

22

CONGRÈS NATIONAL

Monitorage échographique du débit cardiaque : Intérêts et limites chez le patient critique

Point of care Ultrasound

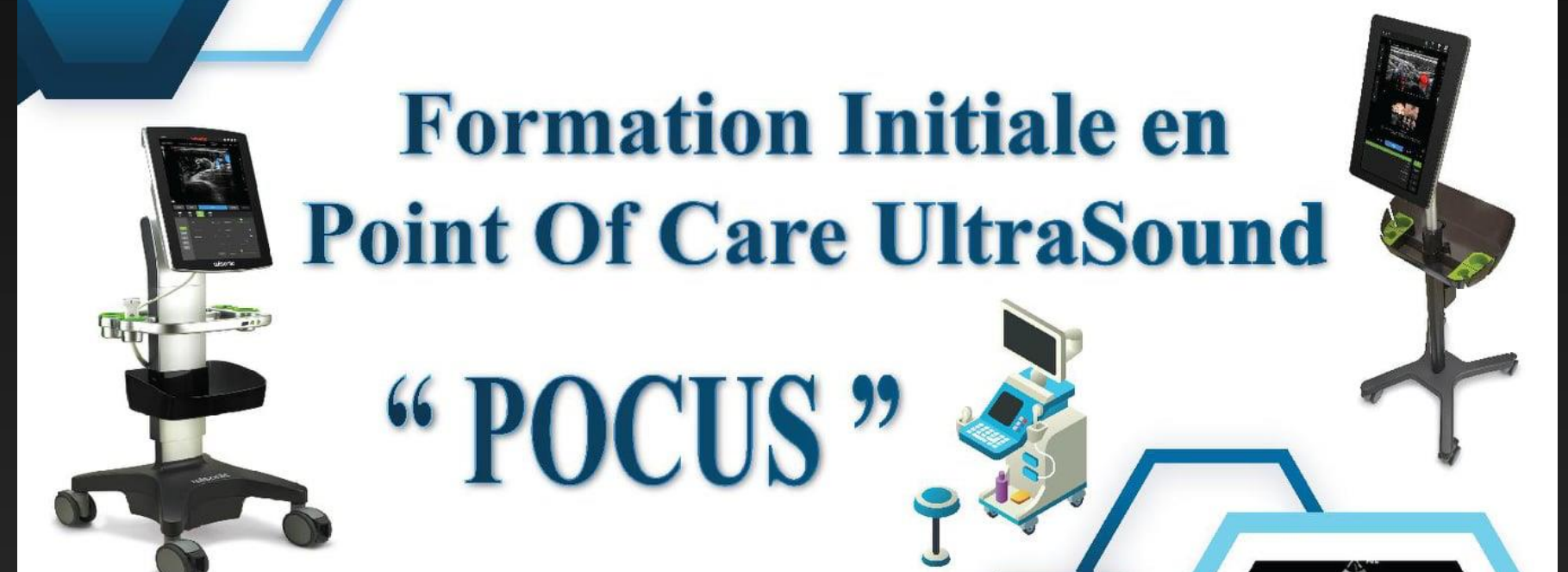
Mohamed Islem SOUALHI - MAR EPH Ouargla - SAARSIU Décembre 2022





Formation Initiale en Point Of Care UltraSound

“POCUS”



DTC

Pulmonaire

Abdominale

EchoCoeur

En collaboration :
Service Des Urgences
Service d'Anesthésie et Réanimation



Introduction

- Manager un état critique est un challenge
- La mesure non invasive du débit cardiaque est validée
- Peut être une alternative à la méthode par thermo-dilution (invasive ++)
- Possible à l'ETT /ETO
- La mesure du débit cardiaque estime l'**implication du coeur ou pas** dans l'instabilité hémodynamique
- **Débit cardiaque = FC * VES** (4 à 8 l/min)

Mesure débit cardiaque

Principe

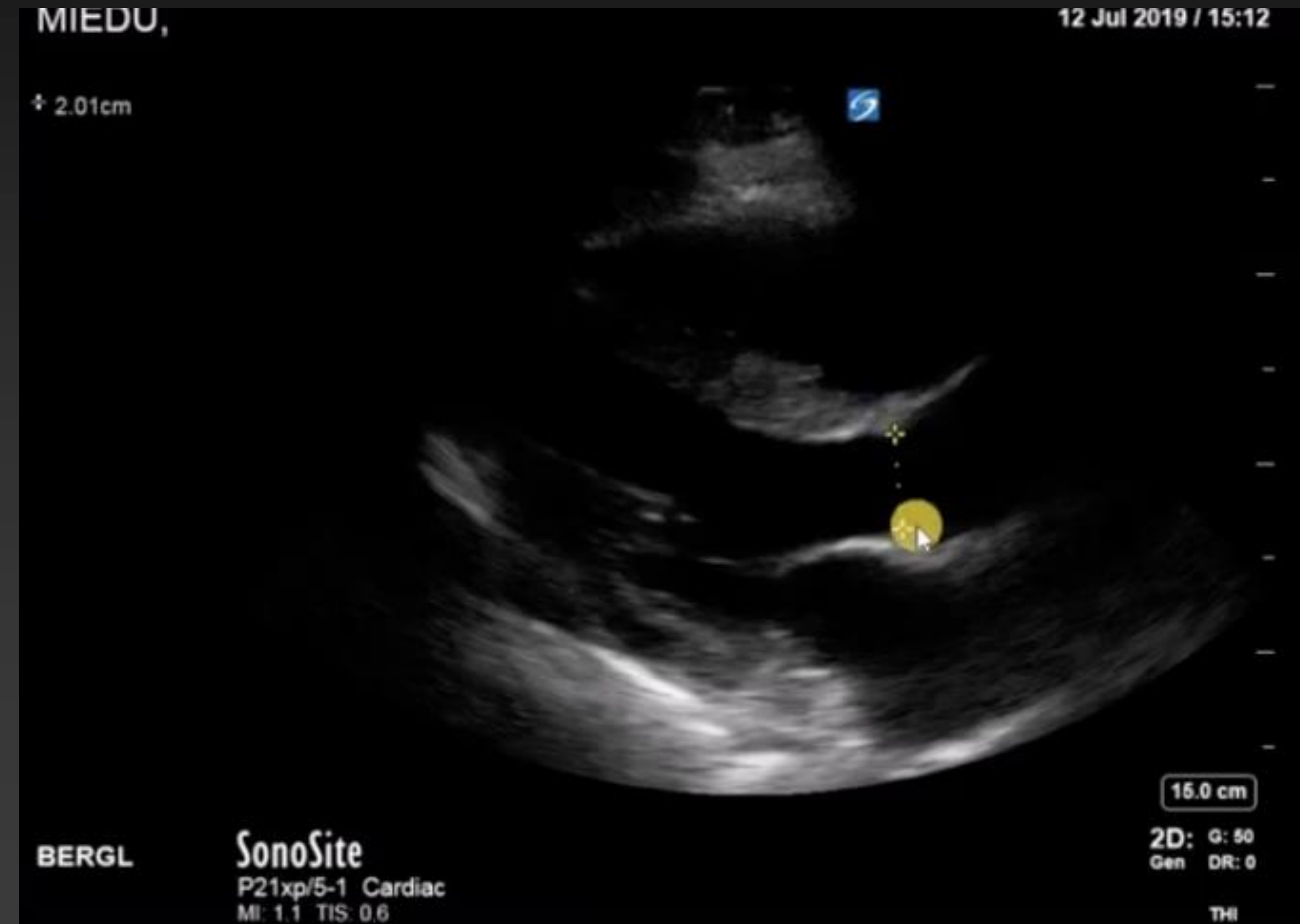
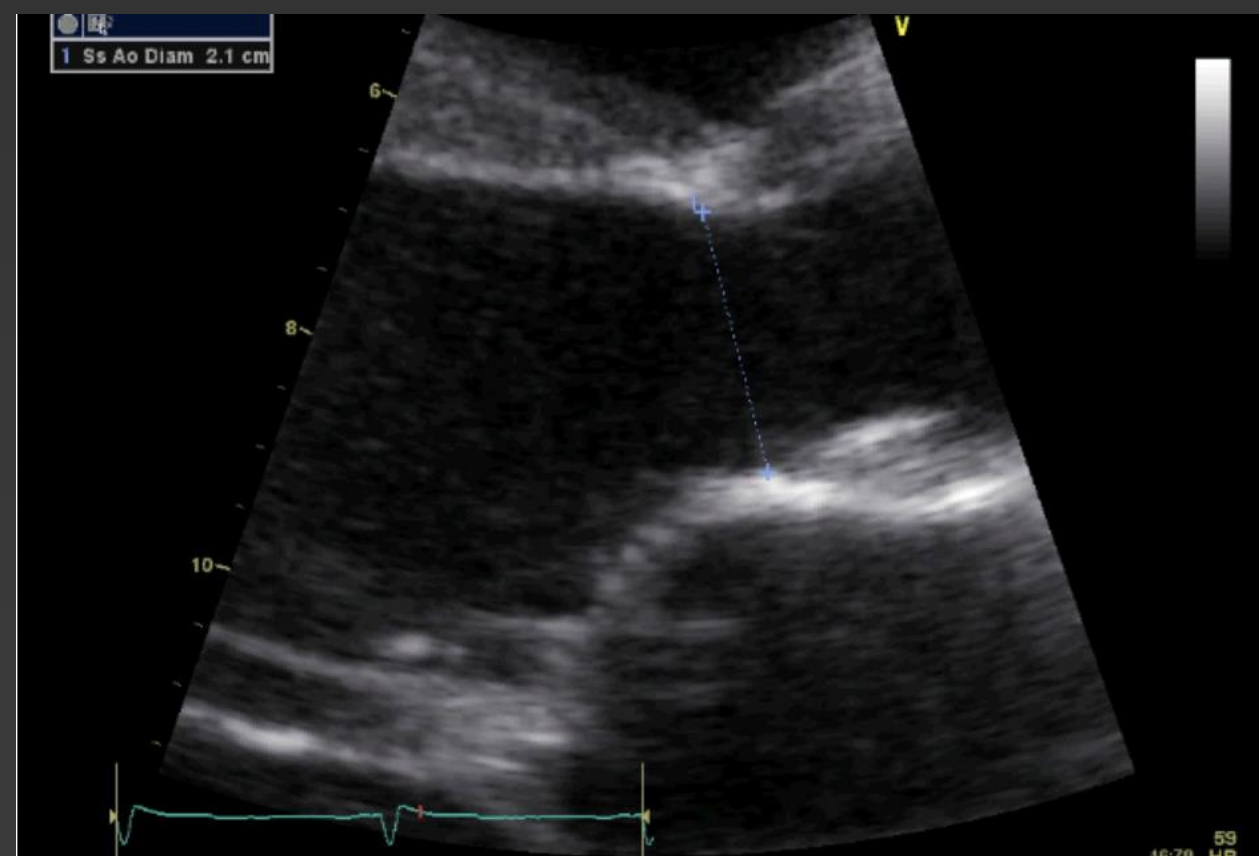
L'**equation de continuité** est la base de la mesure du débit cardiaque :

- En absence de valvulopathie ou de shunt intracardiaque significative , le débit cardiaque est constant à n'importe quel endroit du coeur
- Pour mesurer un volume echographiquement on doit choisir un endroit de passage du flux sanguin qui à une surface qui ne varie pas et accessible aux mesures doppler , souvent : **Chambre de chasse du ventricule gauche**
- Première étape : Mesurer **Volume d'éjection systolique**

Cardiac Output Measurement from Echo

Calcul de la surface de chambre de chasse VG

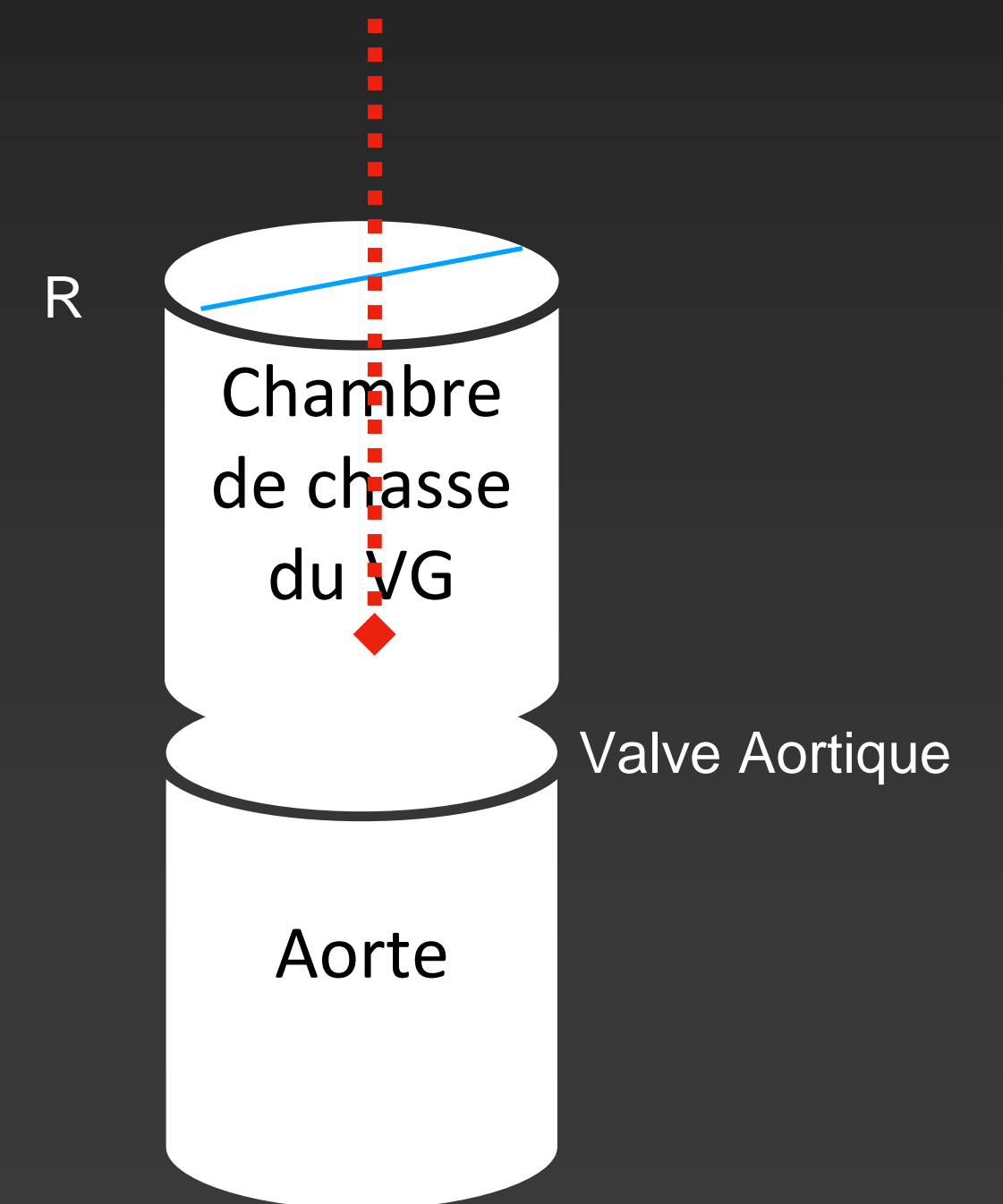
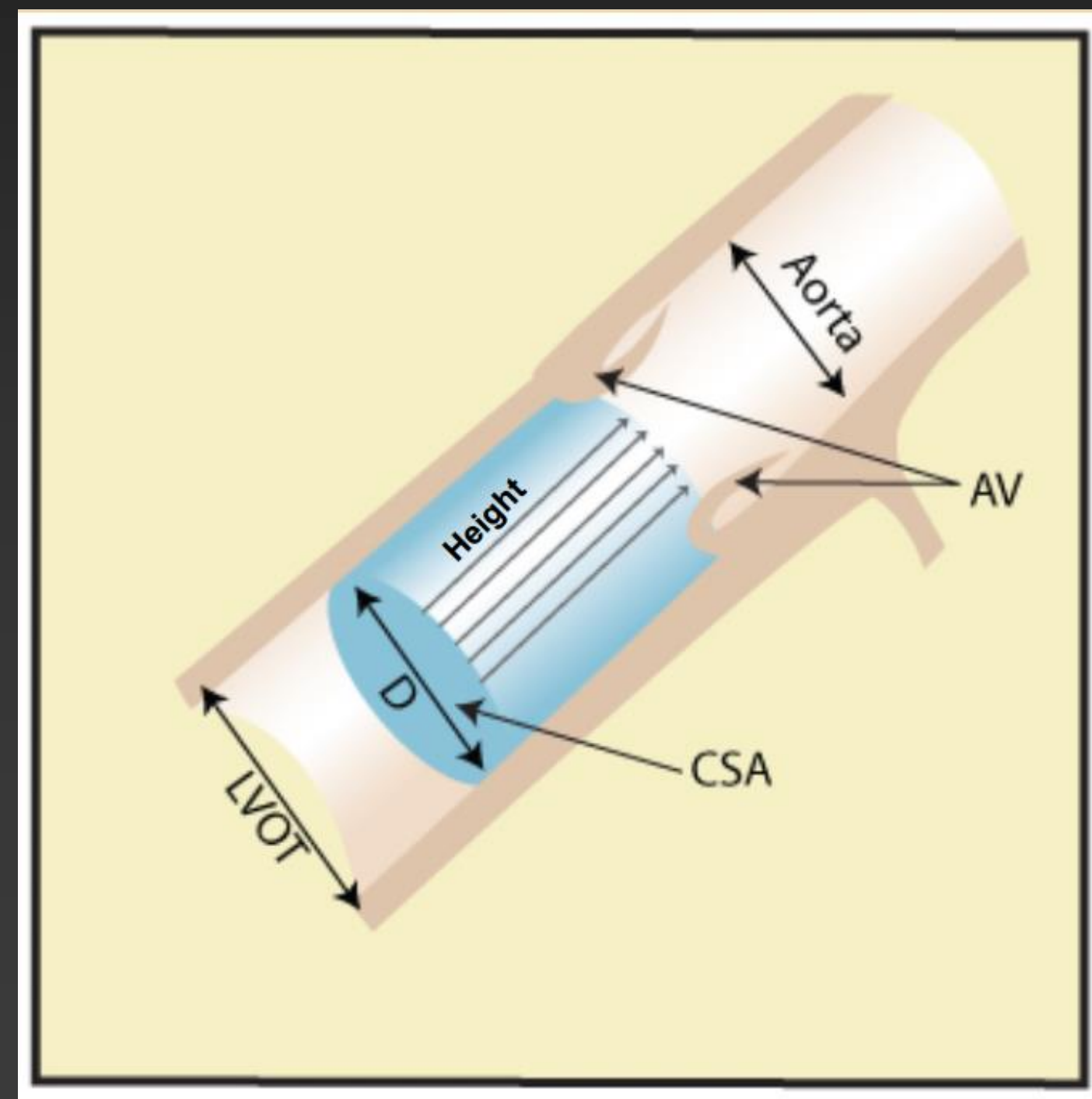
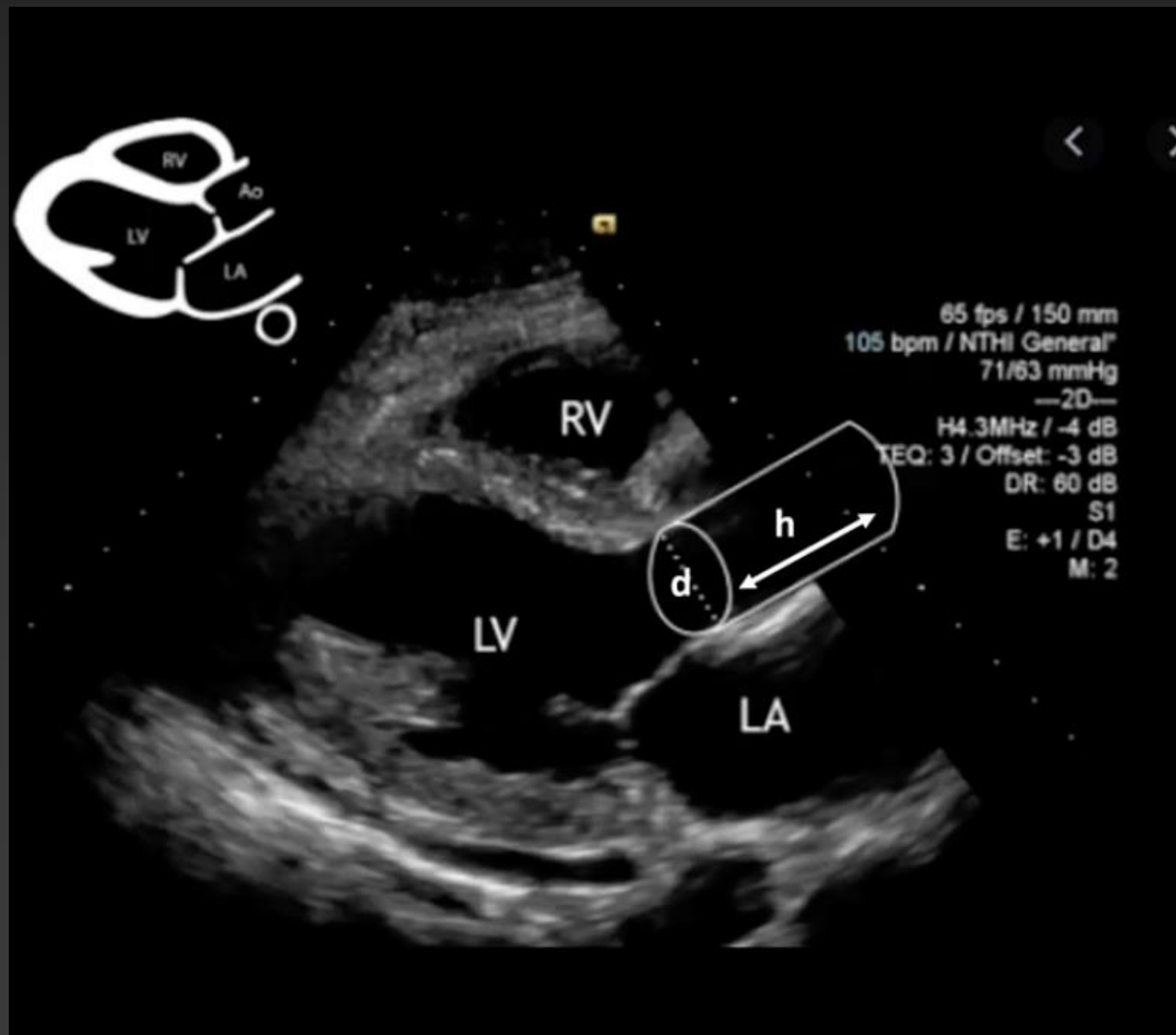
- Vue paraphernale grand axe
- Sous les sigmoïdes aortiques
- En Phase d'ejection



