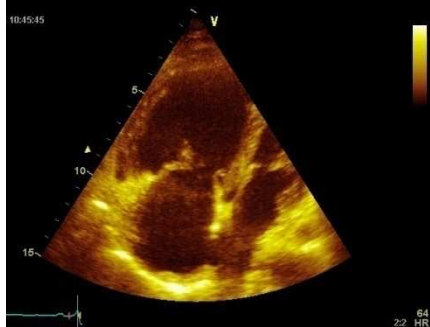
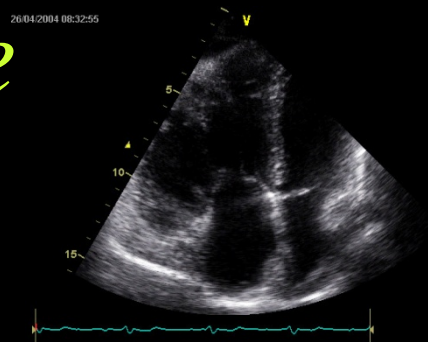
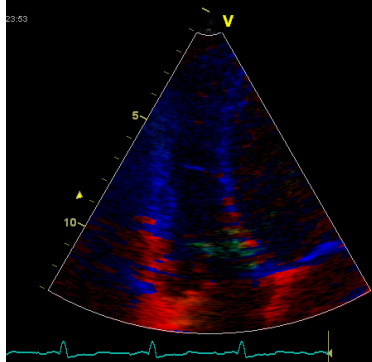


Analyse échocardiographique de la fonction ventriculaire droite

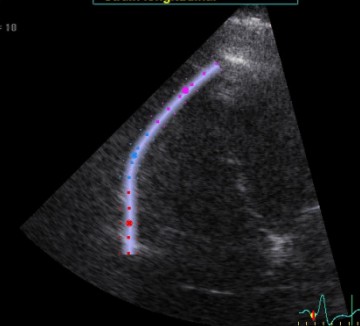


Christine Selton-Suty
CHU Nancy-Brabois

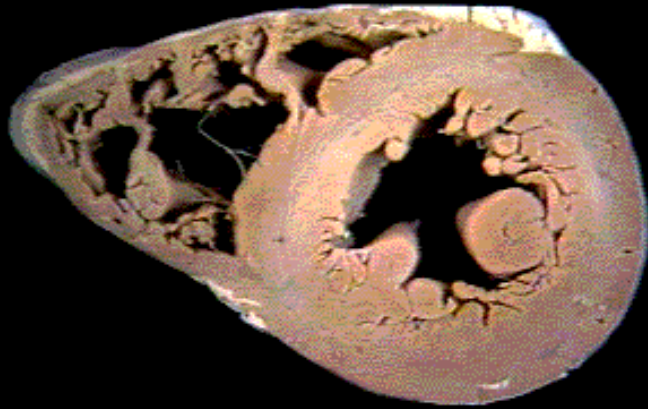
2007/12/21-13:01:17

Images = 10

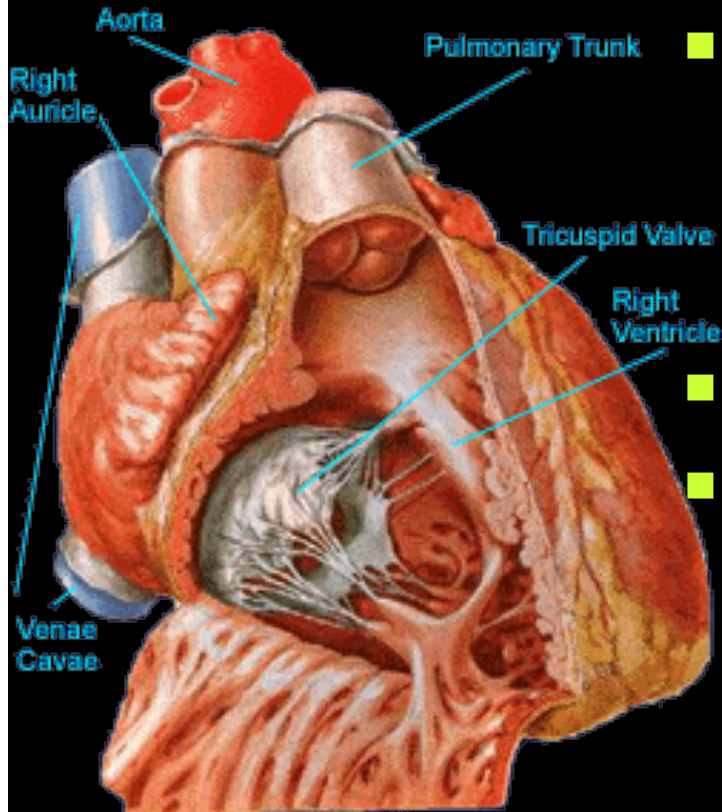
Strain longitudinal

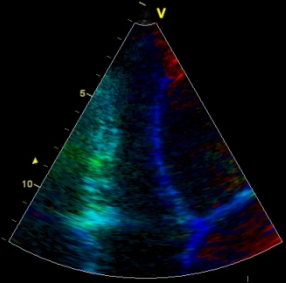


Rappel anat sur le VD



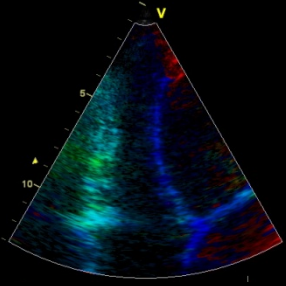
- Pyramide tronquée enroulée en croissant autour du VG,
- Deux chambres fonctionnelles, très desaxées: le sinus (chambre d'admission) et l'infundibulum (chambre de chasse)
- Nombreuses trabéculations apicales
- Position intrathoracique sous sternale superficielle, zone de mauvaise résolution des US





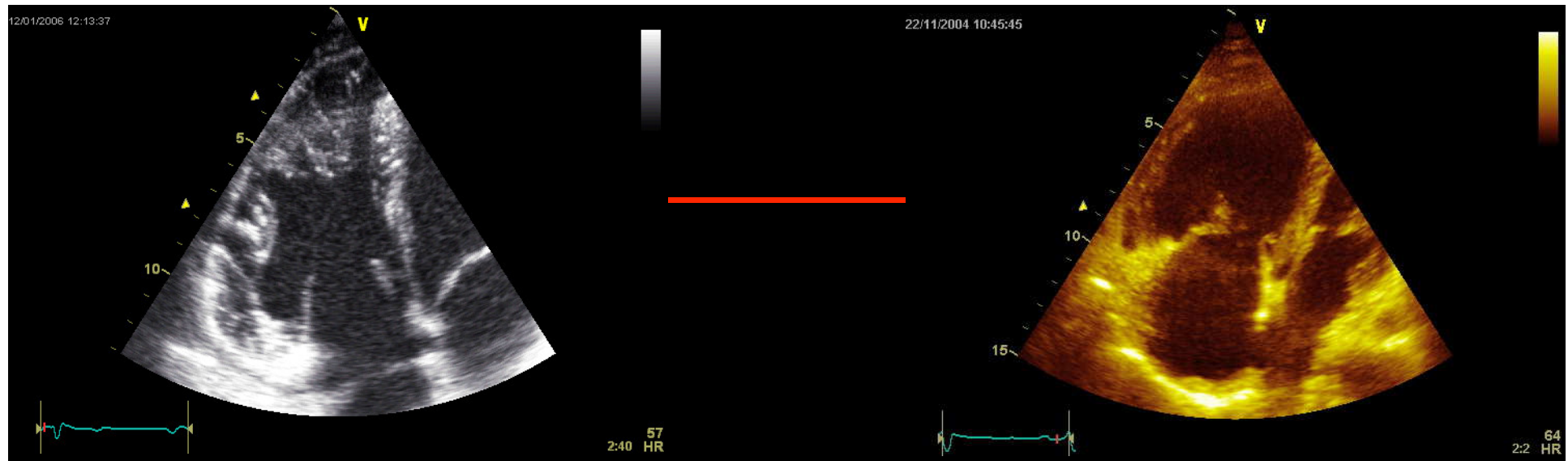
La fonction VD

- La fonction du VD est de maintenir une pression de perfusion pulmonaire adéquate aux échanges gazeux tout en maintenant une pression veineuse systémique basse → le VD est très sensible aux conditions de charge
- La FEVD est fonction de la contractilité du VD mais aussi de la pré-charge et de la post-charge
- De plus, le VD et le VG sont interdépendants (fibres myocardiques communes, espace péricardique commun)
- La fonction VD est un élément pronostique ainsi qu'un facteur de la capacité fonctionnelle chez les insuffisants cardiaques



Apport de l'échocardiographie

- L'écho de routine du VD peut apporter
 - Des données morphologiques
 - Des données hémodynamiques
 - Une évaluation de la fonction ventriculaire droite



ETUDE MORPHOLOGIQUE



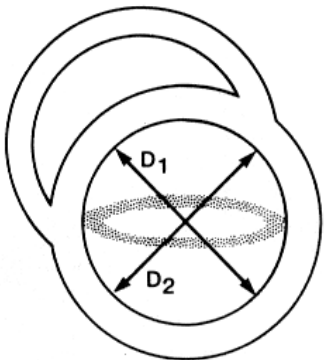
Voie parasternale

- Dilatation du ventricule droit et inversion de la courbure septale (index d'excentricité VG)

2 L 1.70 cm
1 L 3.87 cm

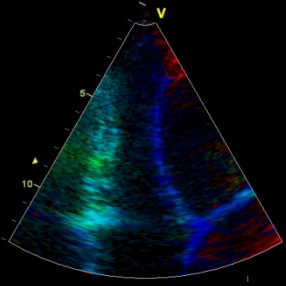
23/05/2003 09:18:06

78
HR



Eccentricity Index = D_2/D_1

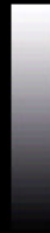
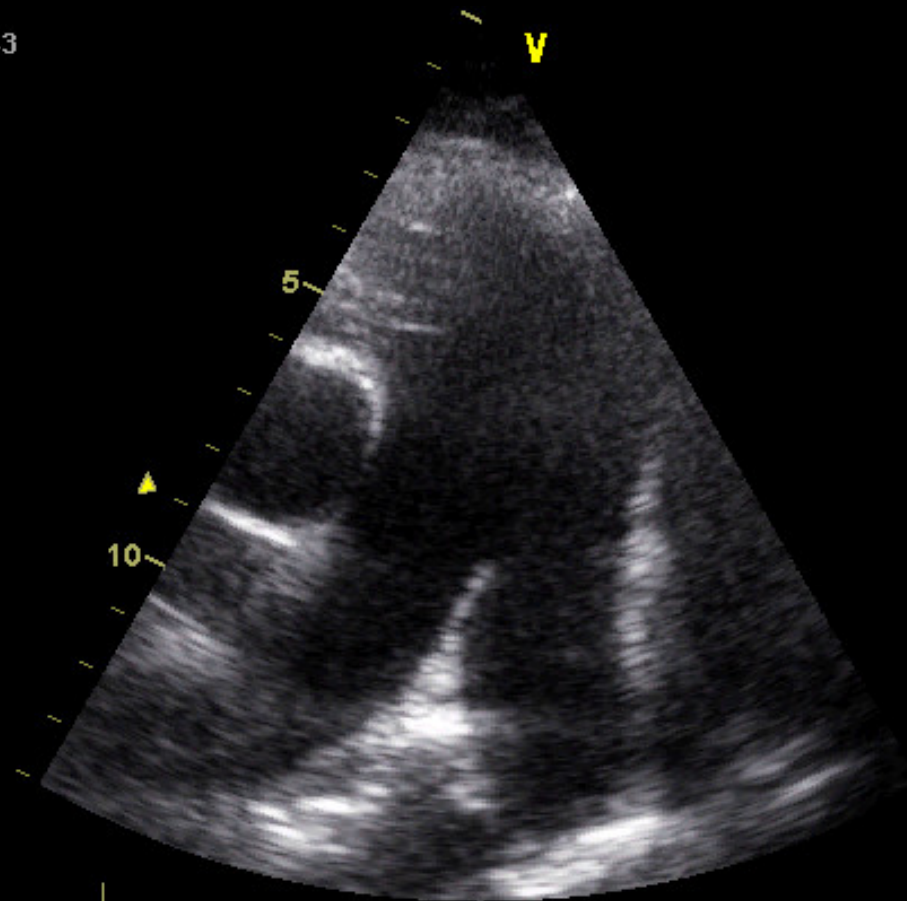
92
HR



Voie parasternale : l'AP

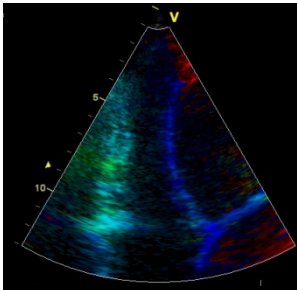
■ Dilatation de l'artère pulmonaire

22/11/2004 10:40:43

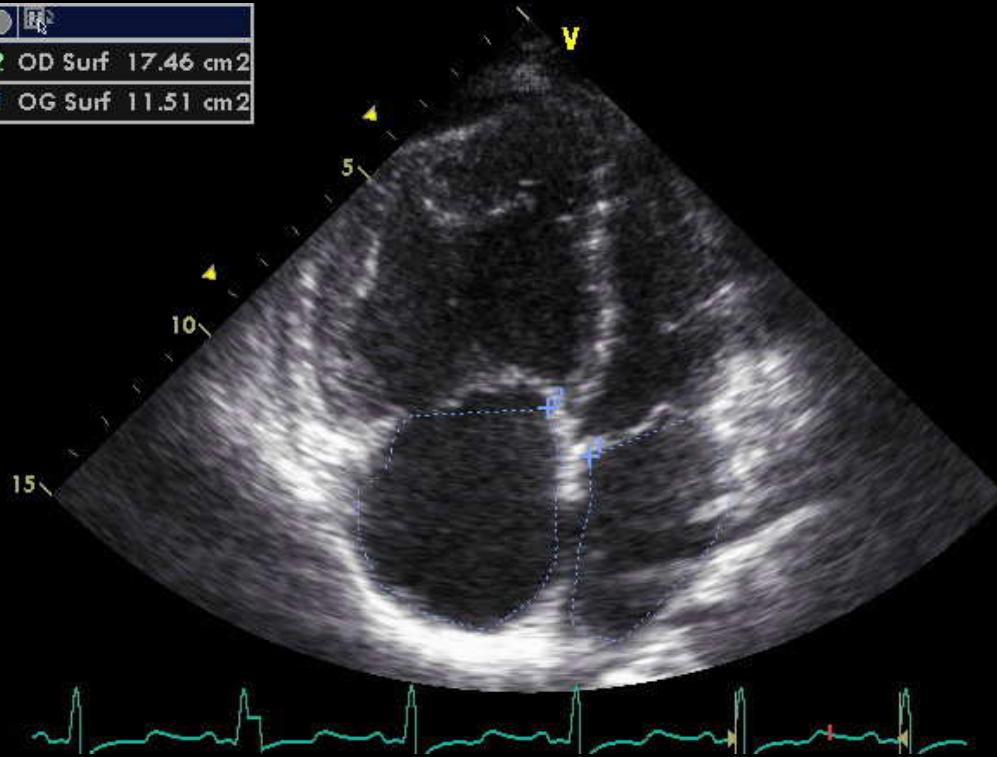


68
1:52 HR

Voie apicale : l'OD



2 OD Surf 17.46 cm²
1 OG Surf 11.51 cm²

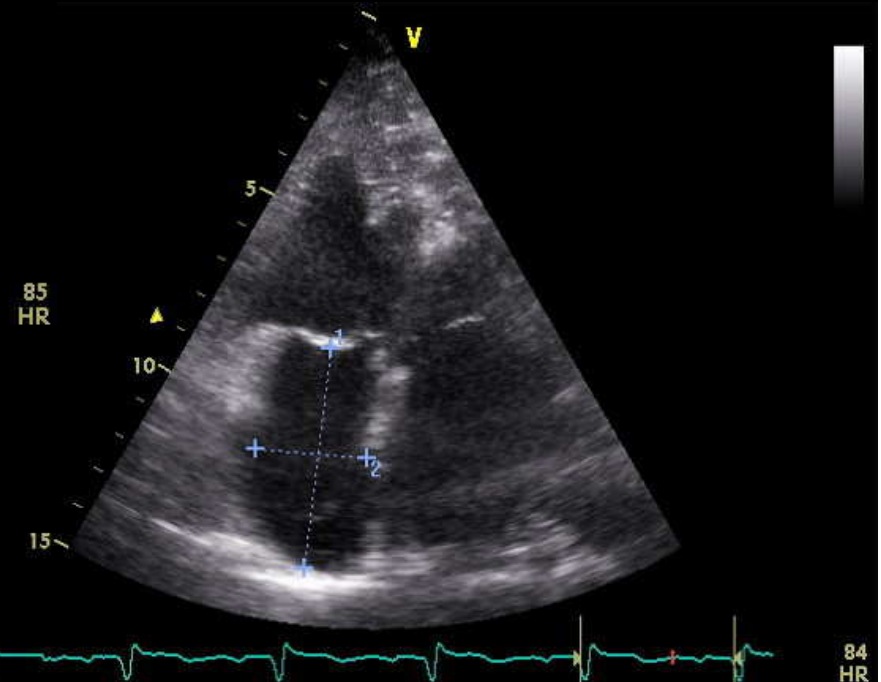


■ Nles:

