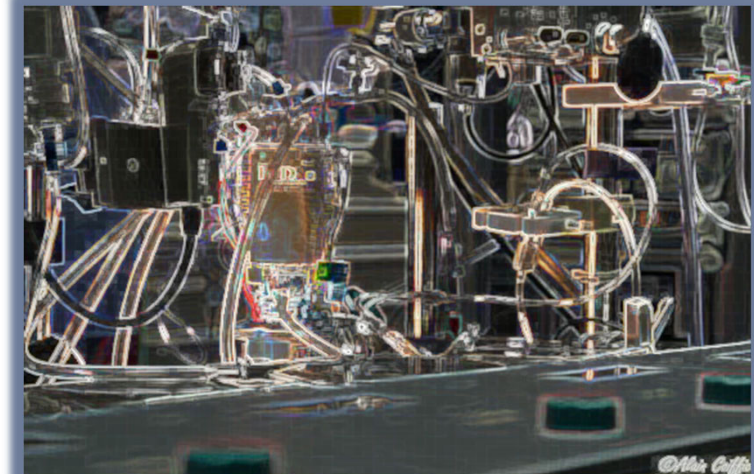


MESURE ECHOCARDIOGRAPHIQUE DU DEBIT CARDIAQUE

Prof. Alexandre OUATTARA
Service d'Anesthésie-réanimation cardio-vasculaire
Hôpital Haut-Lévêque
33600 Pessac, France
E-mail: alexandre.ouattara@chu-bordeaux.fr



DÉBIT CARDIAQUE

- Volume de sang qui traverse un orifice valvulaire (aortique) dans un temps donné X fréquence cardiaque

- $Q = S \times V \text{ moyenne} \times \text{temps} \times FC$

- Or $ITV = V \text{ moyenne} \times \text{temps (en cm)}$

- Donc $Q = S \times ITV \times FC$



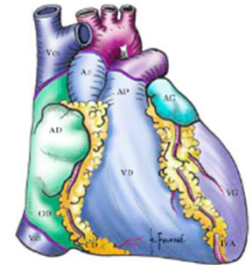
VES

QUEL(S) EST(SONT) LE(S) PARAMÈTRE(S) D'INOTROPISME

1. La dérive maximale de pression intra-ventriculaire évaluée par la régurgitation mitrale ($dP/dt_{\max}$)
2. Intégrale temps-vitesse sous aortique
3. Fraction d'éjection ventriculaire gauche
4. Index de Performance myocardique (index de Tei) idéalement mesuré en doppler tissulaire
5. Pic de vélocité à l'anneau mitral en doppler tissulaire

QUEL(S) EST(SONT) LE(S) PARAMÈTRE(S) D'INOTROPISME

1. La dérive maximale de pression intra-ventriculaire évaluée par la régurgitation mitrale ($dP/dt_{\max}$)
2. Intégrale temps-vitesse sous aortique
3. Fraction d'éjection ventriculaire gauche
4. Index de Performance myocardique (index de Tei) idéalement mesuré en doppler tissulaire
5. Pic de vélocité à l'anneau mitral en doppler tissulaire



**VOLUME D'EJECTION SYSTOLIQUE
(VES)**

X

FREQUENCE CARDIAQUE

VOLUME D'ÉJECTION SYSTOLIQUE

- Paramètre « global » de fonction cardiaque
- Pré-charge (« retour veineux »)
- Inotropisme (« fonction pompe »)
- Post-charge ventriculaire (« résistances vasculaires systémiques »)
- Fréquence cardiaque (effet force fréquence ou « stair-case »)
- « Facilement » modélisable en échocardiographie
- « Facilement » mesurable à l'échocardiographie
- Déterminer les causes de ses variations +++

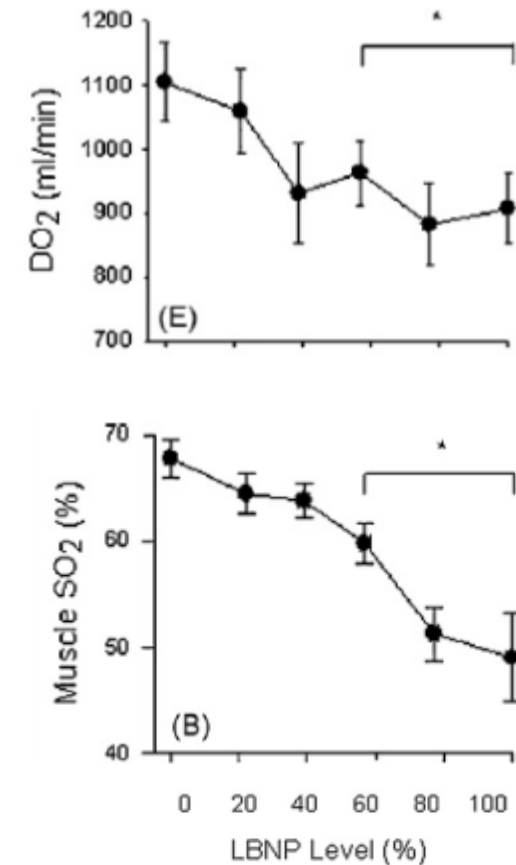
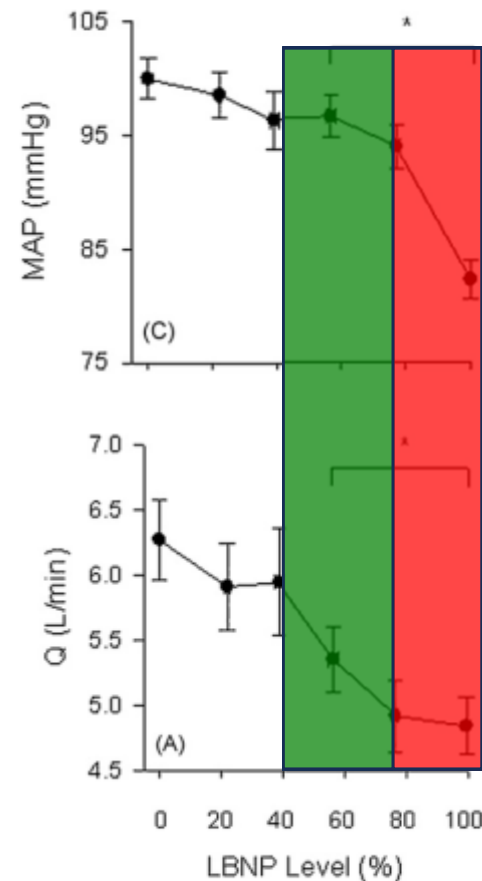
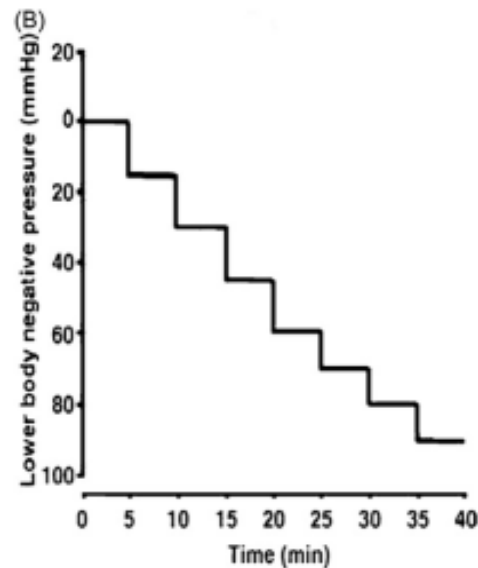
Clinical paper

Oxygen transport characterization of a human model of progressive hemorrhage^{☆,☆☆}

Kevin R. Ward^{a,b,c,d,*}, Mohamad H. Tiba^{a,b}, Kathy L. Ryan^e, Ivo P. Torres Filho^{a,b,c},
Caroline A. Rickards^e, Tarryn Witten^{a,b,c,d}, Babs R. Soller^f, David A. Ludwig^g, Victor A. Convertino^e

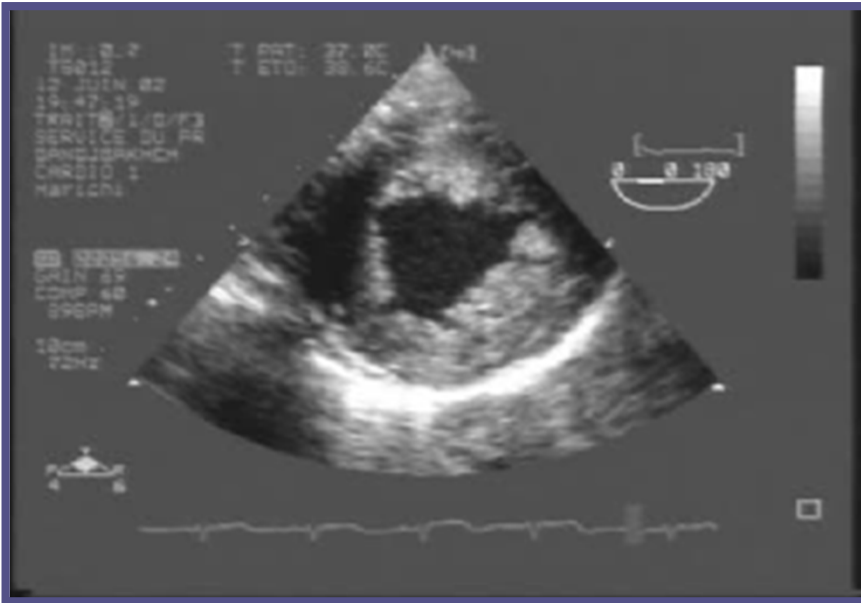


- « Lower Body Negative Pressure (LBNP) »
- 20 volontaires sains non hypertendus
- Ventilation spontanée (non anesthésié)
- Monitoring de la FC, PA, DC, VES
- GDS artériel (VO_2)
- StO_2 musculaire (NIRS)
- Etude micro-circulatoire de la densité capillaire fonctionnelle (Imagerie spectrale polarisée orthogonale).