Cardiac Output Measurement from Echo

Calcule du Volume d'éjection systolique

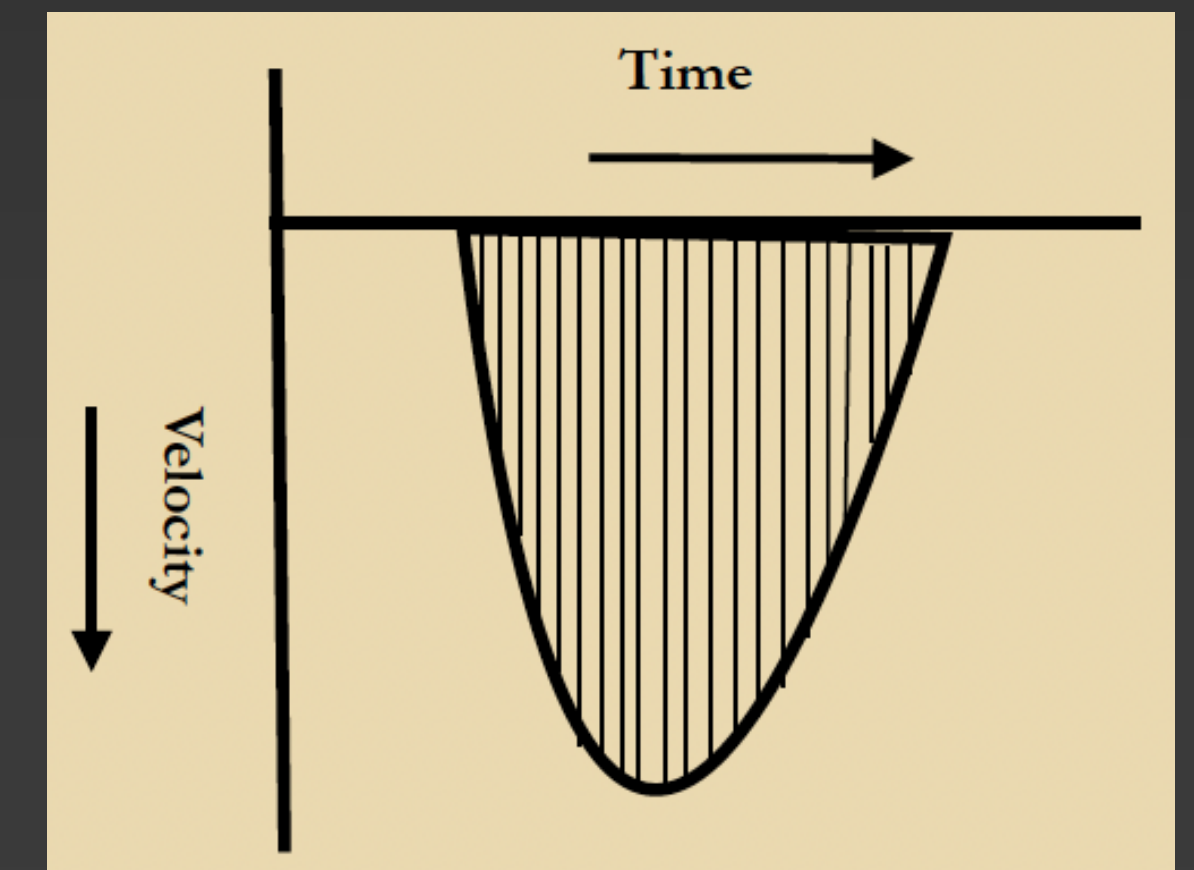
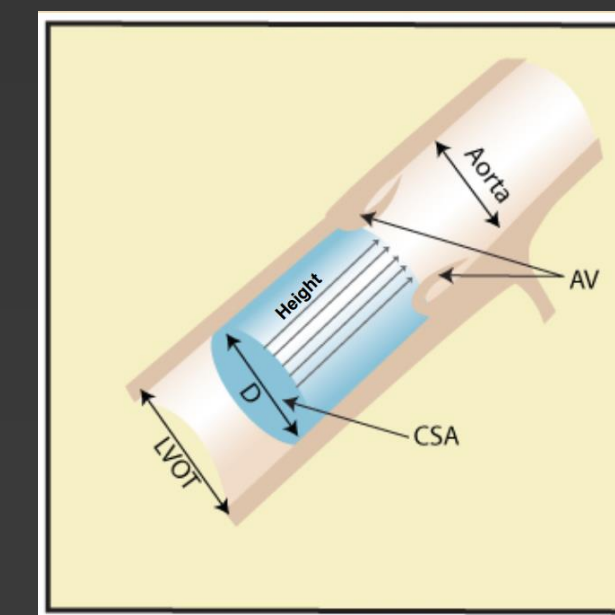
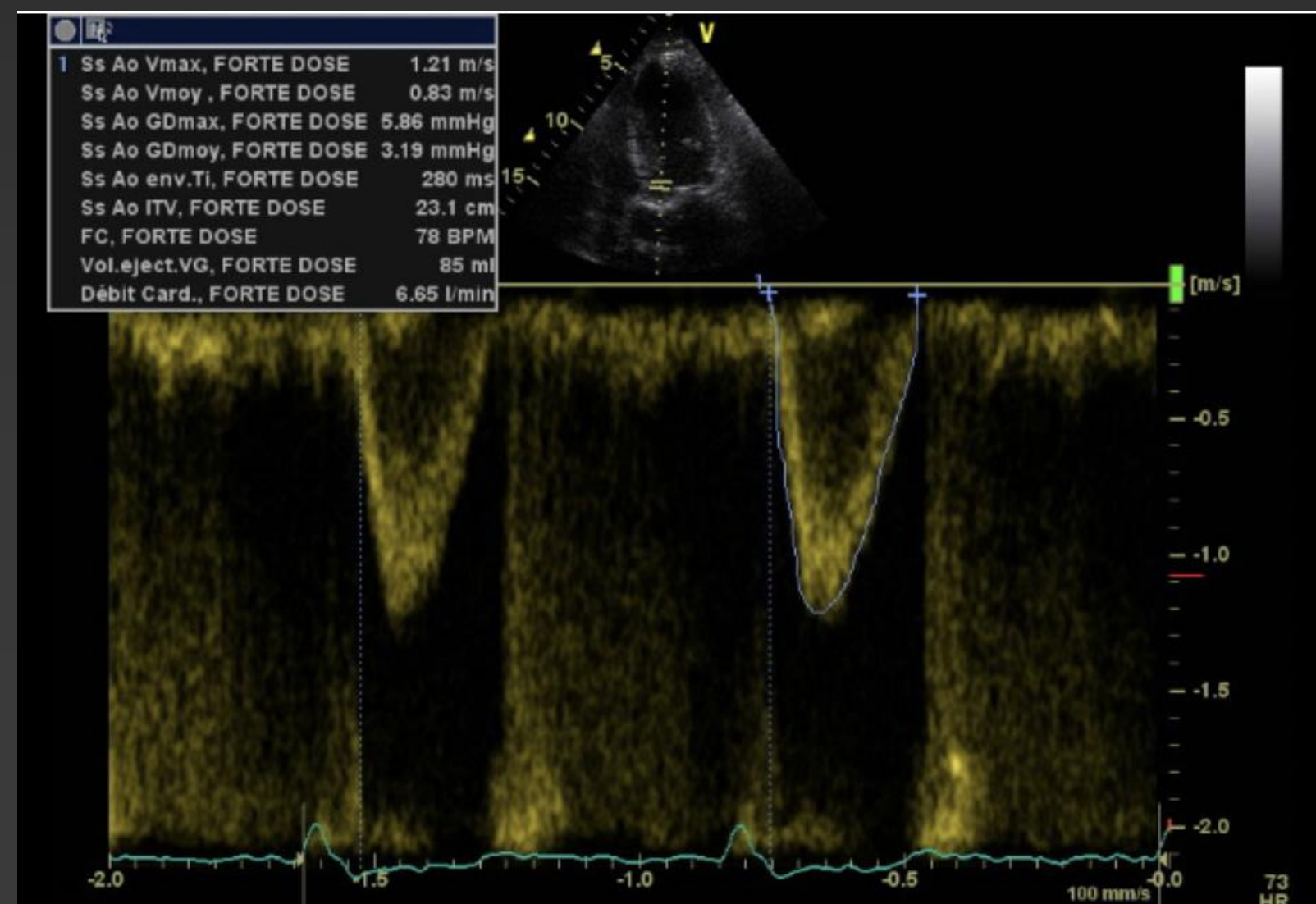
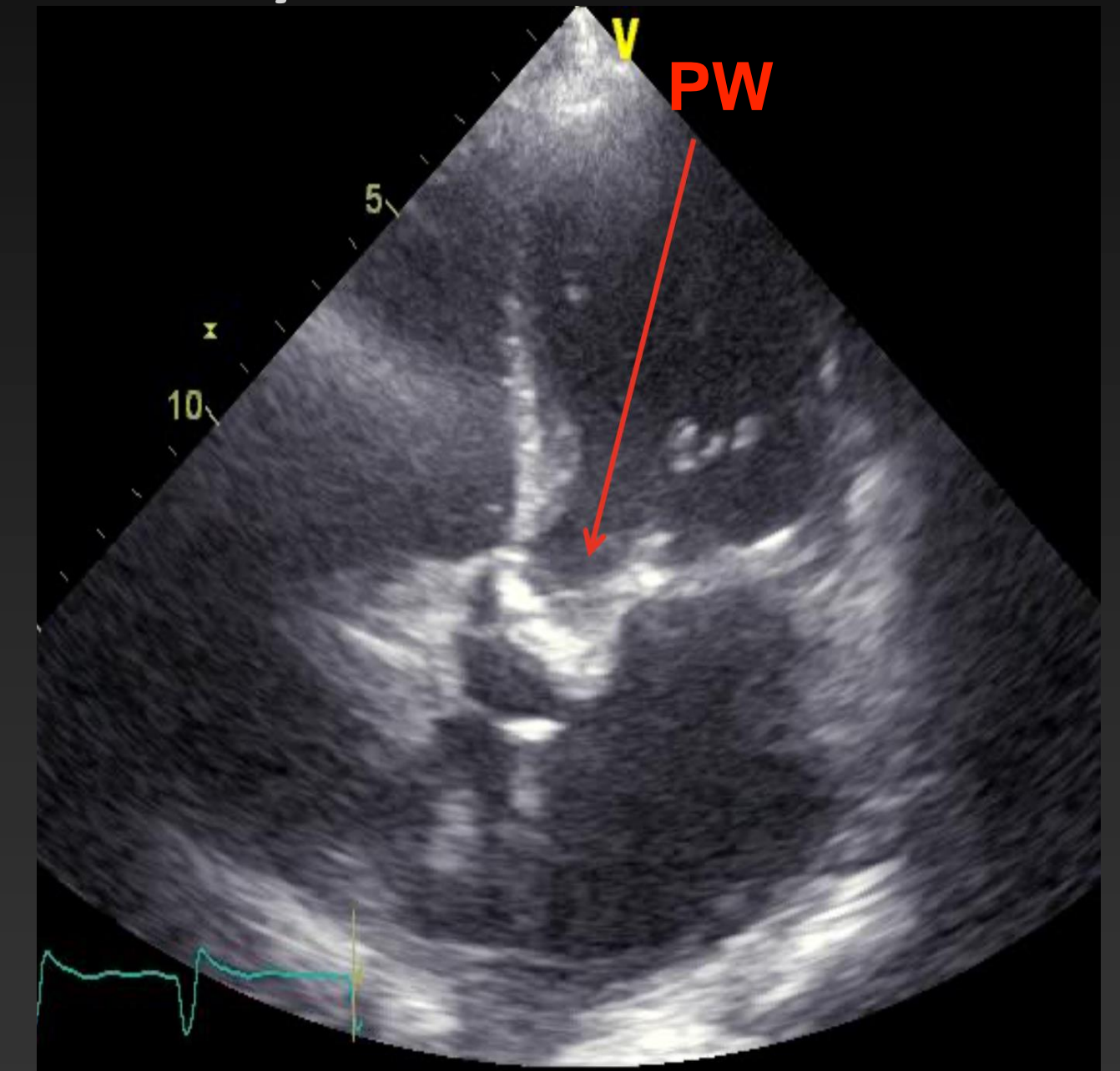
- VES = Surface chambre chasse x ITV
- $VES = \pi \times (R/2)^2 \times ITV$



Cardiac Output Measurement from Echo

Calcul de l'intégrale temps vitesse CCVG : « hauteur du cylindre »

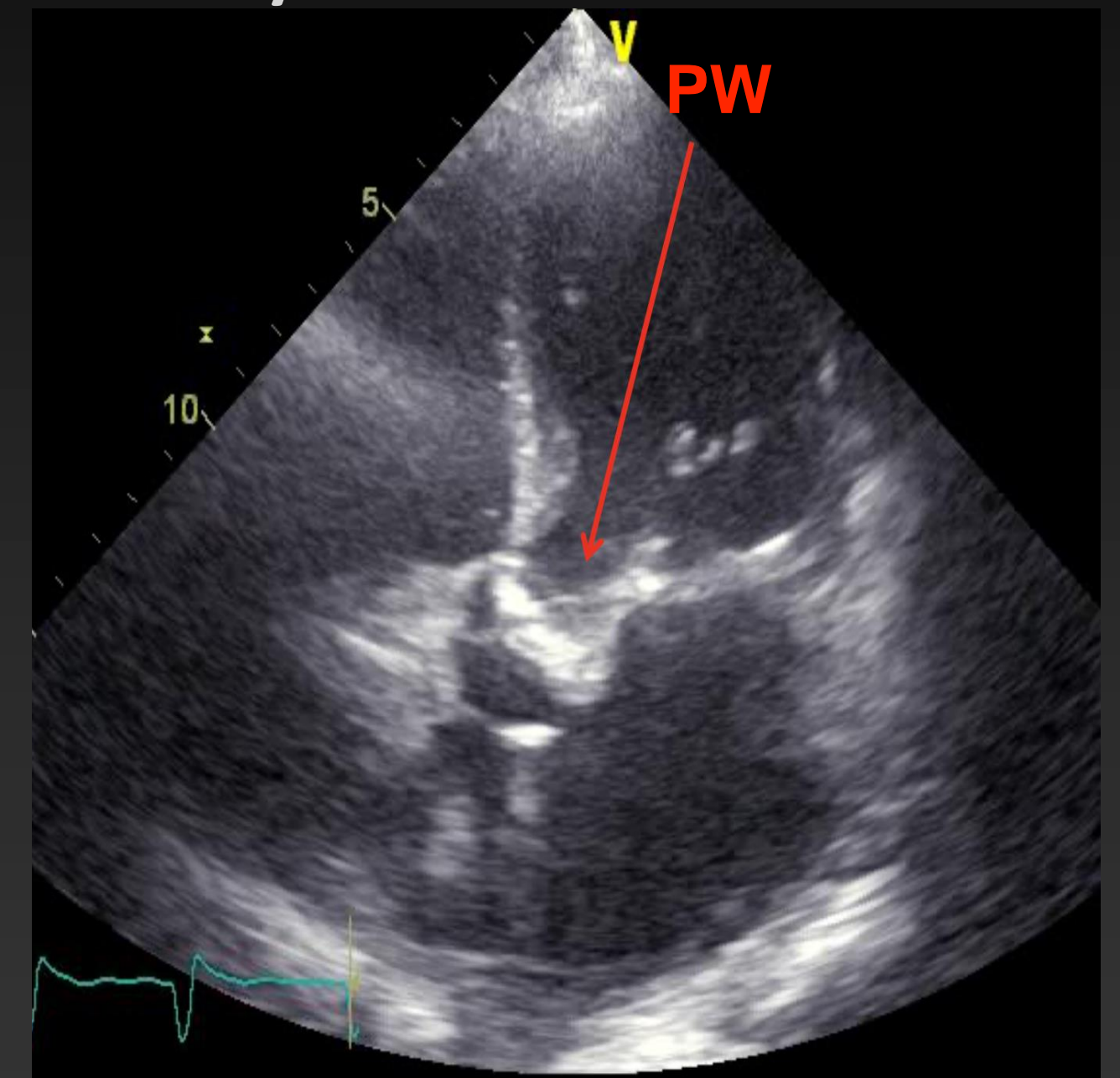
- Coupe apicale 5 cavités
- Curseur placé sous l'anneau aortique, au centre
- Enregistrement doppler pulsé durant la systole
- Tracer le contour du spectre de vitesse



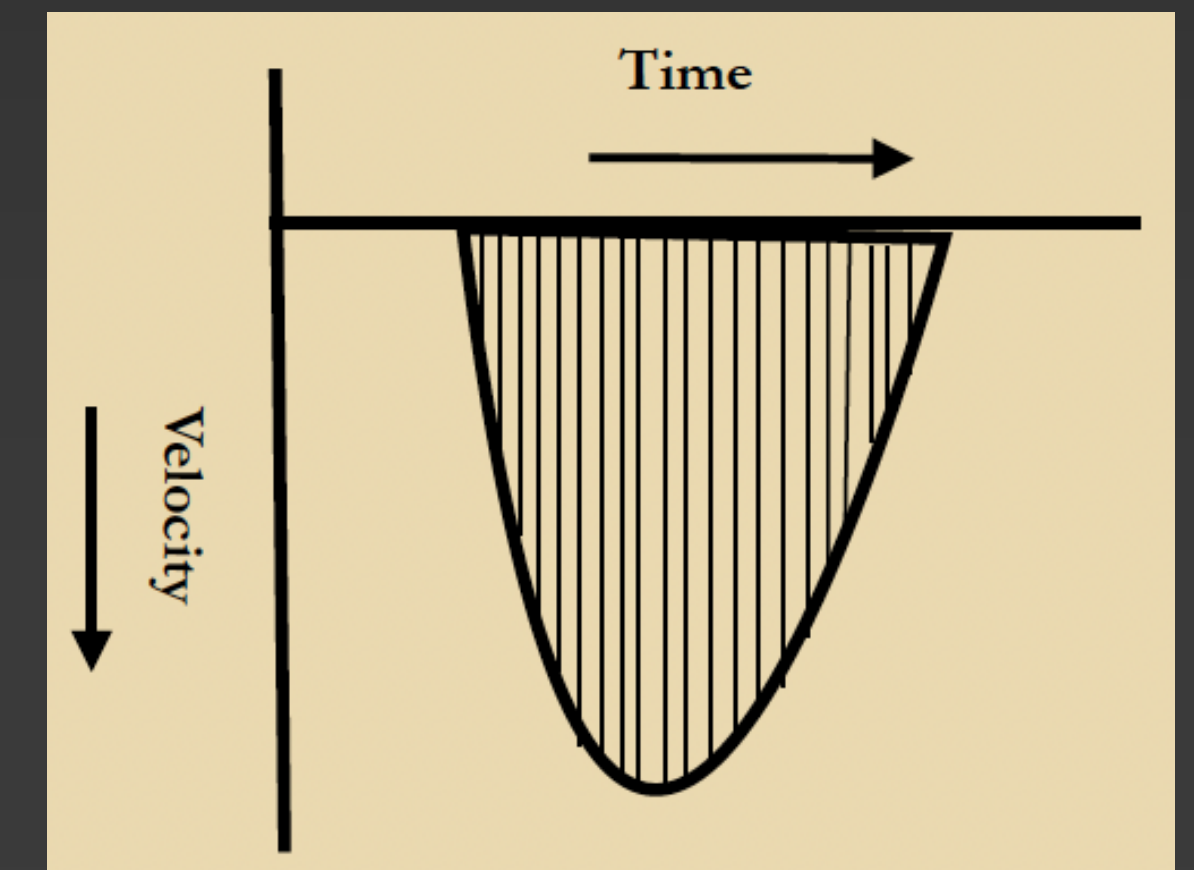
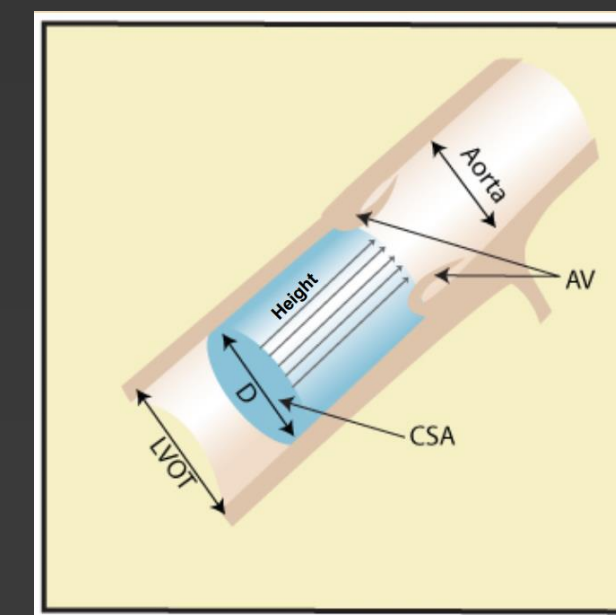
Cardiac Output Measurement from Echo

Calcule de l'intégrale temps vitesse CCVG : « hauteur du cylindre »

- **Intégrale temps vitesse** (Intégrale area under curve).
- Résultat : Distance que parcourt un Globule rouge En **cm** **durant une systole = stroke distance**



1	Ss Ao Vmax, FORTE DOSE	1.21 m/s
	Ss Ao Vmoy, FORTE DOSE	0.83 m/s
	Ss Ao GDmax, FORTE DOSE	5.86 mmHg
	Ss Ao GDmoy, FORTE DOSE	3.19 mmHg
	Ss Ao env.Ti, FORTE DOSE	280 ms
	Ss Ao ITV, FORTE DOSE	23.1 cm
	FC, FORTE DOSE	78 BPM
	Vol.eject.VG, FORTE DOSE	85 ml
	Débit Card., FORTE DOSE	6.65 l/min



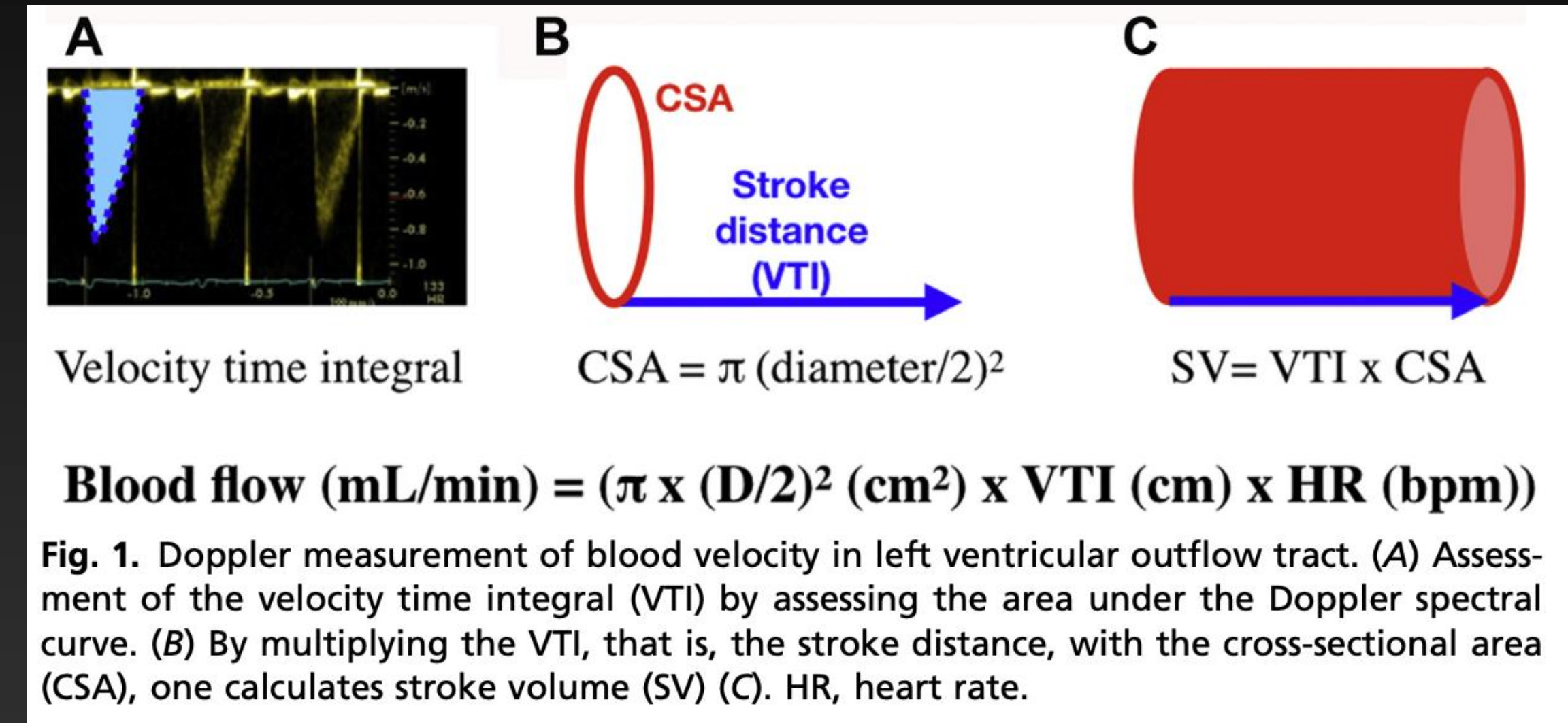
Cardiac Output Measurement from Echo

- **VES = Surface chambre chasse x ITV**
- $VES = \pi \times R^2 \times ITV$ CCVG

- $DC = VES * FC$

- Ex : FC = 82 , Diametre CCVG = 2 cm , ITV = 19 , Quel sera le DC ?