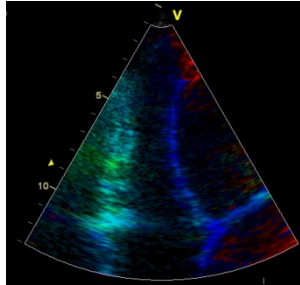
- long : 42 ± 4 mm (34-49)

- lat : 37 ± 4 mm (30-46)

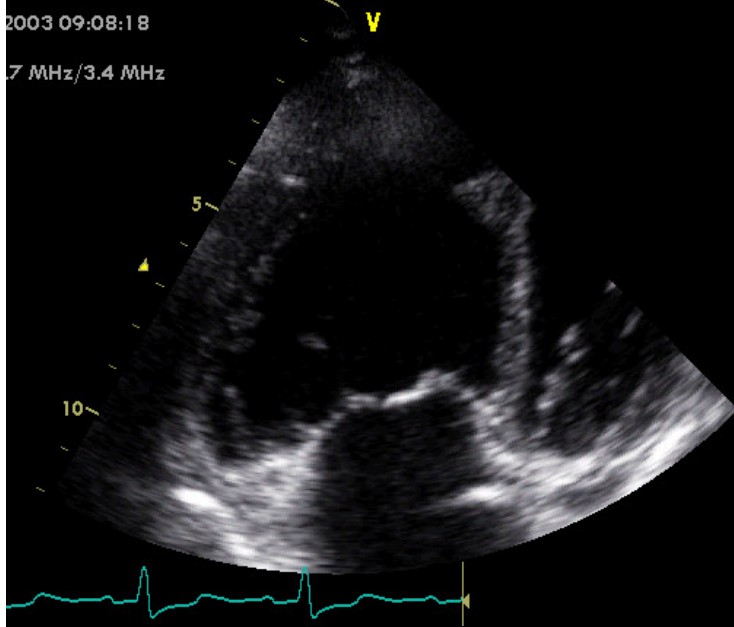
■ Nle surface OD :
 13.5 ± 2 cm²
(8,3-19,5)



