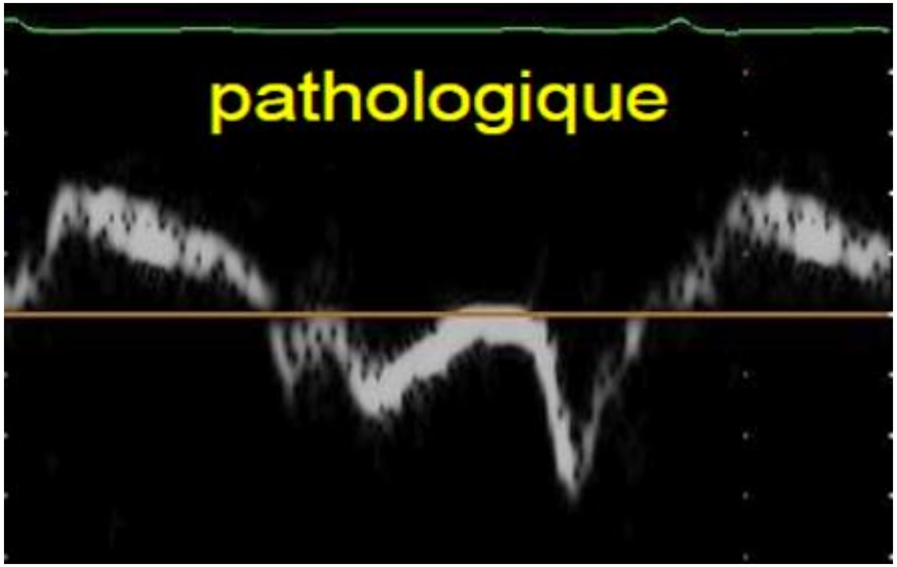
Pressions de remplissage: méthode d'évaluation