- $DC = 3,14 * (1 * 1) * 19 * 82 = 4892,12 = 4,9 \text{ L/min}$



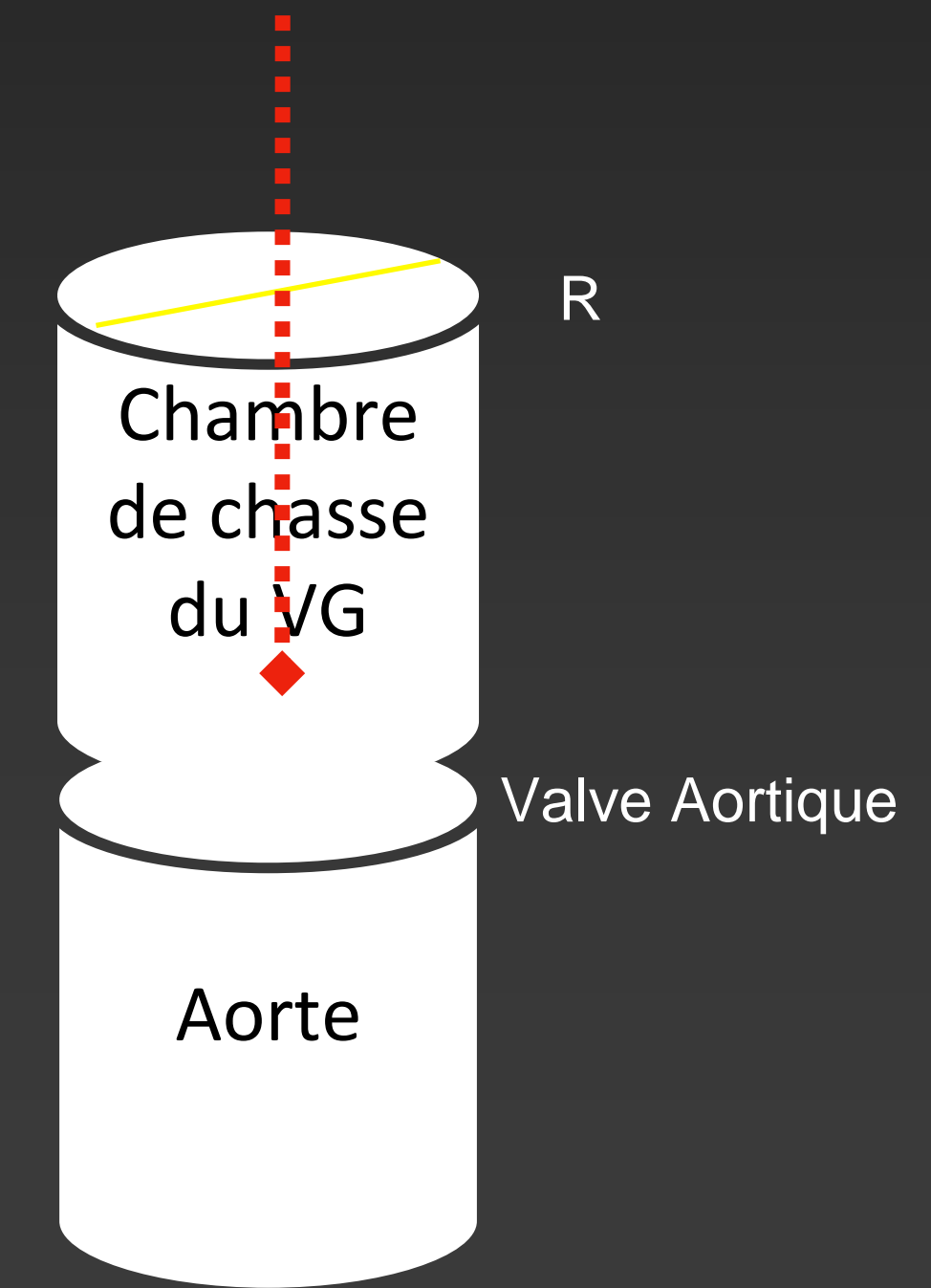
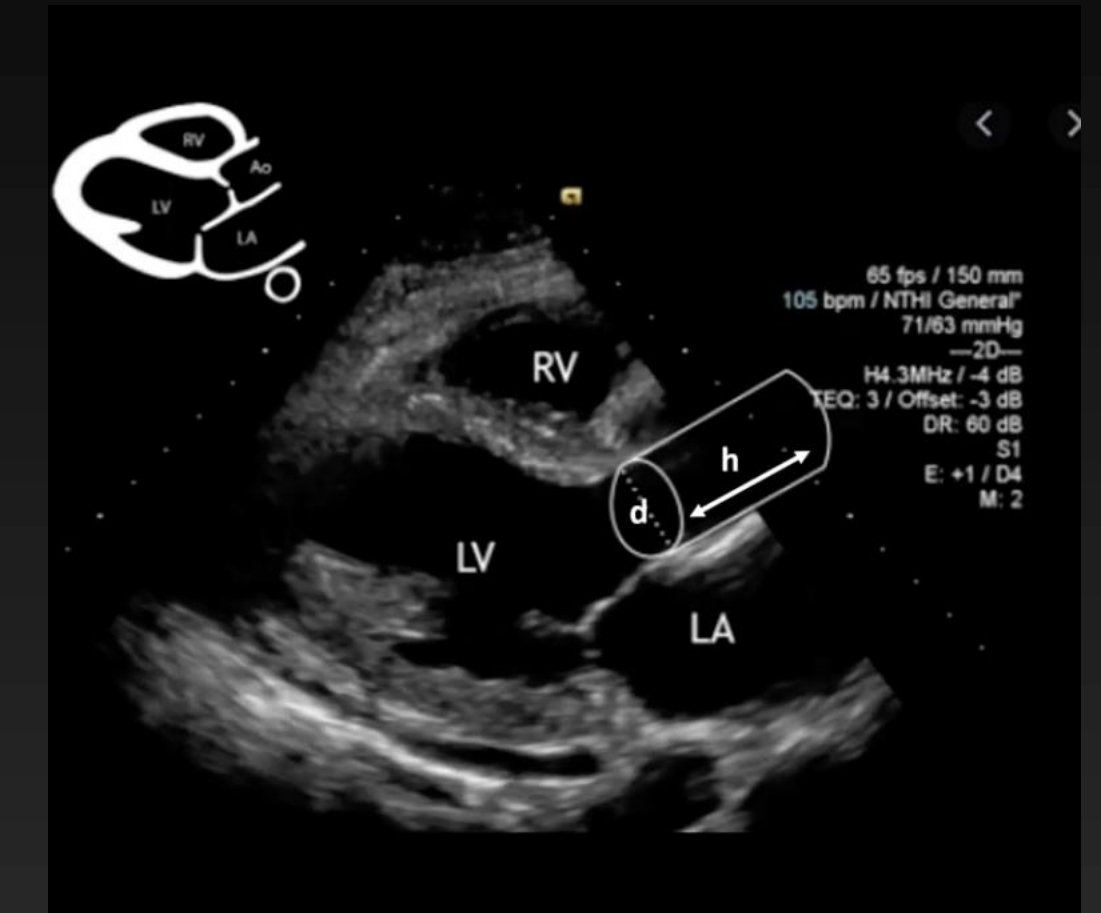
Cardiac Output Measurement from Echo

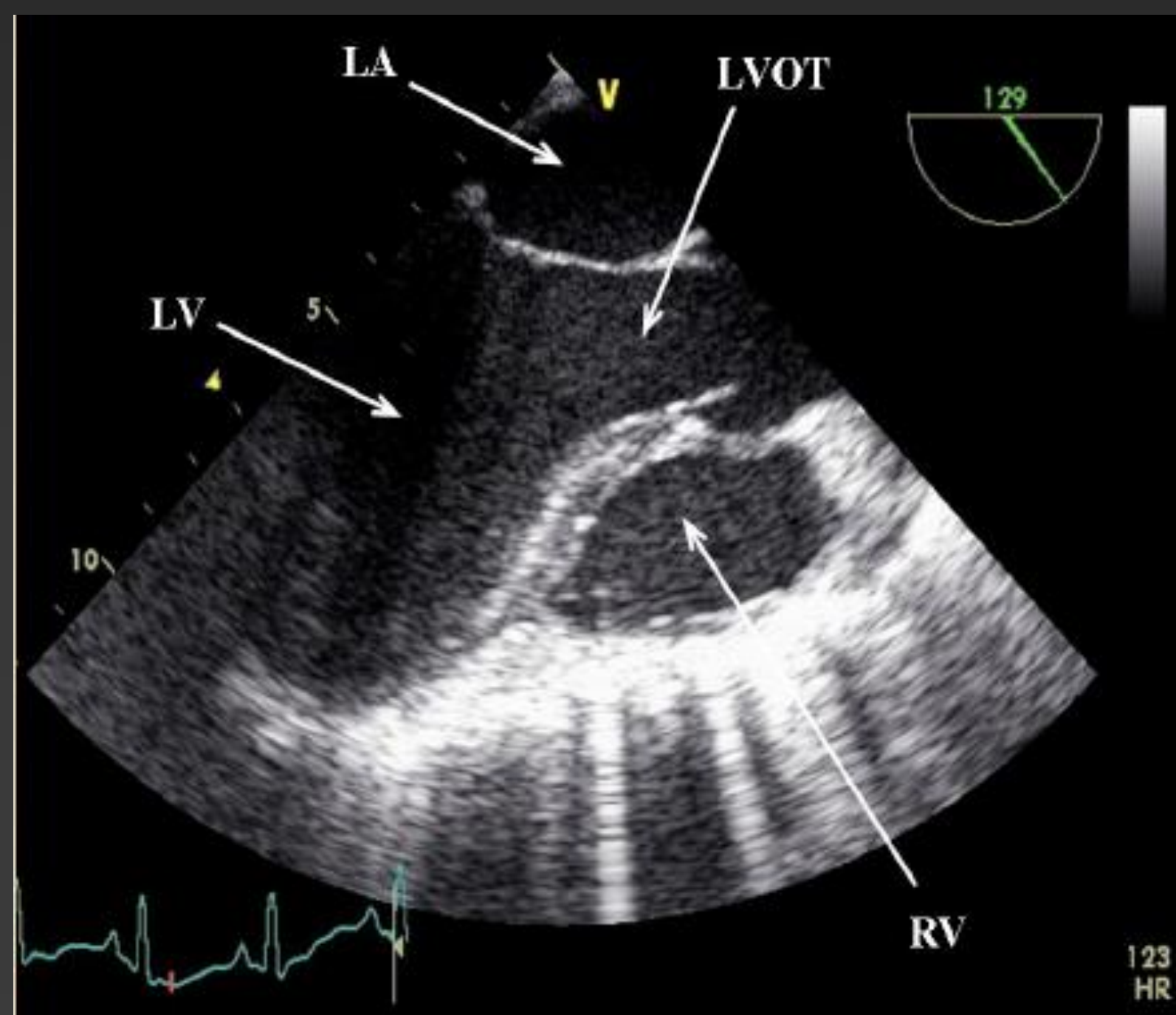
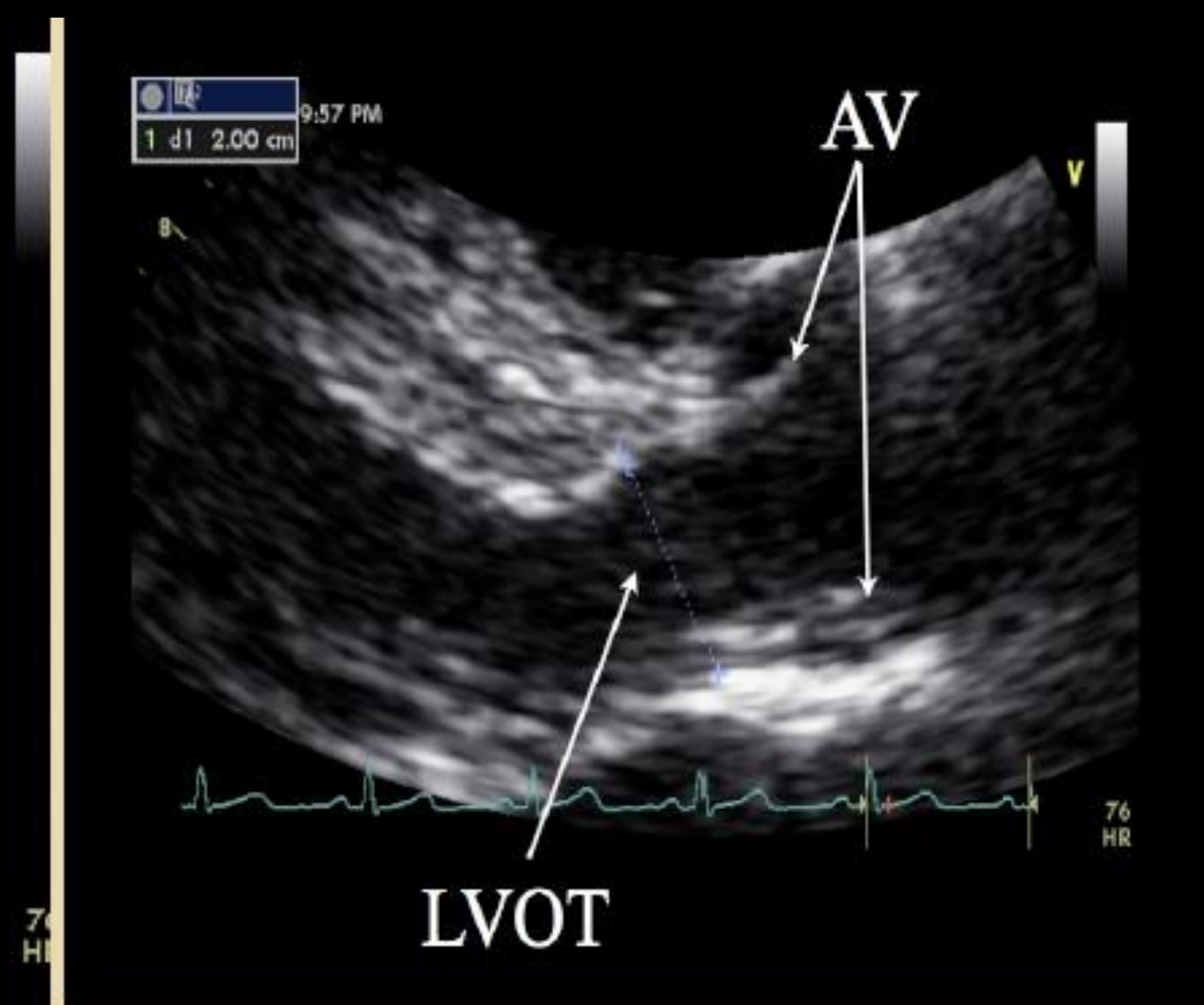
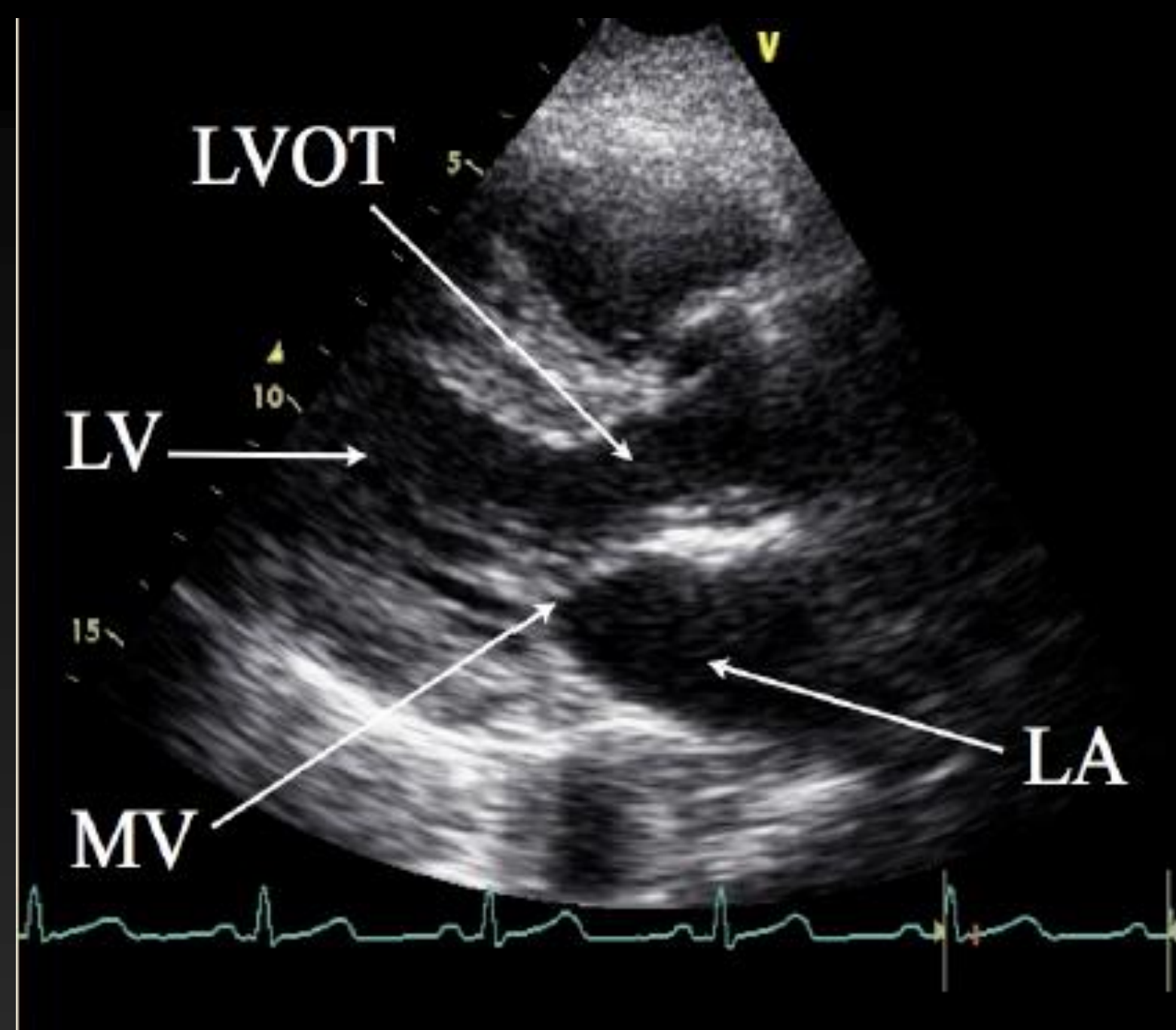
- L'ITV CCVG est assimilée au VES
- $VES = \text{surface CCVG} * \text{ITV CCVG}$

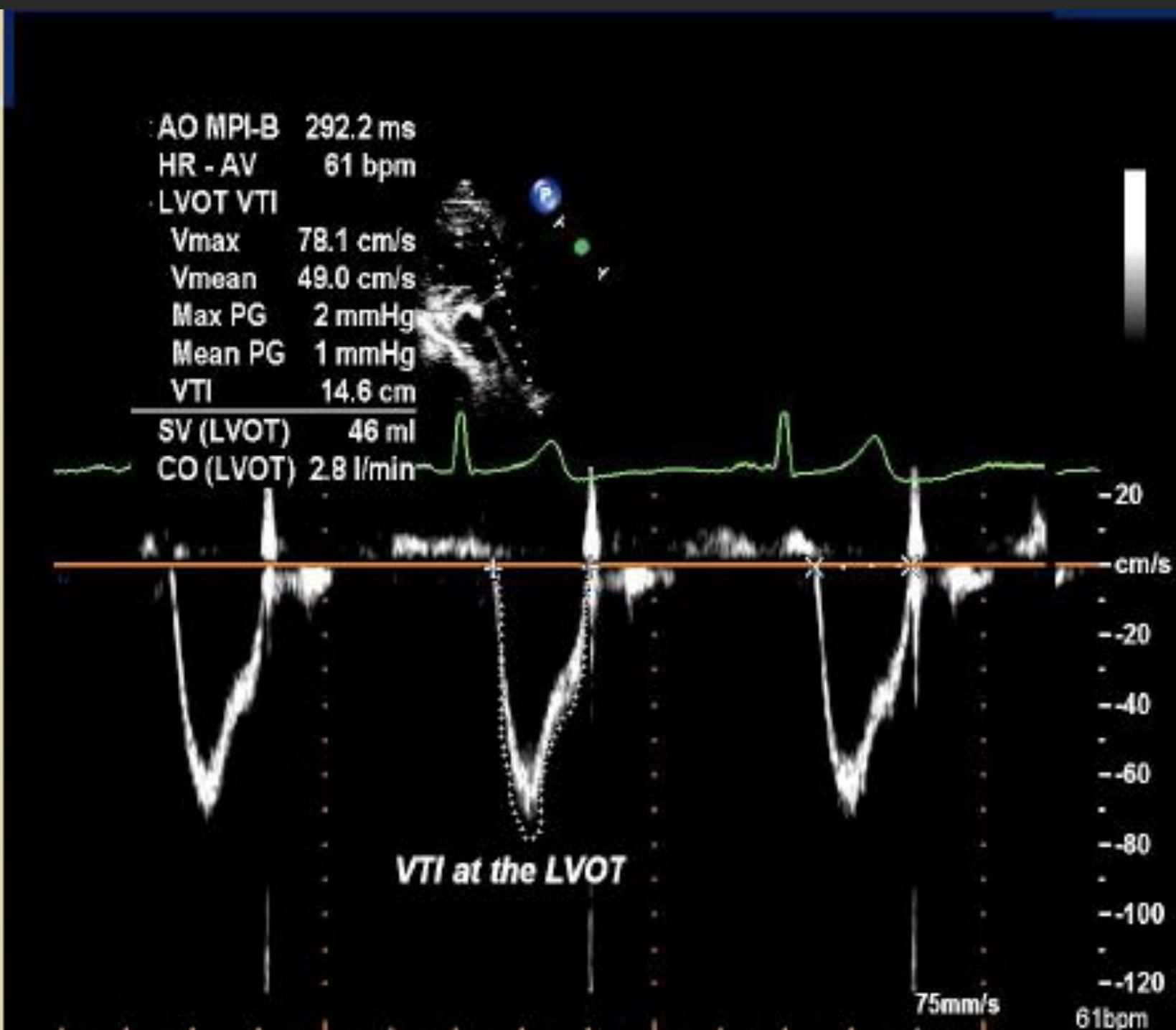
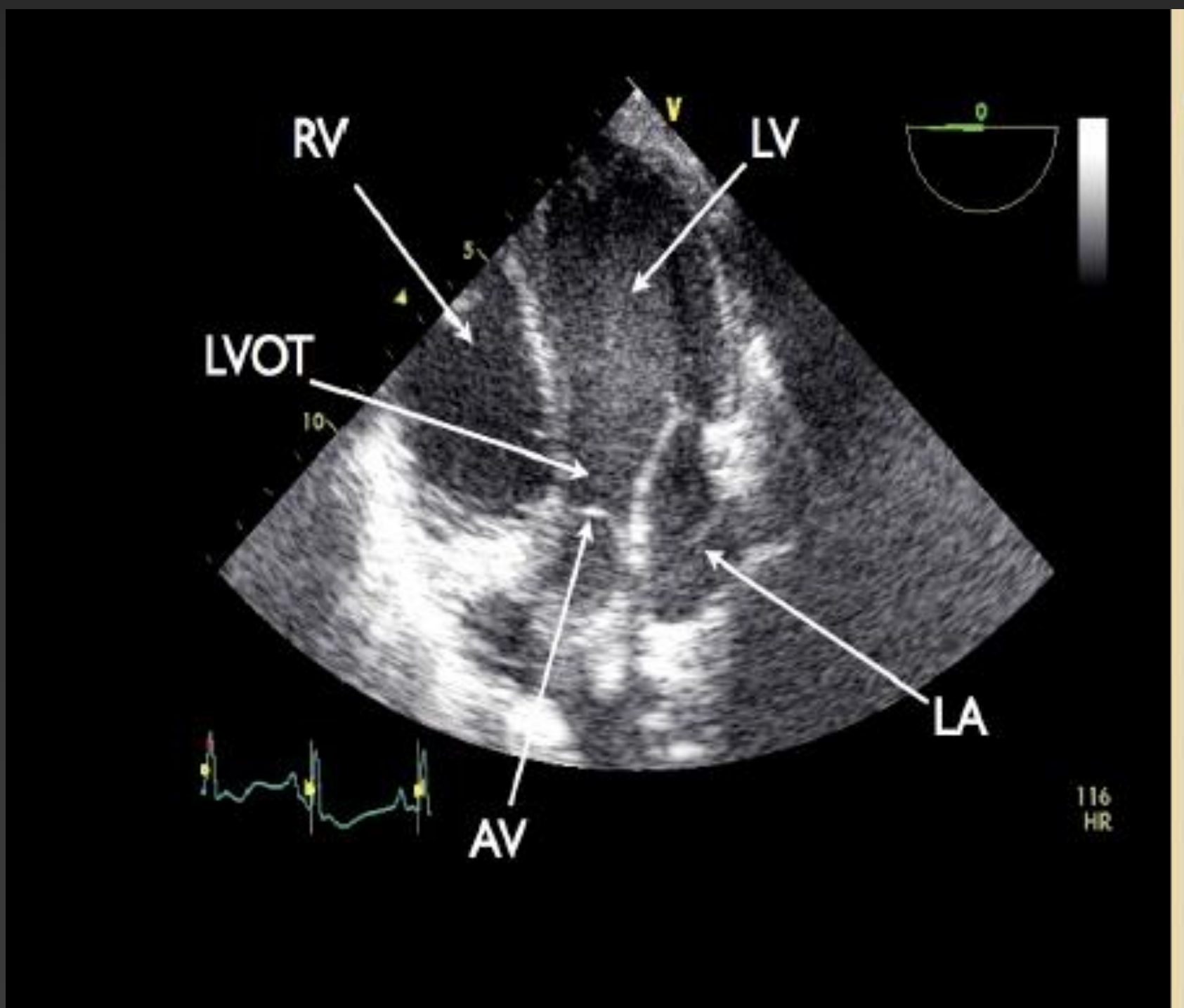
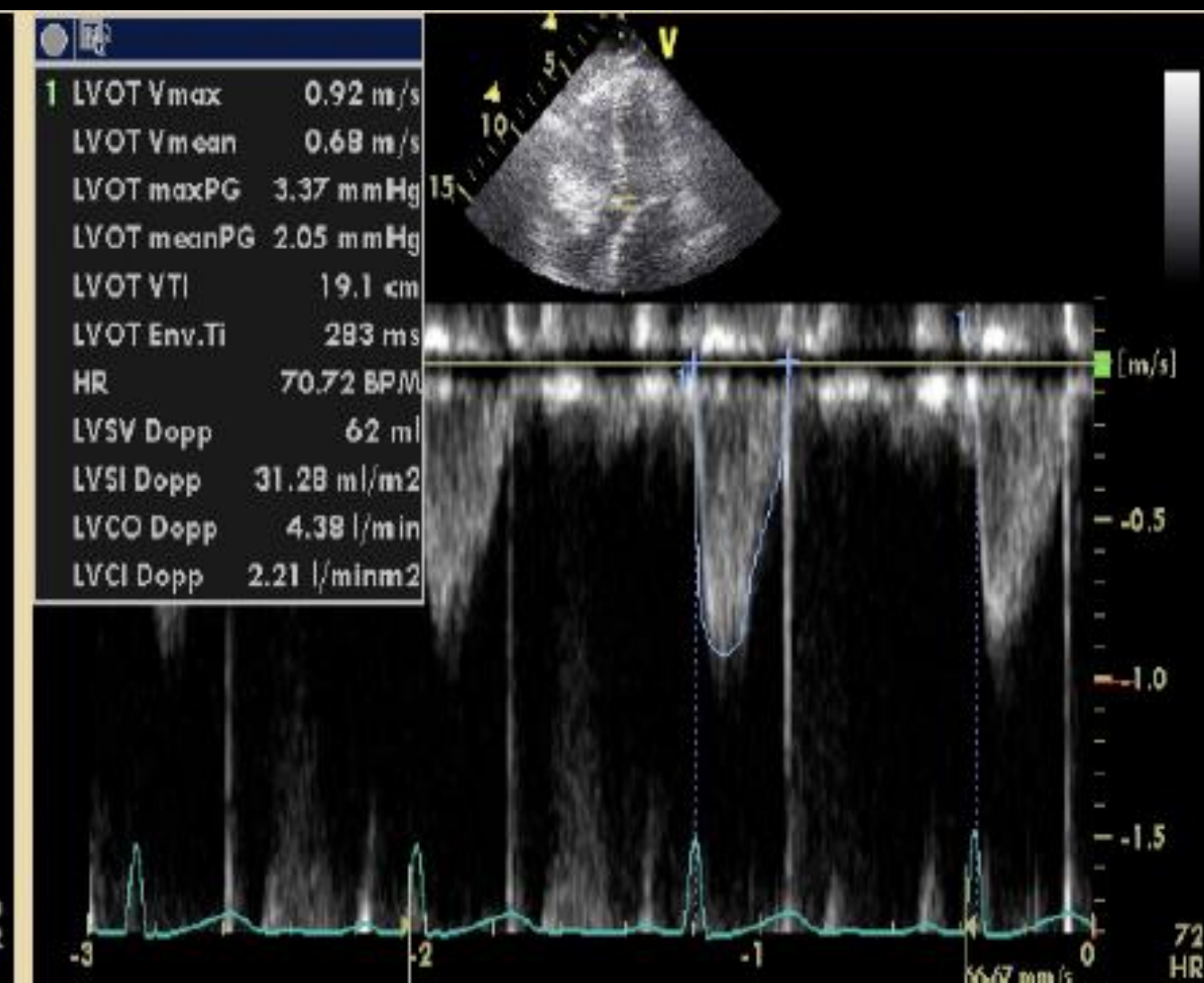
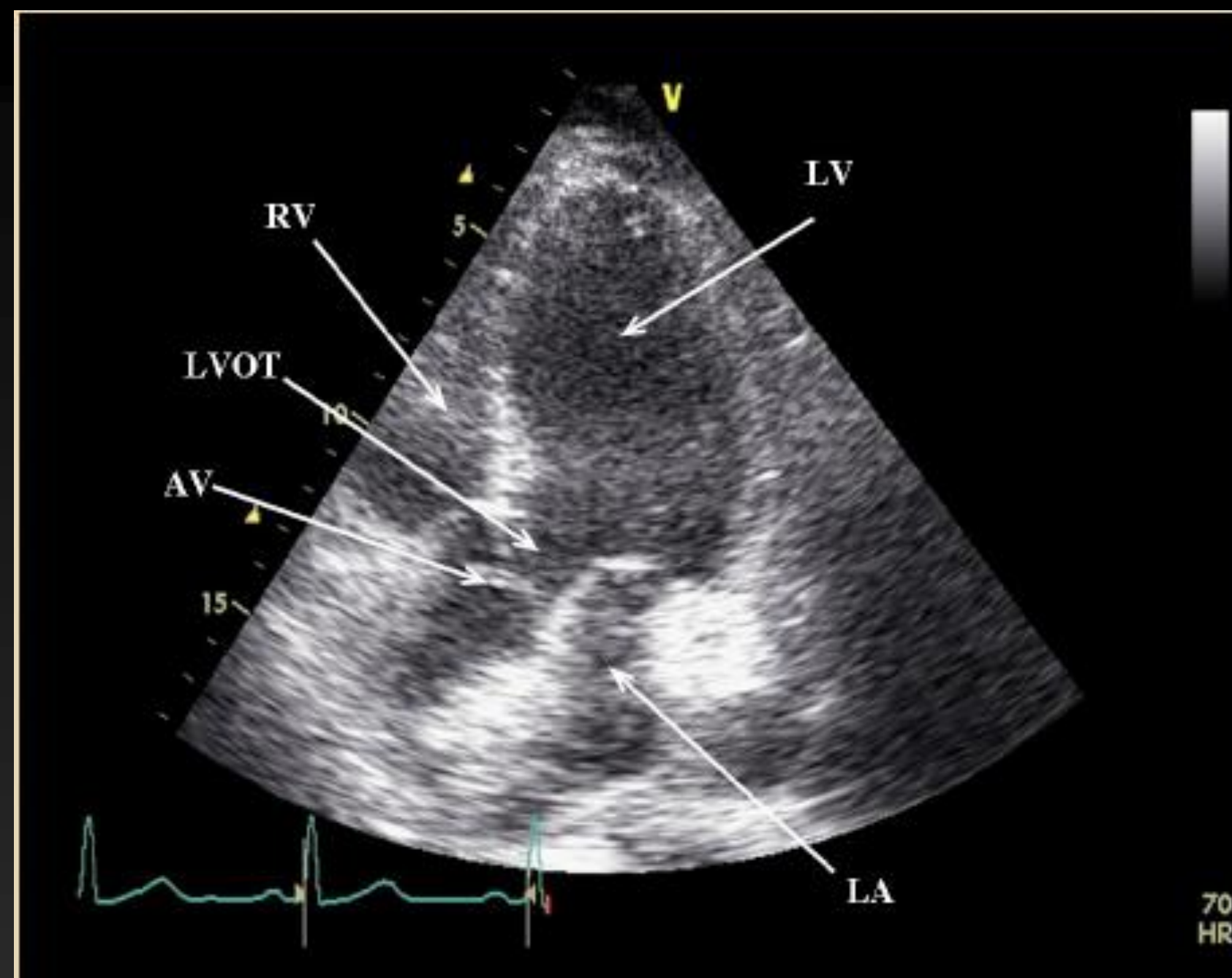
FIXE pour un meme patient