Voie apicale : le VD



2003 09:08:18
7 MHz/3.4 MHz

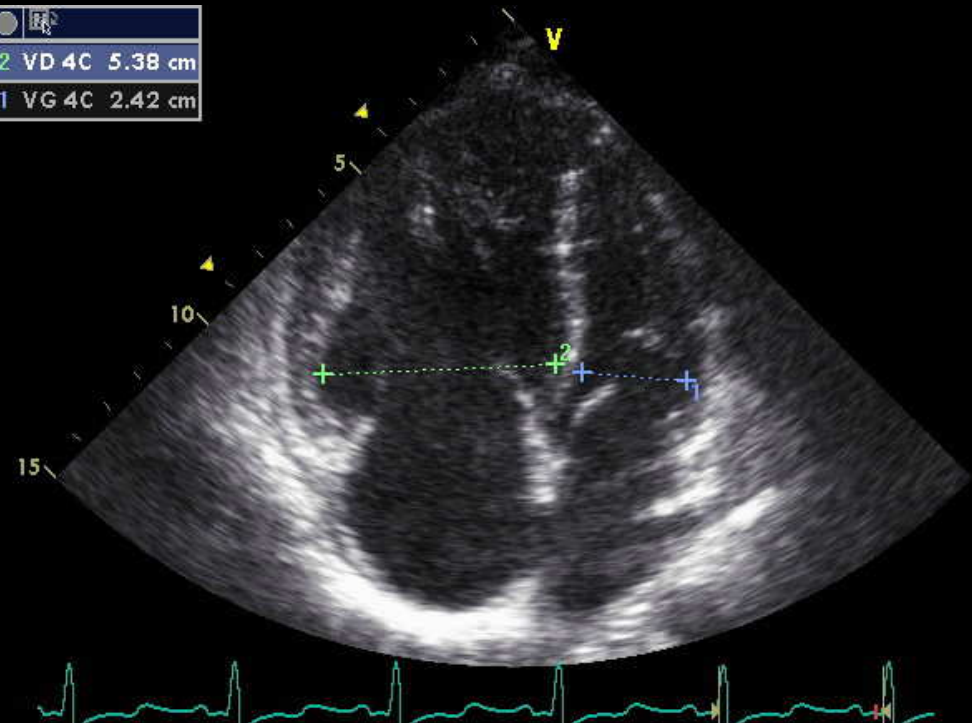


- Dilatation des cavités droites

2	VD 4C	5.38 cm
1	VG 4C	2.42 cm

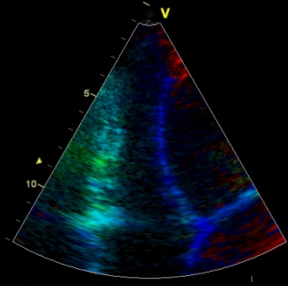
75
HR

- Rapport VD/VG en 4 C, nle < 0.6

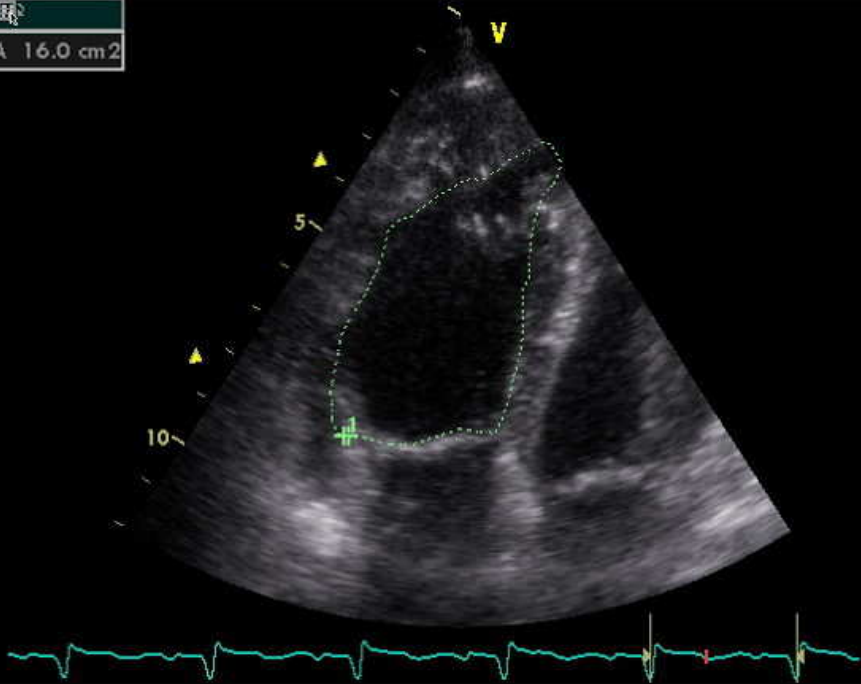


82
HR

Voie apicale : le VD

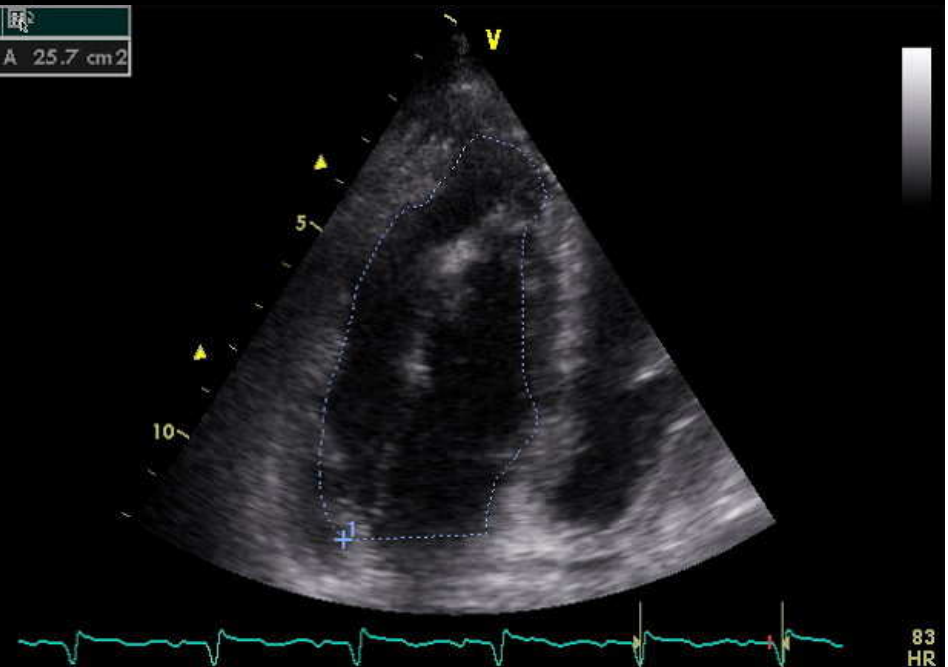


1 A 16.0 cm²

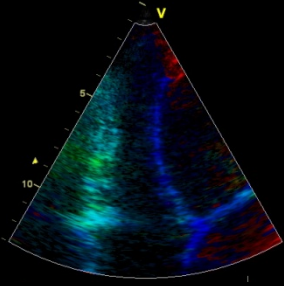


Surface VD :
TD : $20.0 \pm 2.9 \text{ cm}^2$,
TS : $10.9 \pm 4.0 \text{ cm}^2$

1 A 25.7 cm²

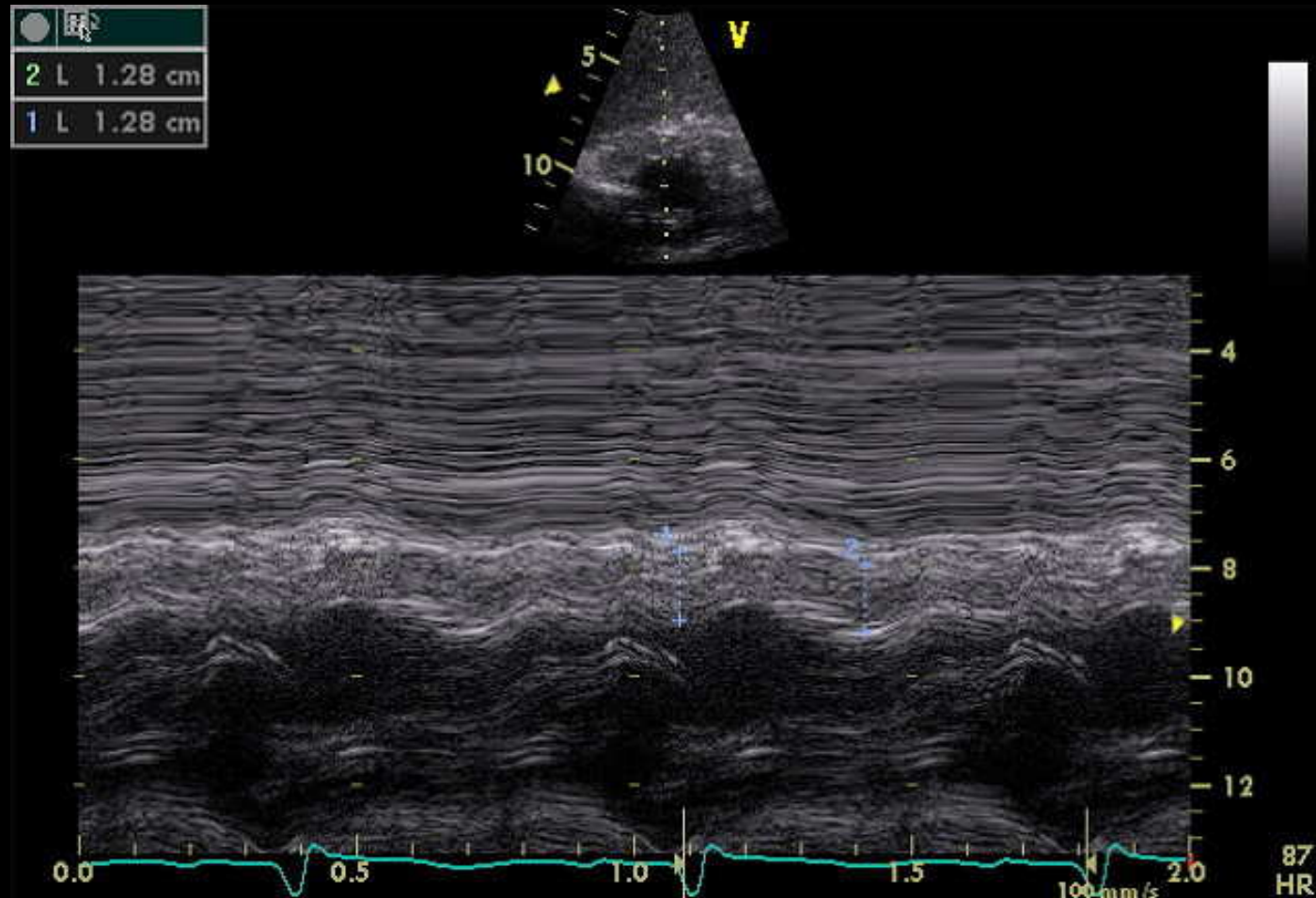


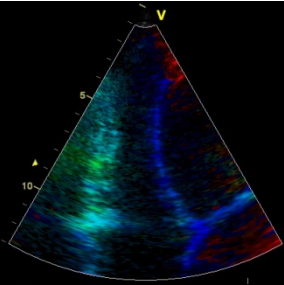
83
HR



TM sous costal : HVD

TD, 3.4 ± 0.1 mm

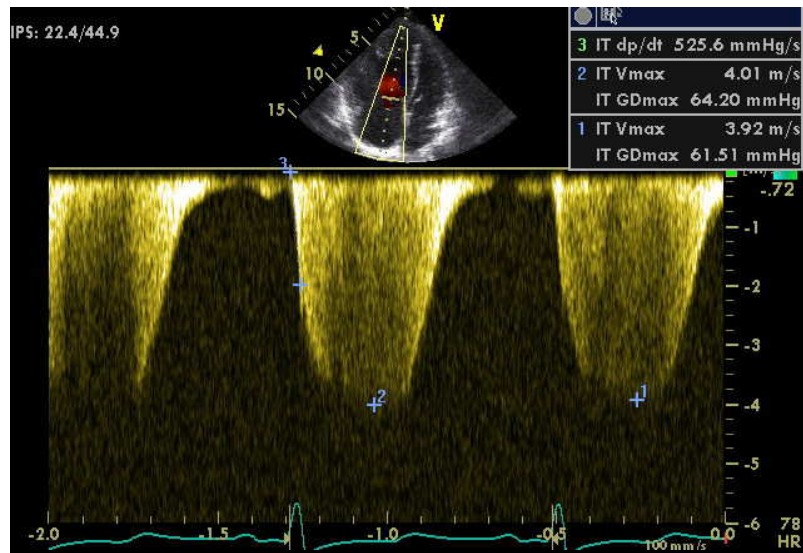




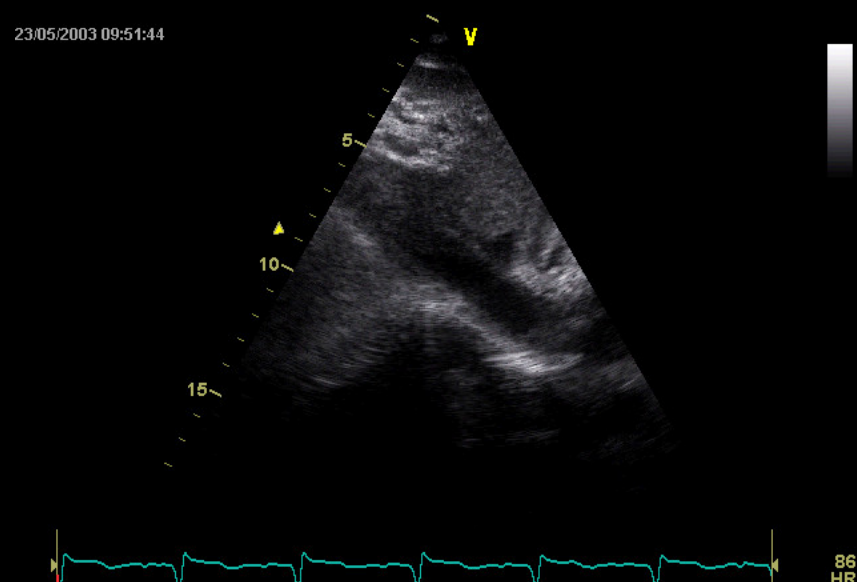
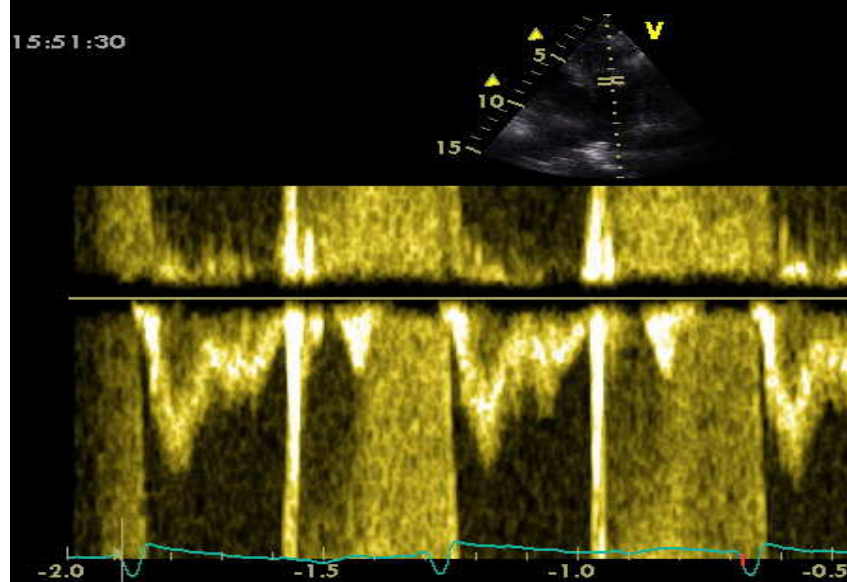
Recommendations ASE

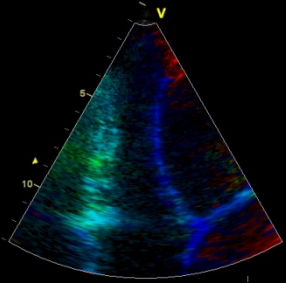
Table 1 Summary of reference limits for recommended measures of right heart structure and function

Variable	Unit	Abnormal	Illustration
Chamber dimensions			
RV basal diameter	cm	>4.2	Figure 7
RV subcostal wall thickness	cm	>0.5	Figure 5
RVOT PSAX distal diameter	cm	>2.7	Figure 8
RVOT PLAX proximal diameter	cm	>3.3	Figure 8
RA major dimension	cm	>5.3	Figure 3
RA minor dimension	cm	>4.4	Figure 3
RA end-systolic area	cm ²	>18	Figure 3
Systolic function			
TAPSE	cm	<1.6	Figure 17
Pulsed Doppler peak velocity at the annulus	cm/s	<10	Figure 16
Pulsed Doppler MPI	—	>0.40	Figure 16
Tissue Doppler MPI	—	>0.55	Figures 16 and 18
FAC (%)	%	<35	Figure 9
Diastolic function			
E/A ratio	—	<0.8 or >2.1	
E/E' ratio	—	>6	
Deceleration time (ms)	ms	<120	



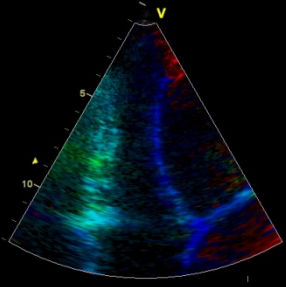
ETUDE HÉMODYNAMIQUE





Quantification des PAP

- Quantification :
 - A partir du flux d'insuffisance tricuspide
 - A partir du flux d'insuffisance pulmonaire
 - A partir du flux antérograde pulmonaire
 - A partir du mouvement systolique de l'anneau tricuspide
 - Estimation des résistances vasculaires pulm



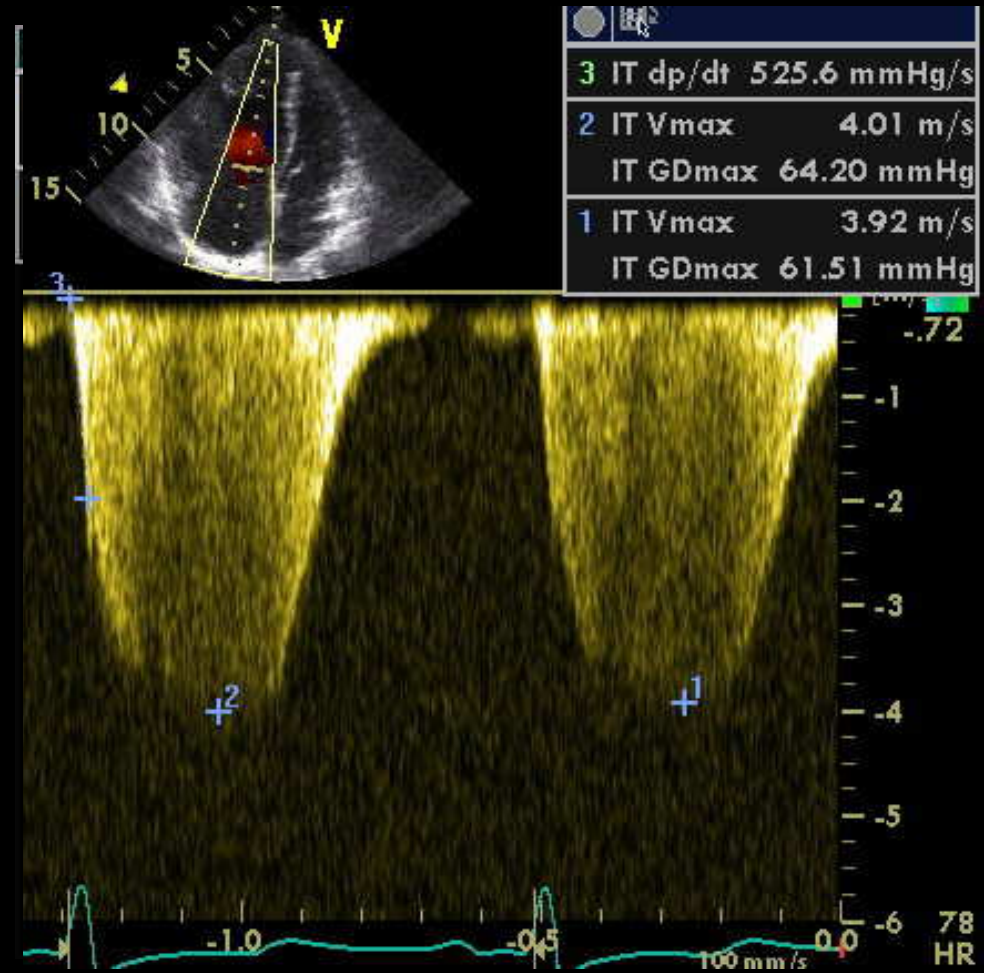
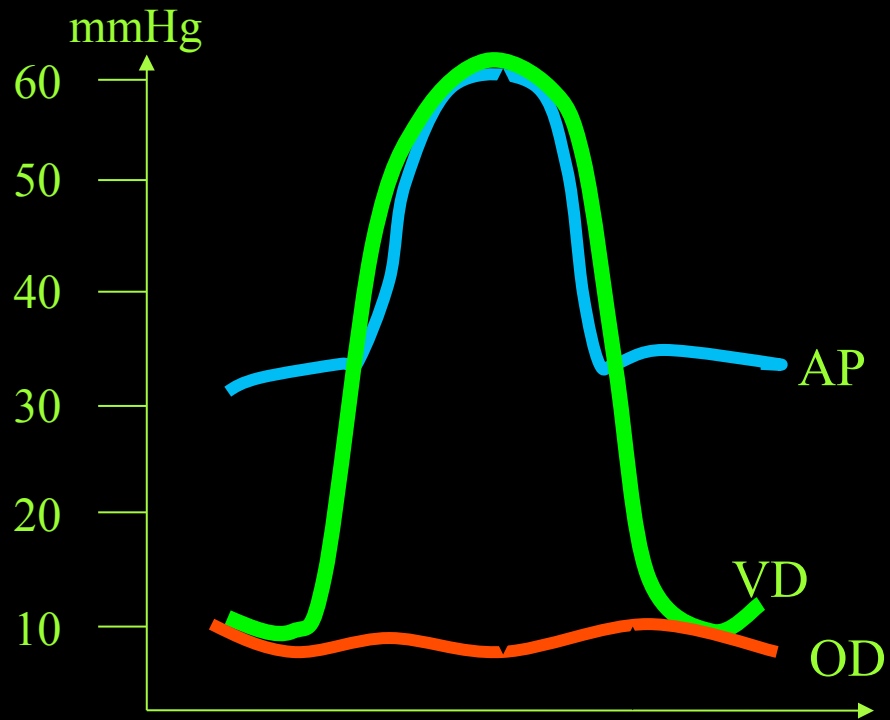
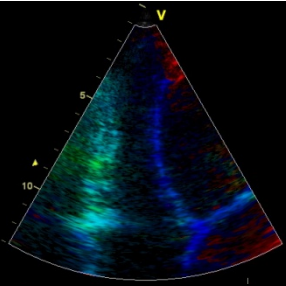
Flux d'insuffisance tricuspide

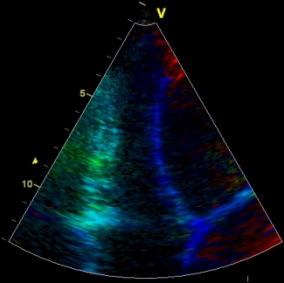
- présent de manière physiologique chez plus de 60% des gens "normaux", plus de 80% des patients avec HTAP
- Equation de Bernoulli : lien entre vitesse et différence de pression entre deux cavités

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

- $Gdt \max IT = 4 V_{\max IT}^2$
= PVD syst - P OD syst
= PAP syst - P OD syst
- En l'absence de sténose pulmonaire

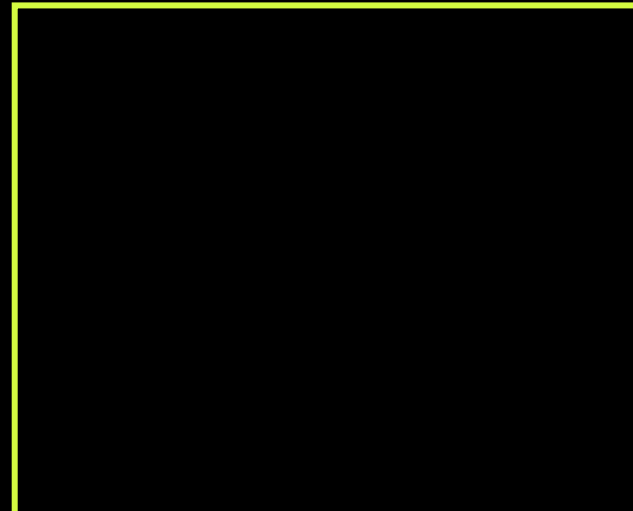
Flux d'insuffisance tricuspide



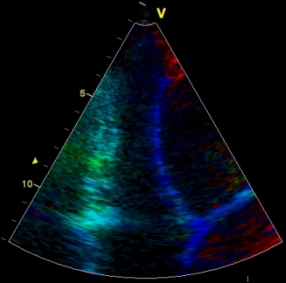


Les valeurs normales

- Dépendent de l'âge, l'indice de masse corporelle, l'existence d'une HTA



- ERS/ESC guidelines :
 - HTAP probable si $V_{maxIT} > 3.4$ m/s ;
 - HTAP possible si > 2.9 et < 3.4 m/s ou si < 2.9 avec d'autres signes écho en faveur



Flux d'insuffisance tricuspide

■ Estimation de la PAPm

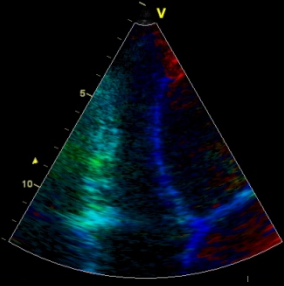
■ Formule de Chemla

$$PAPm = (0.61 \times PAPs) + 2$$

Excellente corrélation en hémodynamique ($r > 0.95$)

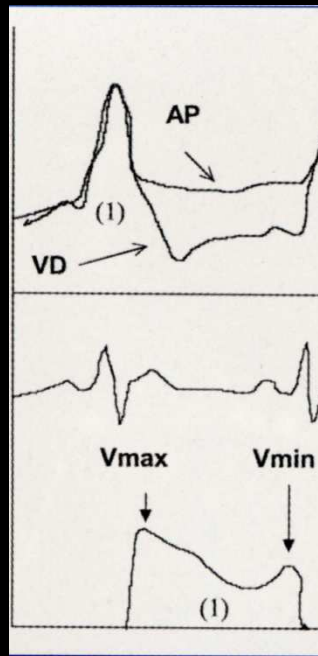
■ Estimation à partir du tracé de l'enveloppe du flux d'IT

$$PAPm = \text{gdt moyen IT} + \text{POD}$$

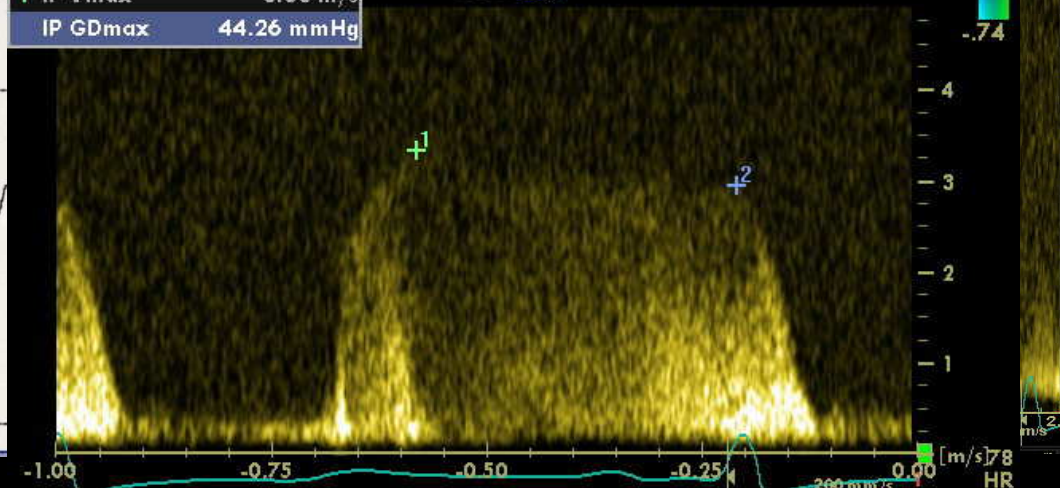


Flux d'Insuffisance Pulmonaire

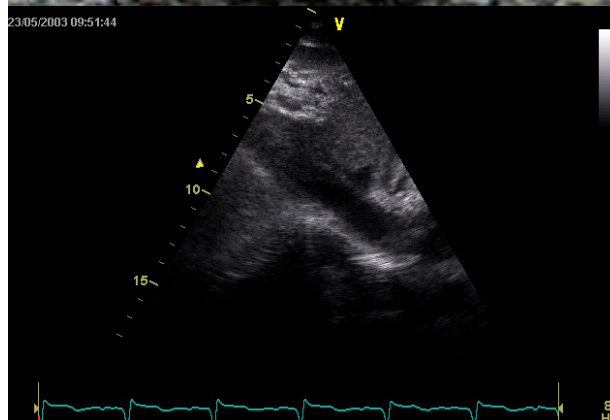
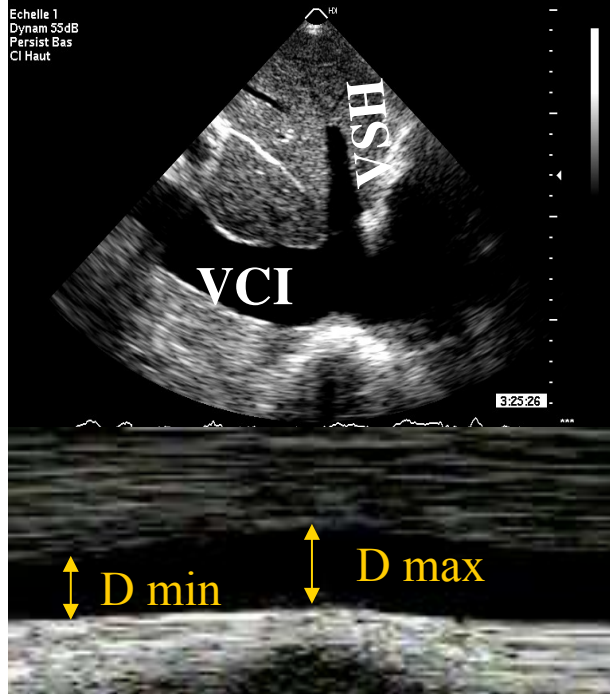
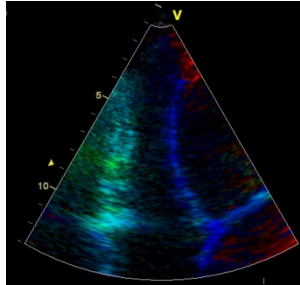
- $Gdt\ IPd = PAPd - PVDd = PAPd - PODd$
- Gdt proto et télédiast estiment la PAPm et d
- $PAP\ syst = (3PAPm) - (2PAPd)$
 $= 3\ gdt\ protoD - 2\ gdt\ téléD + POD$