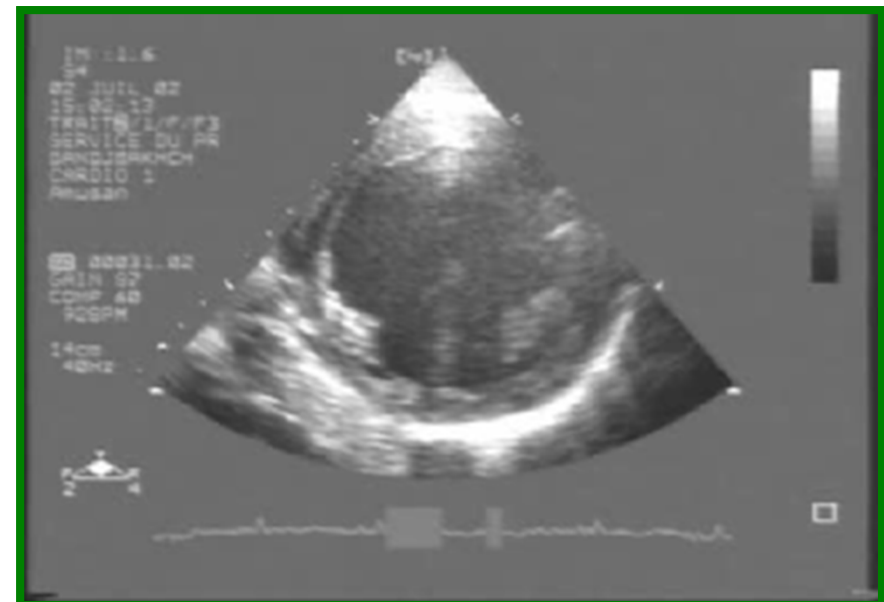
Resuscitation 2010;81:987-93

Qui a le meilleur débit cardiaque?...

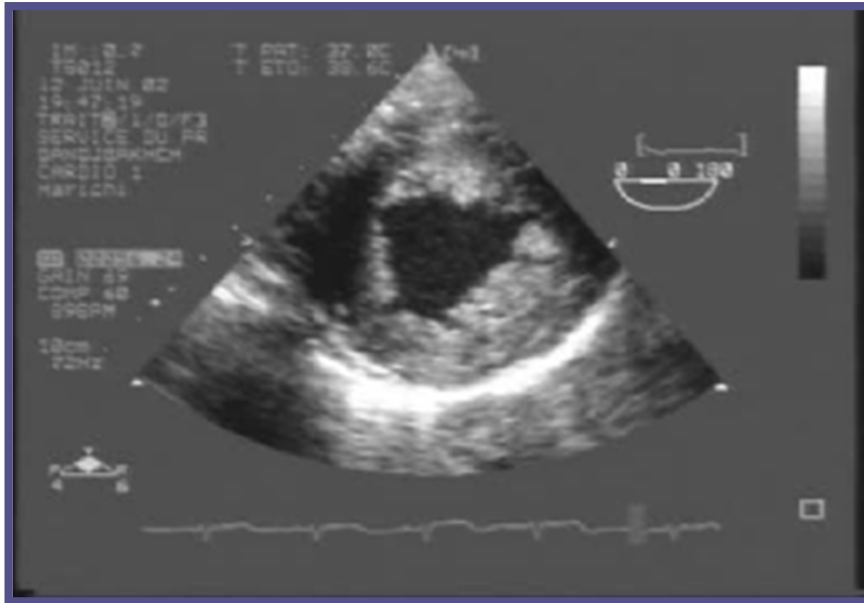


Index cardiaque X,XX l.min⁻¹

Index cardiaque X,XX l.min⁻¹

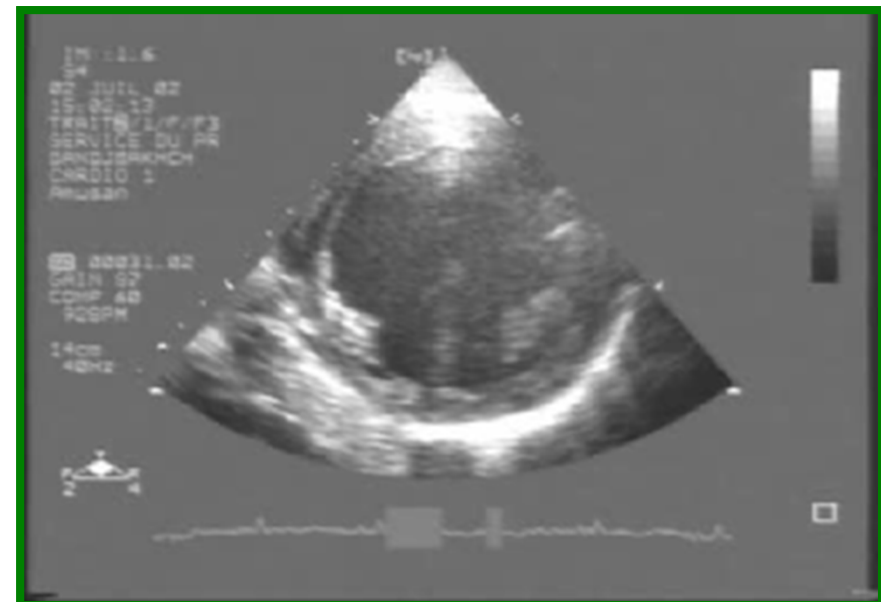


Qui a le meilleur débit cardiaque?...



Index cardiaque **1,8** l.min⁻¹

Index cardiaque **1,7** l.min⁻¹

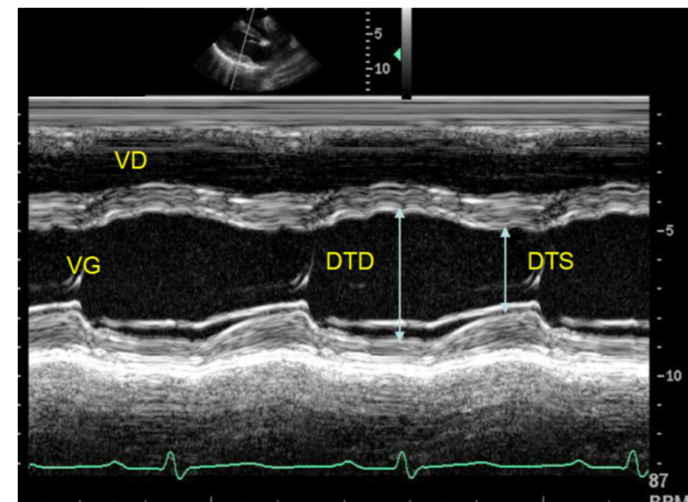
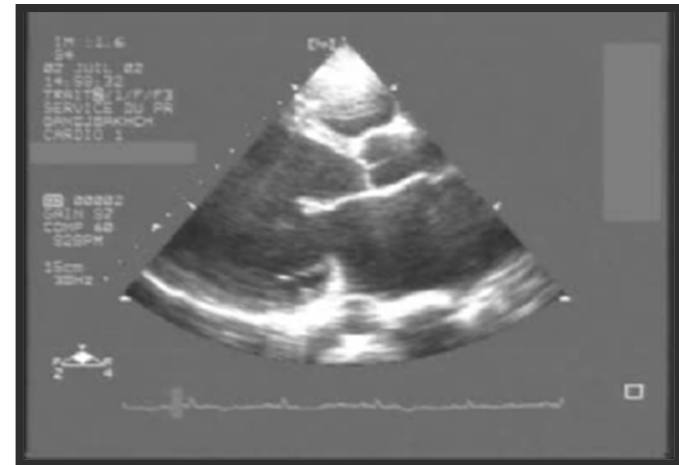


MÉTHODE DE MESURE DU VES PAR LA DIFFÉRENCE DES VOLUMES

- $VES = VT_{DVG} - VT_{SVG}$
- Méthode de Teicholz
- Méthode de Simpson biplan
- $ETT \gg ETO$

MÉTHODE DE TEICHOLZ

- ParaSternal Grand Axe (PSGA) en mode TM
 - Mode Temps mouvement (TM)
 - DTD → VTD
 - DTS → VTS
 - Formule de Teicholz: $V = 7D^3 / 2,4 + D$
 - VG assimilé à une sphère
- Limites:
 - Morphologie ventriculaire
 - Anomalies de la cinétique segmentaire
 - Risque de surestimation si IM ou IA