Doppler tissulaire: Ea

Doppler tissulaire: vitesse déplacement anneau mitral



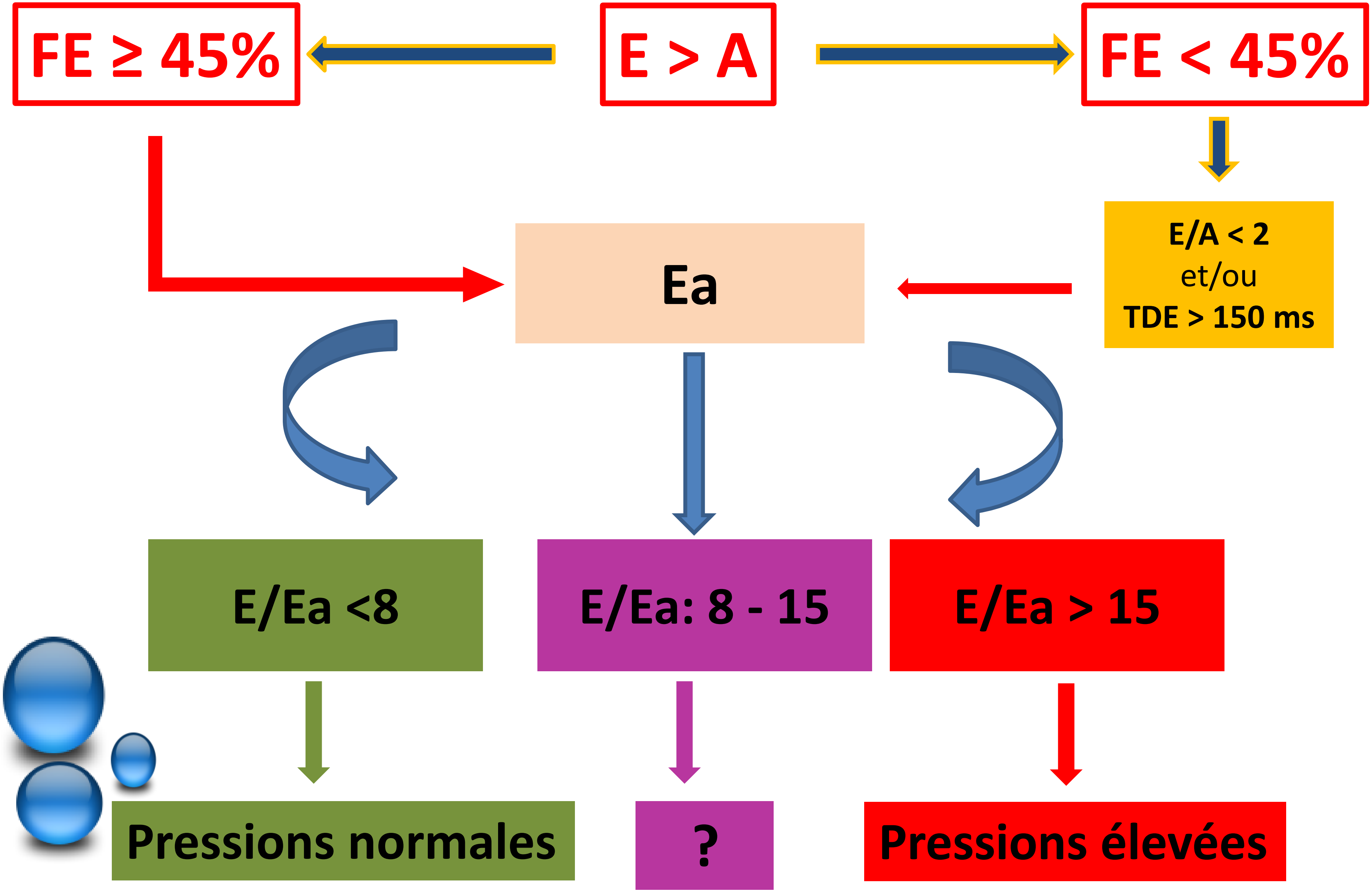

normal
S
Ea
Aa


pathologique

Ea: N > 8 cm/s

Ea/Aa > 1

Pressions de remplissage: méthode d'évaluation



FE ≥ 45%

E > A

FE < 45%

E/A < 2
et/ou
TDE > 150 ms

Ea

E/Ea <8

E/Ea: 8 - 15

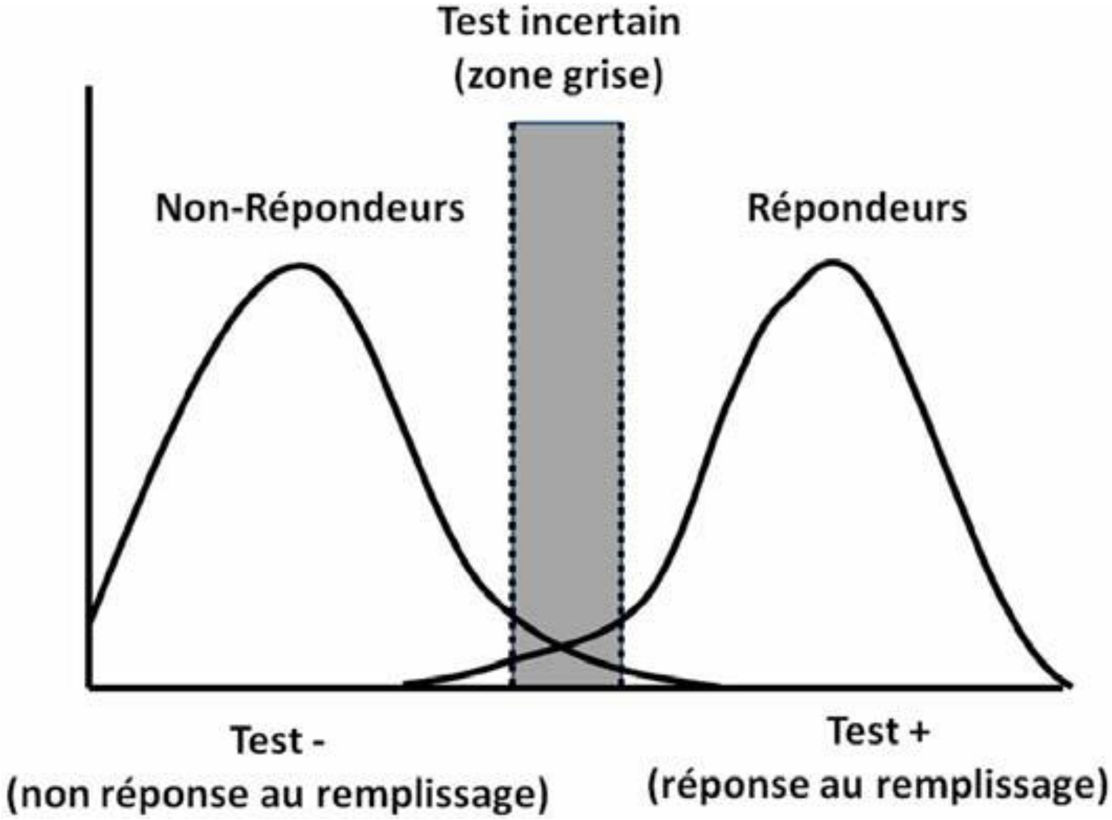
E/Ea > 15

Pressions normales

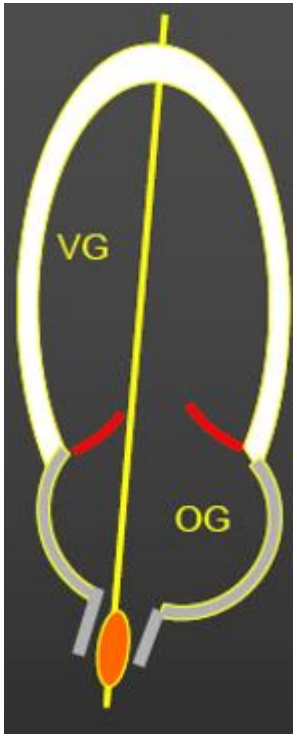
?