v	4.69 m/s
p	88.08 mmHg
2 Vit. télédiast. IP	2.94 m/s
GD télédiast. IP	34.60 mmHg
1 IP Vmax	3.33 m/s
IP GDmax	44.26 mmHg



Estimation de la POD, VC<



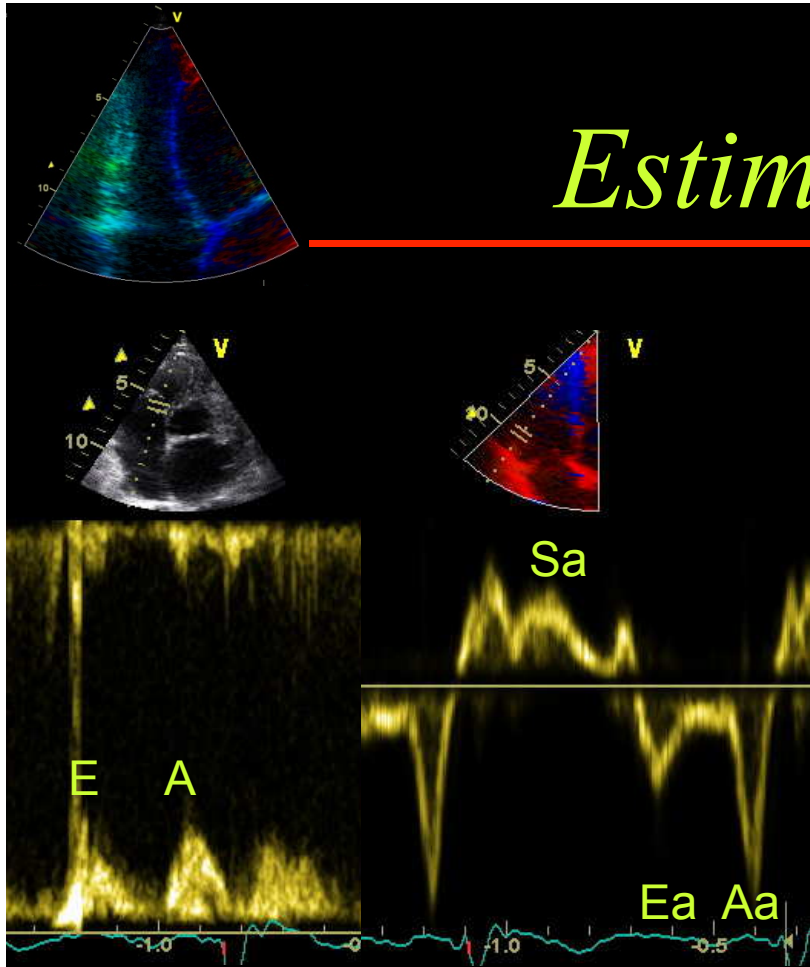
- Diamètre de la VC<, nle < 12mm
- Variations respiratoires :

$$(D_{\max} - D_{\min}) / D_{\min} \times 100$$
- Si collapsus inspi de plus de 50%,
 POD<10 mm Hg

diamètre VCI	Δ inspiratoire de la VCI	POD(mmHg)
< 1.5 cm	collapsus	0-5 mmHg
1.5 à 2.5 cm	> 50 %	5-10 mmHg
> 2.5 cm	< 50 %	10-20 mmHg
> 2.5 cm	0	> 20 mmHg

Nath Am Heart J. 2006;151(3):730

Estimation de la POD, DTI



■ Rapport E/Ea tricuspidale

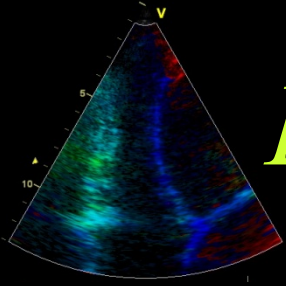
- Si $E/Ea > 6$,
POD moy ≥ 10 mm Hg
(Se 79%, Sp 73%)

- $POD = 1.7 (E/Ea) + 0.8$

- $POD = 1.76 (E/Ea) - 3.7$ chez les transplantés

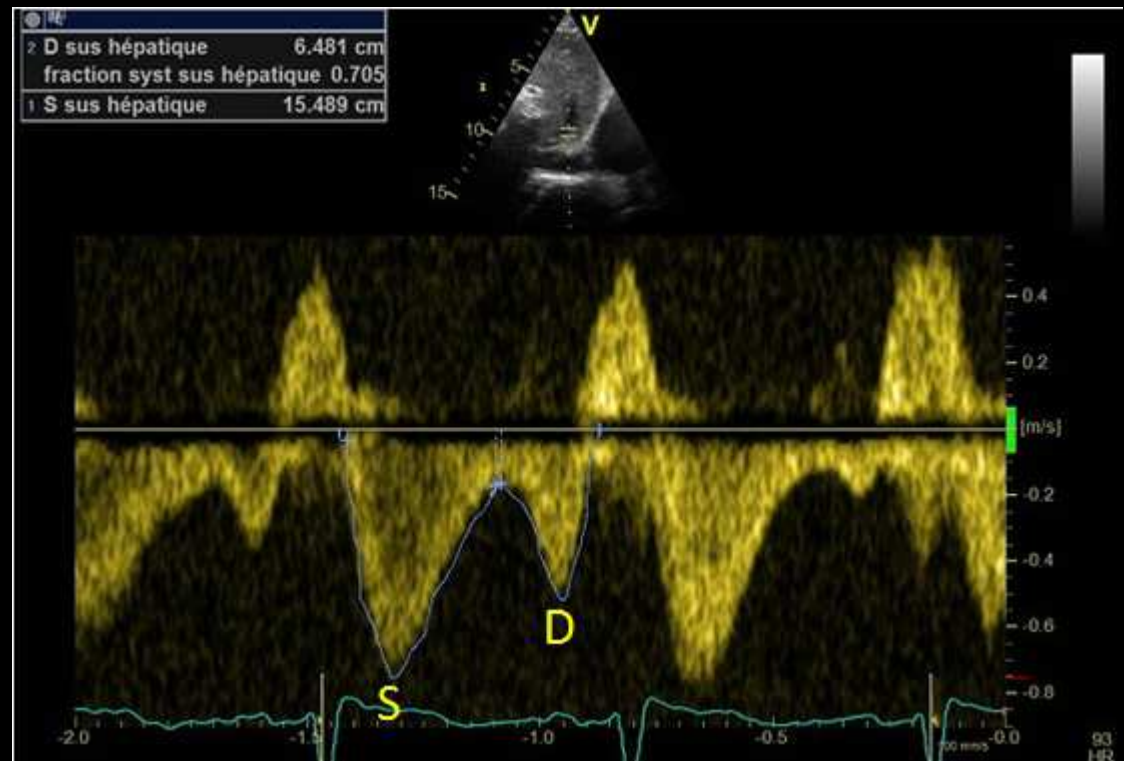
- $E = 0.5$, $Ea = 0.11$ cm/s
- Soit une POD entre 4 et 8 mm Hg selon les deux formules

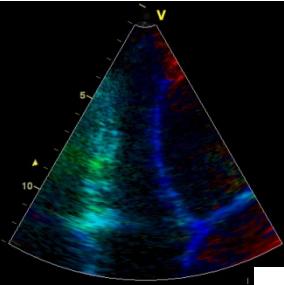
Nageh Am J Cardiol 1999;84:1448 - Sundereswaran Am J Cardiol 1998;82:352



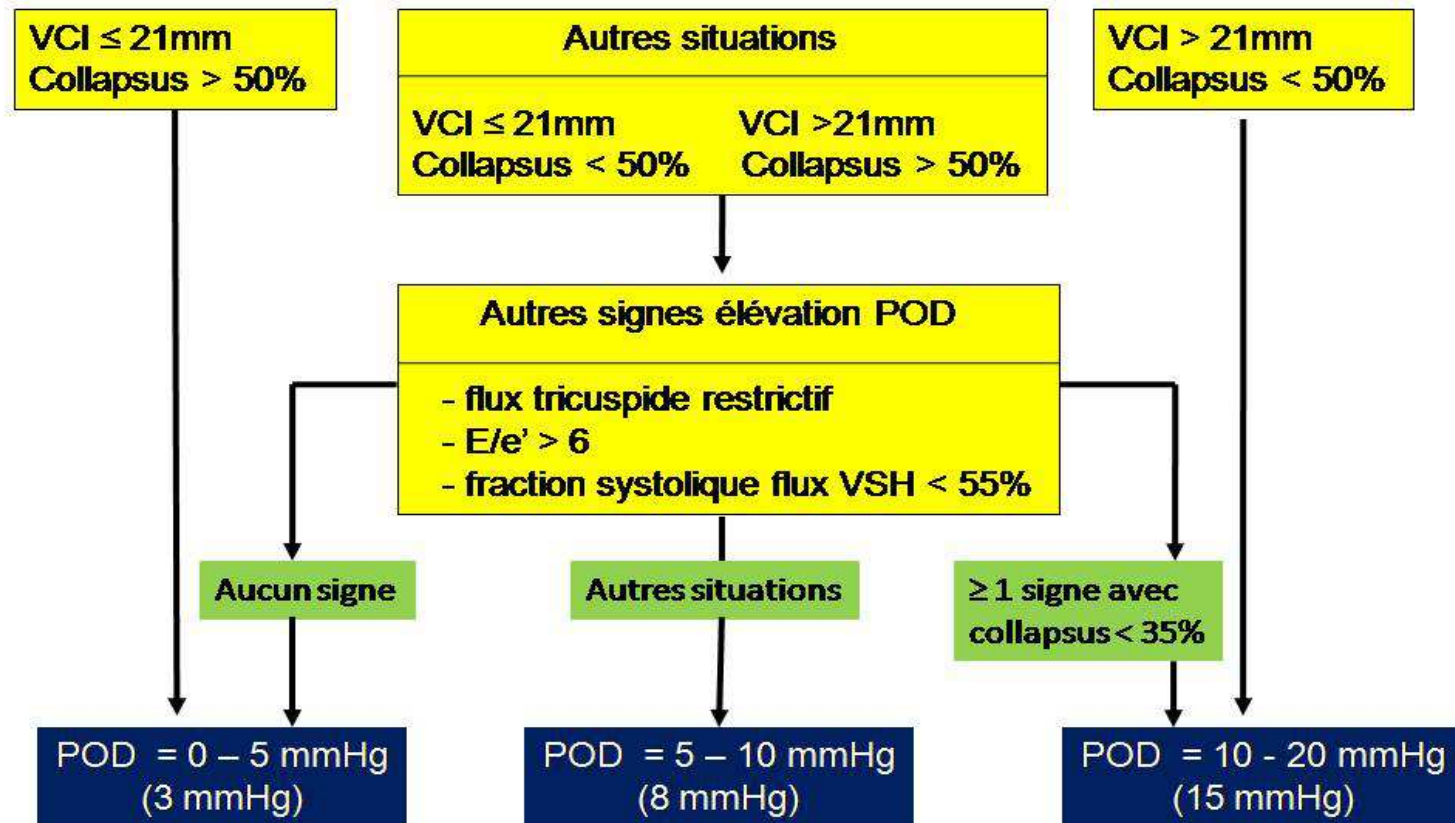
Estimation POD, V sus hépatiques

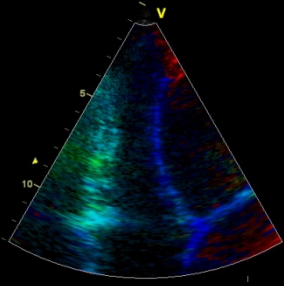
- Rapport S/D (nle > 1)
- Fraction systolique = $ITV\ S / ITV\ S + D$
 - si <55%, POD > 8 mmHg





Estimation de la POD, algorithme ASE





Flux pulmonaire

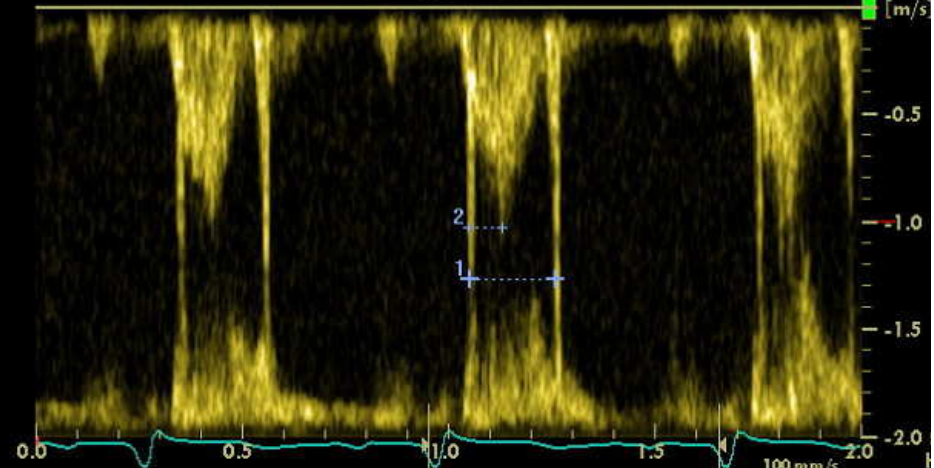
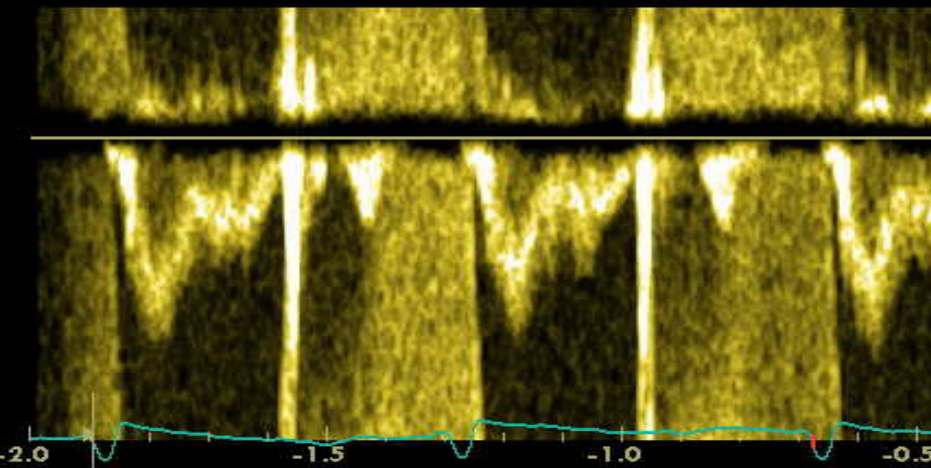
- Flux antérograde pulmonaire :
 - Morphologie : pic précoce ou dédoublé
 - si tps d'accélération < 100 ms, PAPm > 20 mm Hg
 - Normale : 120 à 160 ms