MÉTHODE DE SIMPSON BIPLAN

- Apicale 4C et 2C
 - Simpson biplan
 - $VES = VTD - VTS$

$VTD = 40-75 \text{ ml/m}^2$

$VTS = 15-30 \text{ ml/m}^2$

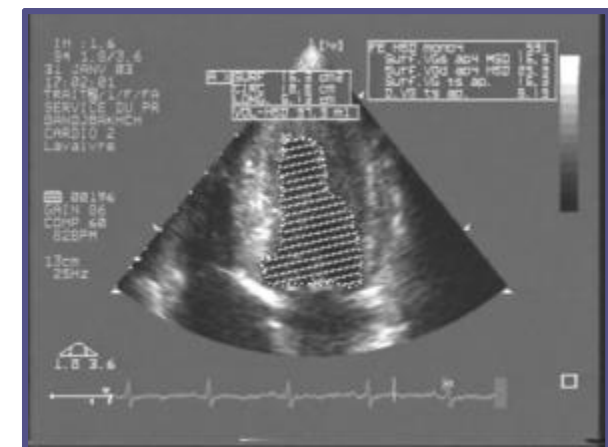
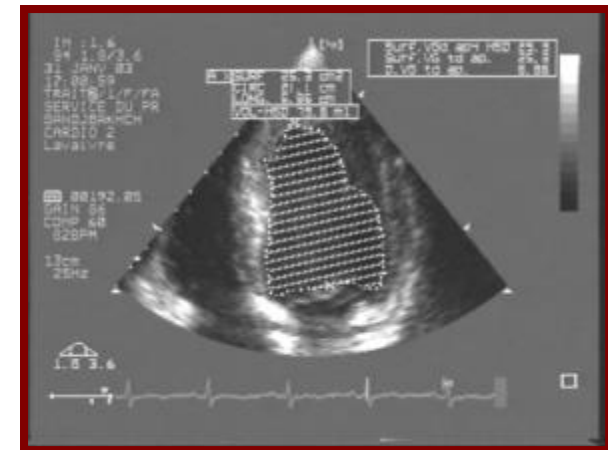
- $FE \% = (VTD - VTS) / VTD$

$Fe = 70 \pm 10\%$

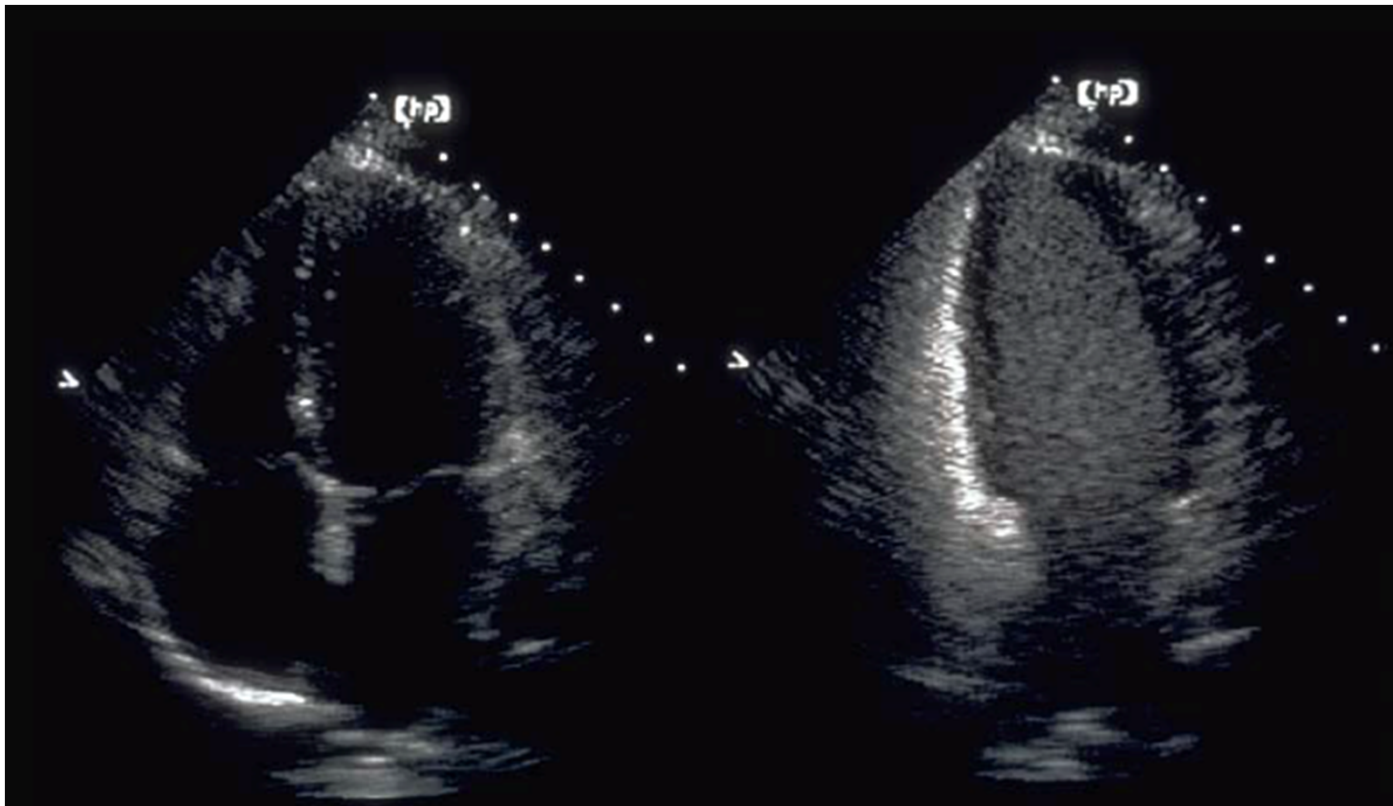
- Intérêt: cardiopathie ischémique
- Limite:

Risque de surestimation si IM ou IAO

Visualisation endocardie



ÉCHOGRAPHIE DE CONTRASTE



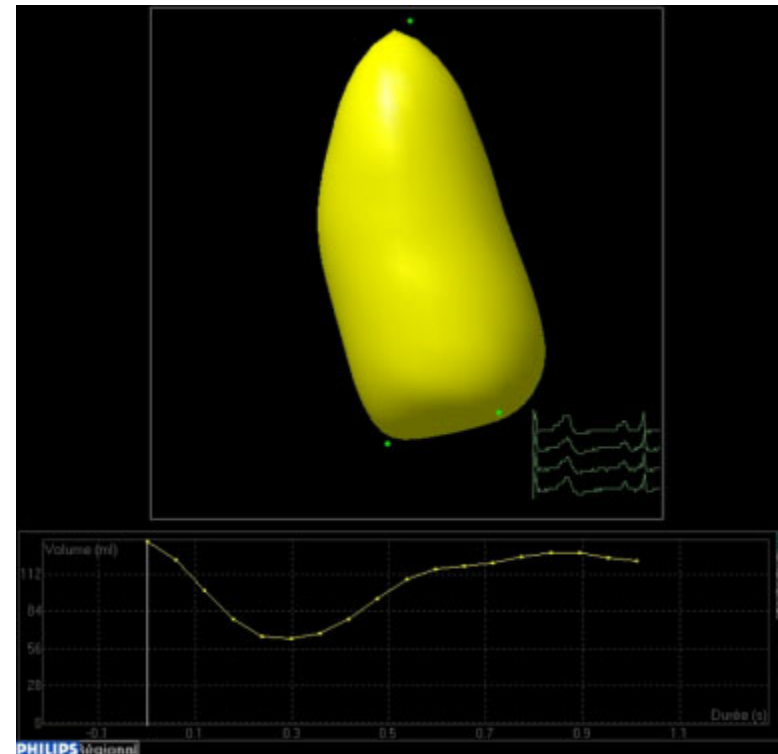
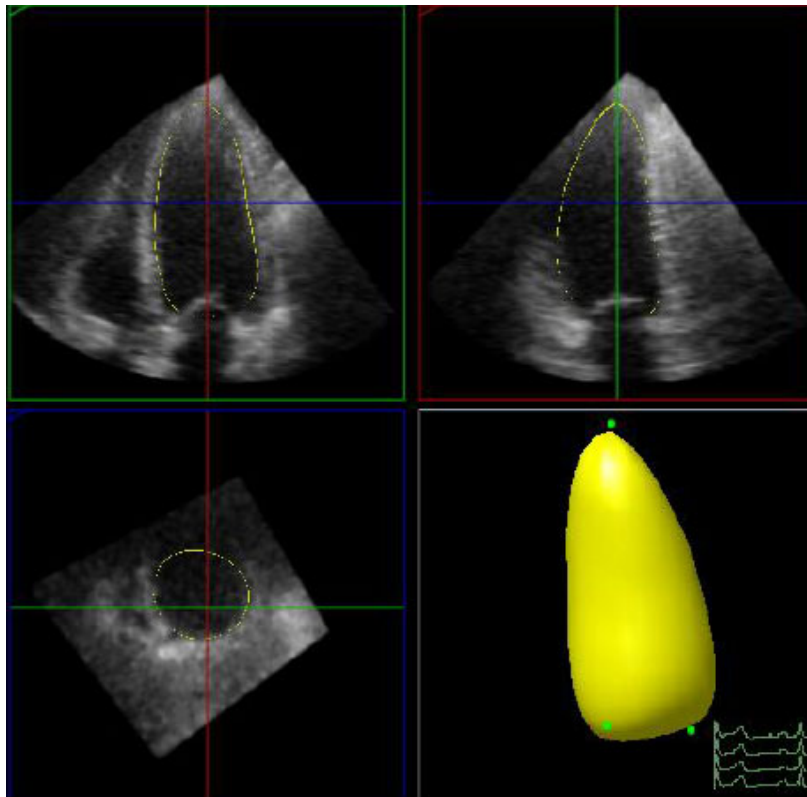
Produit de contraste : Sonovue
index mécanique bas $< 0,3$