VARIABLE

- Diametre CCVG : 1,7-2,3 cm
- VES normal = 60 ml
- ITV normale : 14- 20 cm (moyenne : 18 cm)







mindray

Dr. JAYESHKUMAR BHAI

17/01/2021

14:54:12

AP 97%

MI 0.4 TIS 0.2

P4.2

Cardia.adult

PW

B

PHYS

Auto

SV

4.0mm

Angle capt.

Angle

0

Angle 0°

M



From Series 0

SV

4.0mm

+

PHYS

←

▲

PW

→

B

Angle capt.

Angle

⏪

⏩

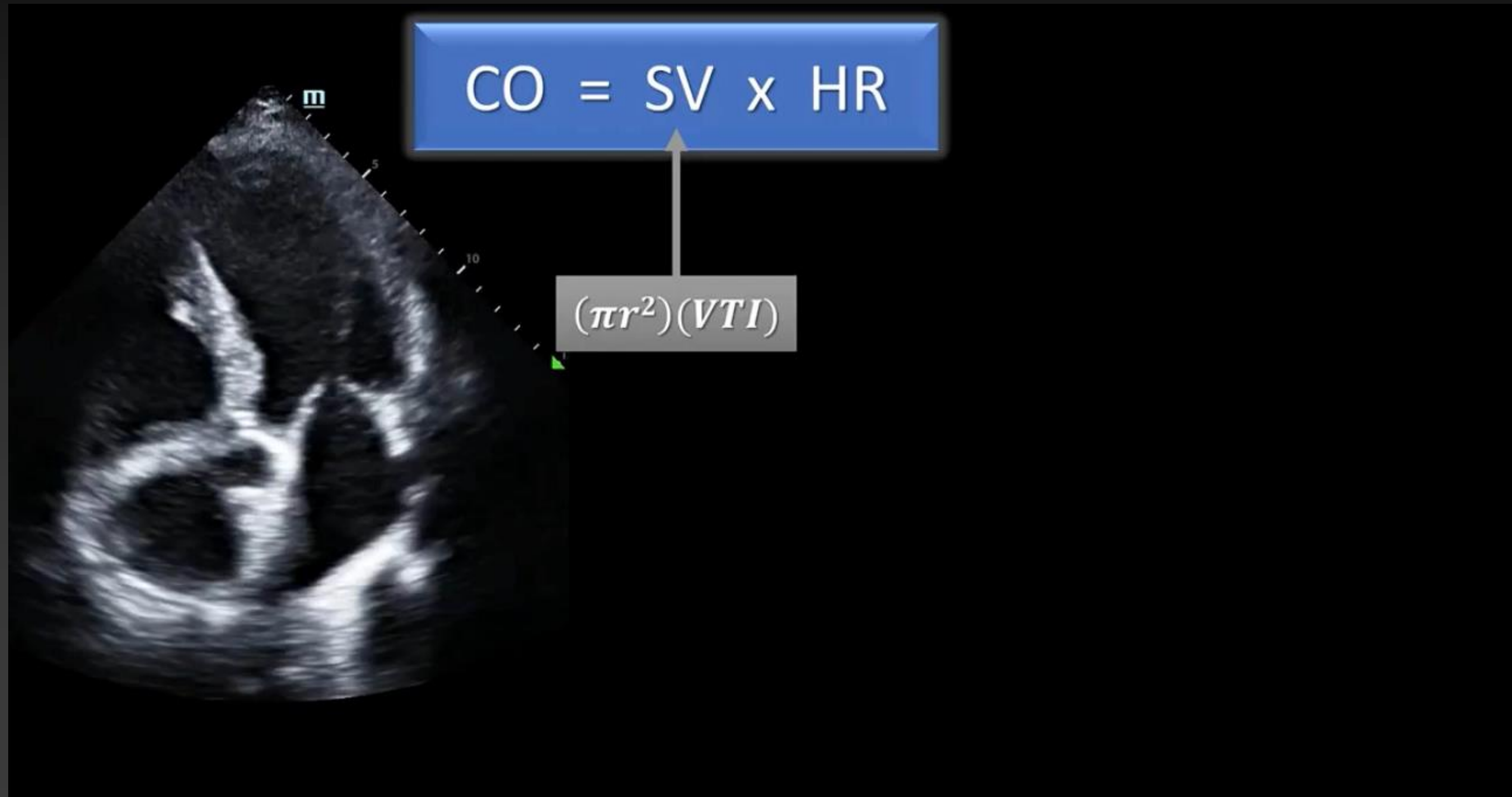
✕

📄

DC / ITV Interêt

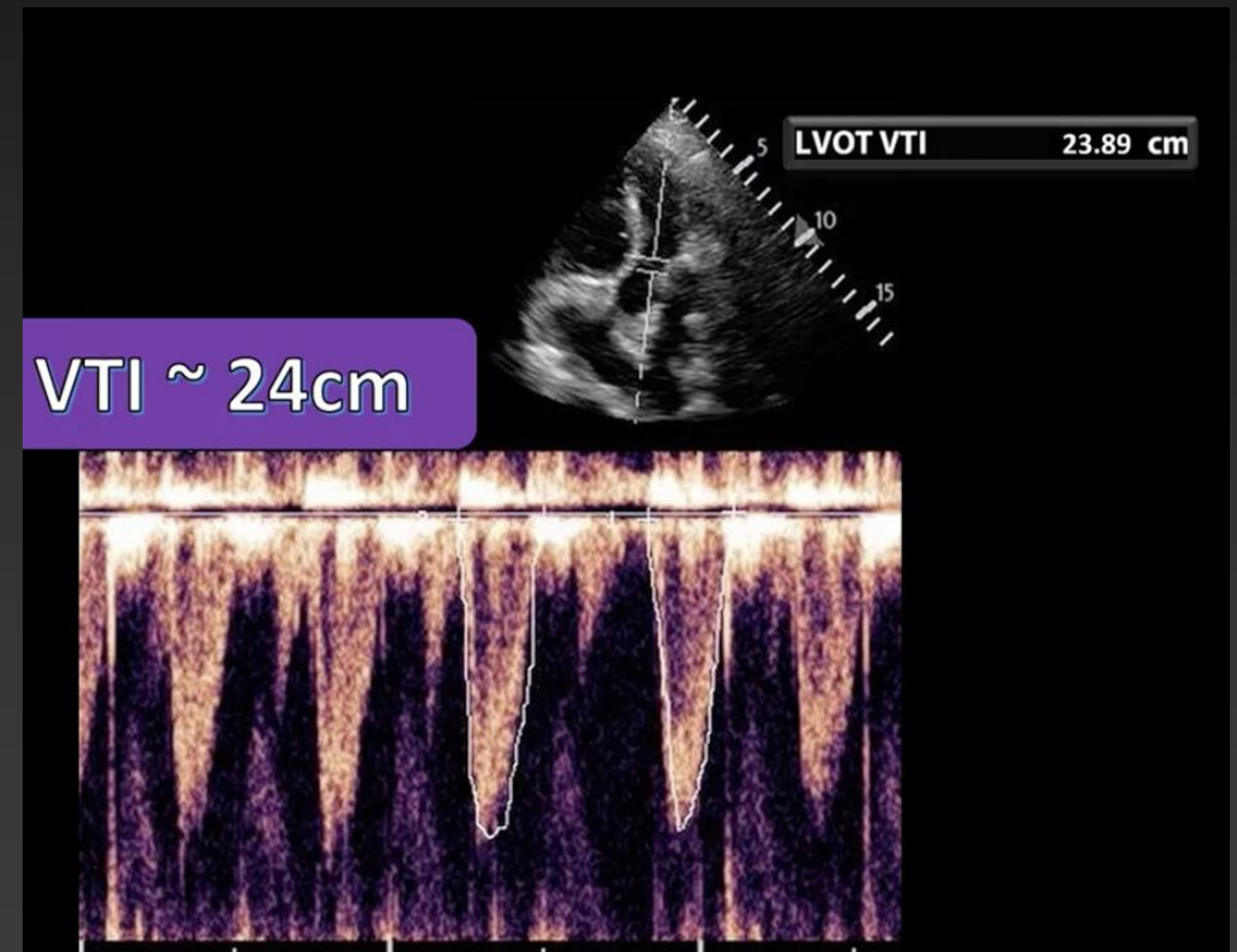
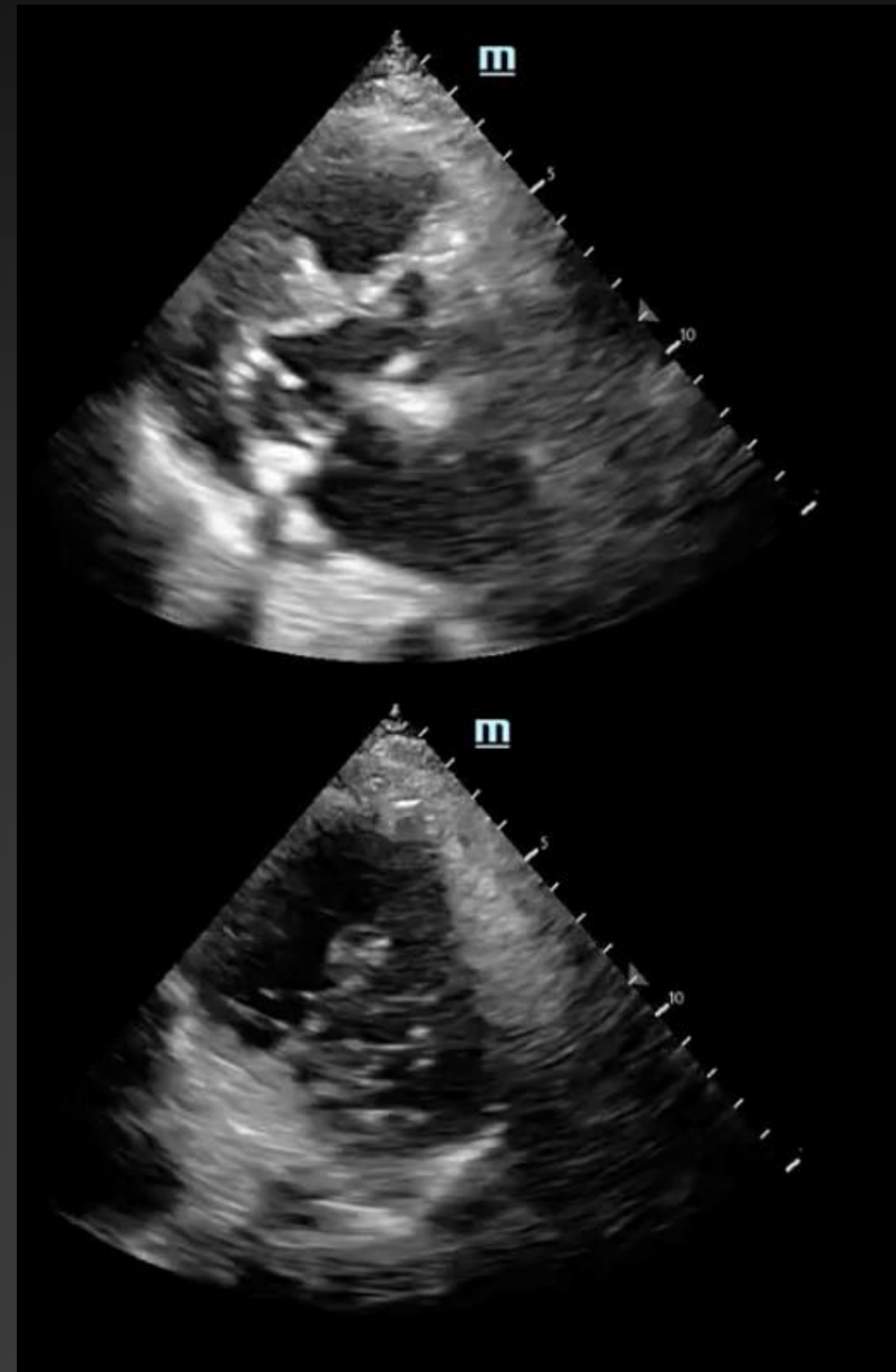
- **ITV < 14** : Bas débit cardiaque (Contexte clinique) -> **Hypovolémie / choc cardiogénique**
- **ITV 14-20** : débit cardiaque **normal** -> pas d'implication du coeur dans l'origine du choc
- **ITV > 20** : débit cardiaque élevée (Contexte clinique) -> **Vasoplégie / Choc distributif**

ES CE QUE L'ITV CCVG est importante ?



ES CE QUE L'ITV CCVG est importante ?

- Tableau septique
- FC 110
- PA 80/50 S/NA
- VD dilaté
- Fuite tricuspide importante ...
- **Es ce que le coeur est responsable du choc ??**



Limitations

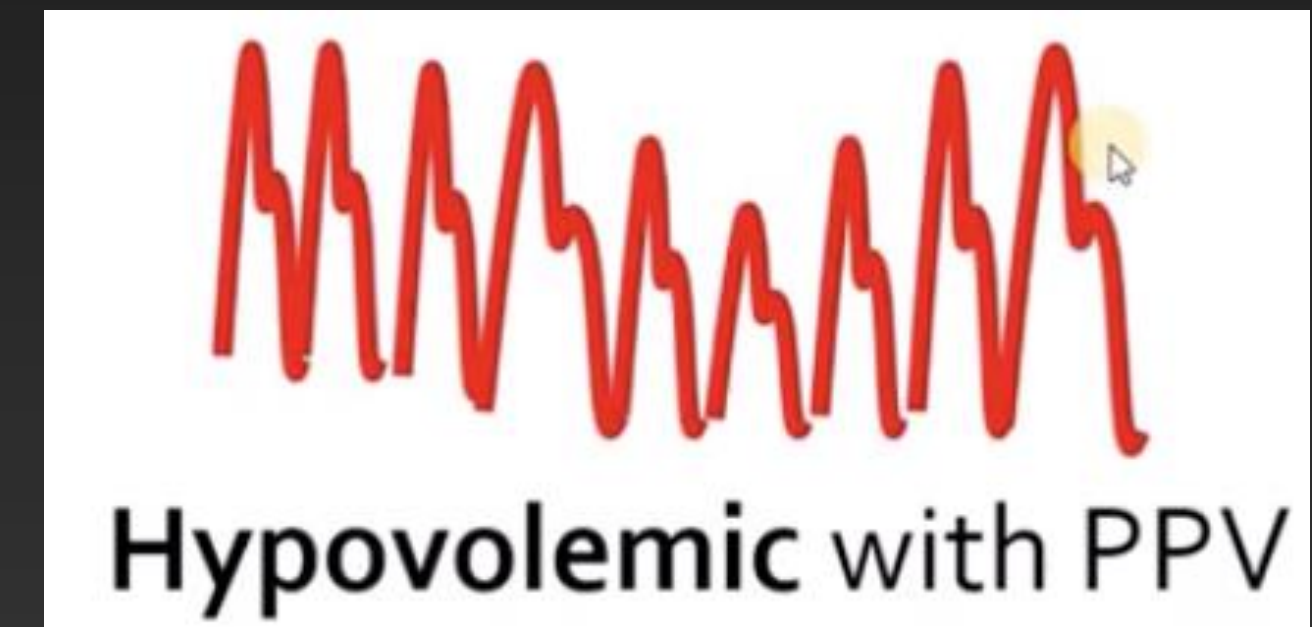
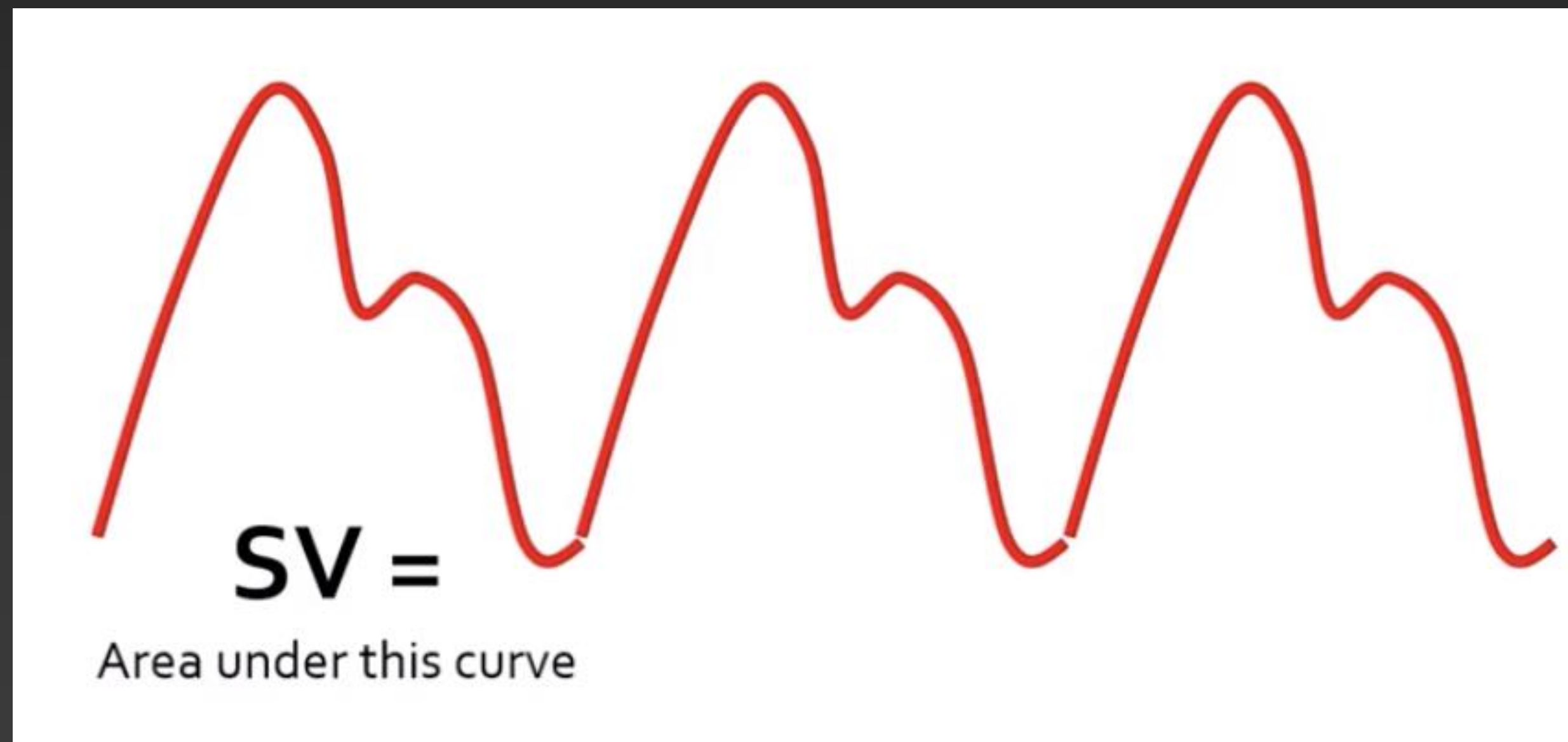
This approach to SV and CO calculations has shown very good correlation with thermodilution-derived cardiac output measurements. However, one has to be aware of several potential sources of error:

- A. CSA determination often leads to the greatest source of error. When using any diameter for CSA determination, any error in measurement will be squared ($CSA = \pi(D/2)^2$). This translates to a 20% error in calculation of cardiac output for each 2-mm error when measuring a 2.0-cm diameter LV outflow tract. Studies have shown that while the Doppler velocity curves can be recorded consistently with little inter-observer measurement variability (2% to 5%), the variability in 2D LVOT diameter measurements for CSA is significantly greater (8% to 12 %).
- B. The Doppler signal is assumed to have been recorded at a parallel or near parallel intercept angle, called θ , to blood flow. The Doppler equation has a $\cos \theta$ term in its denominator. With an intercept angle of 0° , the $\cos \theta$ term equals 1. Deviations up to 20° in intercept angle are acceptable since only a 6 % error in measurement is introduced.
- C. Velocity and diameter measurements should be made at the same anatomic site. When the two are measured at different places the accuracy of SV and CO calculations are decreased.
- D. While the pattern of flow is assumed to be laminar, in reality the flow profile is parabolic. This does have some impact on velocity based calculations. However, in routine clinical practice this factor is of little significance and can be essentially ignored.