15:51:30

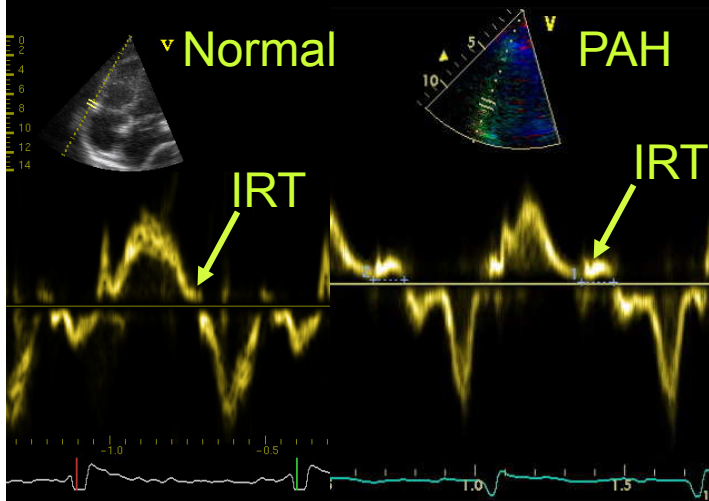
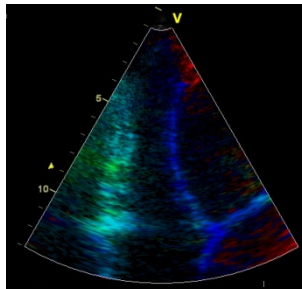


2 Temps	81.3 ms
1 Temps	207.0 ms

mm



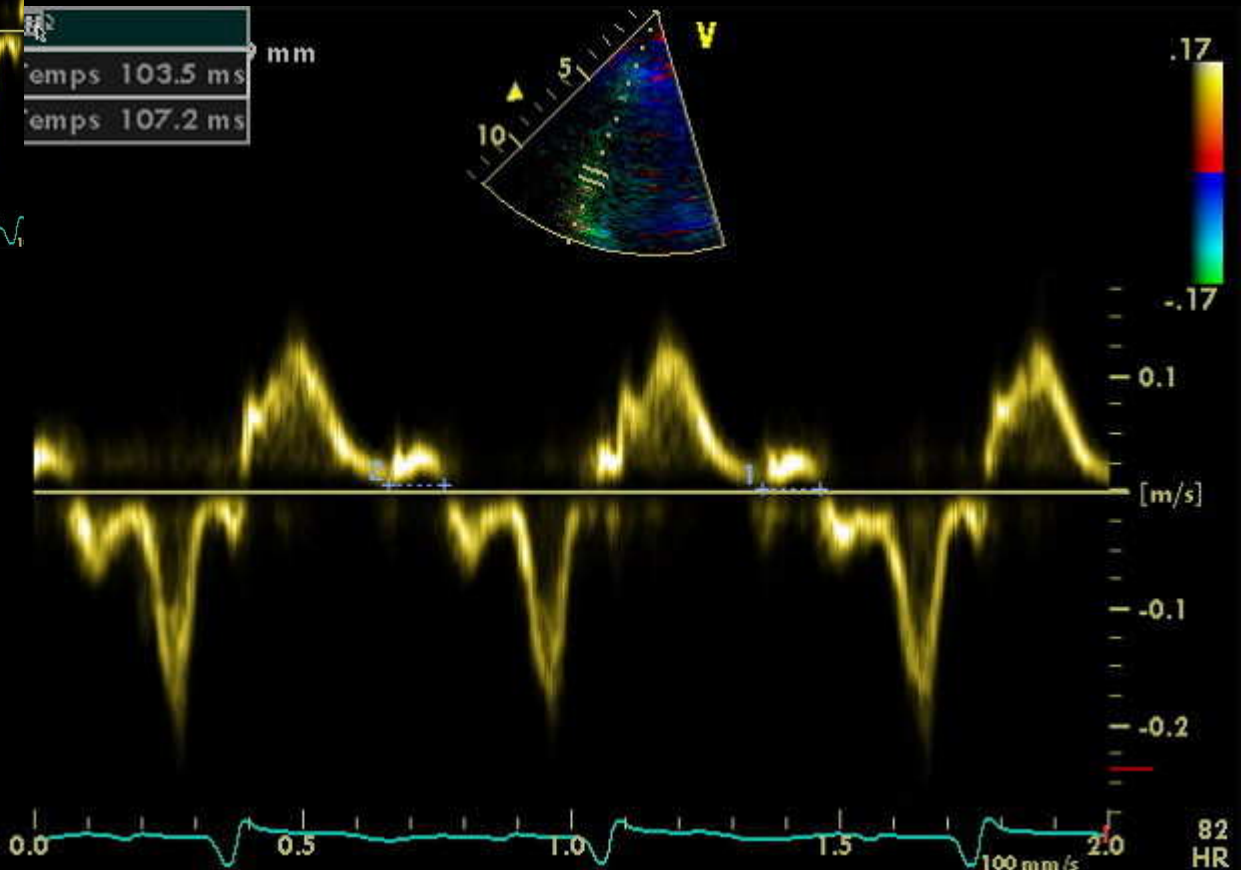
DTI anneau tricuspide : TRI

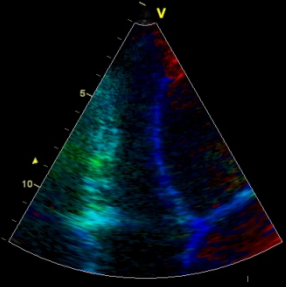


Valeur seuil > 70 ms

Dambrauskaite JASE 2005;18:1113

Lindqvist Clin Physiol Funct Imaging 2006;26:1

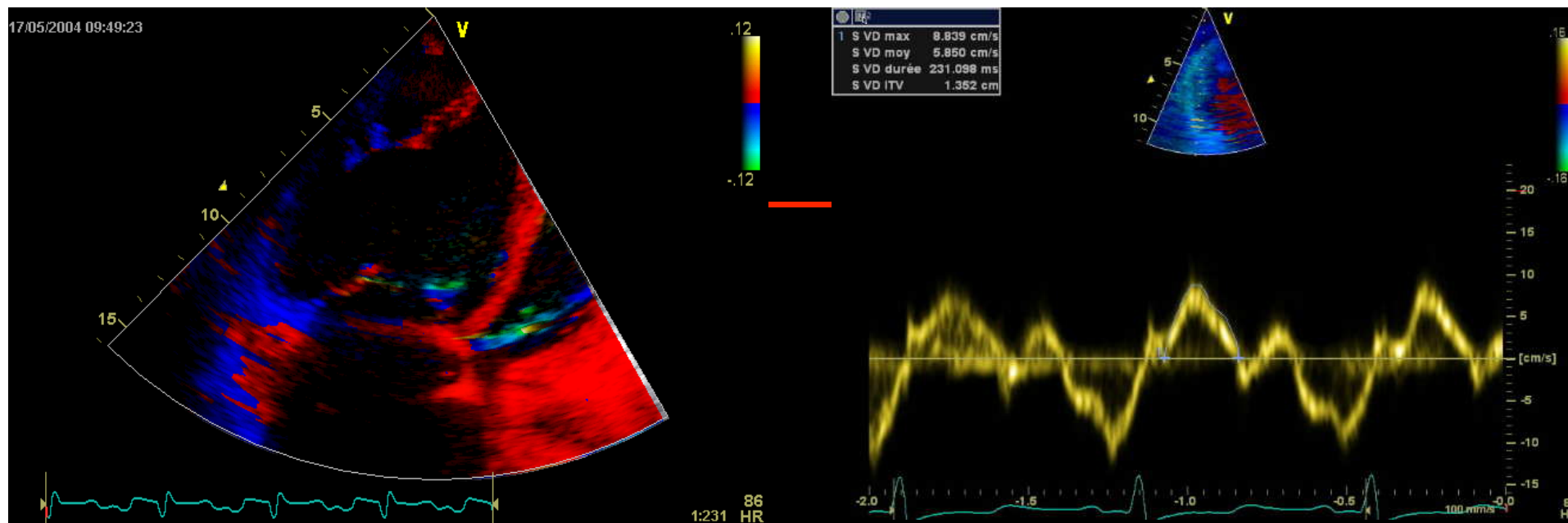




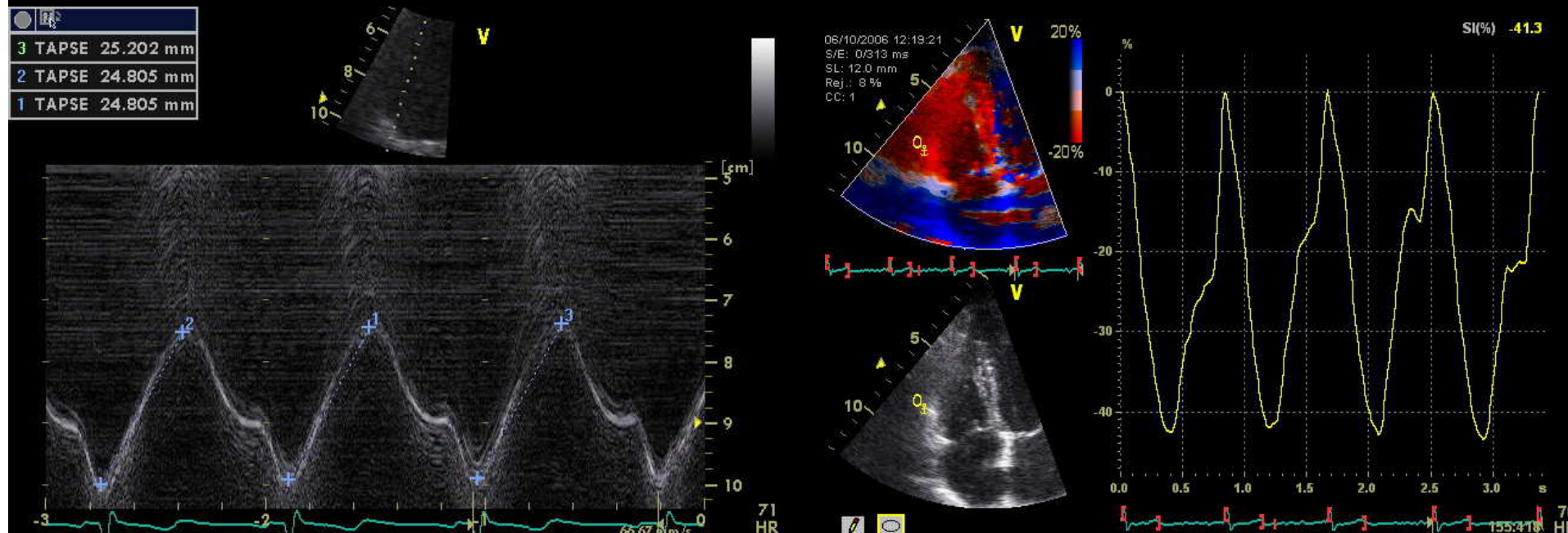
Limites de l'évaluation des PAP

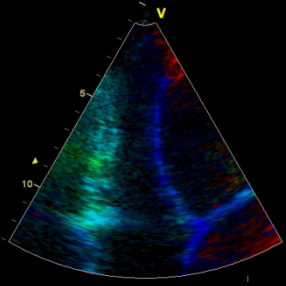
- Qualité de l'estimation de la PAP moyenne à préciser
- Absence d'IT chez 40 % des pts à PAP basse, sujets peu échogènes, insuff respiratoires, (intérêt de l'injection de produits de contraste)
- Estimation de la POD : svt surestimée si POD basses et sous-estimée si POD très élevées
- Pb des IT sévères
- Qualité de la machine, expérience de l'opérateur
- Concordance imparfaite avec les mesures invasives

17/05/2004 09:49:23



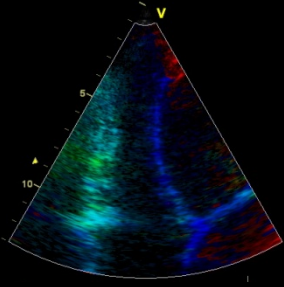
ETUDE DE LA FONCTION VD





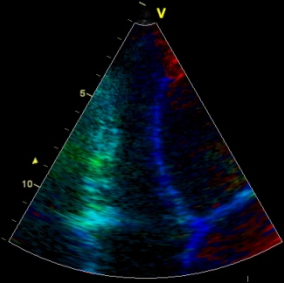
Dysfonction ventriculaire droite

- La dysfonction ventriculaire droite correspond au stade où le ventricule droit est encore capable de jouer son rôle mais en activant des mécanismes compensatoires
 - en mettant en jeu le mécanisme de Frank-Starling par une augmentation de la précharge
 - en développant une hypertrophie myocardique à plus long terme



Facteurs influençant la fonction VD

- Les facteurs intrinsèques :
 - Morphologie
 - Contractilité du VD
- Les facteurs extrinsèques :
 - Pré charge : pressions de remplissage et diastole
 - Post charge : bilan hémodynamique pulmonaire
 - Le ventricule gauche : fonction VG et débit aortique



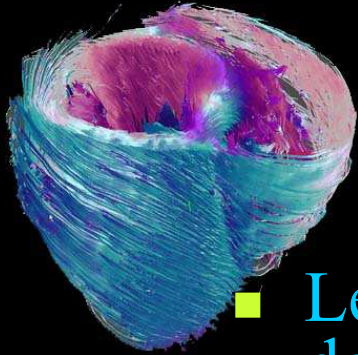
Physiologie : pré- et postcharge du VD

■ Précharge :

- Le VD est très compliant et tolère une augmentation importante de son VTD (précharge) sans élévation concomittante des pressions (PTDVD et POD)
- Selon la loi de Frank-Starling, l'augmentation de la précharge améliore la contraction suivante

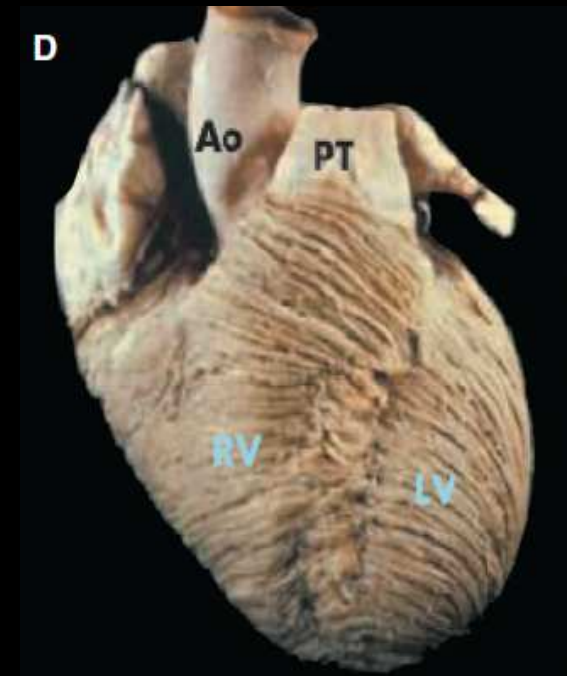
■ Postcharge :

- Le VD est très sensible à toute augmentation de la postcharge
- Pour faire face à des variations importantes de volume sanguin, (telles que celles provoquées par l'effort) tout en maintenant une pression basse, le lit vasculaire pulmonaire est doté de deux propriétés essentielles : la distensibilité et la capacité de recrutement du lit microvasculaire pulmonaire
- Ainsi, dans les maladies vasculaires pulmonaires, le niveau de PAP de repos n'augmente qu'à un stade déjà évolué, lorsque plus de 70% du lit vasculaire pulmonaire est déjà obstrué