Détermination du VES par écho-3D

VTD = 136,3 ml

VTs = 63,8 ml

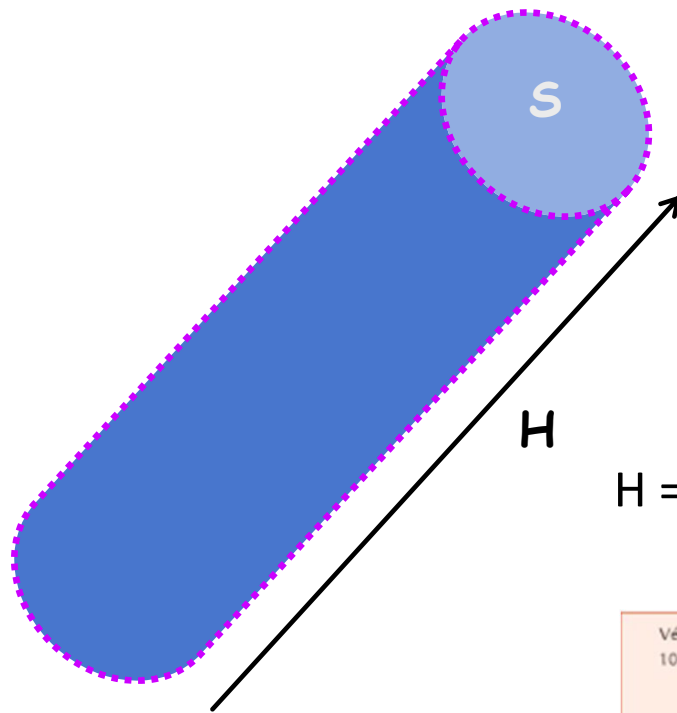
VES 72,5 ml et FE 53,2%



MESURE DU VOLUME D'ÉJECTION SYSTOLIQUE PAR MÉTHODE DOPPLER

- Modélisation du VES à un cylindre ou prisme
- Hauteur = distance parcourue par érythrocytes (ITV)
- Base = orifice éjectionnel (chambre chasse VG+++, orifice mitral ou pulmonaire...)
- Concordance spatiale (S et ITV mesurés au même niveau +++)

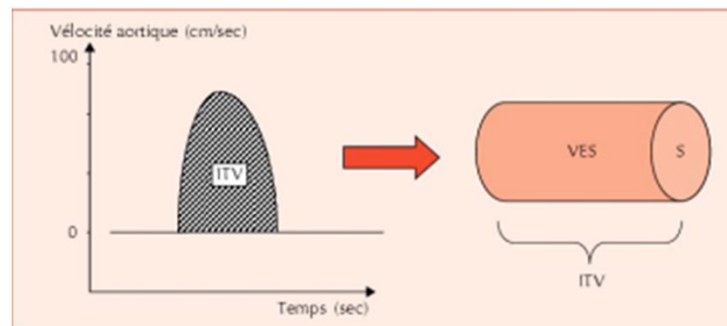
Volume d'éjection systolique



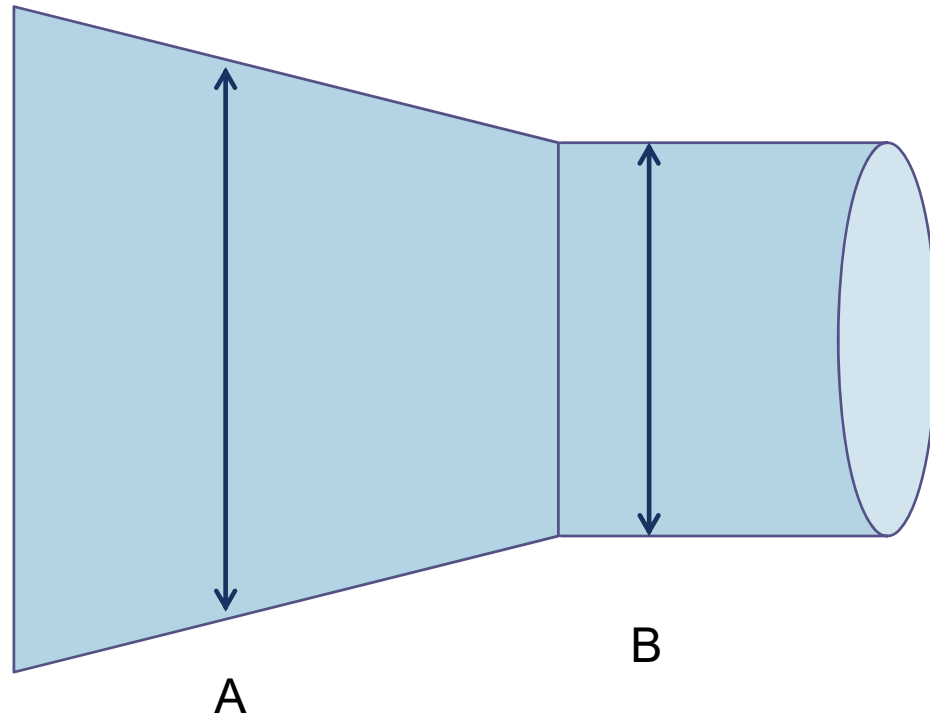
S = surface moyenne systolique
(valve aortique
ou chambre de chasse VG)

X

H = Intégrale temps-vitesse TV (valve aortique
ou chambre de chasse VG)



CONCORDANCE SPATIALE +++



$$Q_A = Q_B$$

$$ITV_A \times S_A = ITV_B \times S_B$$

$$S_A > S_B$$

$$ITV_A < ITV_B$$

Donc si $S_A \times ITV_B$ alors
surestimation du débit
cardiaque

DÉBIT AU NIVEAU AORTIQUE (S)

Orifice circulaire ($S = \pi \times R^2$ ou $\pi \times (D^2/4)$)

Mesure en imagerie bidimensionnel (proto-mésosystole)

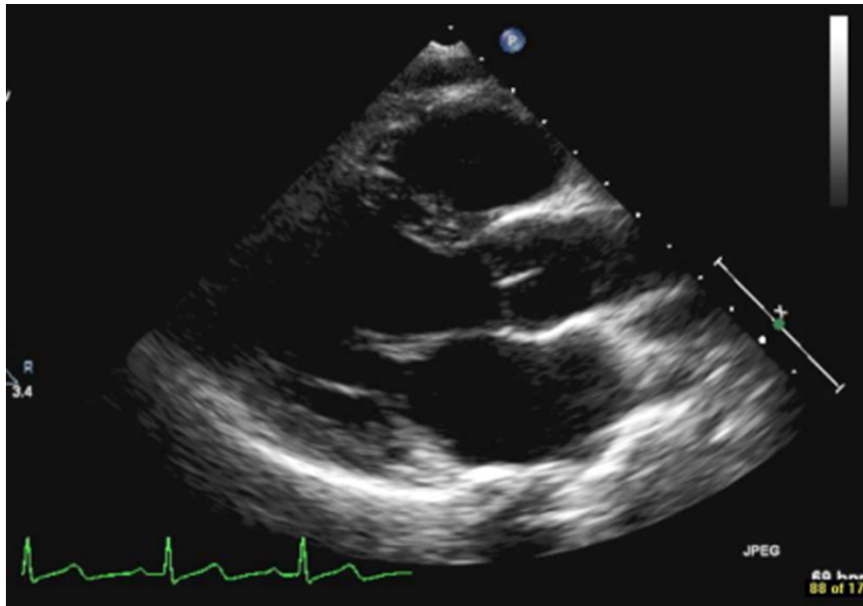
Insertion des sigmoïdes aortiques, bord de fuite-bord d'attaque

Moyenne de plusieurs mesures

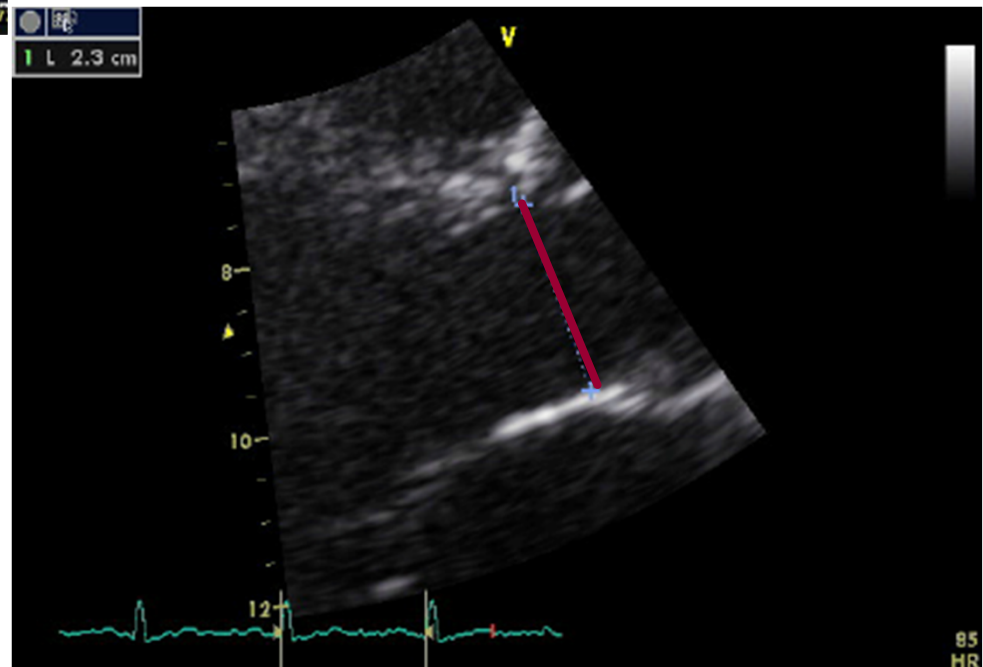
Mesure en PSGA (ETT) ou OMGA (ETO)

Jamais en apicale 5C (ETT)