Cardiac Output Measurement from Echo

Flux sous aortique dans l'évaluation de la recharge dépendance

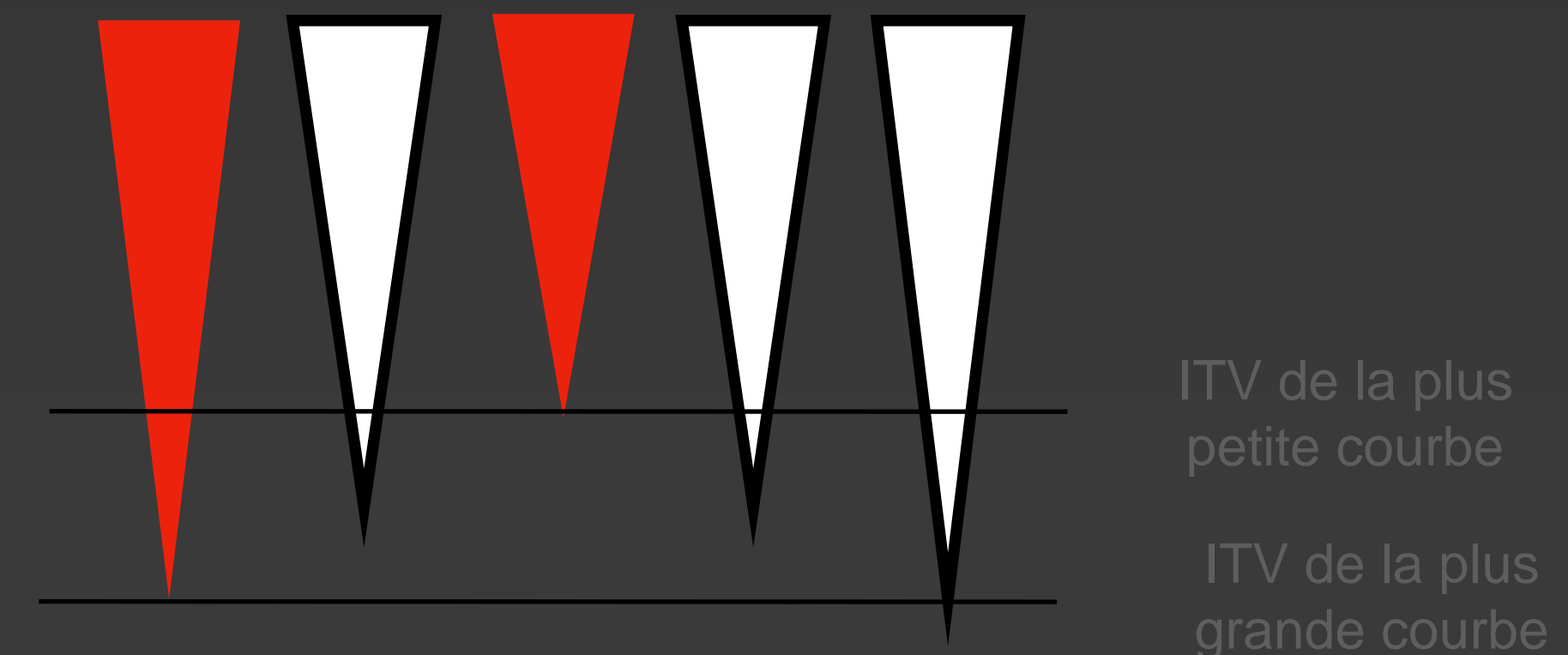
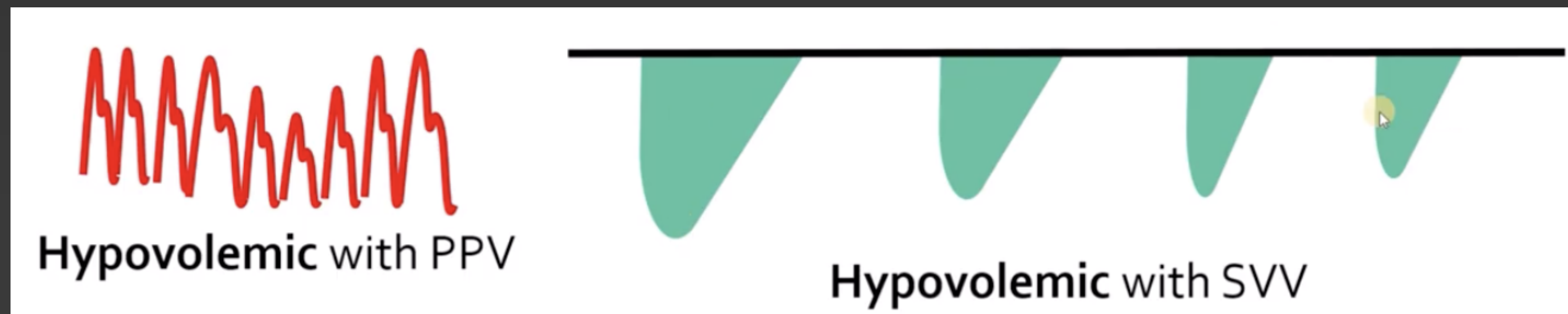
- Débit cardiaque = FC * VES



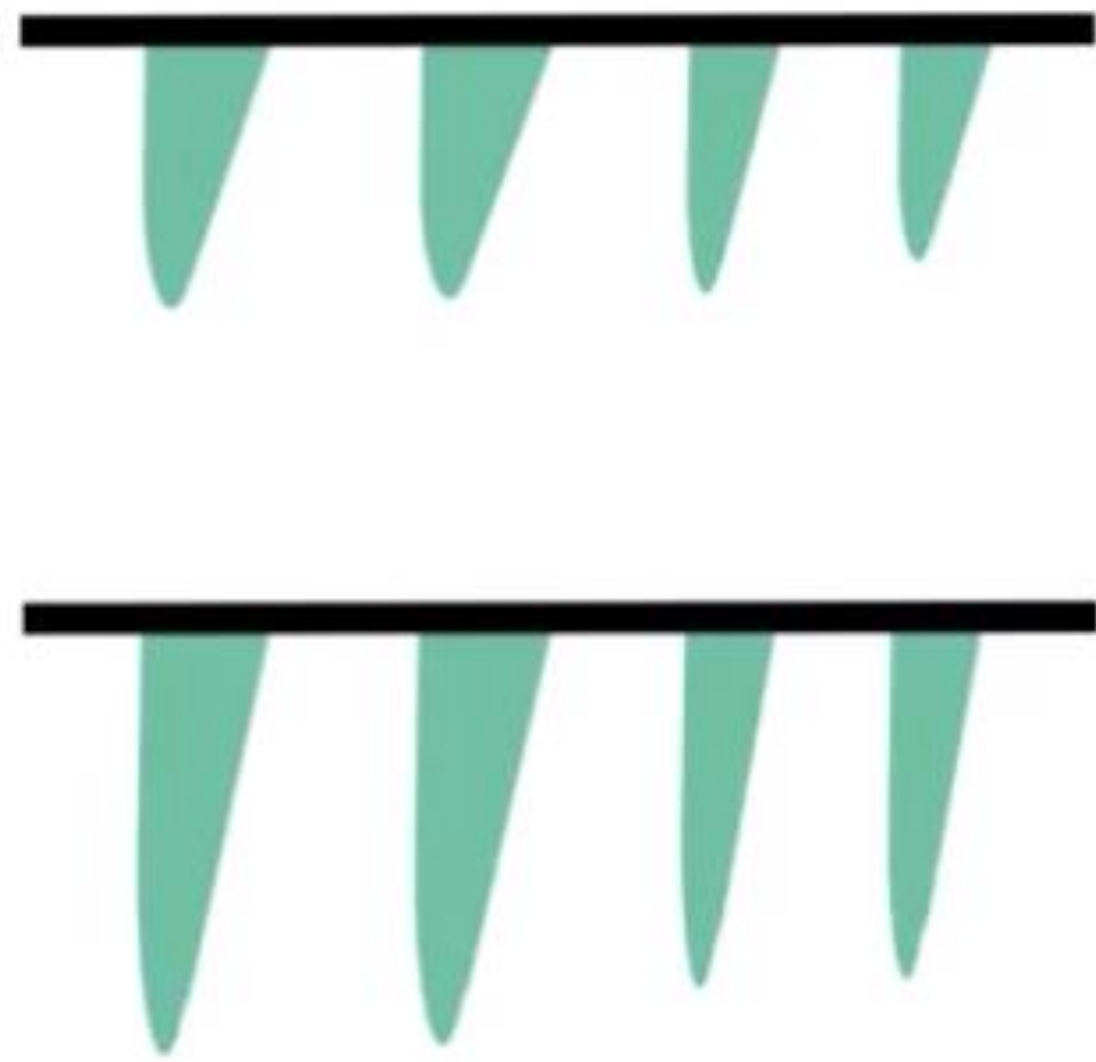
Echographie pour prédire la réponse au remplissage

Variation du flux sous aortique = Flux Chambre de chasse VG « CCVG » (Doppler pulsé)

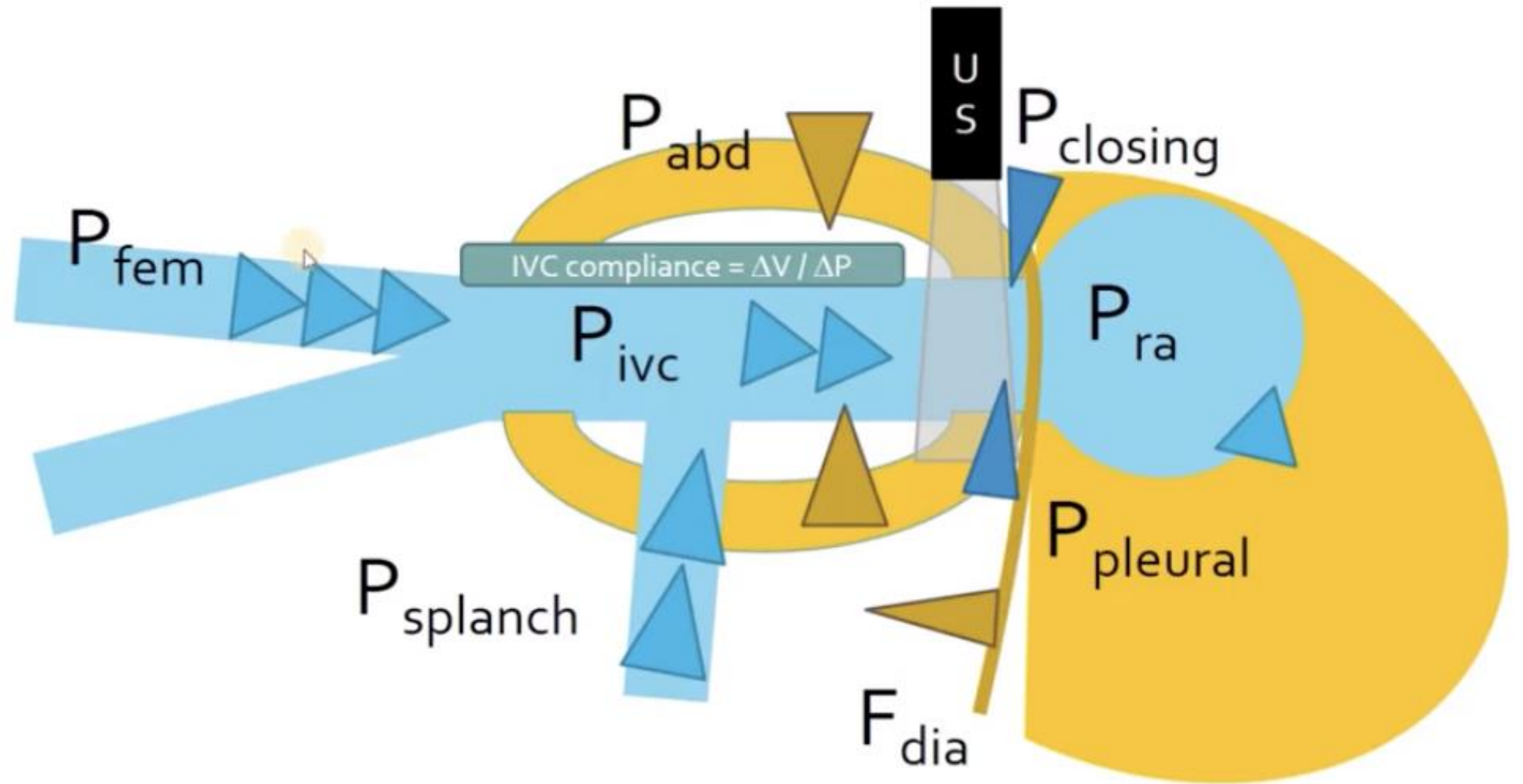
- **Variation Volume d'éjection systolique : (bon indicateur de la réponse au remplissage)**
- Variation **ITV CCVG** > 12% = Prédit une réponse au remplissage
- > 14 % prédiction trais forte de réponse positive au remplissage
- < 10 % prédiction forte de réponse négative au remplissage
- 12-14% Zone grise => Nécessite d'autres marqueurs



PASSIVE LEG RAISE increases P_{fem}



Ideally measure LVOT VTI over multiple beats in same respiratory cycle



Echographie pour prédire la réponse au remplissage

Variation du flux sous aortique = Flux Chambre de chasse VG « CCVG » (Doppler pulsé)

- **Variation Vmax CCVG**
- **Variation Vmx CCVG > 12% = Prédit une réponse au remplissage**