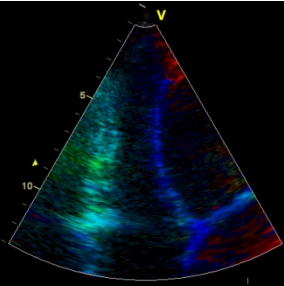


Interdépendance ventriculaire

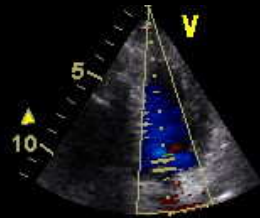
- Les 2 ventricles fonctionnent en série, partagent des fibres myocardiques communes et sont dans le même sac péricardique, donc sont très dépendants l'un de l'autre
- La contraction du VG (surtout du SIV) intervient dans au moins 20 à 40% de la pression et du débit générés par le VD
- Fonction et hémodynamique VG
 - FEVG
 - Pressions de remplissage VG
 - E/A, Temps de décélération E
 - Vp
 - E/Ea
 - Flux veineux pulmonaire
 - Débit aortique



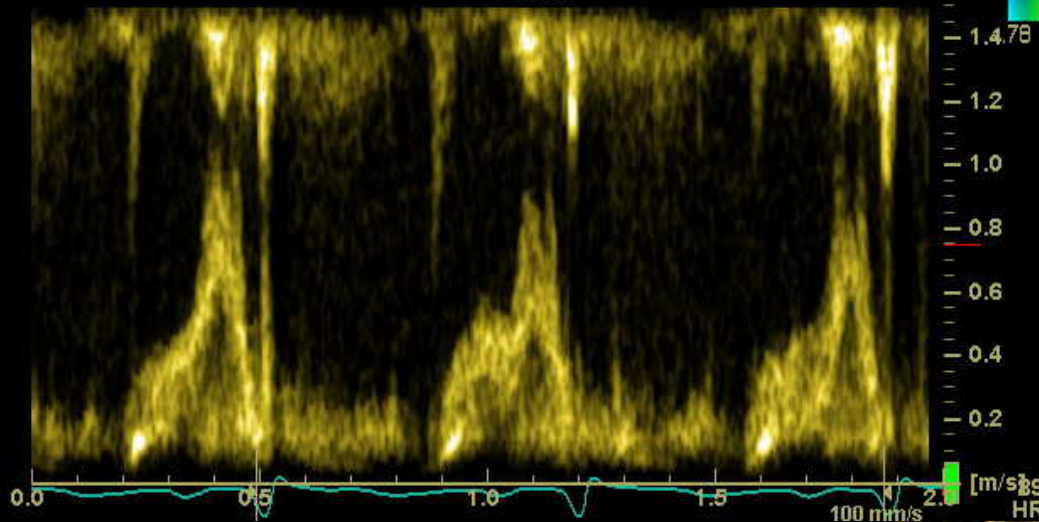
Retentissement VG



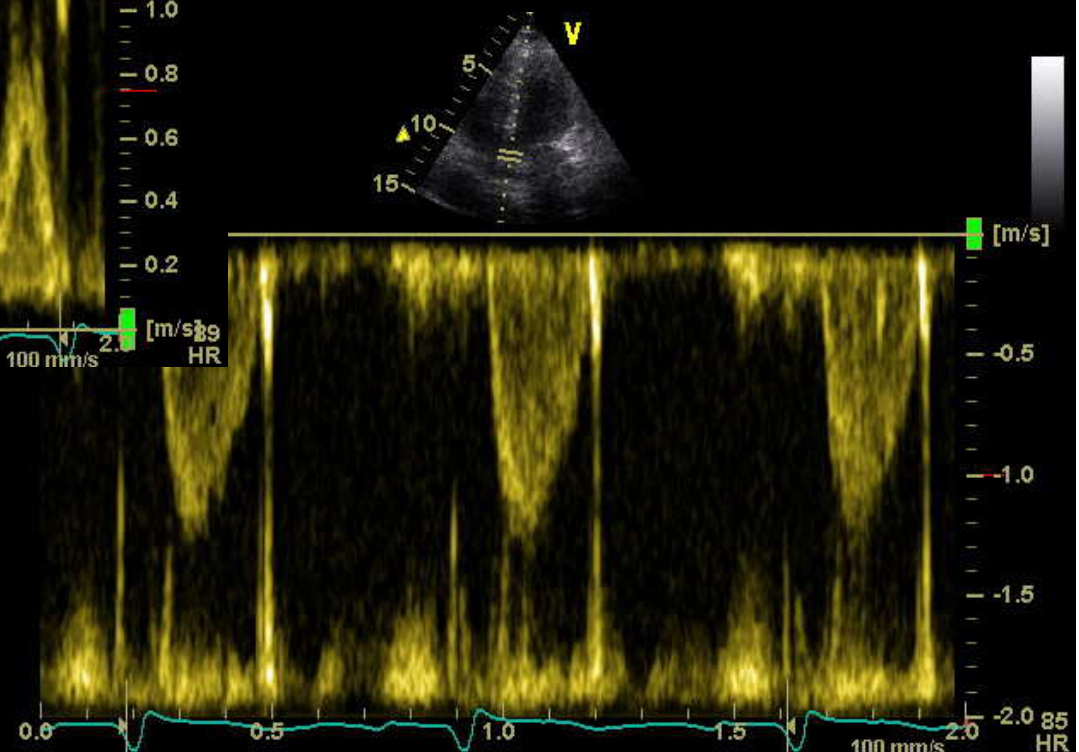
23/05/2003 09:29:12

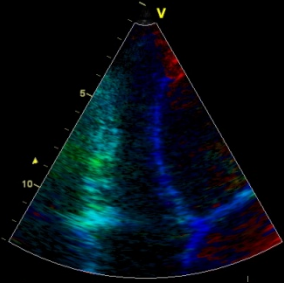


- Troubles du remplissage protodiastolique



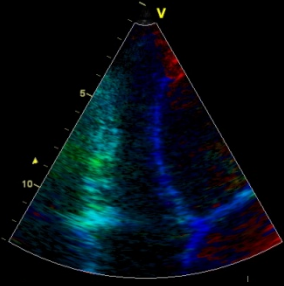
- Diminution de l'index cardiaque





Contractilité du VD

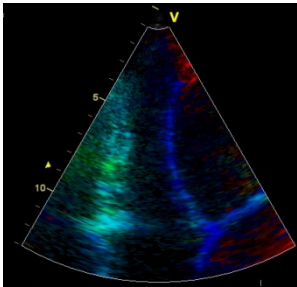
- La contraction ventriculaire droite est la résultante de 3 composantes :
 - Déplacement de la paroi libre du VD vers la cavité ventriculaire droite
 - Raccourcissement du long axe du VD par ascension de l'anneau tricuspide vers l'apex
 - Traction de la paroi libre du VD causée par le mouvement septal vers la cavité ventriculaire gauche pendant la systole
- Cette contraction suit un mouvement péristaltique, avec une contraction de l'infundibulum qui survient environ 25 à 30 ms après celle de la ch d'admission



Fonction ventriculaire droite

- Fonction systolique
 - FE VD non calculable facilement à l'écho
 - Fraction de raccourcissement en surf
 - TAPSE
 - dP/dt à partir du flux d'IT
 - Onde S anneau tricuspide
 - Onde protosystolique
 - Strain VD
 - Echo 3D
- Fonction diastolique
- Index global de performance myocardique

Fraction de Raccourcissement en Surface



1 A 16.0 cm²

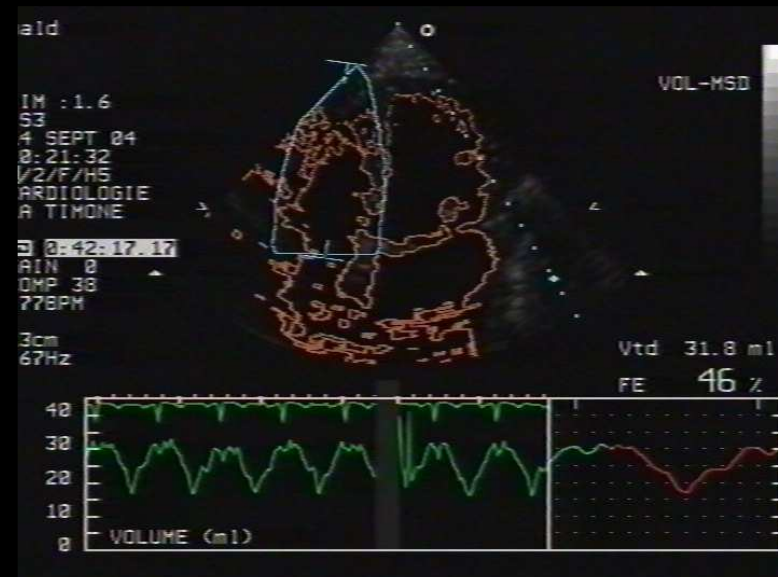


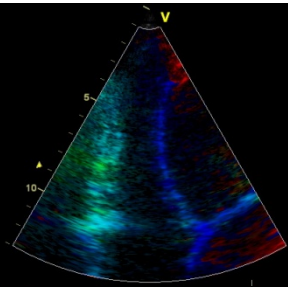
1 A 25.7 cm²



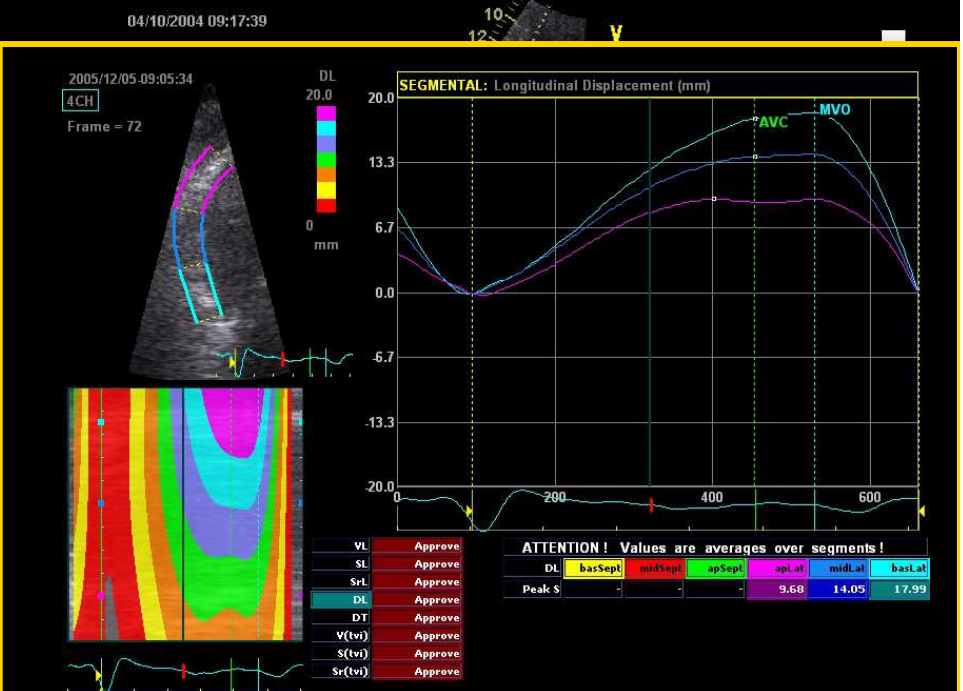
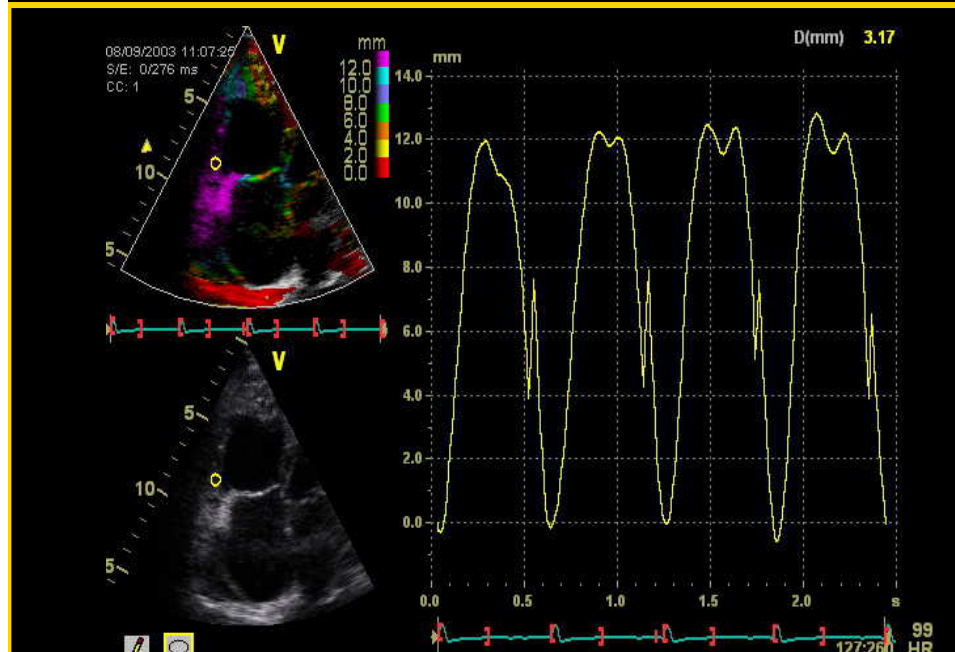
- $FRSVD = 100 * ((STD - STS) / STD)$; nle 40%
- Bien corrélée à la FEVD isotopique
 - *Jennesseaux AMC 1998* 34 pts, $r=0.73$
 - *Forni AJC 1996* 35 IQ+ 20 nx, $r=0.92$
- Facteur pronostique indépendant après IDM dans SAVE (valeur seuil 32%)