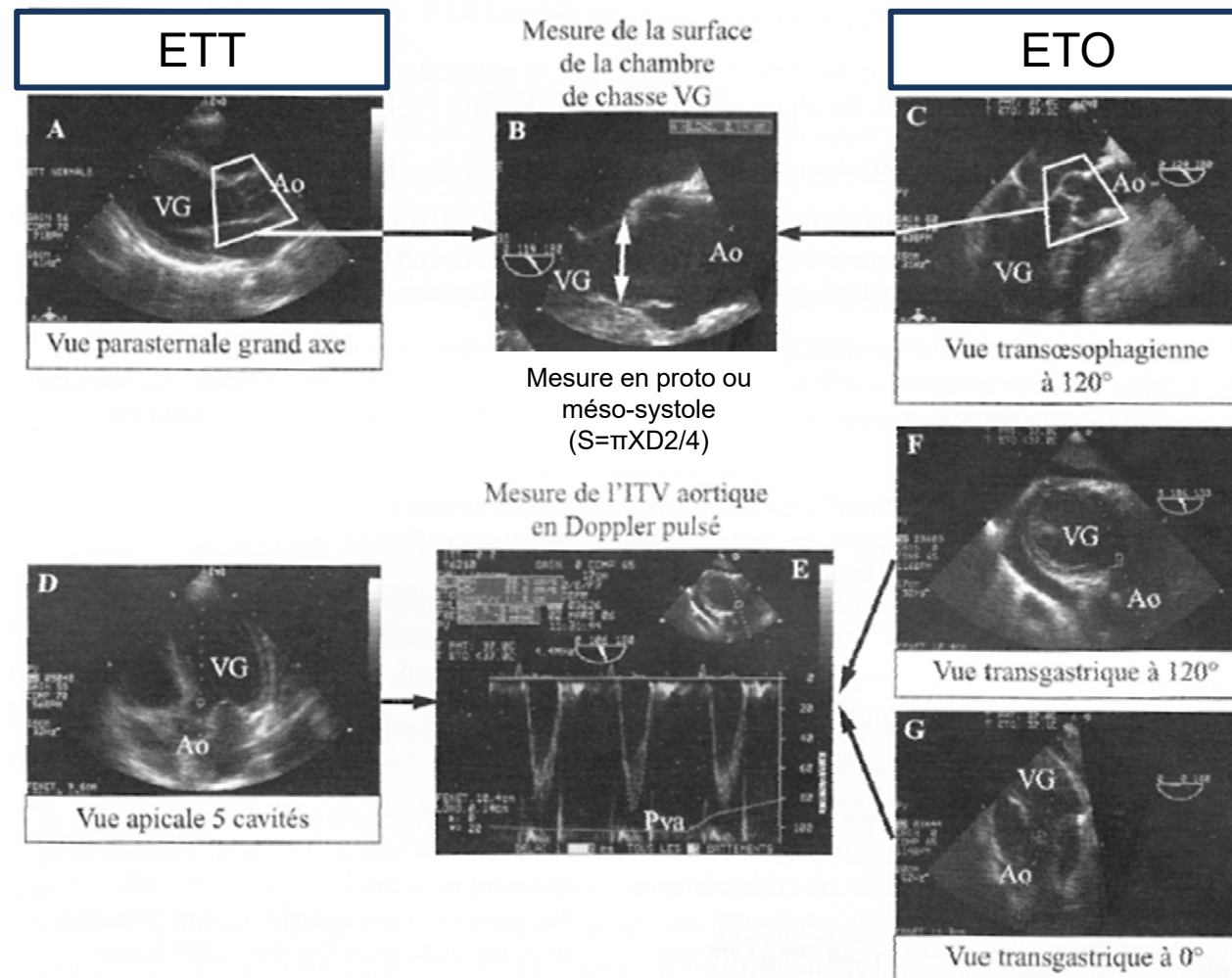
Si non mesurable: 2 cm ou mesure uniquement de l'ITV



Pied des sigmoïdes (méso-systole)

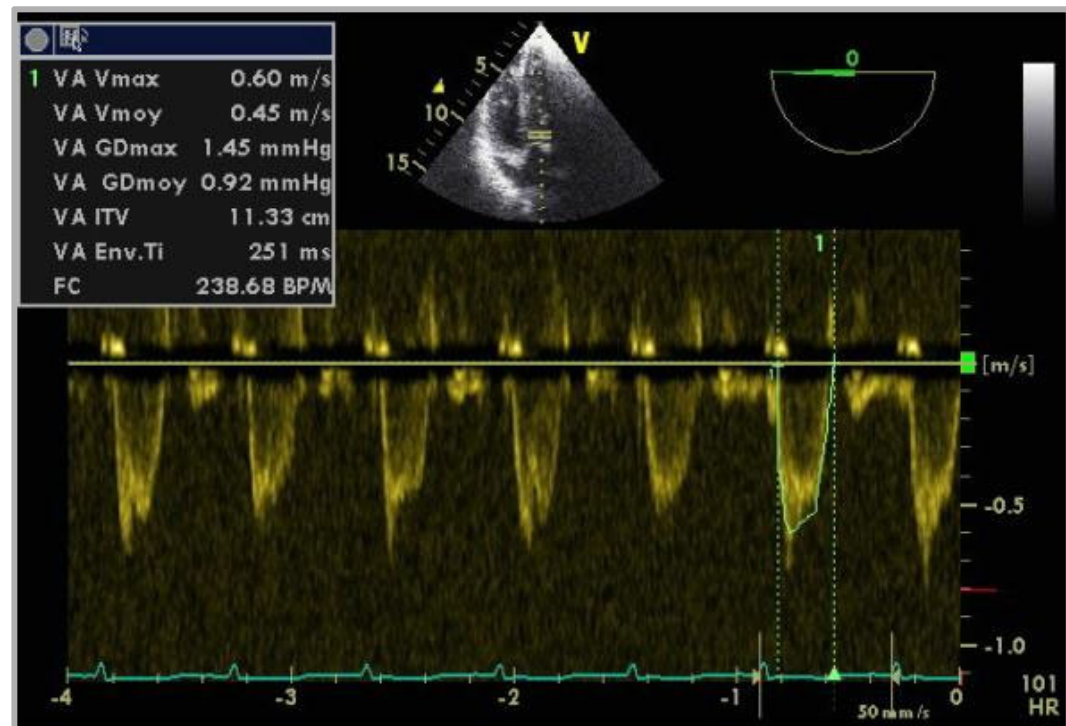


DÉBIT À L'ORIFICE AORTIQUE



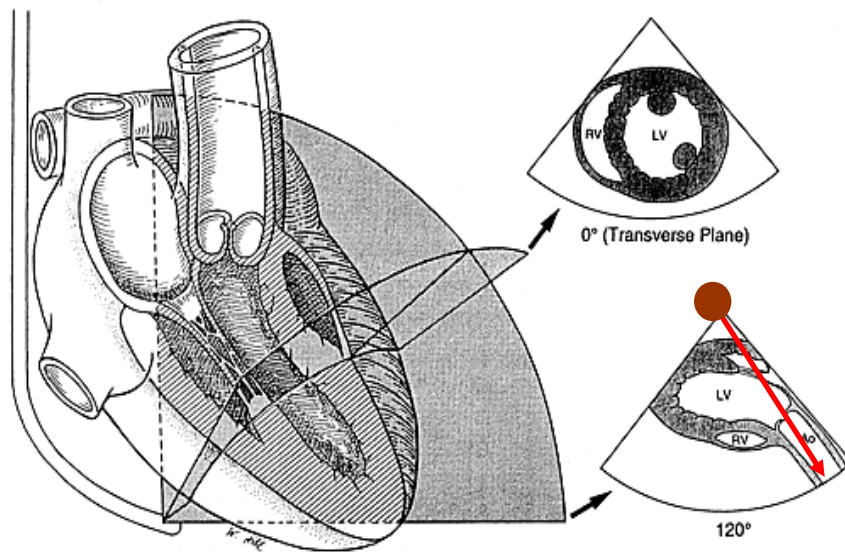
DÉBIT À L'ORIFICE AORTIQUE (H)

- Mesure en doppler pulsé dans la chambre (clic de fermeture uniquement toléré)
- Si trop loin (clic d'ouverture) risque de sur-estimation du débit aortique
- Incidence apicale 5 ou 3 cavités
- Valeur normale 14-20 cm



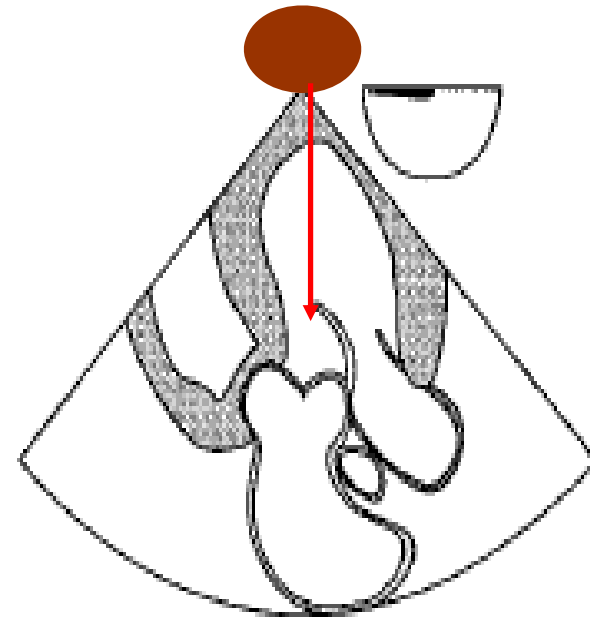
ETO

TG grand axe



Perrino et al. Anesthesiology 1998

TG profonde (sous sédation +++)