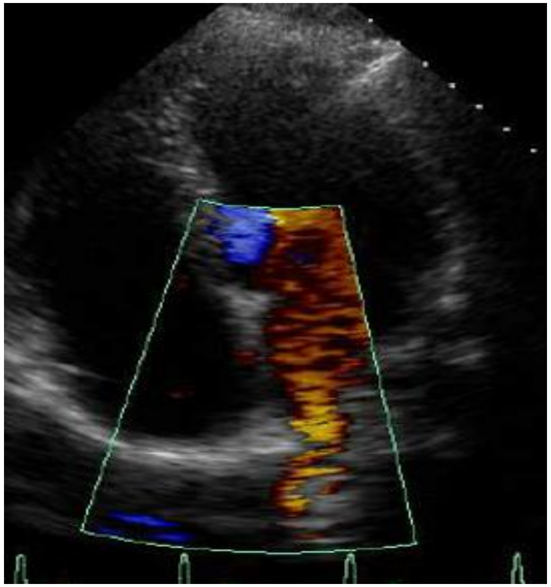
Pressions élevées

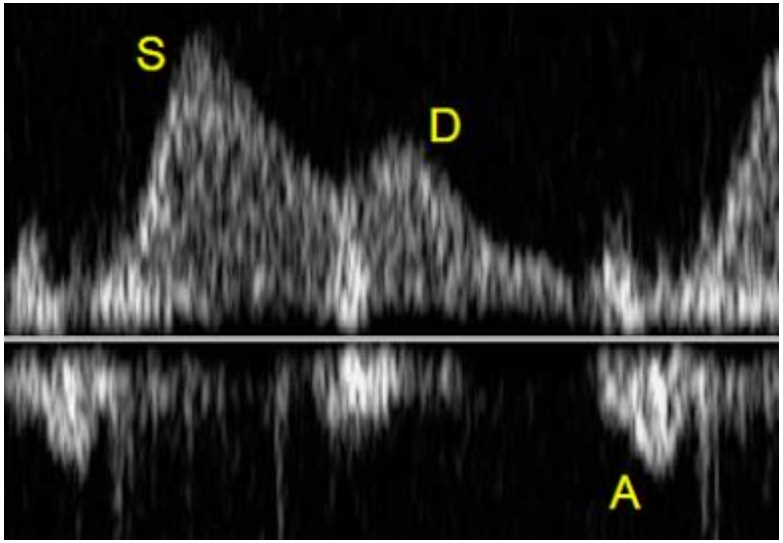
Zone « grise »?


Test incertain
(zone grise)
Non-Répondeurs
Répondeurs
Test -
(non réponse au remplissage)
Test +
(réponse au remplissage)

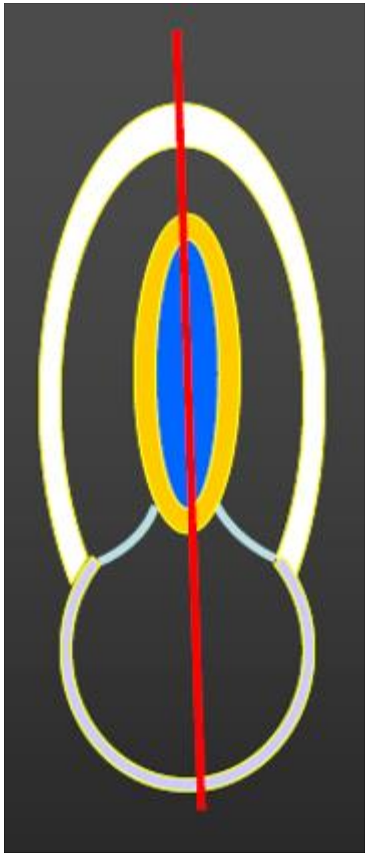
Zone « grise »: flux veineux pulmonaire

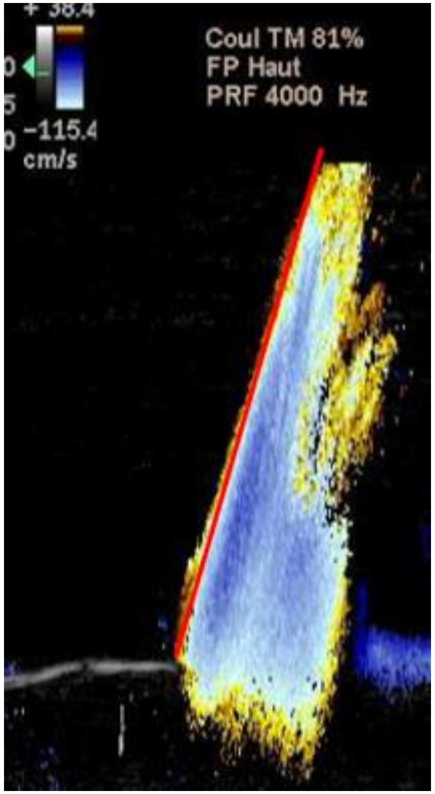






Zone « grise »: vitesse de propagation du flux mitral (VP)