Zornoff JACC 2002;39:1450, Skali AHJ 2005;150:74



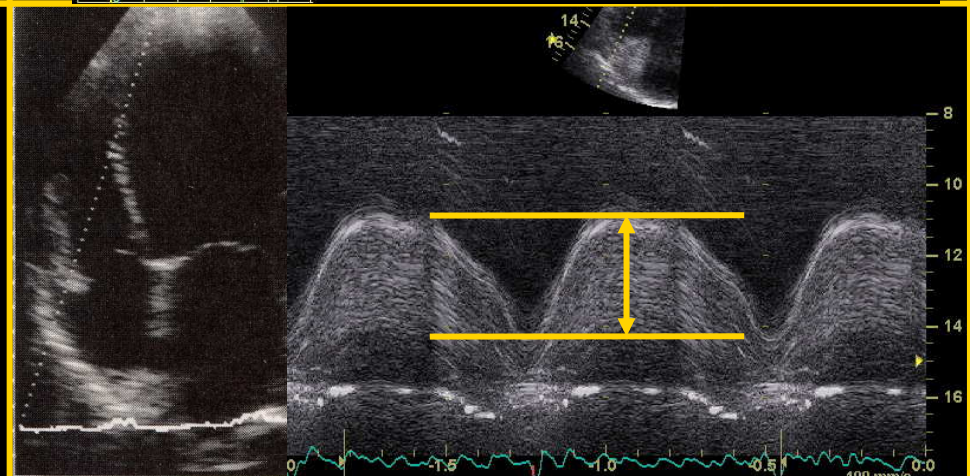


Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion

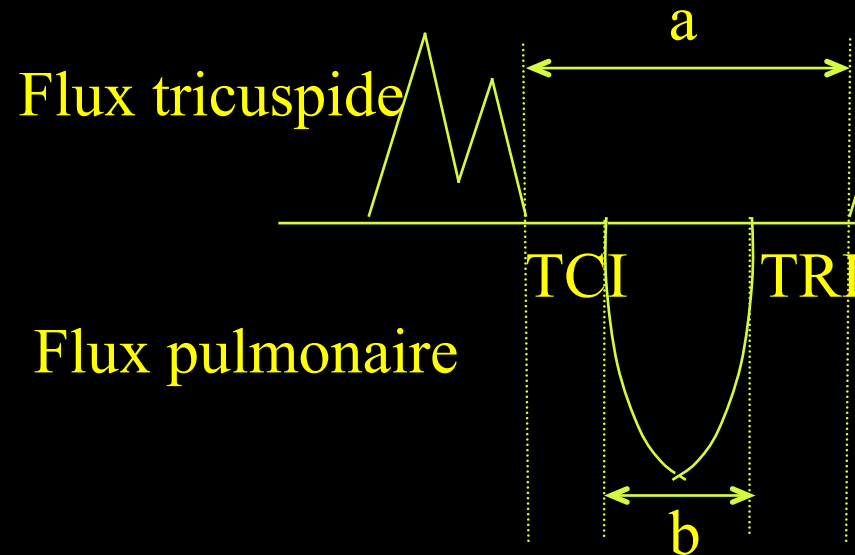
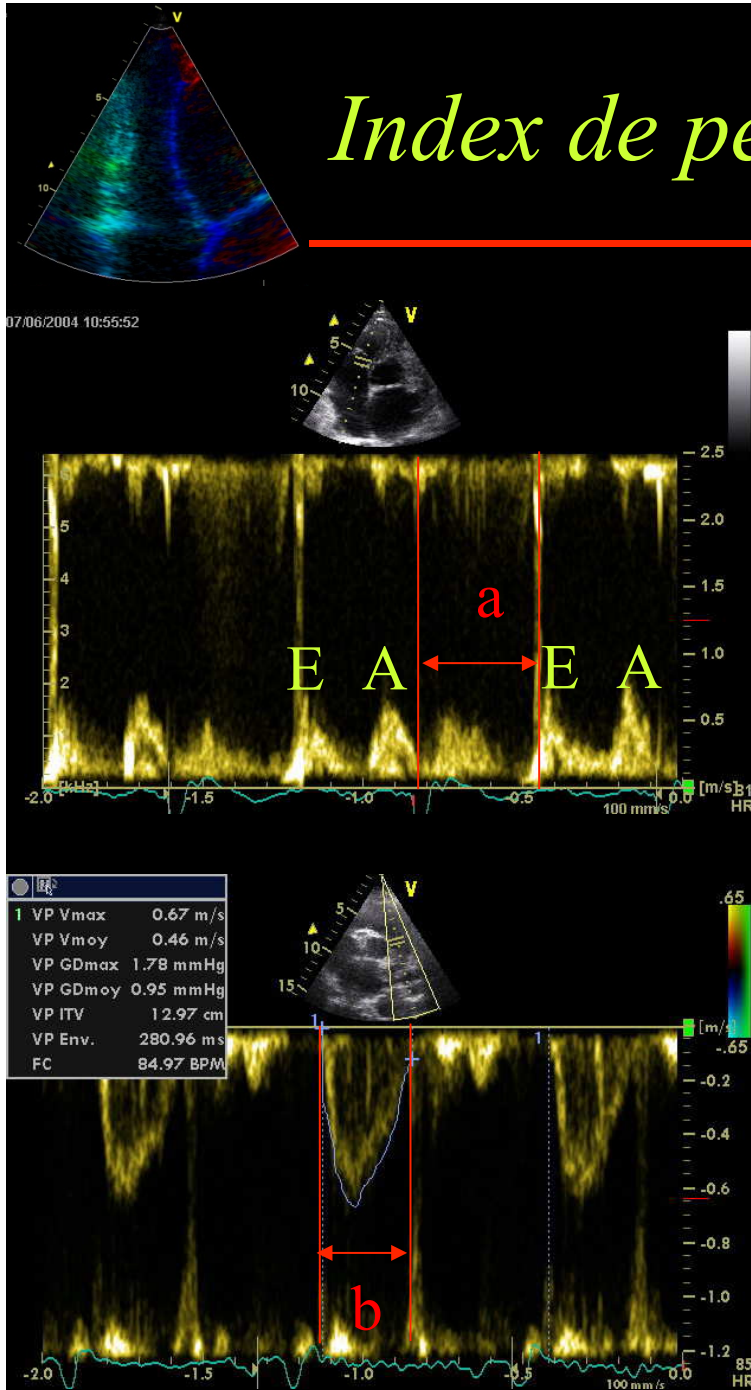


- valeur normale : 16 to 25 mm
- Excellentes corrélations avec FEVD isotopique / thermodilution / IRM

Kaul AHJ1984;107:526
Ghio AJC2000;85:837 - Urheim AJC 2005;96:1173
Kjaergaard Eur J Echocardiogr 2006;7:430



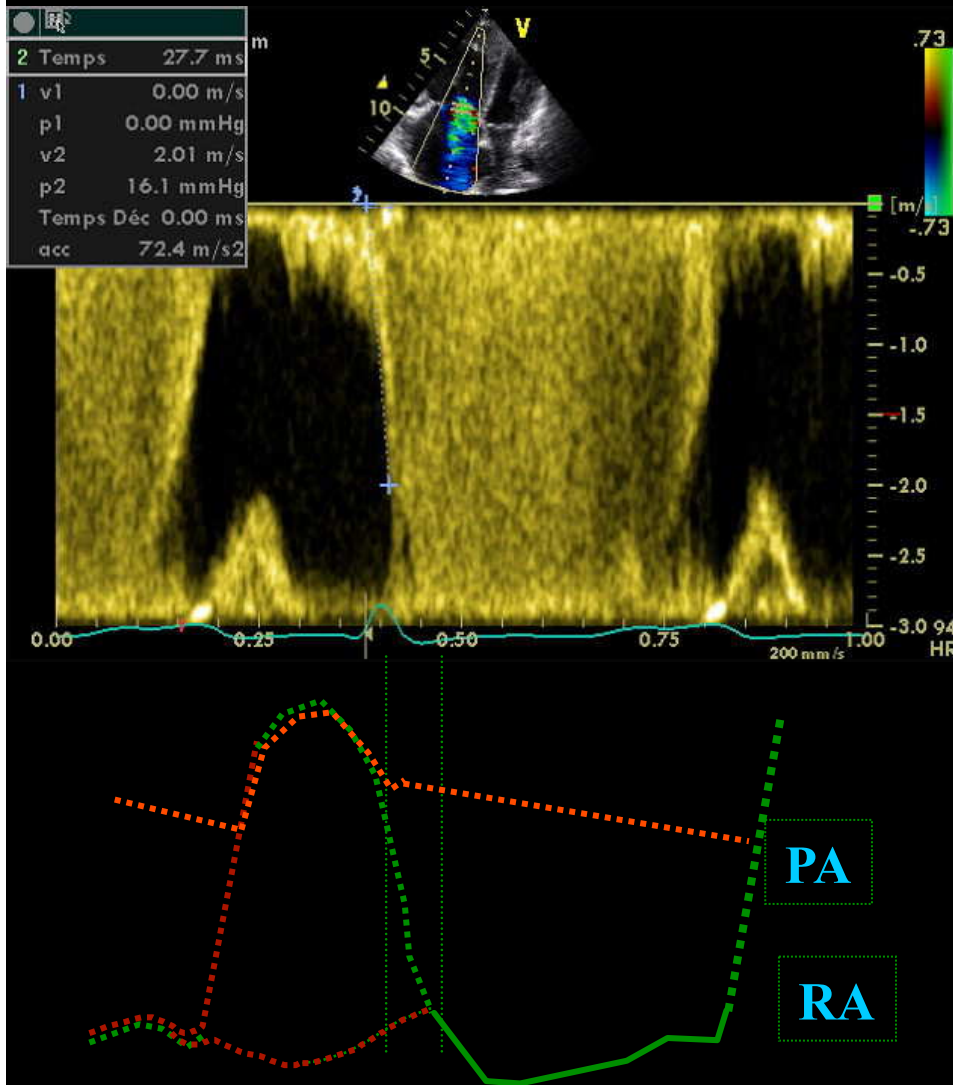
Index de performance myocardique (Tei)



- $IPM = (a-b)/b$
= TRI+TCI / temps d'éjection
- Valeur normale: 0.28 ± 0.04
- Bonne corrélations avec dP/dt et $-dP/dt$
- Mesurable en DTI

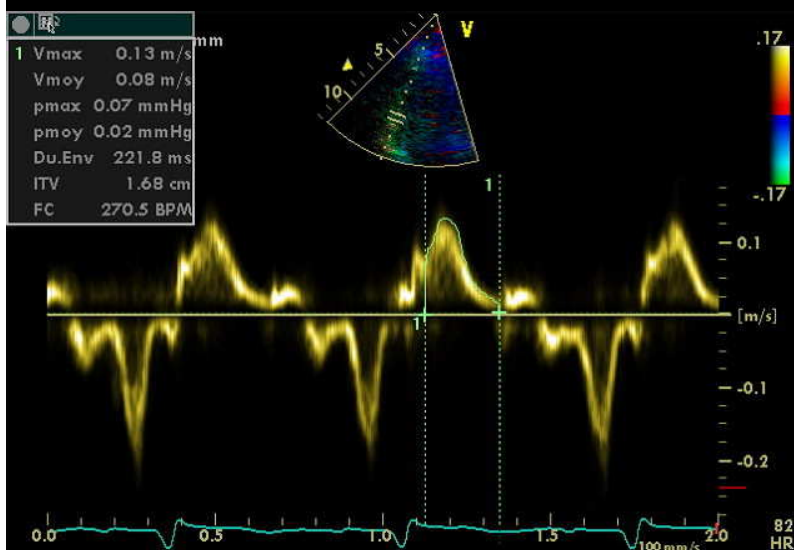
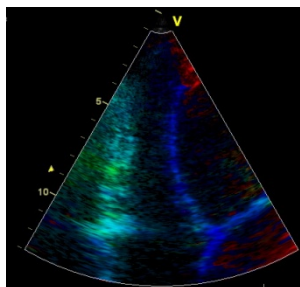
Tei JASE 1996;9:838 - Hori Am J Physiol Heart 2007;293:120

dP/dt VD à partir du flux d'IT



- N1 : > 400 mm Hg/s
- Mesure entre 0 et 2 m/S
- Exemple :
 - dP : 16 mm Hg (0 à 2 m/s)
 - dt : 28 ms
 - dP/dt : 575 mm Hg/s

Onde S anneau tricuspide



- Si $V_{\max} S < 11.5$ cm/s, alors $FEVD < 45\%$ (Se90%, Sp85%)

Meluzin EHJ J 2001;22:340

- S cm/s <9 9 à 12 >12
RVEF % <30 30 à 55 >55

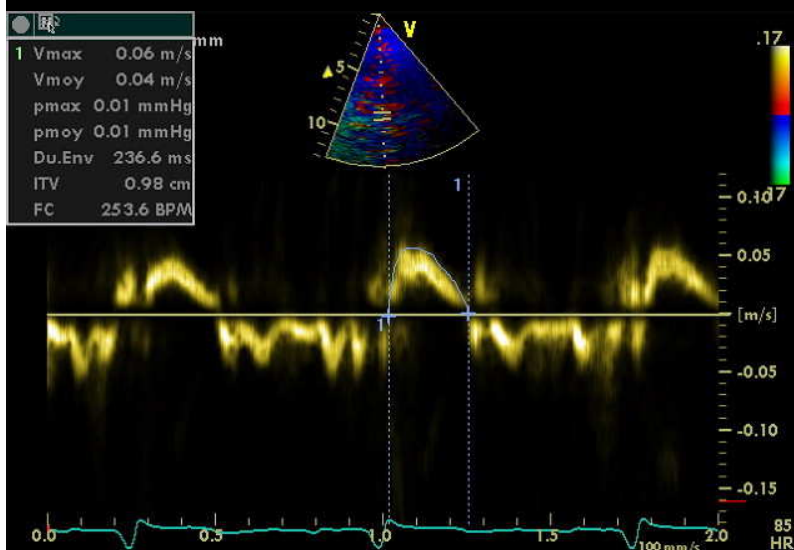
Tuller Swiss Med Wkly 2005; 135:461

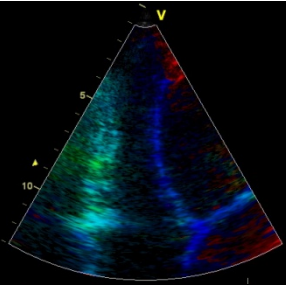
- FEVD écho = $20.7 * \text{Sep S ITV} - 4.42$
bien corrélée avec FEVD hémodyn
HTAP, $r=0.8$; avec CMD $r=0.64$

Selton-Suty Euroecho 2005

Valeurs normales : S = 15.2 ± 3.0 cm/s

Sep S ITV = 1.7 ± 0.2 cm





Relation FEVD et index écho

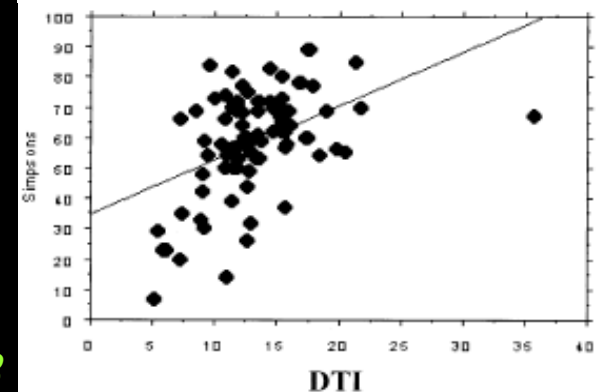
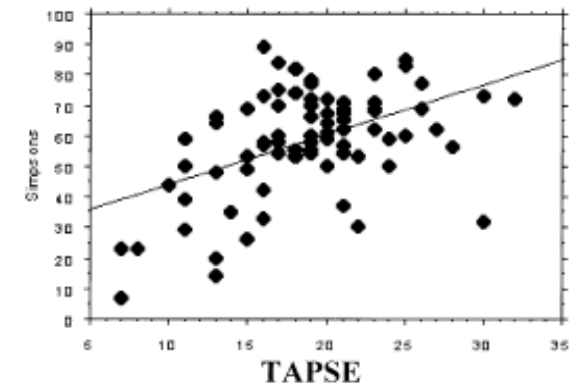
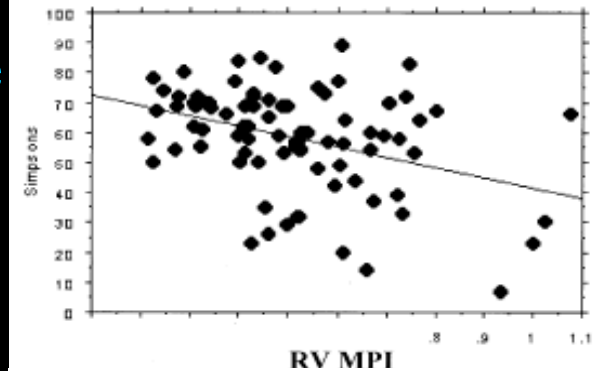
- 101 pts, estimation visuelle de FEVD et mesure de la FEVD en Simpson biplan
- TAPSE, index de performance myocardique, et DTI de l'anneau

■ Corrélations :

- TAPSE $r = 0.48$ $p < 0.0001$
- DTI S max $r = 0.45$ $p < 0.0001$
- IPM $r = -0.38$ $p = 0.006$

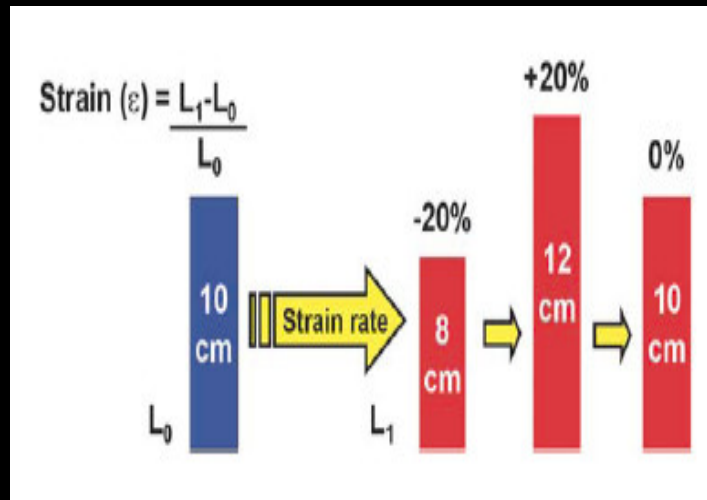
■ Valeurs seuils :	Se	Sp	PPV	NPV
TAPSE < 15 mm		59%	94%	71%89%
S < 10 cm/s	59%	92%	67%	89%
IPM > 0.40	100%	35%	29%	100%