Gadasalli et al. Echocardiography 1982

Katz et al. Am J Cardiol 1993

Darmon et al. Anesthesiology 1994

LIMITES DE MESURE

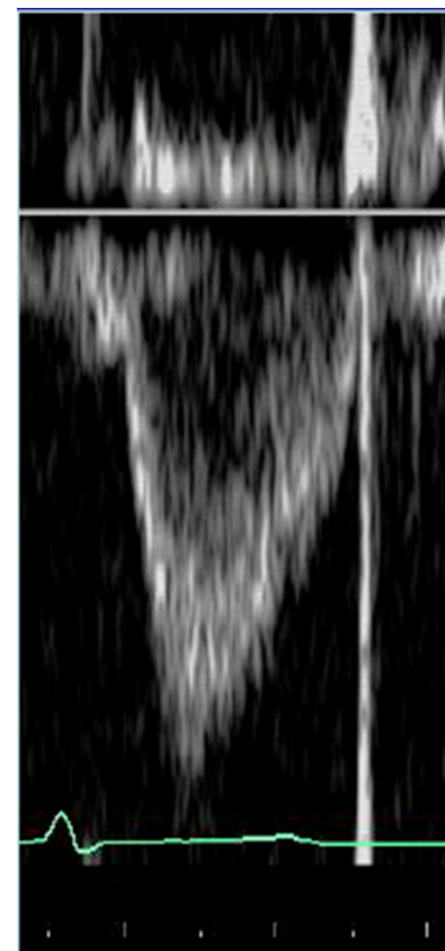
- Profil de vitesse plat
- Orifice circulaire et stable
- Absence de valvulopathie
- Absence d'obstacle sous-aortique
- Vitesse faible (Doppler pulsé)
- Bonne faisabilité et reproductibilité
- Alignement flux et tir doppler (effet doppler, $\cos\theta = 1$)



Pas de B1 ni B2
Trop dans chambre
chasse



B1 et B2
Trop dans l'anneau

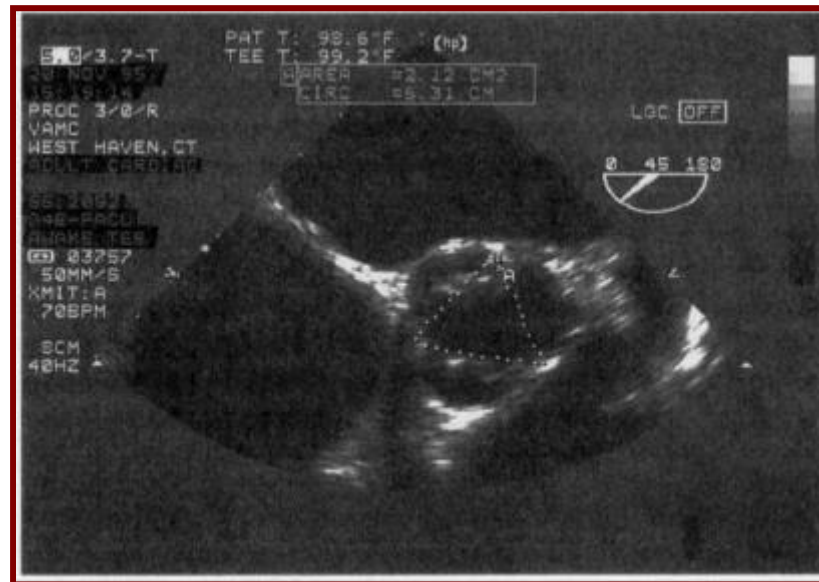


B2 seul
Bonne position

Cardiac Output by Transesophageal Echocardiography Using Continuous-wave Doppler across the Aortic Valve

Anesthesiology 1994; 80:796-805

Pierre-Louis Darmon, M.D.,* Zak Hillel, M.D., Ph.D.,† Allen Mogtader, M.D.,‡
Bruce Mindich, M.D.,§ Daniel Thys, M.D.¶

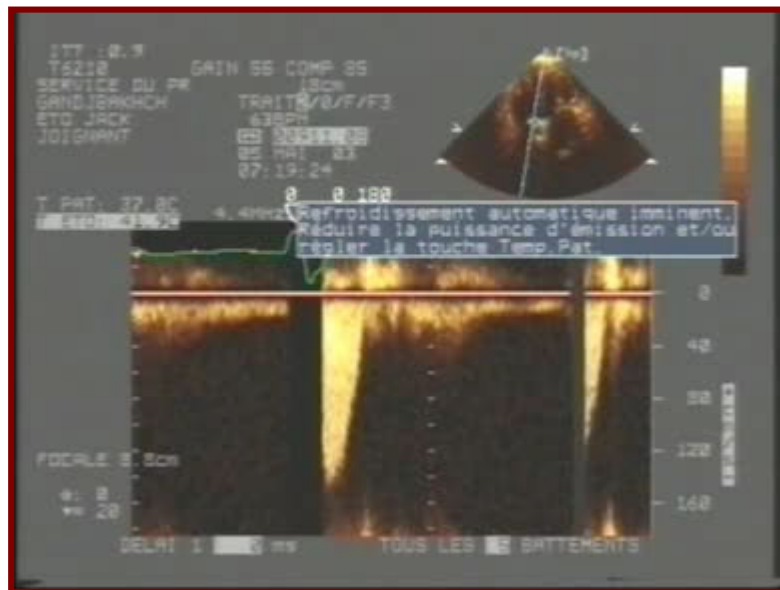


Surface aortique moyenne
(triangle équilatéral)

$$S = 0,433 \times d^2$$

ITV (doppler continu dans VA)

EN PRATIQUE...



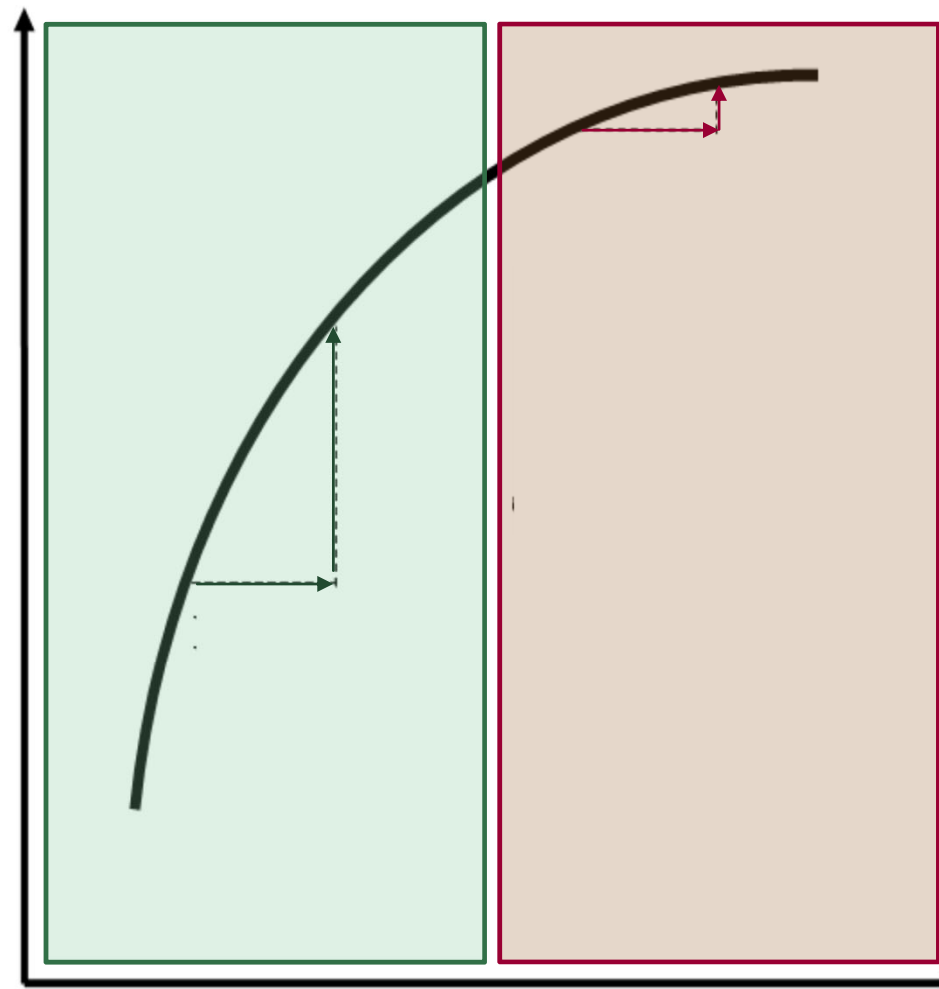
ITV = 25.6 cm et FC = 68/min



Sao = 2.4 cm²

$$DC = (25.6 \text{ cm} \times 2.4 \text{ cm}^2) \times 68 = 4.18 \text{ l/min}$$