[2D] G94/103dB/M10/P90/HAR/FSI 1
[PW] G60/F1/5.00 kHz/4.00@118.00 mm/0°

SRF

-5

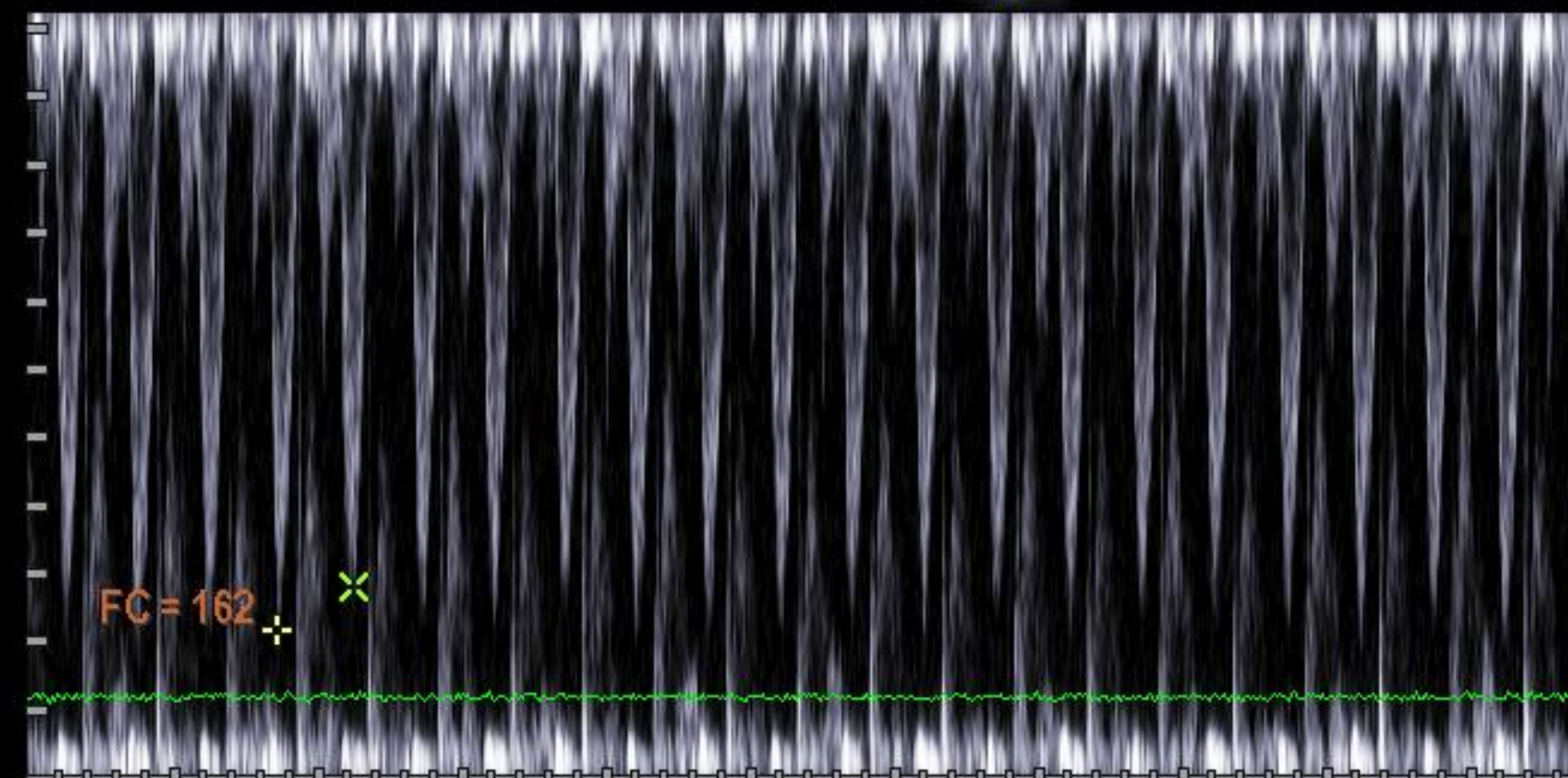
• Max - min / moyenne = 24%

-10



-15

Vmax RVT	33.33 cm/s
GPmax RVT	0.44 mmHg
Vmax RVT	42.85 cm/s
GPmax RVT	0.73 mmHg



-150

-120

-90

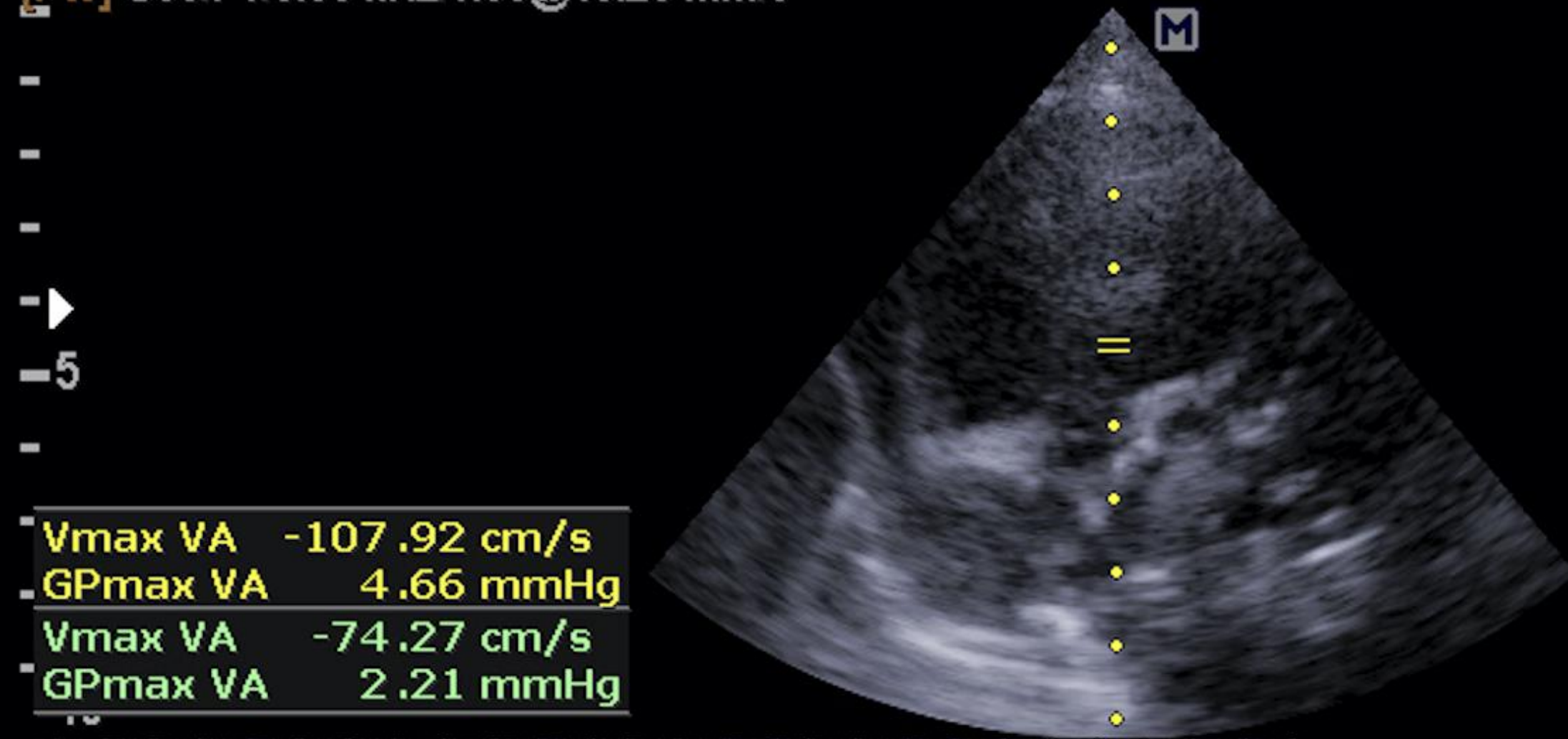
-60

-30

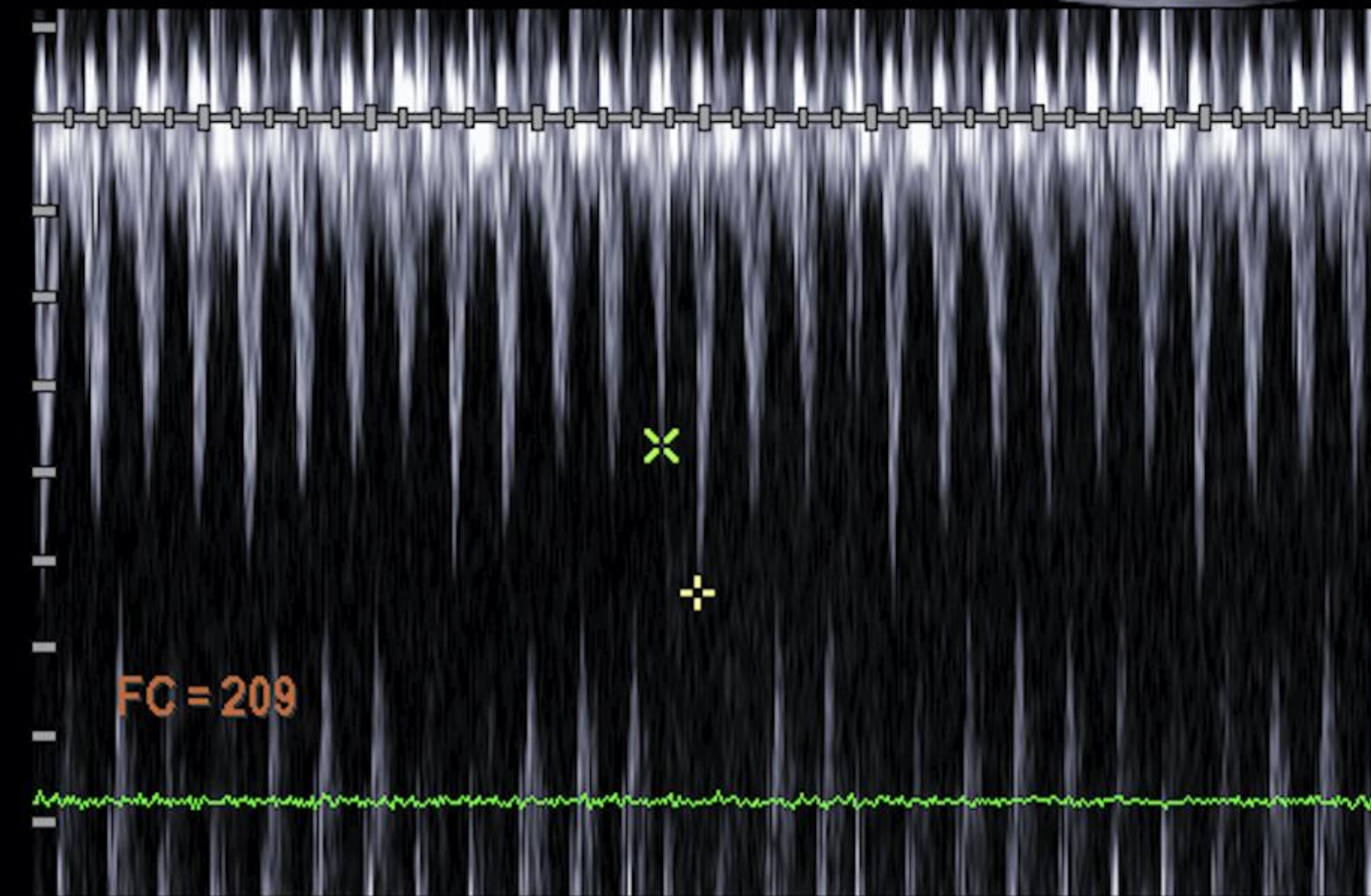
cm/s

[2D] G55/100dB/M10/P90/HAR/FSI 1
[PW] G58/F1/6.00 kHz/1.50@46.25 mm/0°

SRF



Vmax VA	-107.92 cm/s
GPmax VA	4.66 mmHg
Vmax VA	-74.27 cm/s
GPmax VA	2.21 mmHg



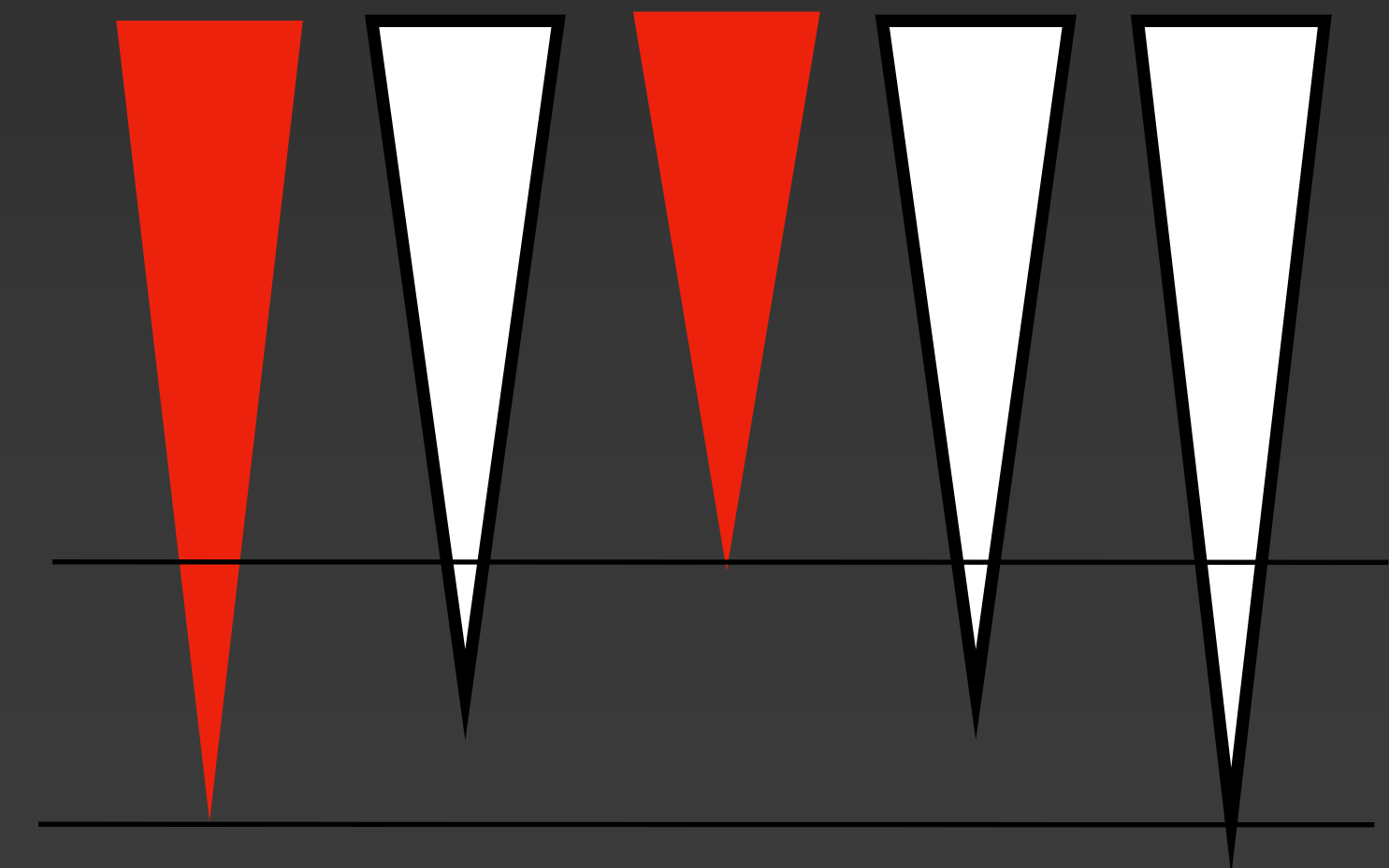
VARIAB FLUX AORTIQUE
36 POUR CENT

cm/s
-
-80
-120
-160

Echographie pour prédire la réponse au remplissage

Variation du flux sous aortique = Flux Chambre de chasse VG « CCVG » (Doppler pulsé)

- La variation de la :
- V_{max} , ITV s/aortique (CCVG) , V_{max} LVOT est calculée selon la formule :
- $(Max - Min / Moyenne) * 100$
- $Moyenne = (Max + Min) / 2$



Echographie pour prédire la réponse au remplissage

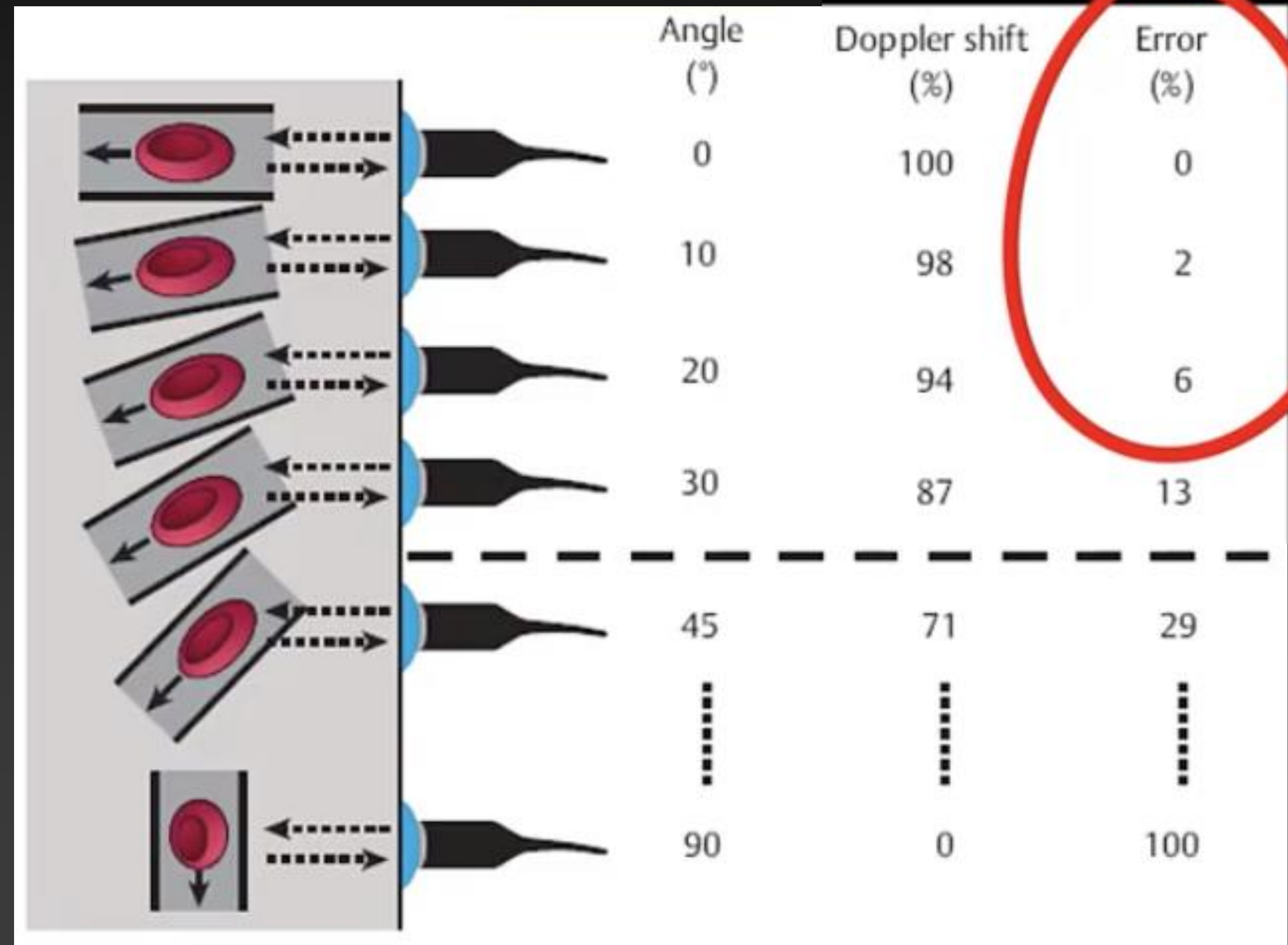
Variation du flux sous aortique = Flux Chambre de chasse VG « CCVG » (Doppler pulsé)

- **Limites de validation de la variation du flux de la chambre de chasse du VG : VES , ITV CCVG , Vmax CCVG ,**
- 1- Patient en rythme sinusal (si non VES varie selon arythmie)
- 2- en VM : Patient adapté au respirateur (si non VES varie selon l'effort respiratoire de lutte)
- 3- en VM : $V_t > \text{ou} = 8\text{ml/kg}$ (en dessous on peut avoir des faux négatives)
- 4- Pression intra abdominale normale
- 5- Thorax intact : Un thorax ouvert rend la variation respiratoire non valide

Pitfalls

1- Flux doppler doit être parallèle au flux sanguin (angle d'insonation)

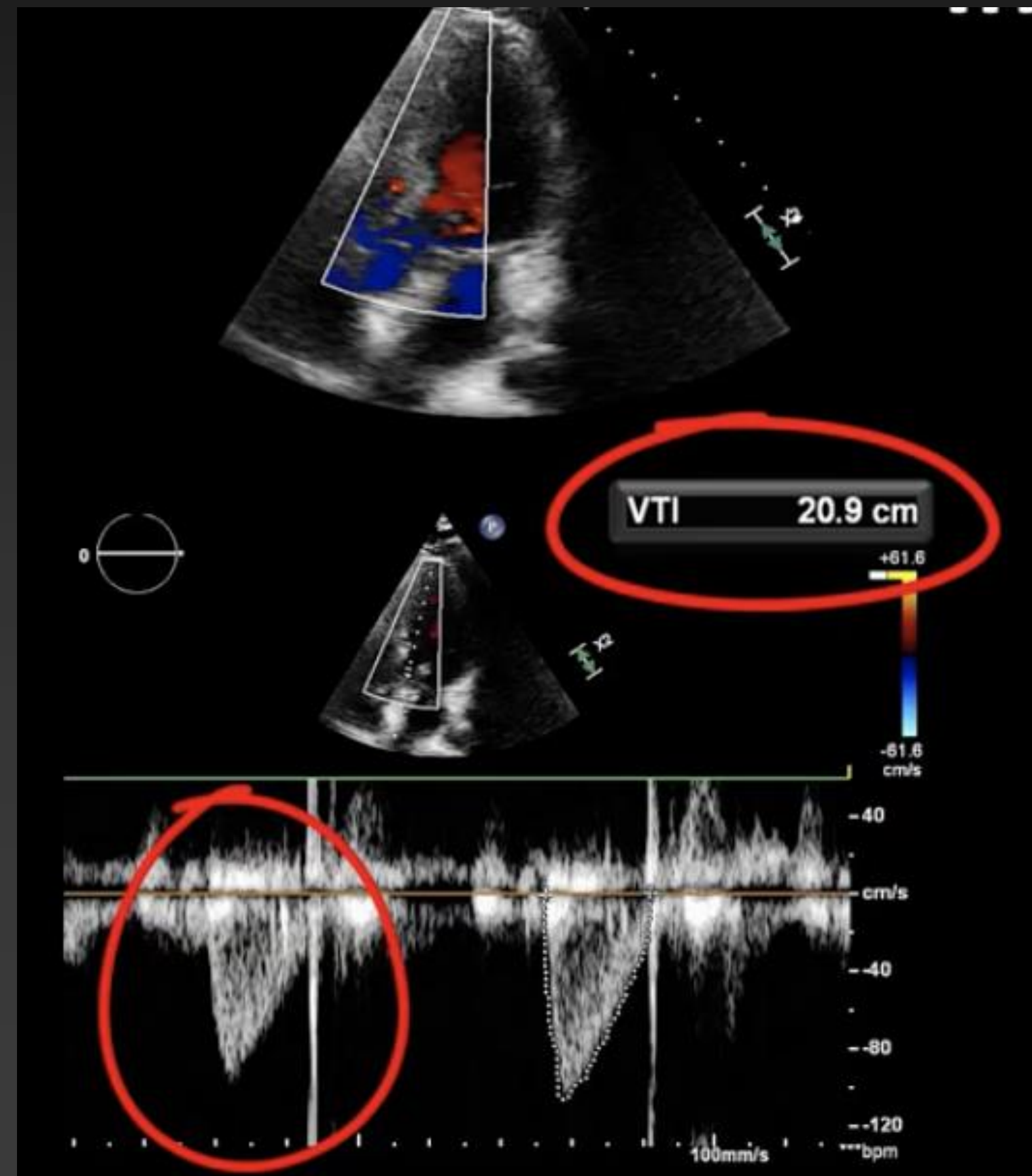
- Au delà de 20% d'erreur
- Le résultat sera sous estimé



Pitfalls

1- Flux doppler doit être parallèle au flux sanguin (angle d'insonation)

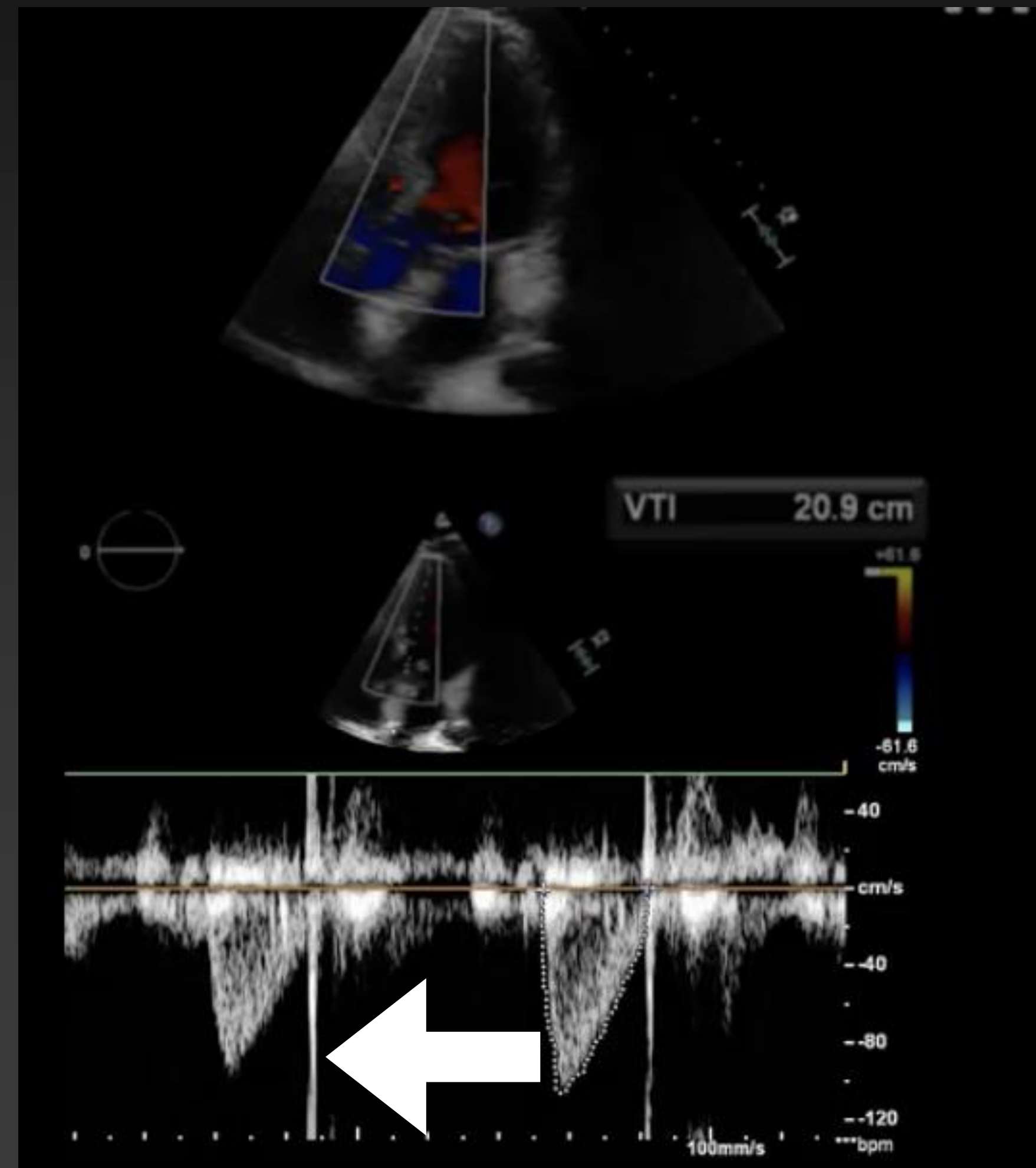
- Critère bon alignement
- Enveloppe doppler vide de l'intérieur



Pitfalls

1- Flux doppler doit être parallèle au flux sanguin (angle d'insonation)

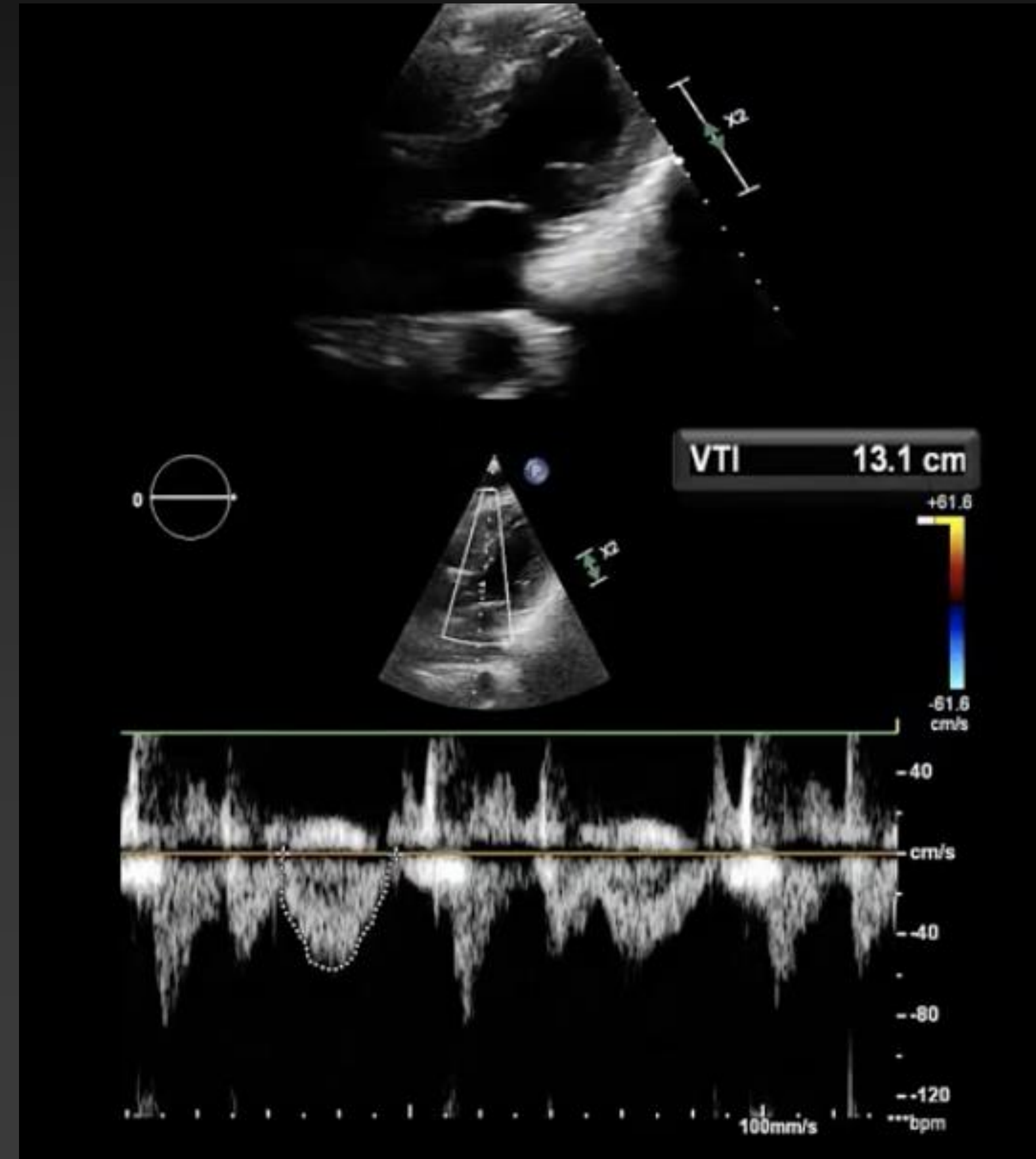
- Critère bon alignement
- Enveloppe doppler vide de l'intérieur
- Clic de fermeture de la valve aortique : on est bien situé dans la CCVG au point de fermeture de la valve
- Aspect de l'enveloppe typique



Pitfalls

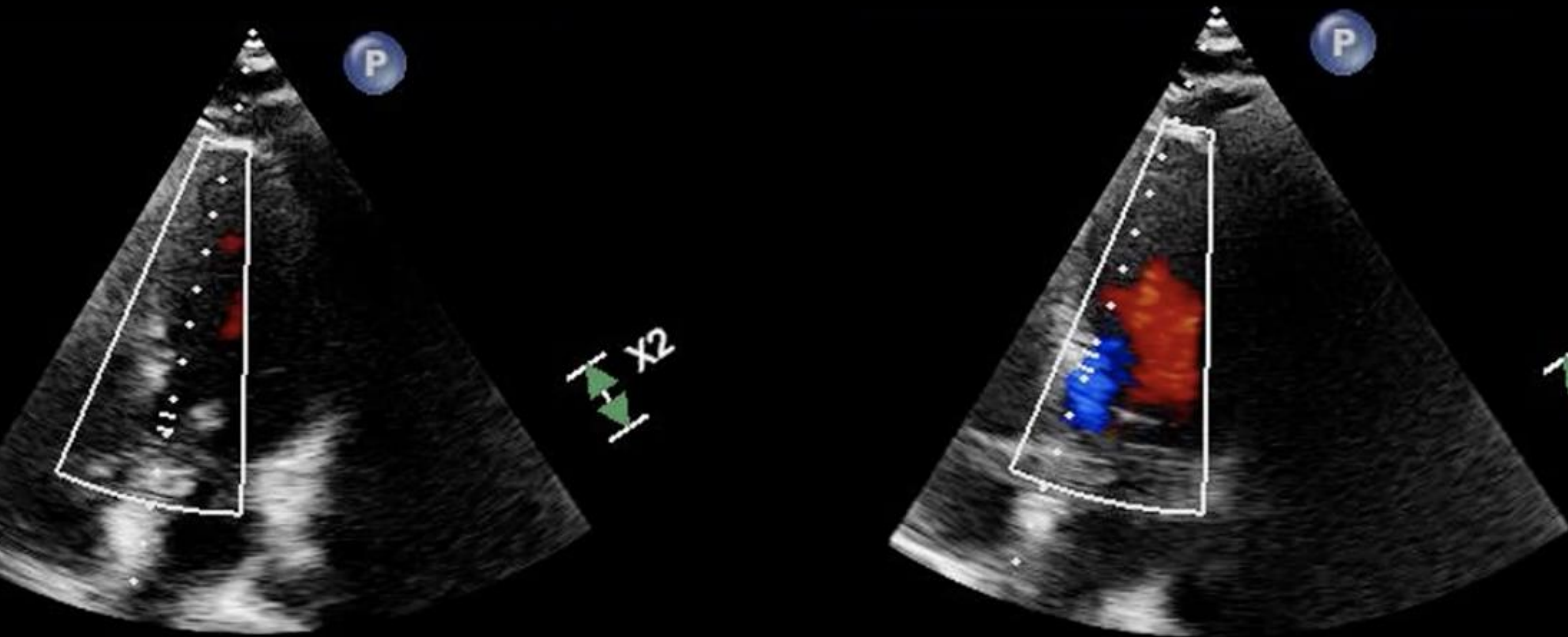
1- Flux doppler doit être parallèle au flux sanguin (angle d'insonation)