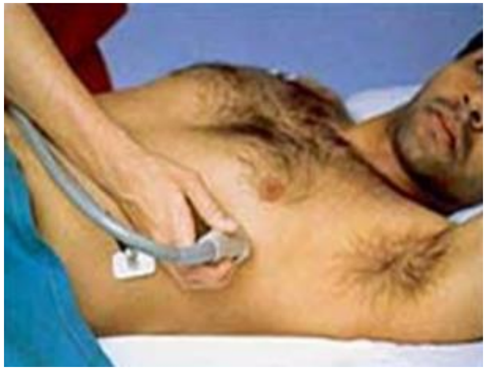

+ 38.4
-115.4
cm/s
Coul TM 81%
FP Haut
PRF 4000 Hz

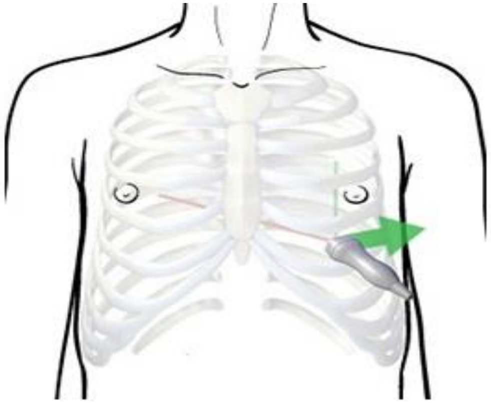
Cœur pulmonaire aigu

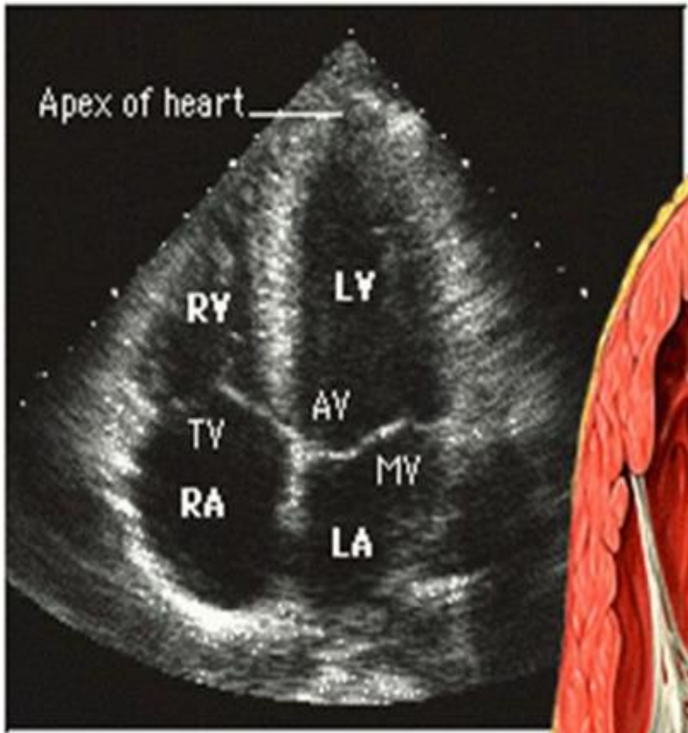
Cœur pulmonaire aigu

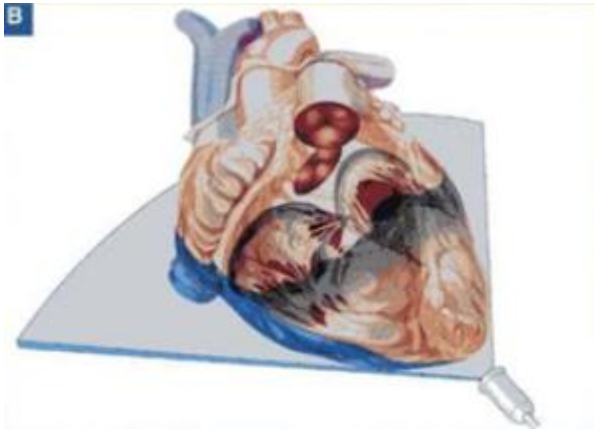
- ✓ Dilatation des cavités droites avec rapport VD/VG > 0.6
- ✓ Septum paradoxal
- ✓ HTAP
- ✓ Ouverture d’un foramen oval