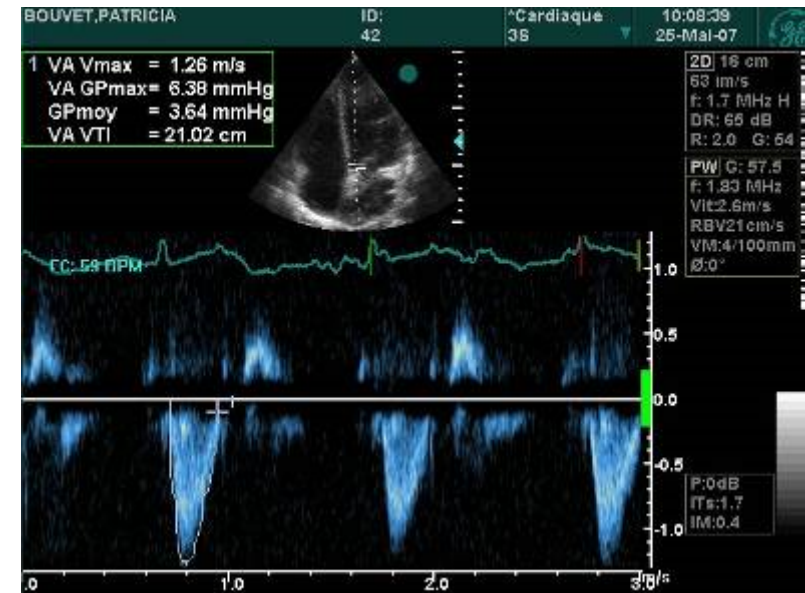
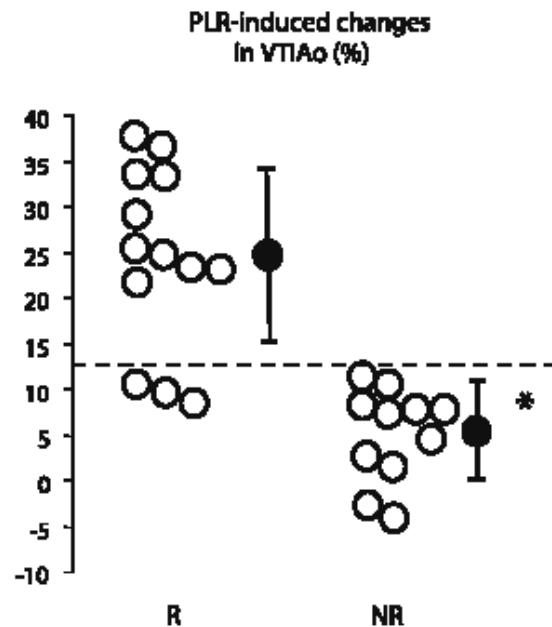
Stroke Volume



**Ventricular
Preload**

Lever de Jambe Passif

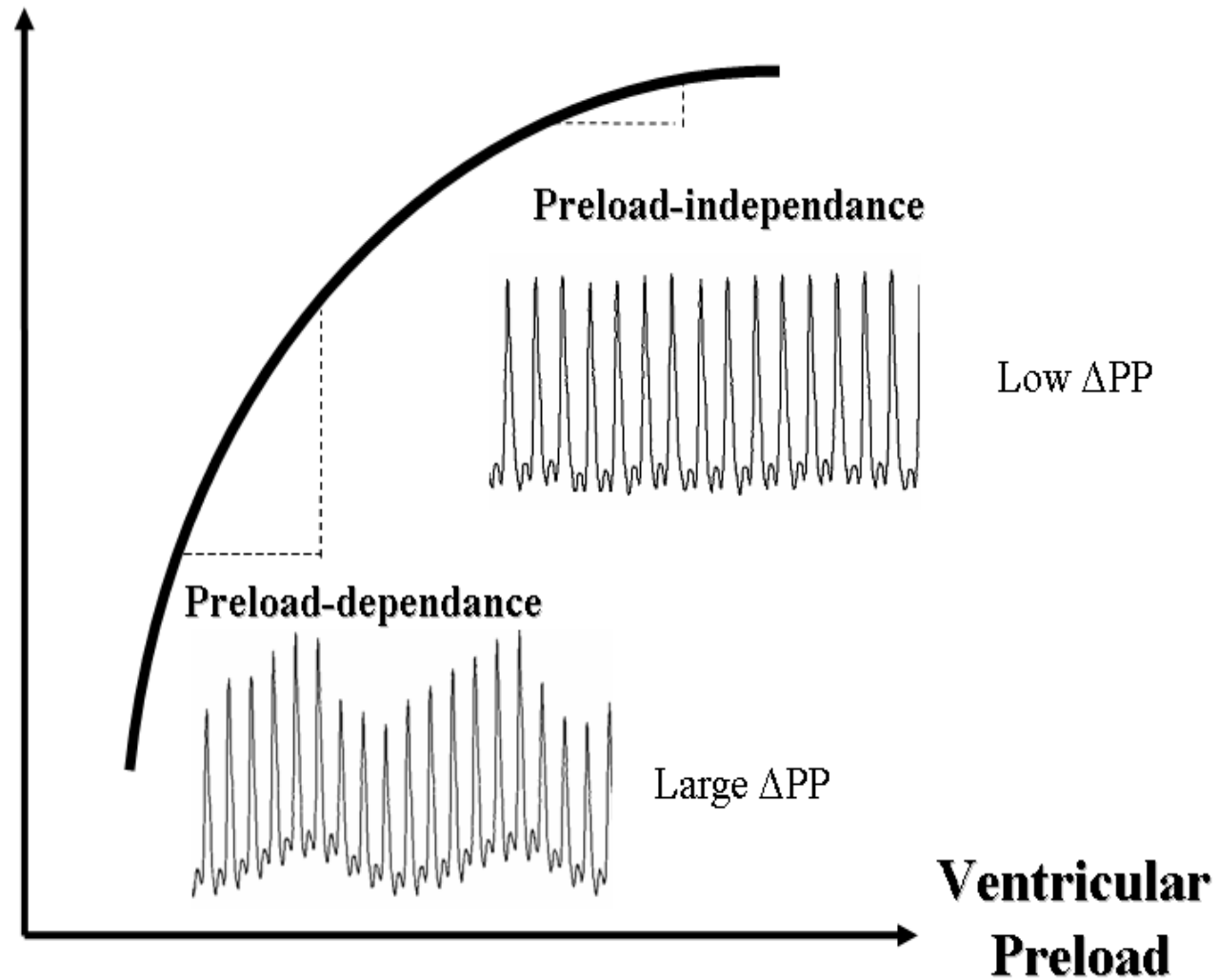
Lever passif de jambes = PLR = expansion volémique virtuelle de 300 ml



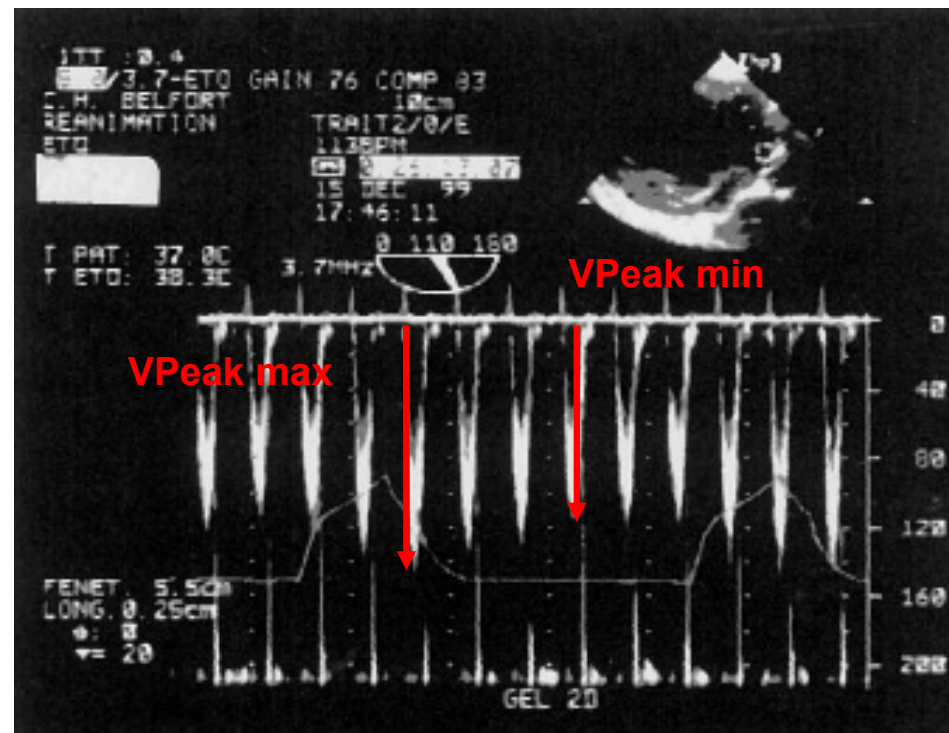
Positive response :
A 15 % sub aortic VTI increase