- Mauvais alignement chez le meme patient sur une coupe 3 chambres



Pitfalls

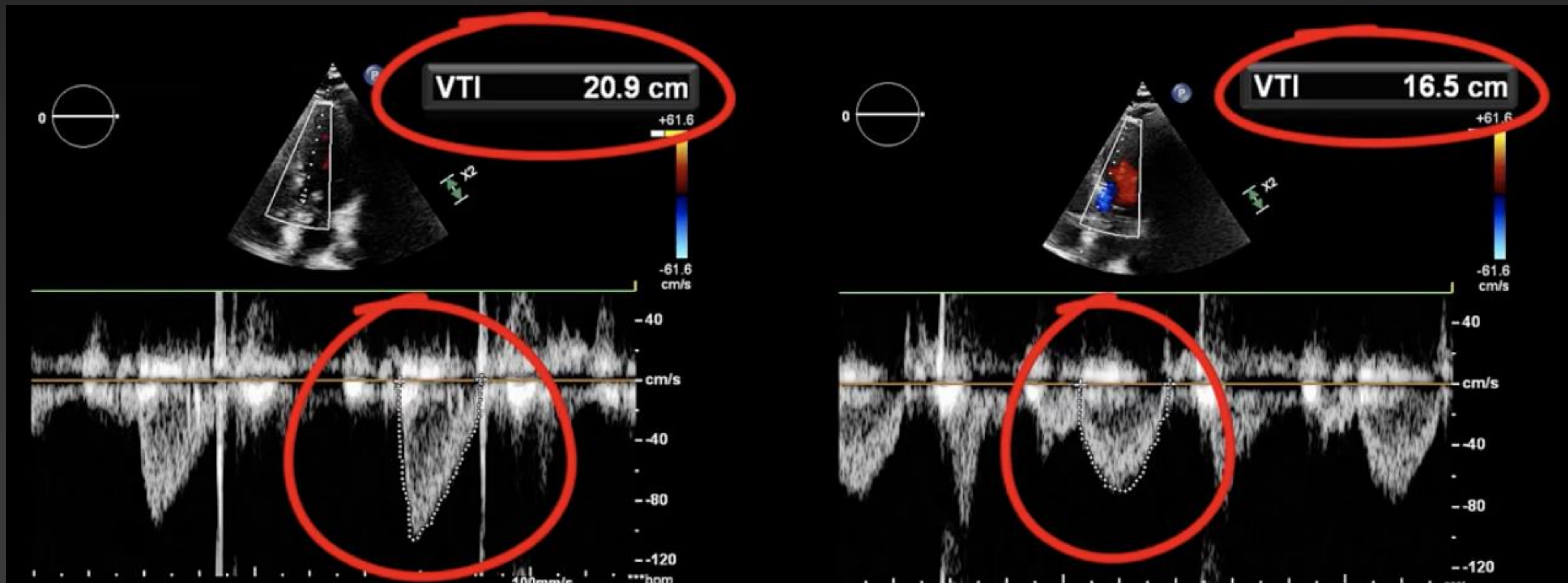
2- hauteur de la fenêtre d'échantillonnage



Pitfalls

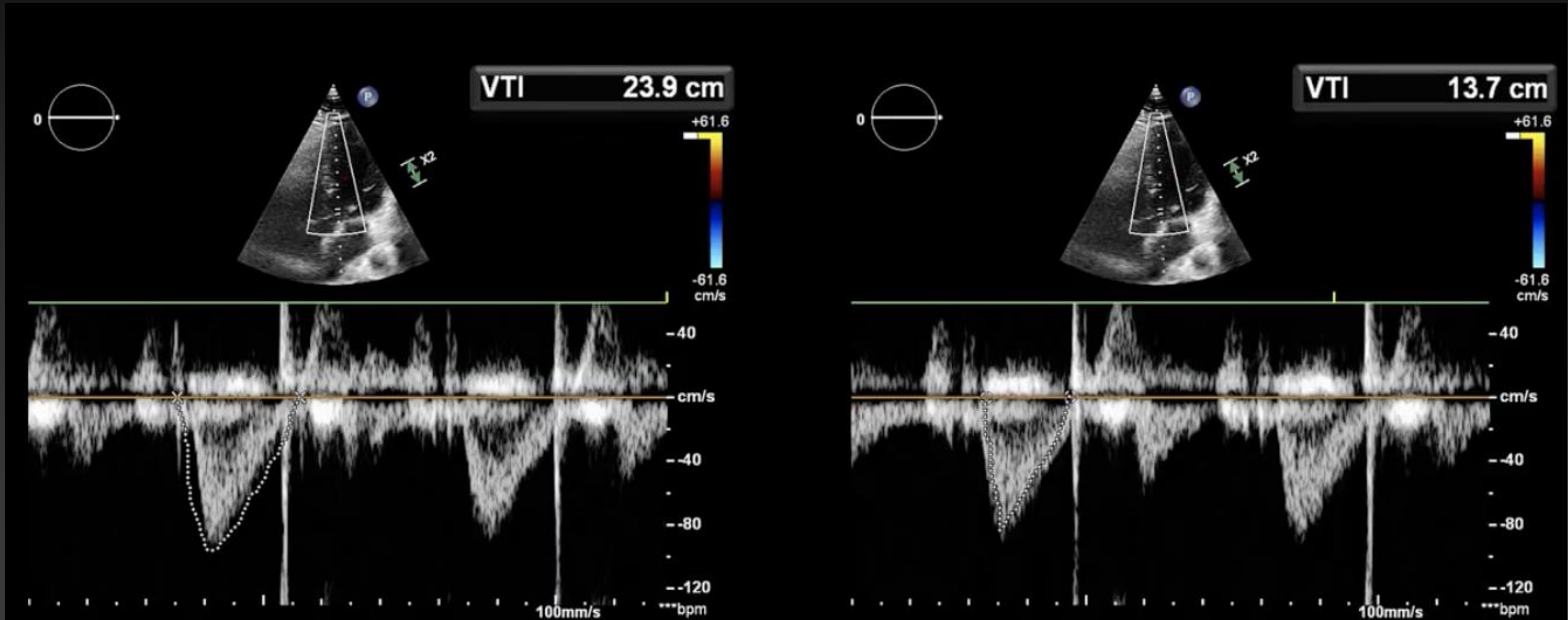
2- hauteur de la fenêtre d'échantillonnage

- Échantillonnage au doppler pulsé Bon : aspect normal , mesure fiable , **clic fermeture de valve**
- Échantillonnage plus loin de la fermeture de valve



Pitfalls

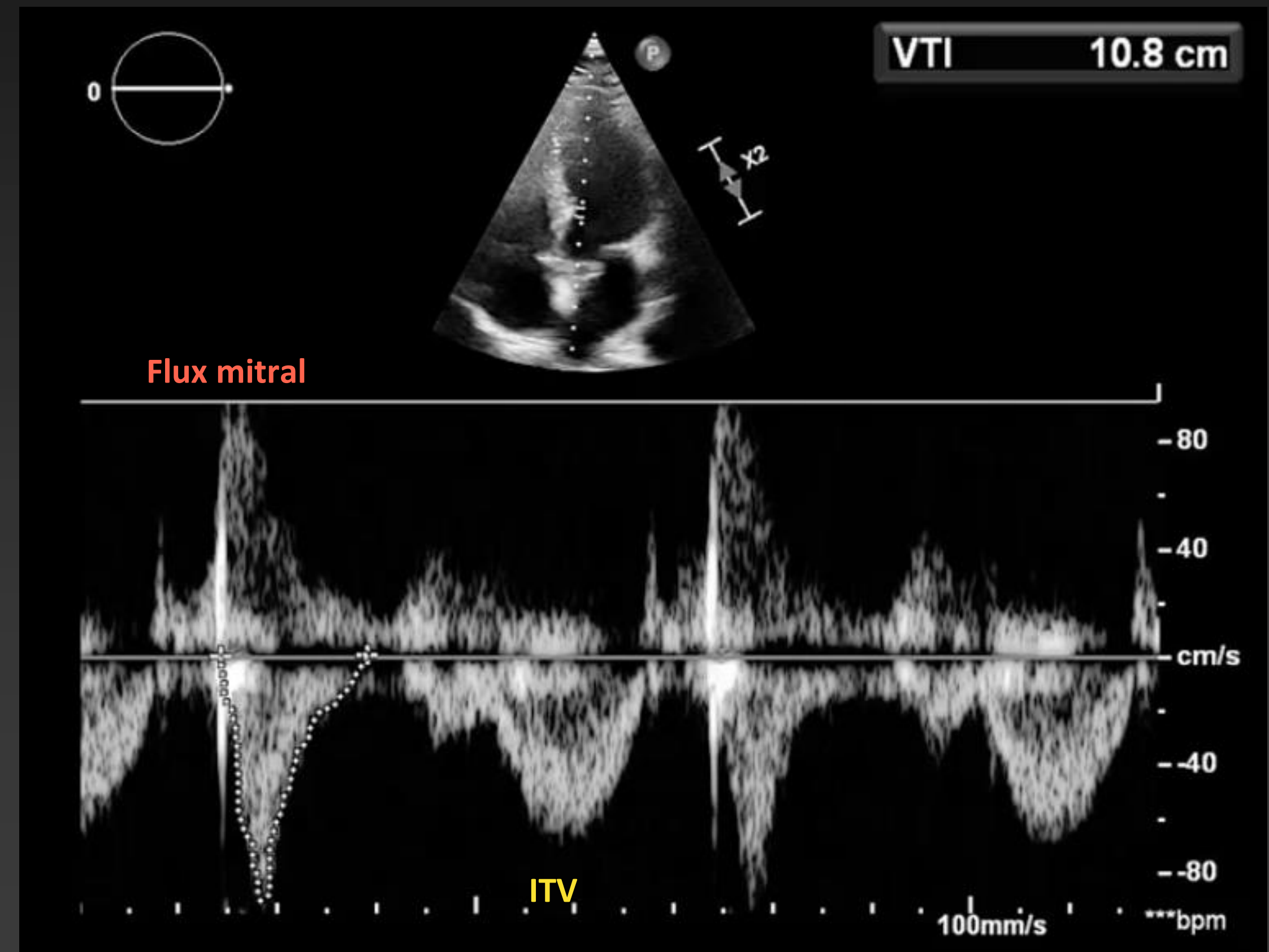
3- Mauvais traçage de l'enveloppe ITV



Pitfalls

4- Tracer la mauvaise enveloppe

- Traçage fait en diastole donc on trace une fuite mitrale !!
- l'ITV est une mesure systolique !!
(Interêt de placer l'ECG)

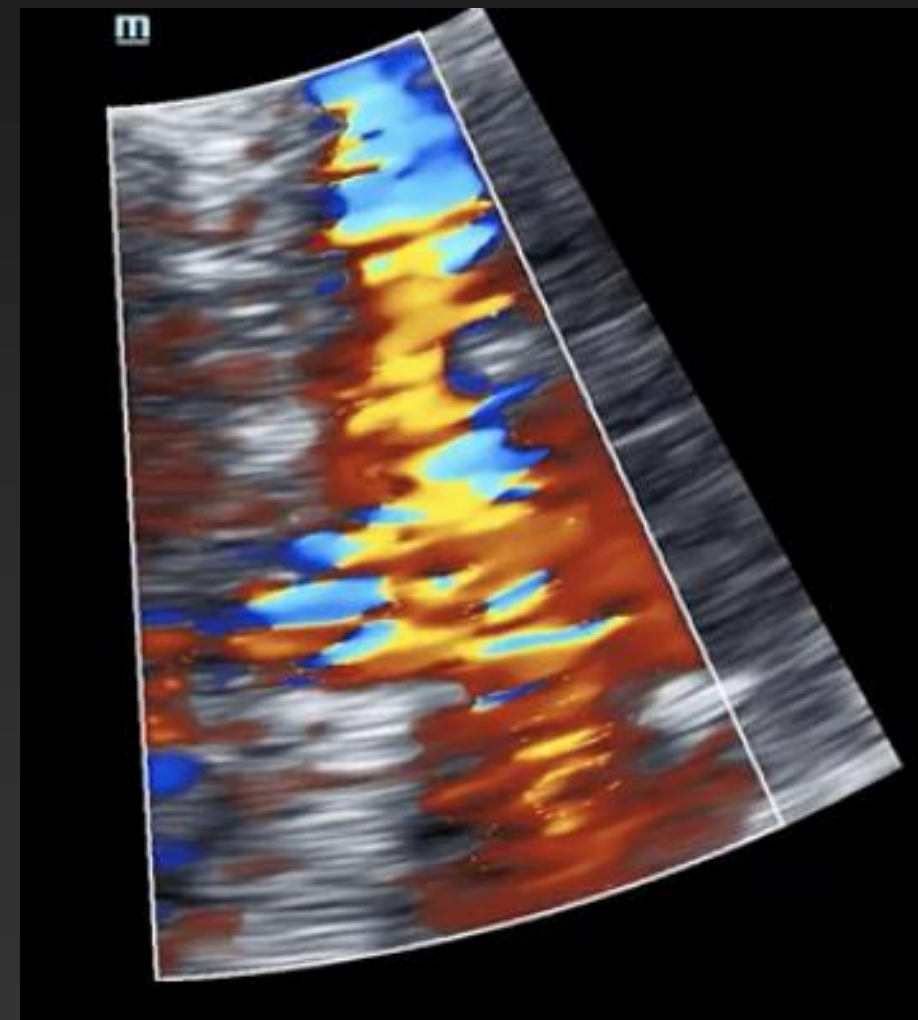


Pitfalls

5- Obstruction chambre de chasse VG

Dynamique :

- SAM :
 - Hypovolémie sévère
 - Cardiomyo hypertrophique /
Cardiomyo obstructive
- Segment basal hyperdynamique :
Takotsubo



Pitfalls

5- Obstruction chambre de chasse VG

Pourquoi on ne peut pas mesurer une ITV ?

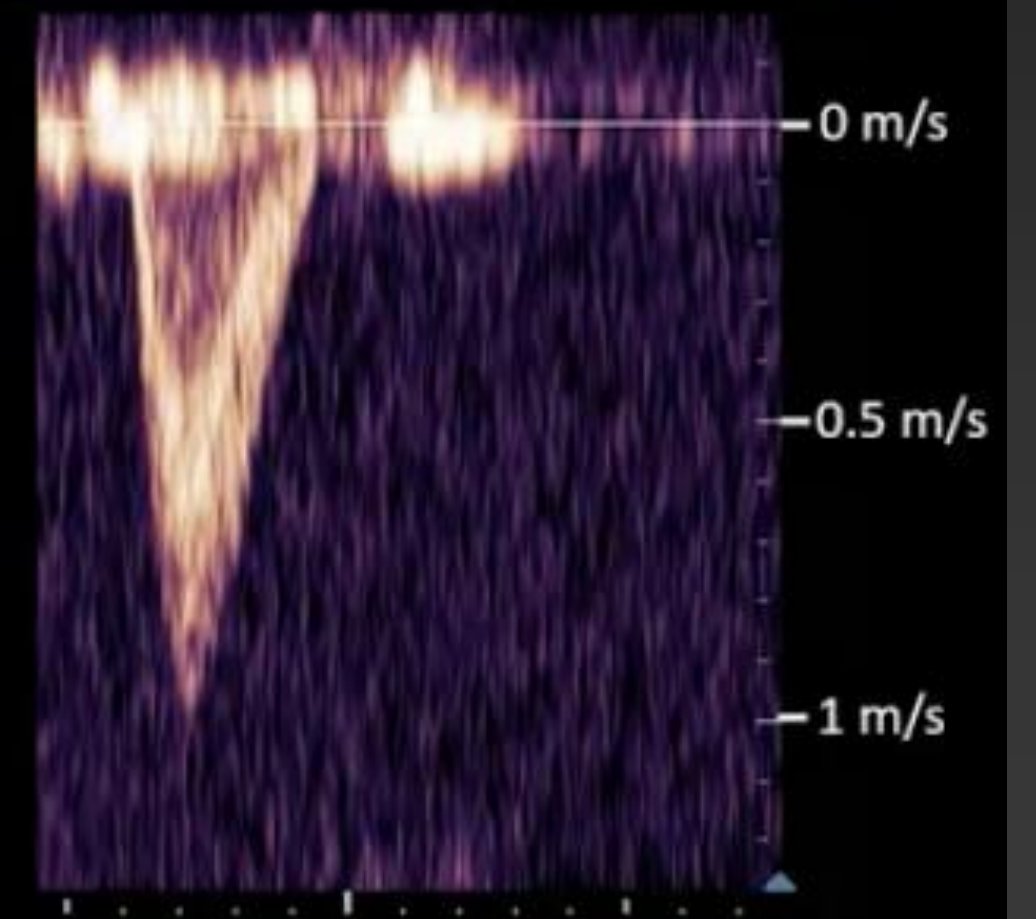
1

Suppose que la CCVG est un Cylindre



2

La vitesse du flux sanguin doit être mesurable

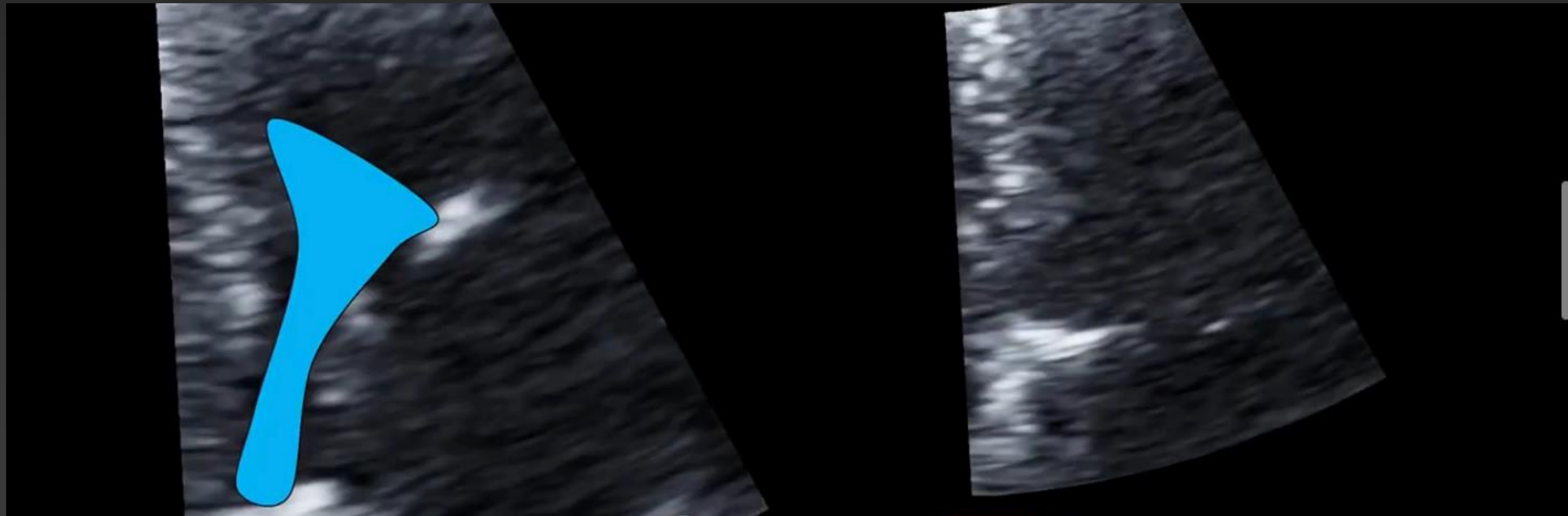


Pour avoir une ITV fiable !!

Pitfalls

5- Obstruction chambre de chasse VG

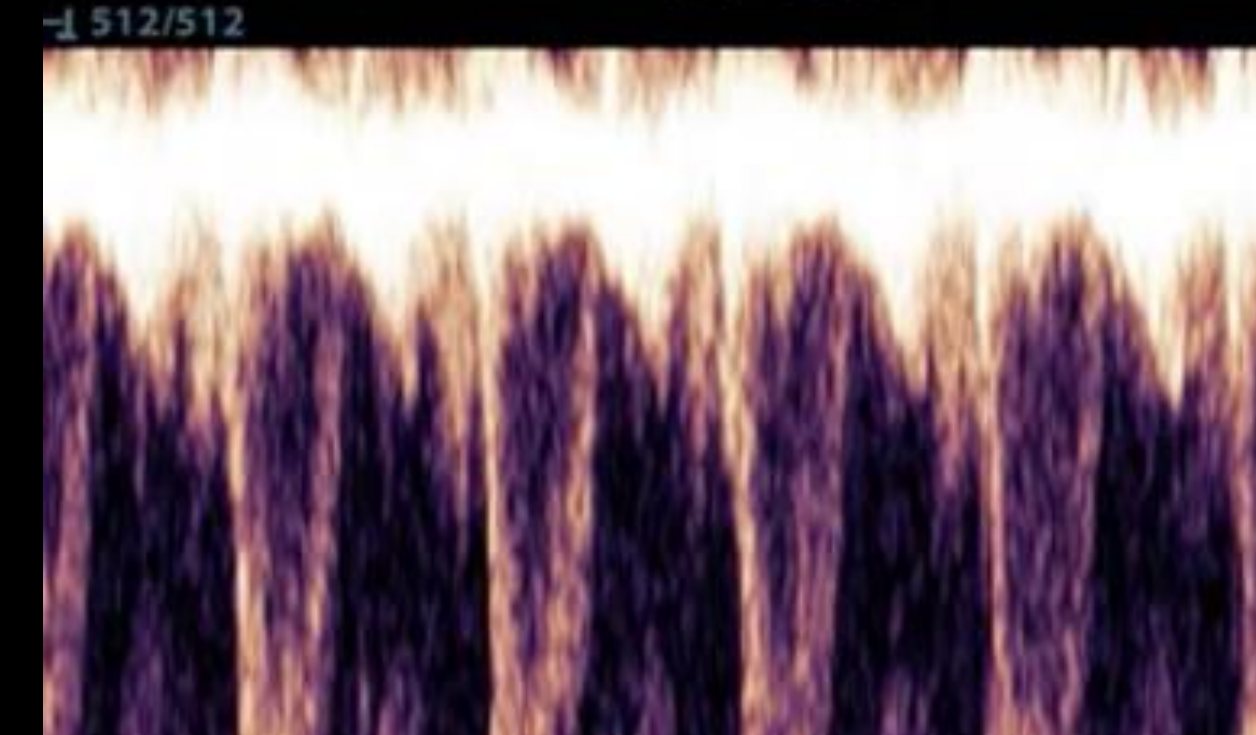
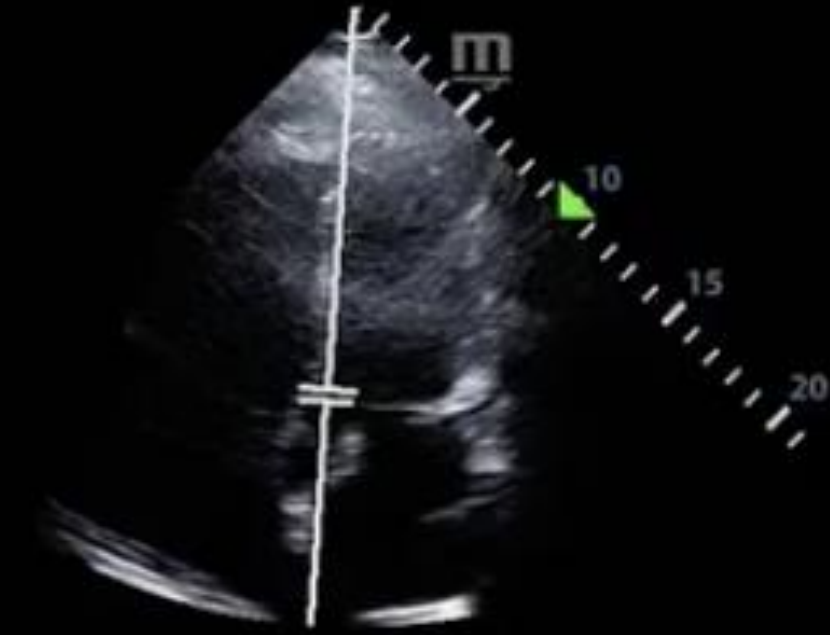
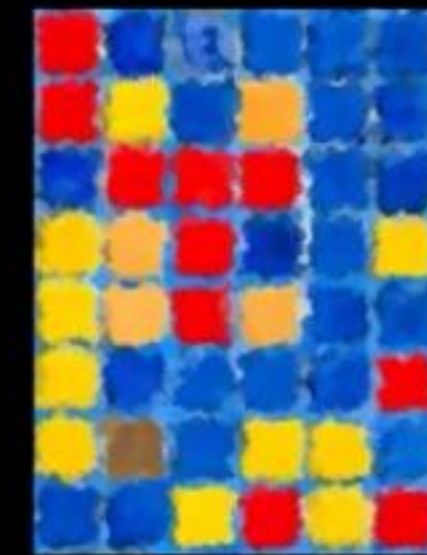
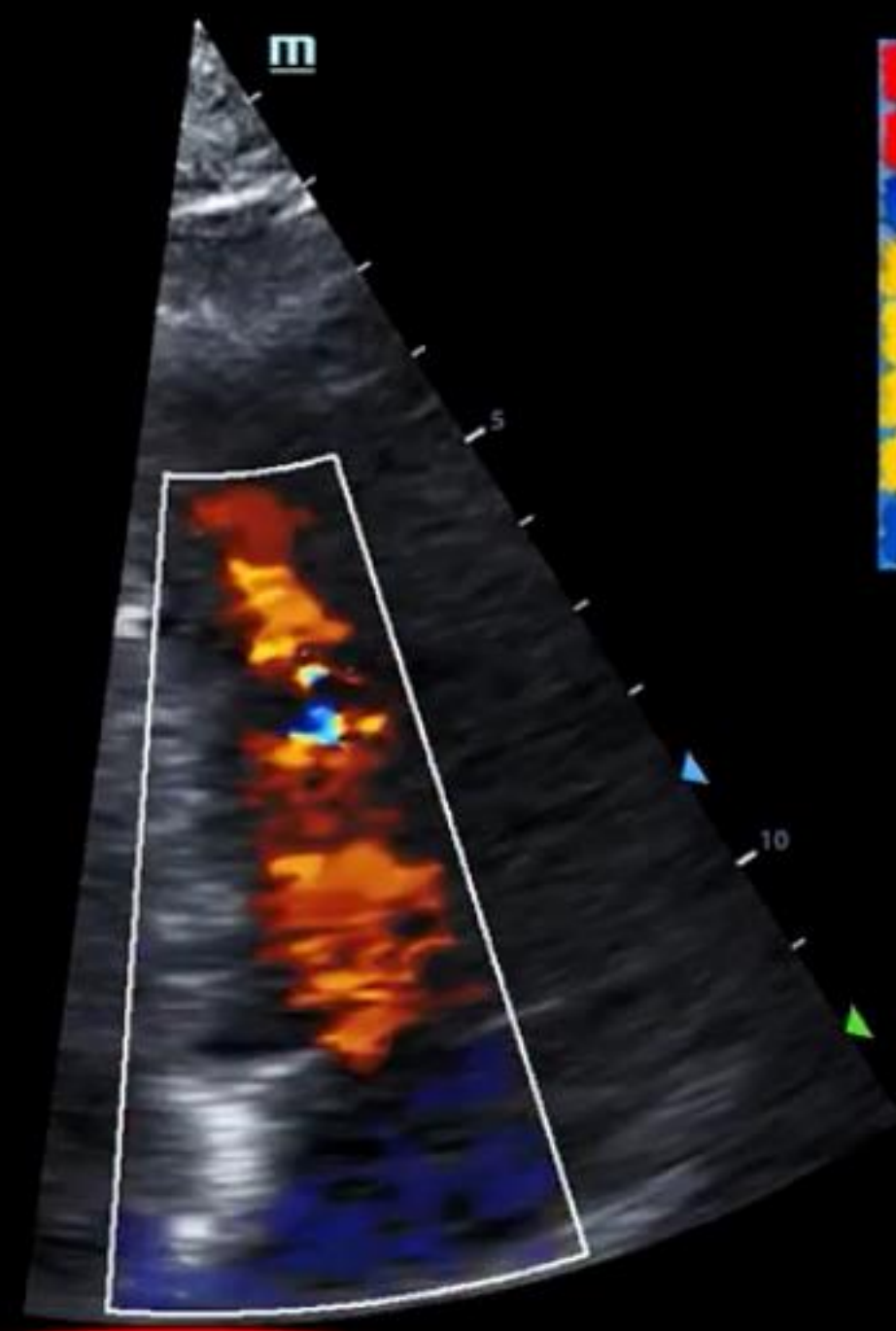
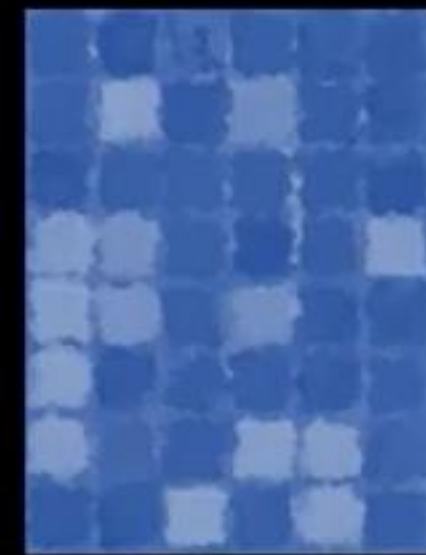
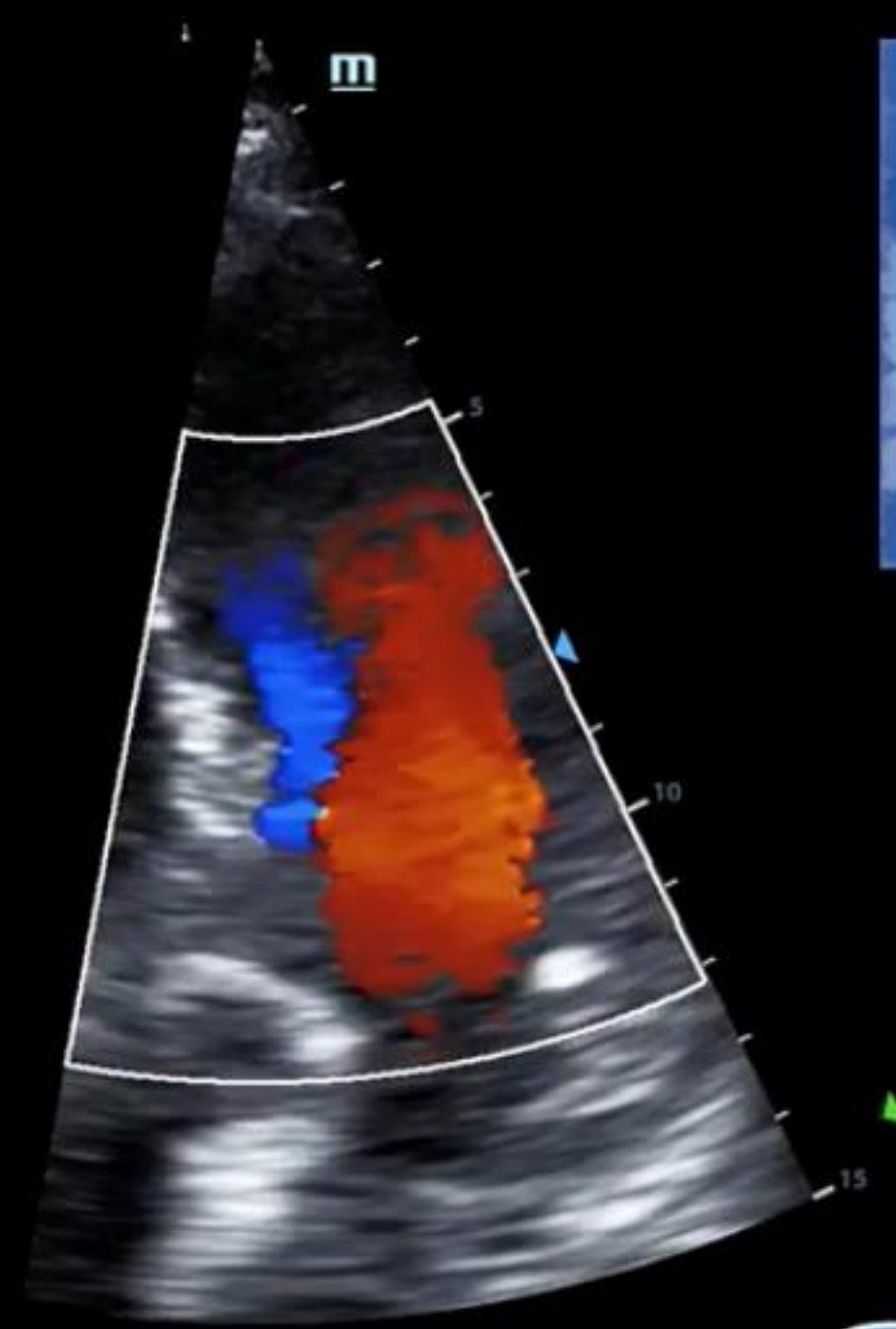
CCVG = n'est plus un Cylindre !!