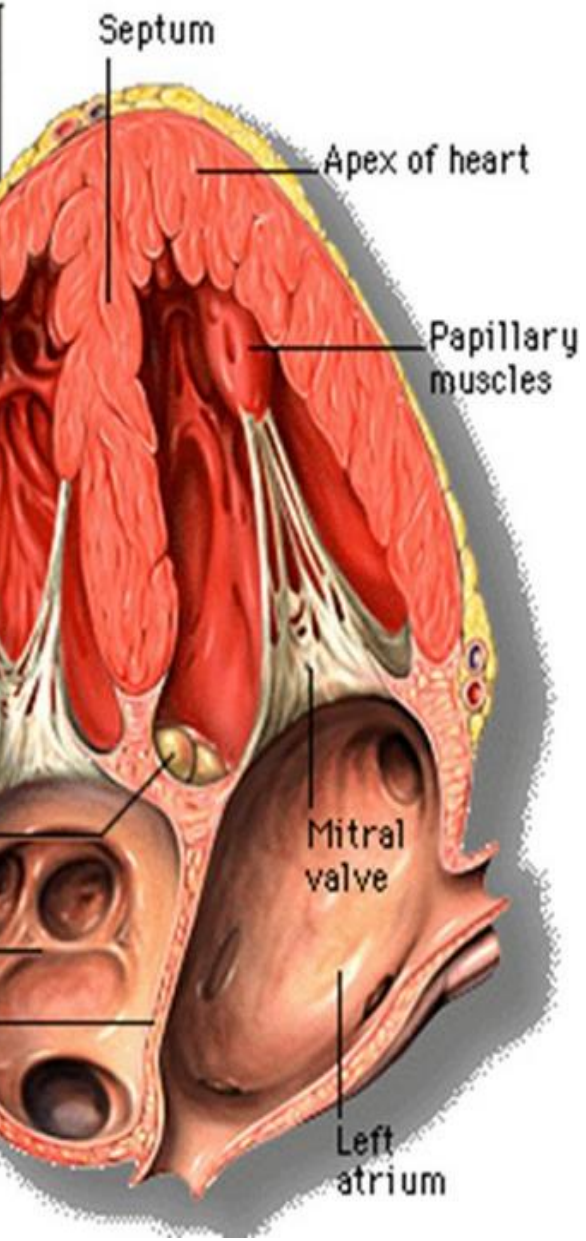
Incidence apicale 4 cavités



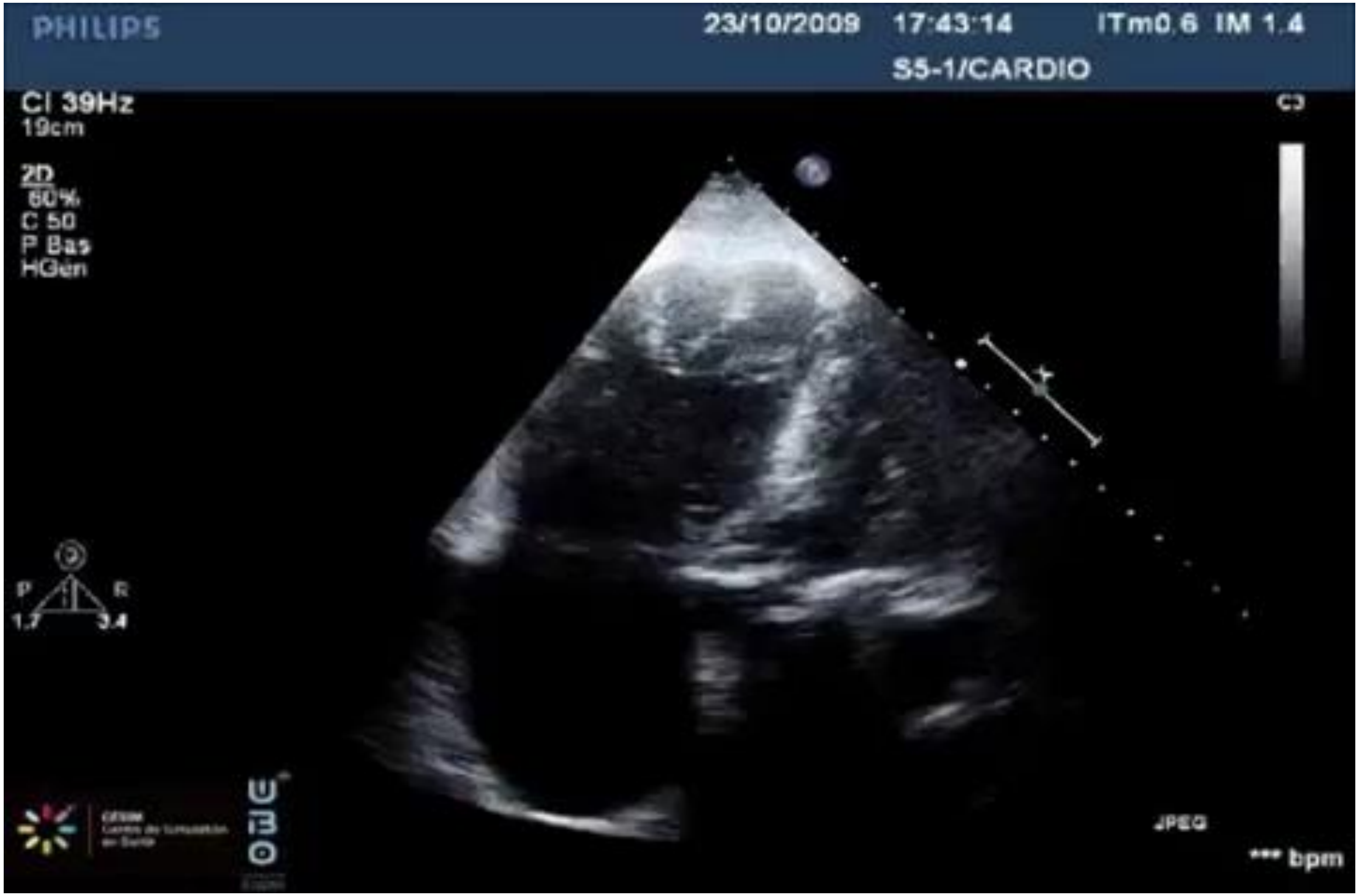



Apex of heart
RV
LV
AV
TV
MV
RA
LA

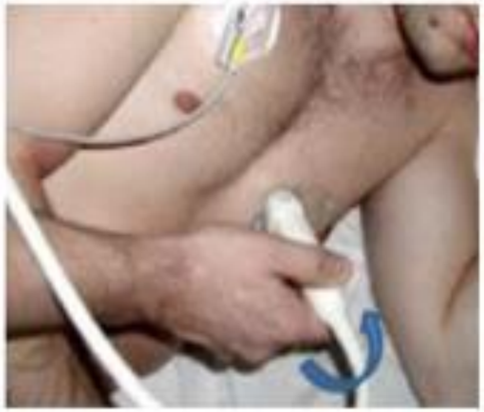


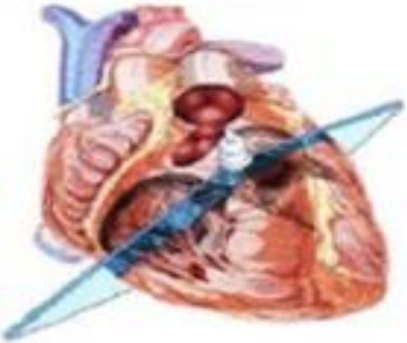

Septum
Apex of heart
Papillary muscles
Tricuspid valve
Aortic valve
Mitral valve
Right atrium
Interatrial septum
Left atrium