Lamia et al Intensive Care Med 2007

Stroke Volume

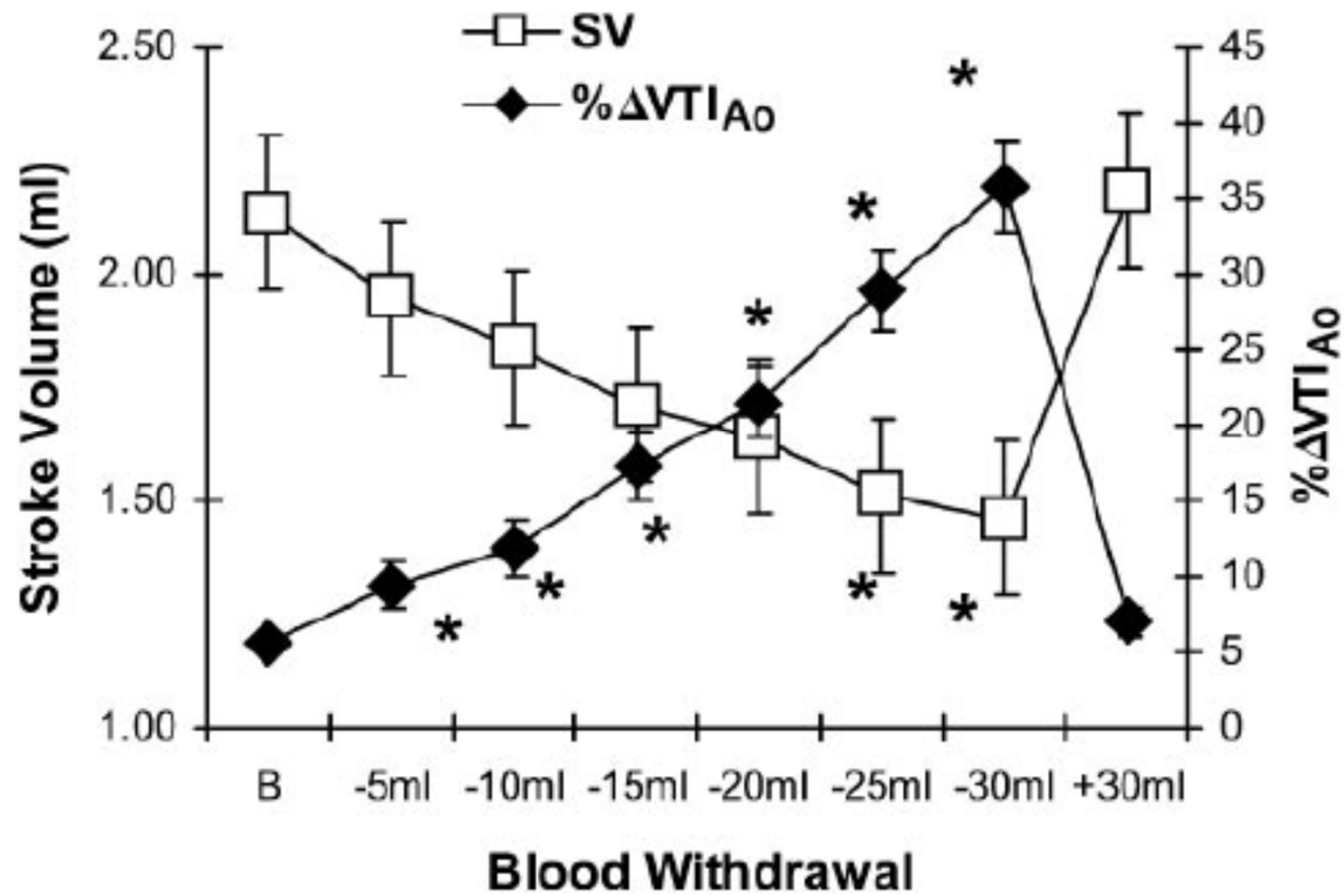


VARIATIONS RESPIRATOIRES DU VES



$$\Delta V_{\text{Peak}} = \frac{V_{\text{Peak max}} - V_{\text{Peak min}}}{(V_{\text{Peak max}} + V_{\text{Peak min}}) / 2} \times 100$$

VARIATIONS RESPIRATOIRES DE L'ITVAO

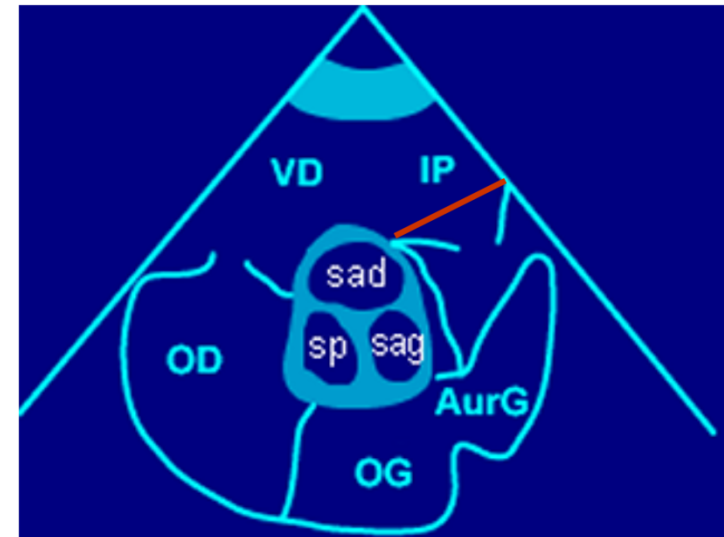


DÉBIT PULMONAIRE

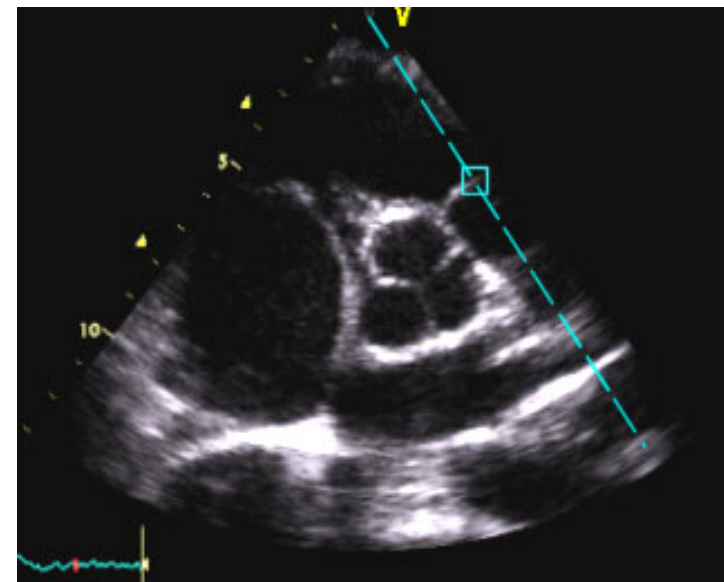
$$DP = S_p \times ITV \times FC$$

- Intérêt de mesurer à la fois le Q pulm et le Q aortique (estimation Q_p/Q_s)
- Evaluation des cardiopathies congénitales (CIA, CIV, Canal artériel...)

- PSPA centré sur les vaisseaux de la base
- Mesure de l'anneau pulmonaire en proto-systole
- Bord de fuite à bord d'attaque



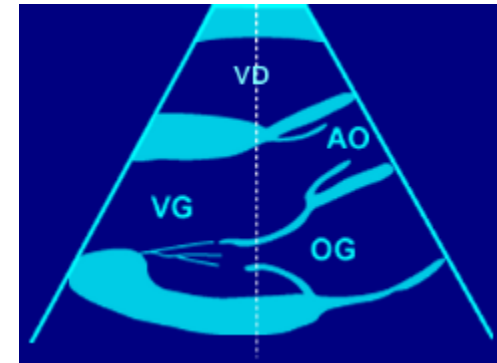
- Doppler pulsé plan des sigmoïdes pulmonaires
- Click de fermeture uniquement toléré



DÉBIT MITRAL

Débit mitral = $S_m \times \text{ITV} \times \text{FC}$

- Limite : mesure assez peu reproductible

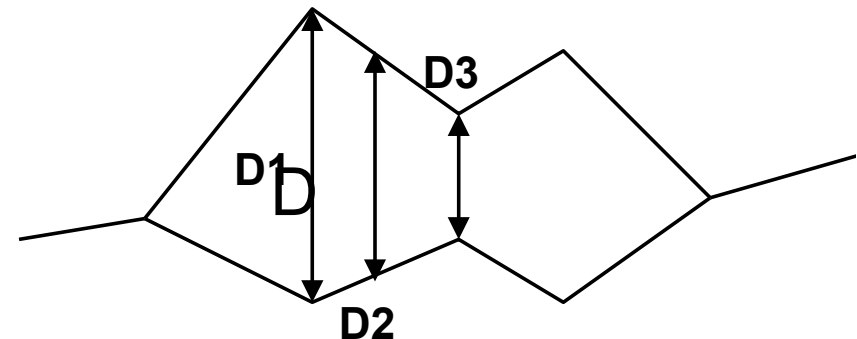


- Surface mitrale

TM PSGA au bord libre des feuillets mitraux

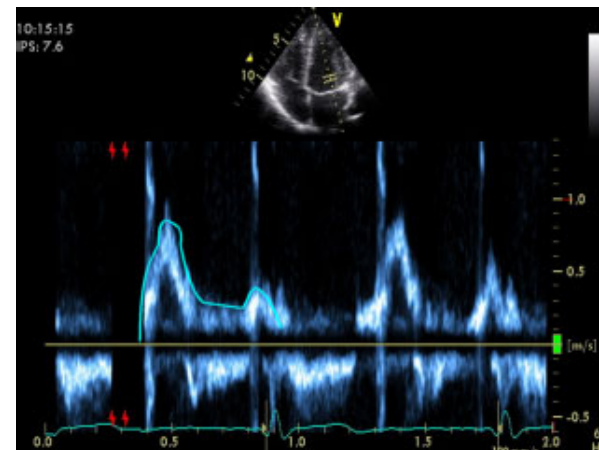
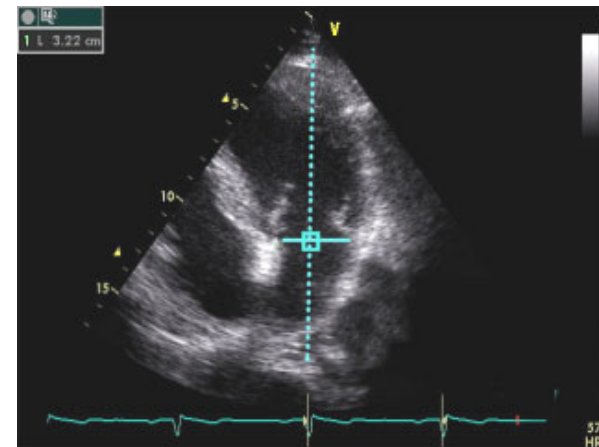
$$D = D1 + D2 + D3/3$$

$$S = \pi D^2 / 4$$



DÉBIT MITRAL

- ITV mitral
- Apicale 4C
- Doppler pulsé au niveau du plan de l'anneau



CONCLUSION

- Paramètre qui s'adapte aux conditions de charge et non régulé
- Paramètre de fonction globale (pas d'inotropisme)
- Sa détermination à l'échocardiographie repose sur la détermination du VES (méthode doppler +++)
- Mesure fiable mais sujette à des limites
- Plus que sa valeur, importance des variations...