Pitfalls

5- Obstruction chambre de chasse VG

Aliasing CCVG = Vitesse non mesurable

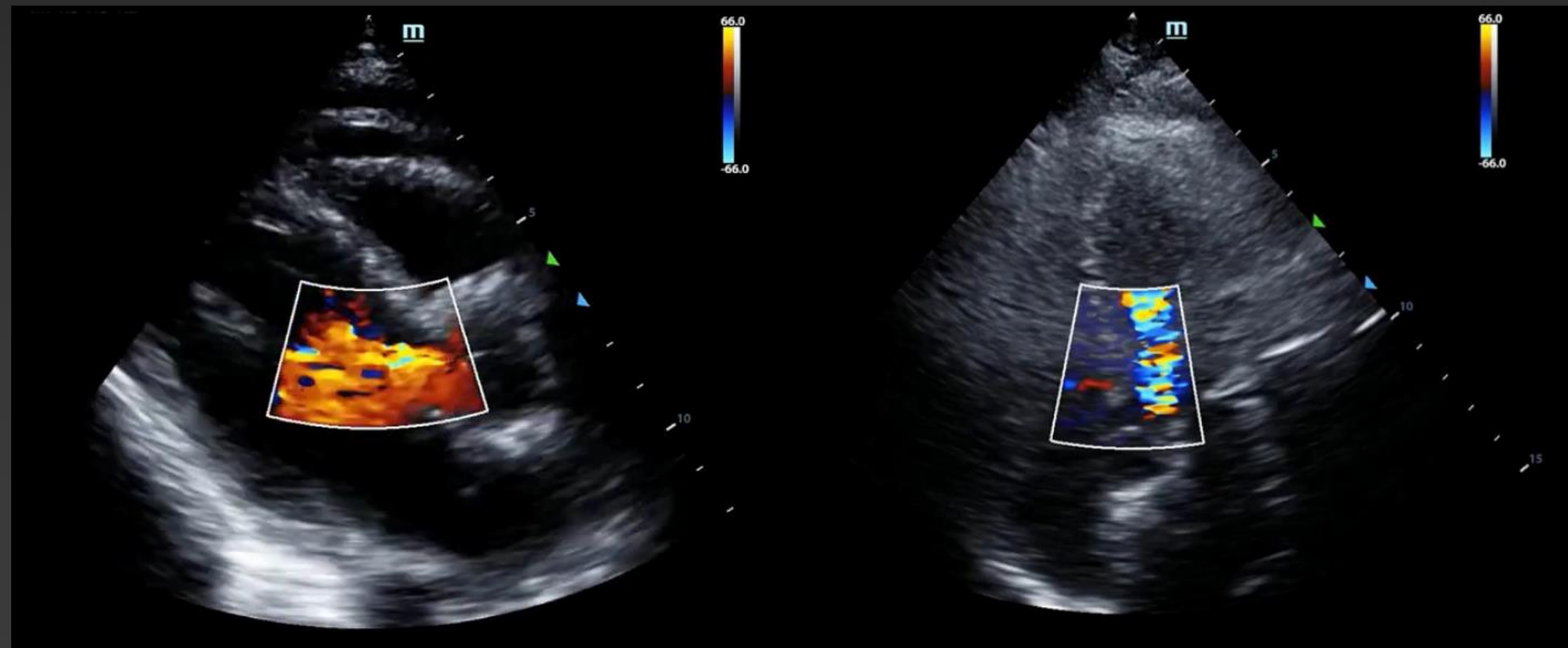


Pitfalls

6- Insuffisance aortique modérée à sévère

ITV sur-estimée : une ITV normale chez ces patients est anormalement basse !!

Durant la systole : une grande quantité de sang est éjecté mais une bonne partie sera régurgitée dans le VG sans arriver a perfuser les organes !!



Pitfalls

7- Arythmies

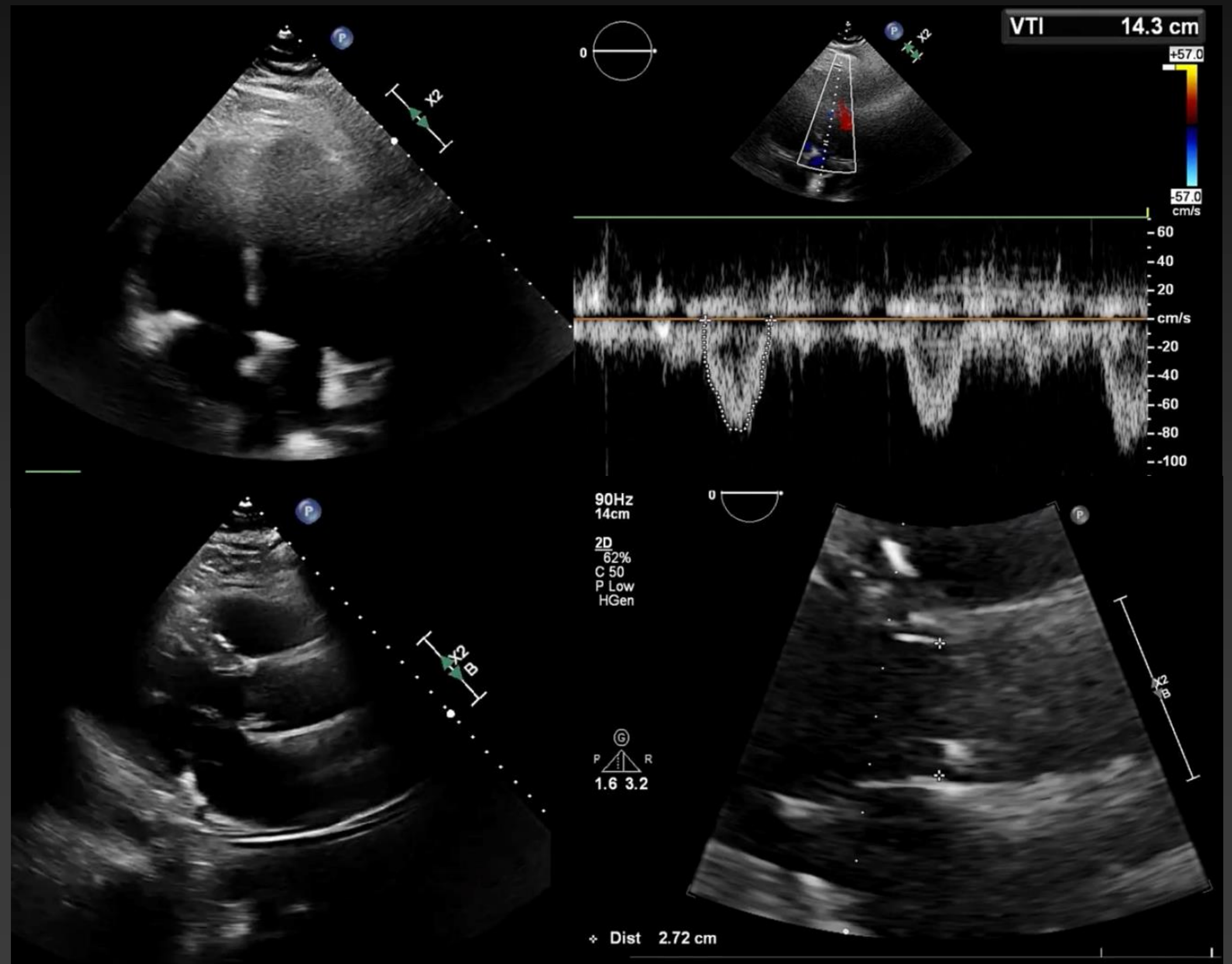
ITV très variable : Moyenner au moins 5 ITVs



8- ITV Vs VES

The BEST ITV Calibration

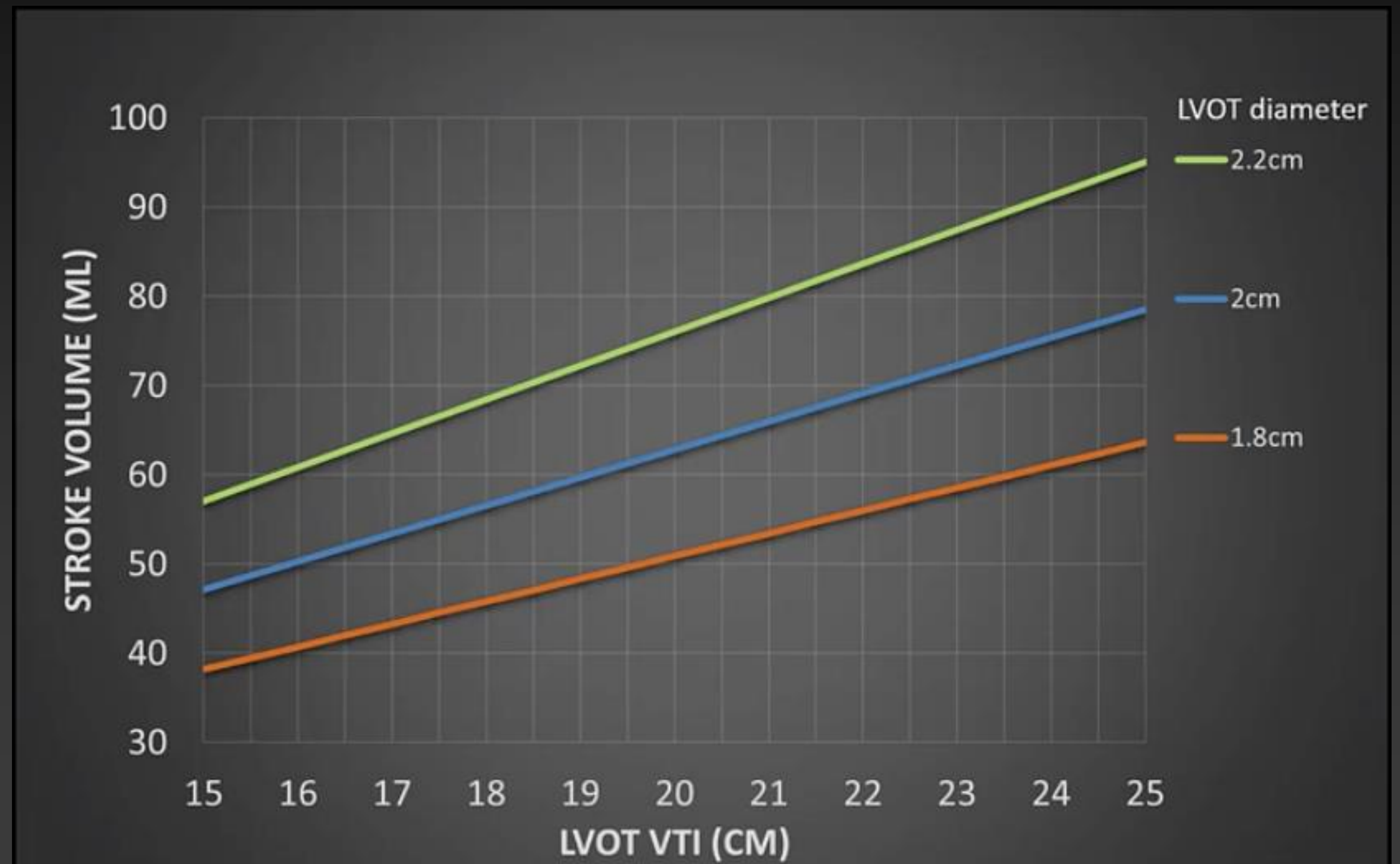
- Pancreatite , Choc
- ITV à 14 ... Basse ??
- D CCVG = 2,72 cm
- VES = 83 ml



8- ITV Vs VES

The BEST ITV Calibration

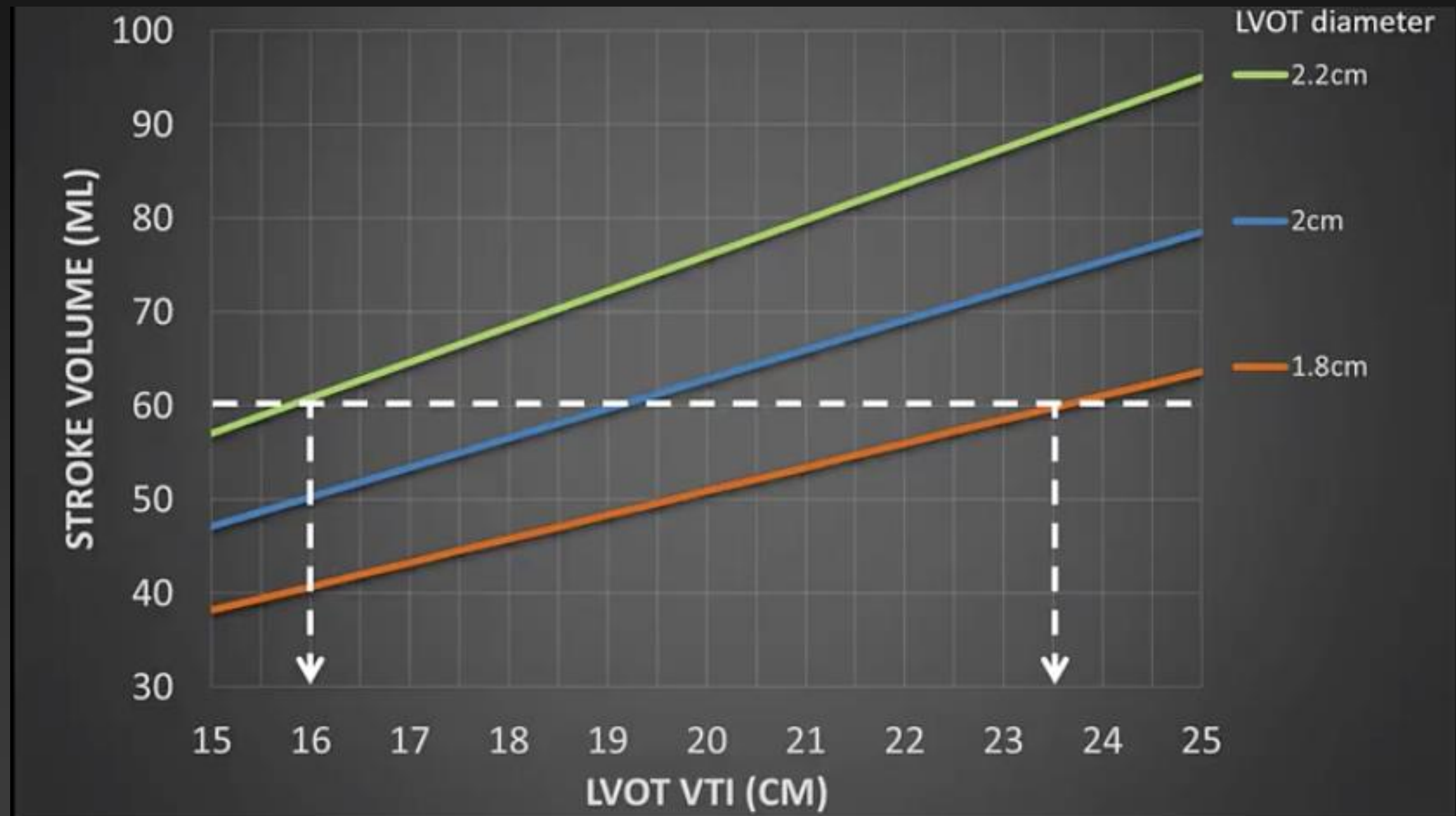
- On calcule une seule fois le diamètre de la CCVG et On voit quelle est l'ITV qui correspond à un VES normal (60ml)



8- ITV Vs VES

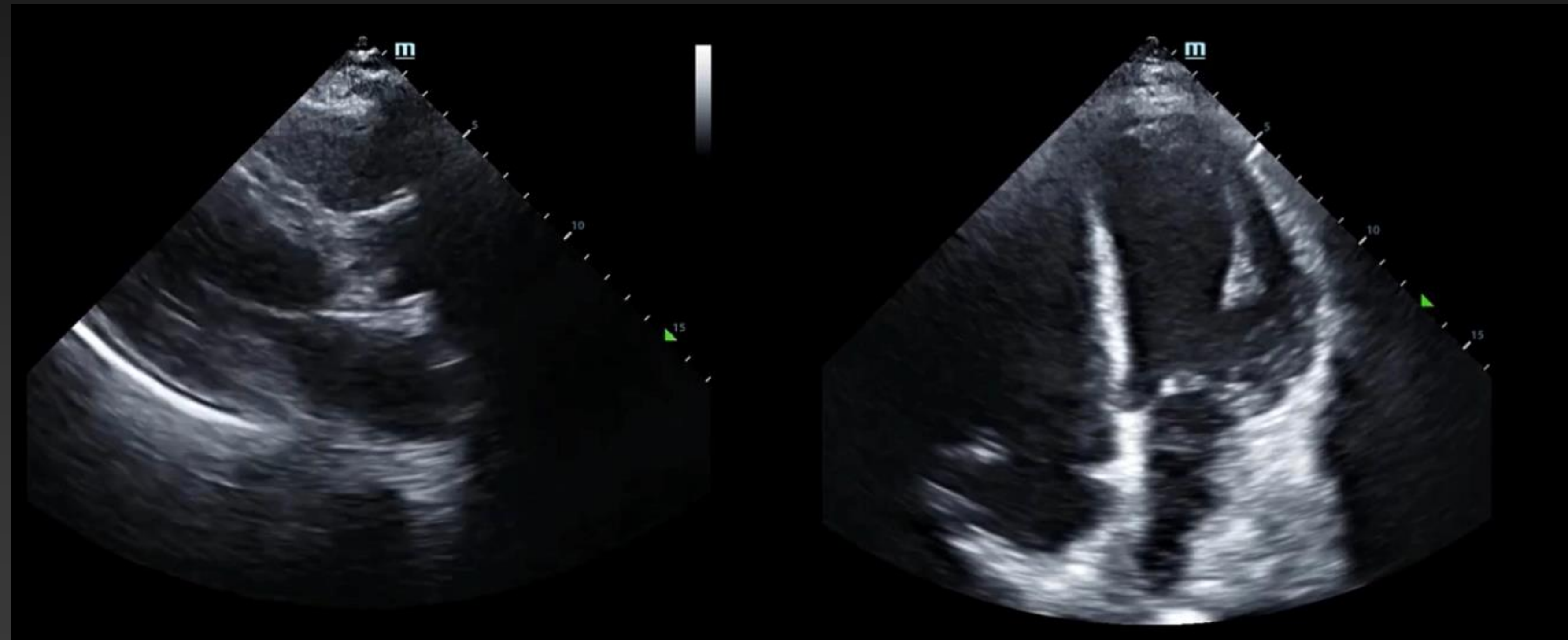
The BEST ITV Calibration ?

- On calcule une seule fois le diamètre de la CCVG et On voit quelle est l'ITV qui correspond à un VES normal (60ml)



8- ITV Vs Débit cardiaque

- D CCVG : 2,16cm
- ITV 19 !! Normale ??
- VES : 72 ml !! Bon ?
- Ce patient à une FC de 32 b/min
- **DC = 2,3 L/min !!**
- **Bas débit cardiaque**



Je vous remercie