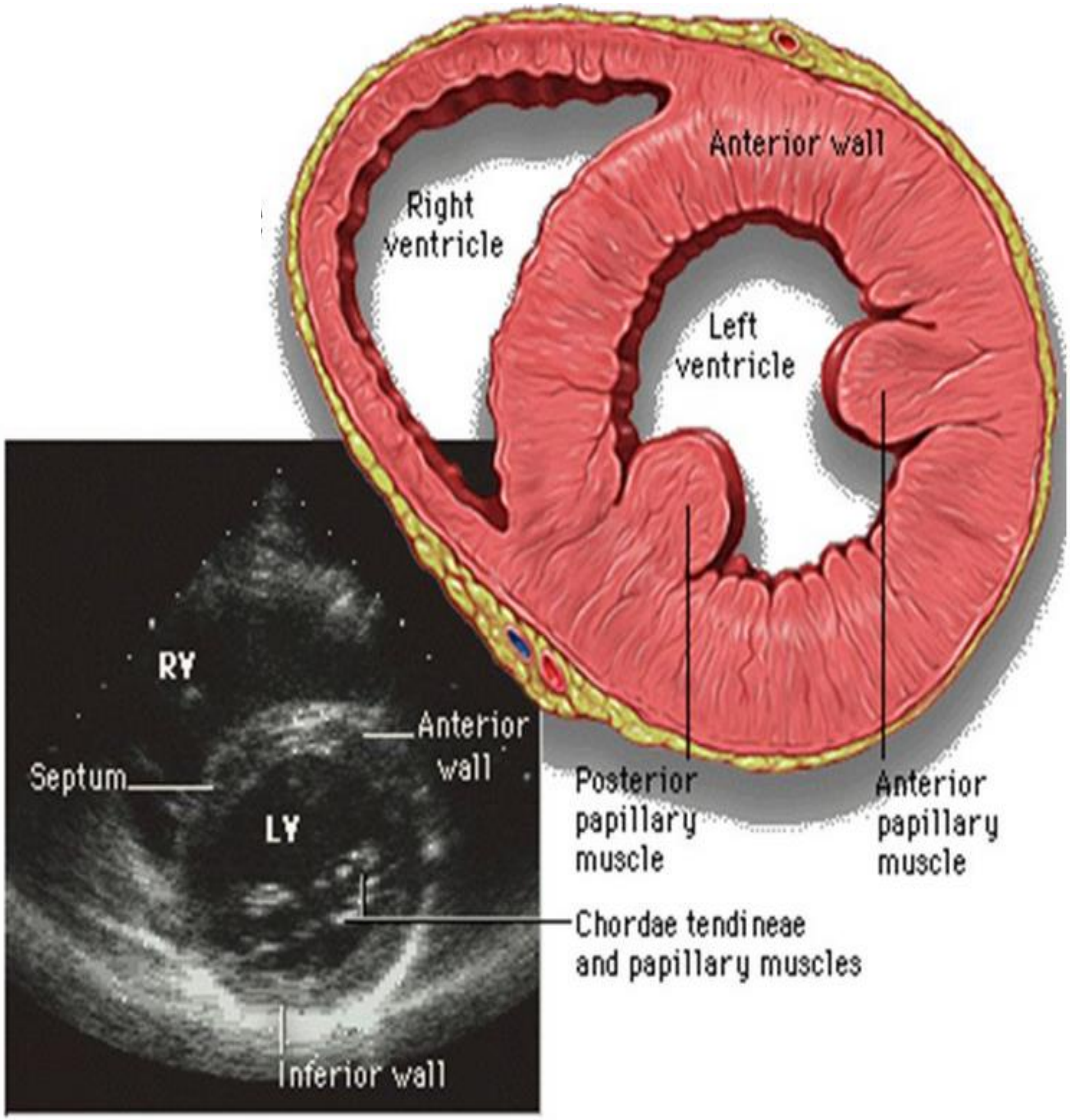
Incidence apicale 4 cavités


PHILIPS
23/10/2009
17:43:14
ITm0.6 IM 1.4
S5-1/CARDIO
CI 39Hz
19cm
2D
60%
C 50
P Bas
HGén
P
R
1.7
3.4
JPEG
*** bpm

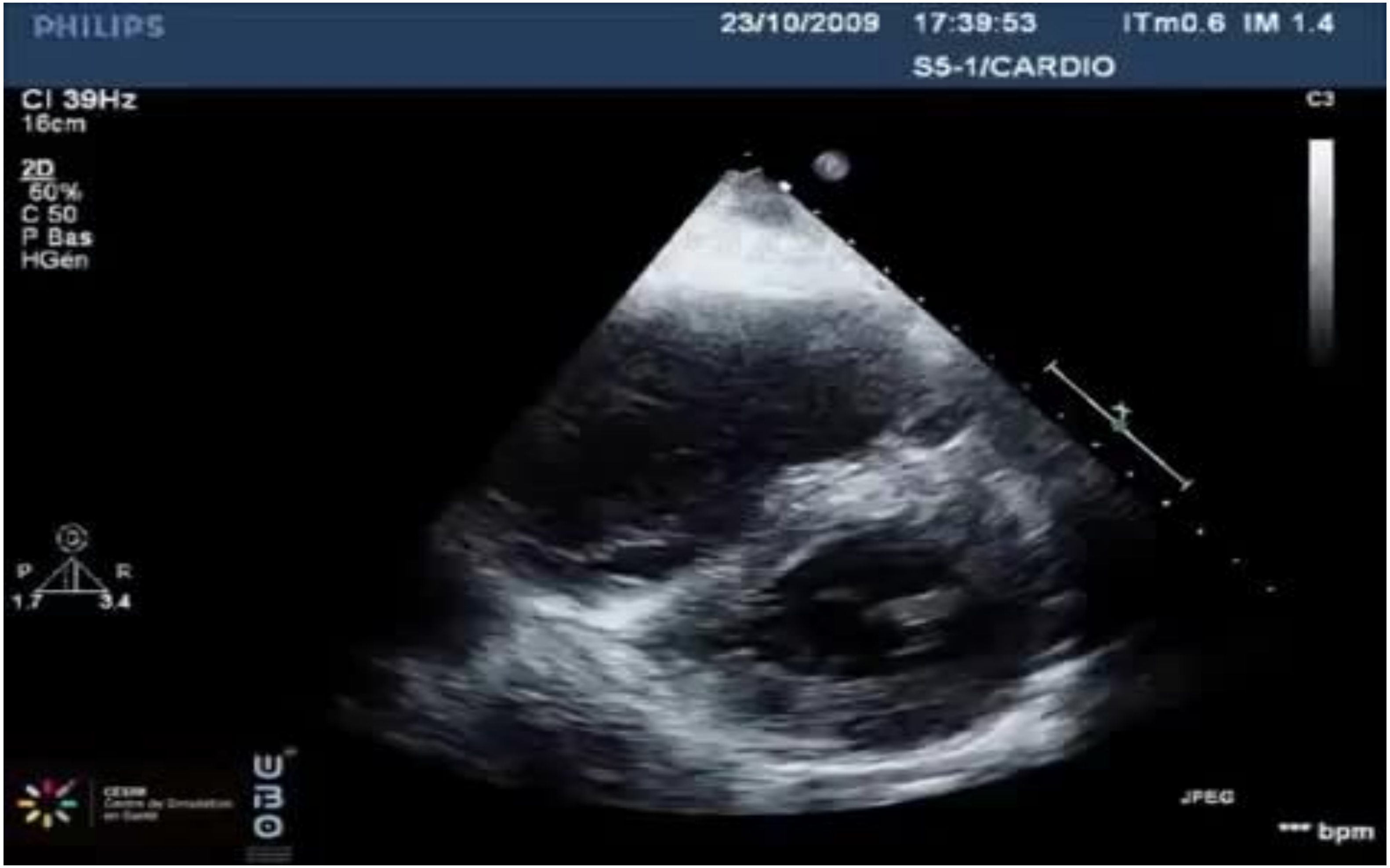
Incidence para sternale petit axe



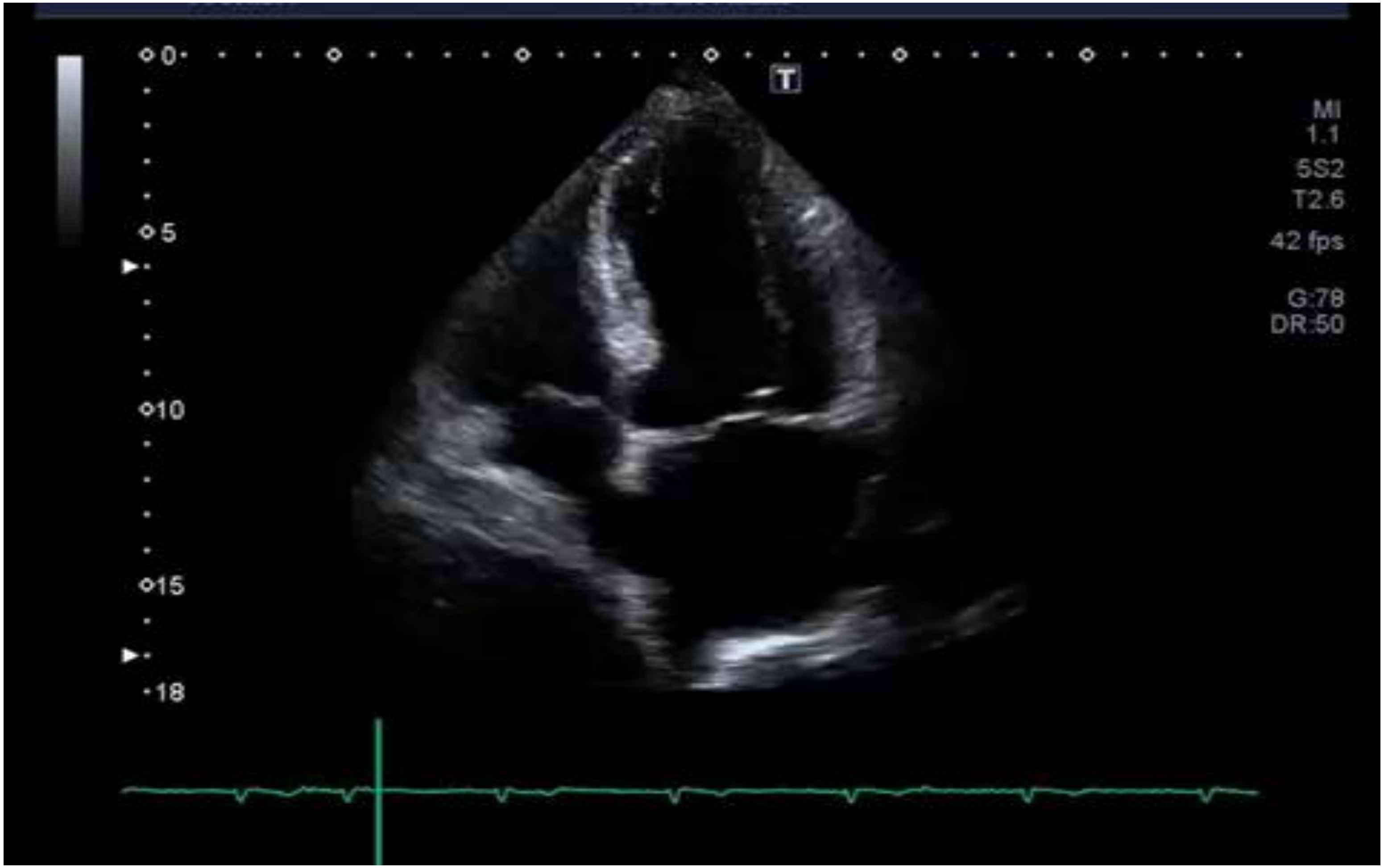



Anterior wall
Right ventricle
Left ventricle
RV
Anterior wall
Septum
LV
Posterior papillary muscle
Anterior papillary muscle
Chordae tendineae and papillary muscles
Inferior wall

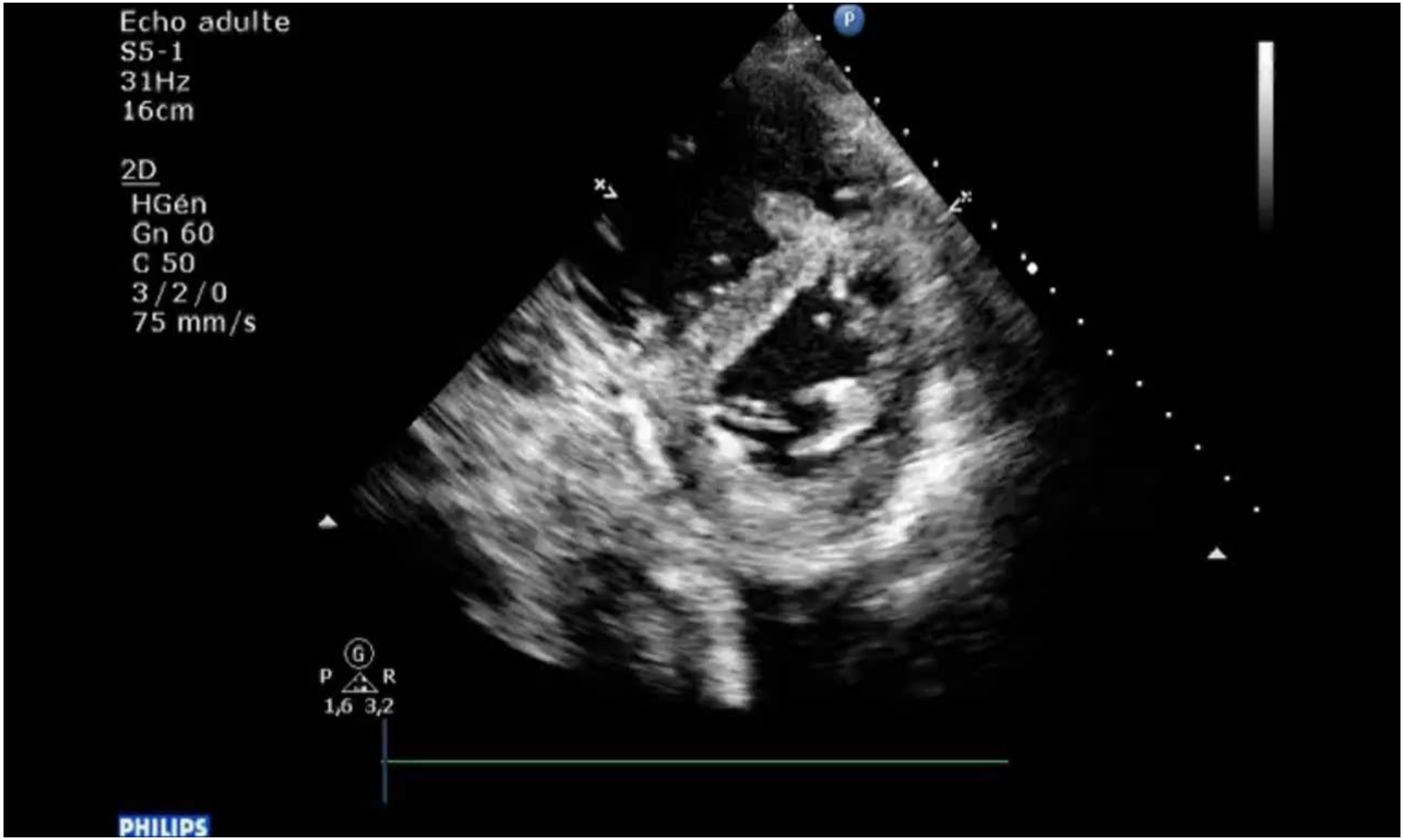
Incidence para sternale petit axe


PHILIPS
23/10/2009
17:39:53
ITm0.6 IM 1.4
S5-1/CARDIO
CI 39Hz
16cm
2D
60%
C 50
P Bas
HGén
C3
P
R
1.7
3.4
JPEG
*** bpm

FOP


0
5
10
15
18
T
MI
1.1
5S2
T2.6
42 fps
G:78
DR:50

Embolie pulmonaire: échographie cardiaque


Echo adulte
S5-1
31Hz
16cm
2D
HGén
Gn 60
C 50
3/2/0
75 mm/s
P
G
P
R
1,6 3,2
PHILIPS