Miller, Jase 2004;17:443

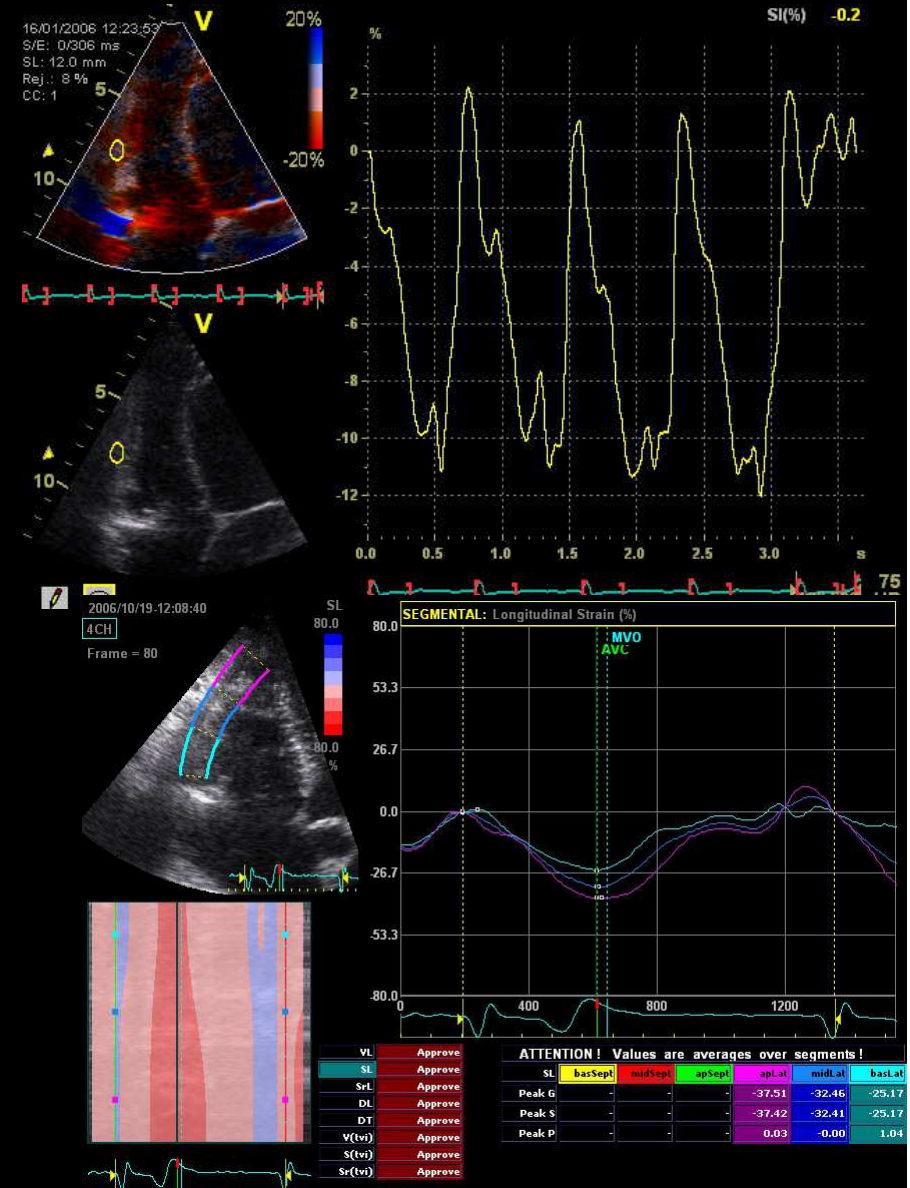
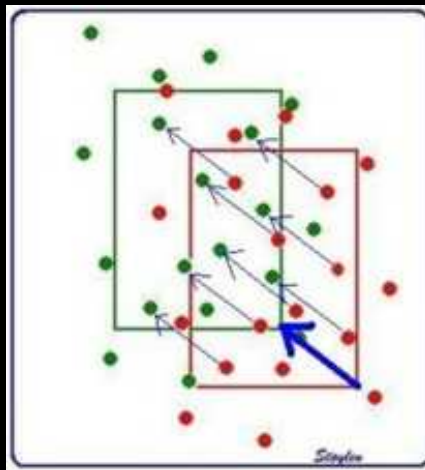


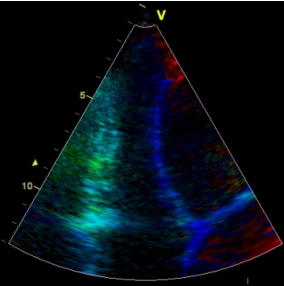
Strain ventriculaire droit

DTI



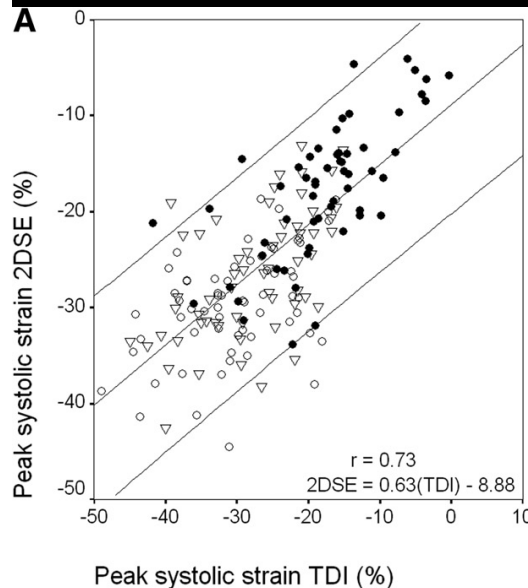
2D speckle
imaging





Valeurs normales du strain VD

	CMD (36)	nl (20)	HTP (42)
■ 2DSI ϵ (%) ap	-20.8 $\pm$ 8.7	-31.9 $\pm$ 5.3	-18.5 $\pm$ 8.9
med	-21.8 $\pm$ 6.8	-29.9 $\pm$ 4.7	-19.5 $\pm$ 8.2
bas	-22.9 $\pm$ 9.2	-26.4 $\pm$ 5.4	-16.5 $\pm$ 4.7
■ DTI ϵ (%) ap	-19.7 $\pm$ 5.5	-34.4 $\pm$ 9.8	-15.4 $\pm$ 10.1
med	-21.4 $\pm$ 7.0	-32.1 $\pm$ 7.0	-17.5 $\pm$ 8.4
bas	-21.7 $\pm$ 8.2	-24.6 $\pm$ 6.2	-18.7 $\pm$ 8.3



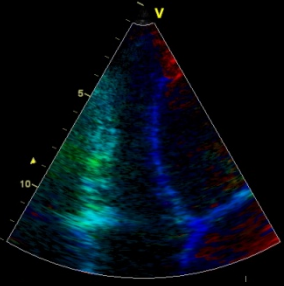
- si $\epsilon_{VD} < 20\%$, dysfonction VD (Se 91%, Sp 63%)

Urheim Am J Cardiol 2005; 96(8):1173-1178

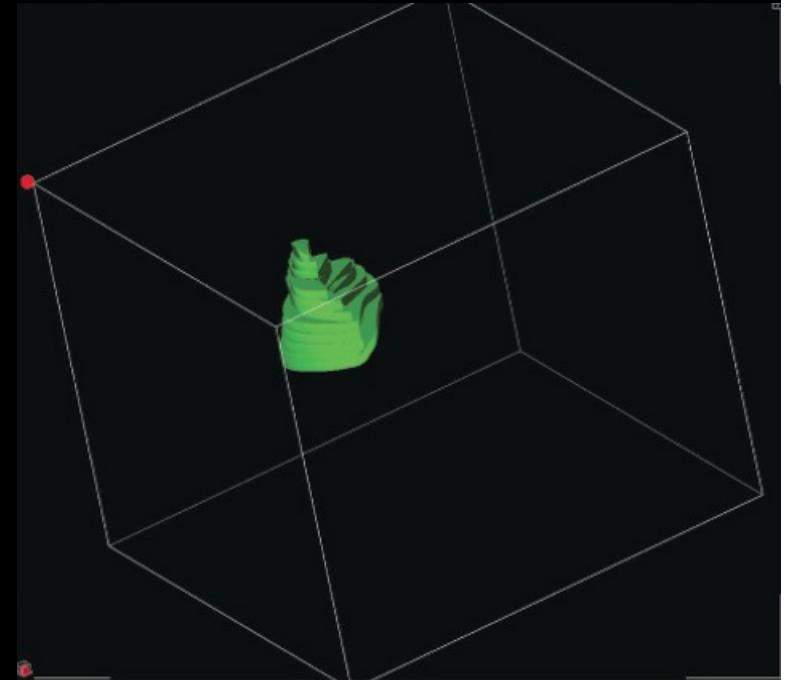
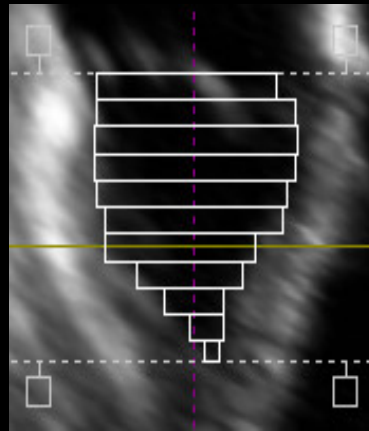
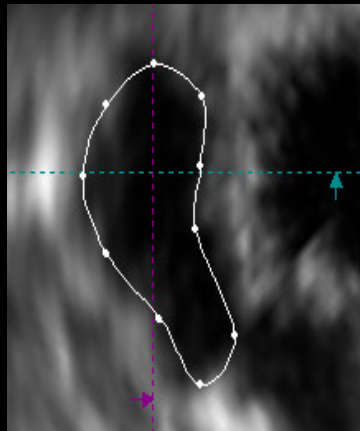
- Les valeurs en DTI et en 2DSI sont moyennement bien corrélées

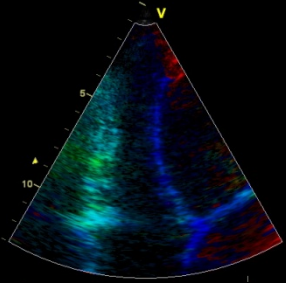
Teske JASE 2008; 21:275

Echo 4D



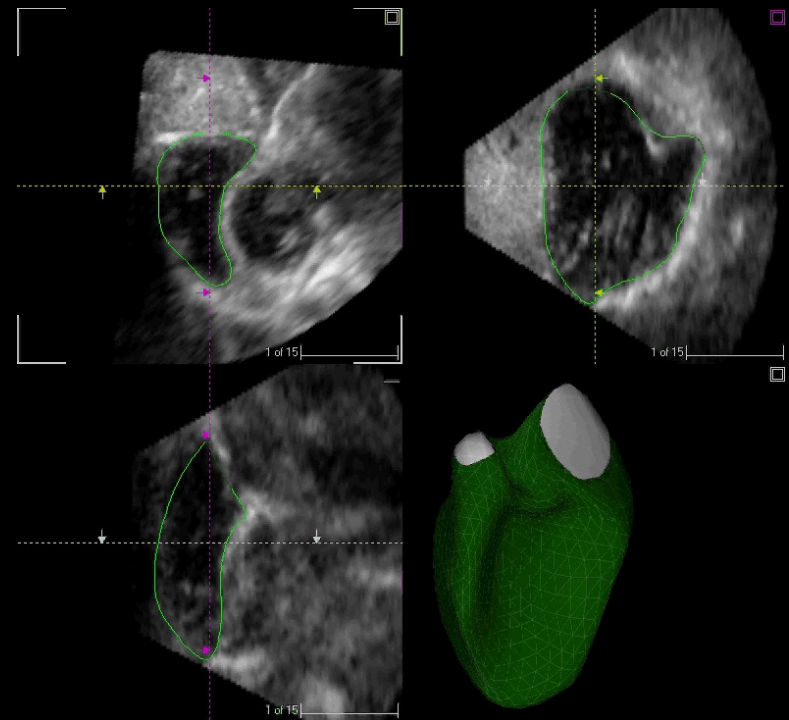
- Mesure classique des volumes VD par la méthode de sommation des disques (éventuellement avec contraste)





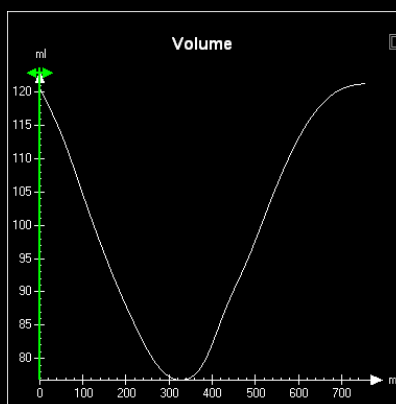
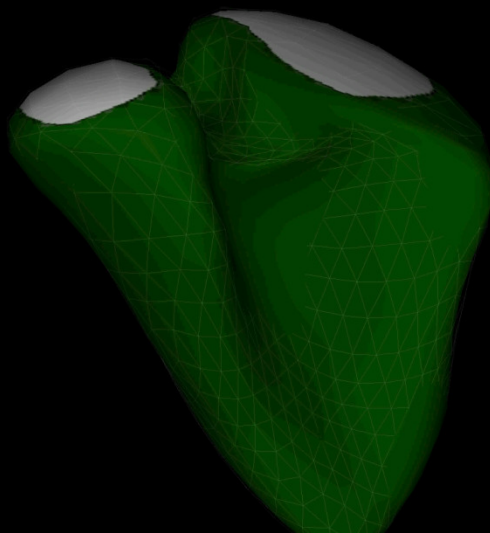
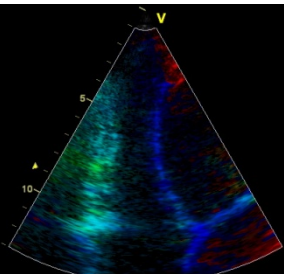
Nouveau logiciel Tomtec : RV surface model

- Détection semi automatique des contours
 - traçage manuel des contours ds plans principaux (sagittal, coronal, 4CH)
 - détection des contours sur l'ensemble du cycle avec possibilités de corrections du contour 3D
- Prise en compte du mouvt longitudinal du VD

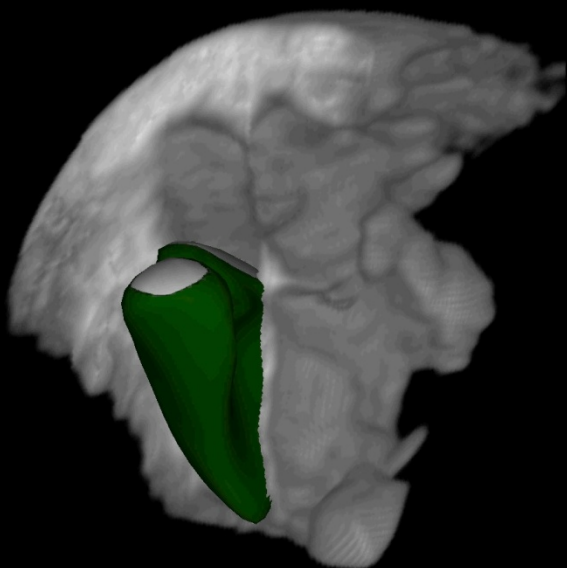


TomTec

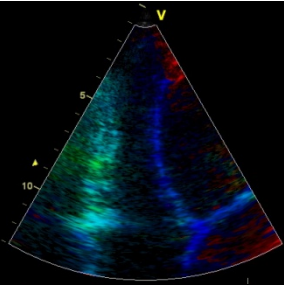
Echo 3D



EDV 121.35 ml
ESV 76.75 ml
EF 36.75 %



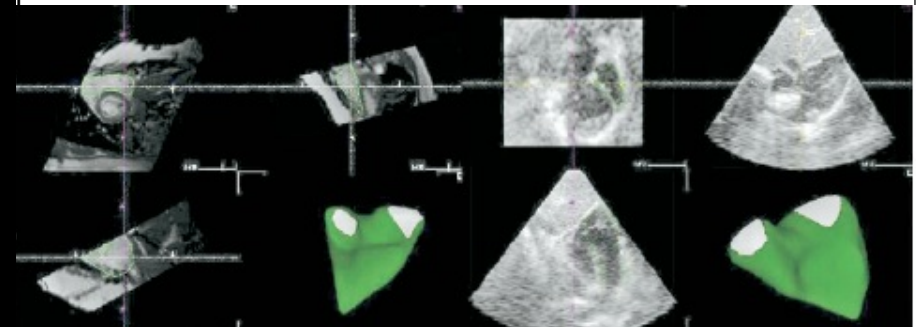
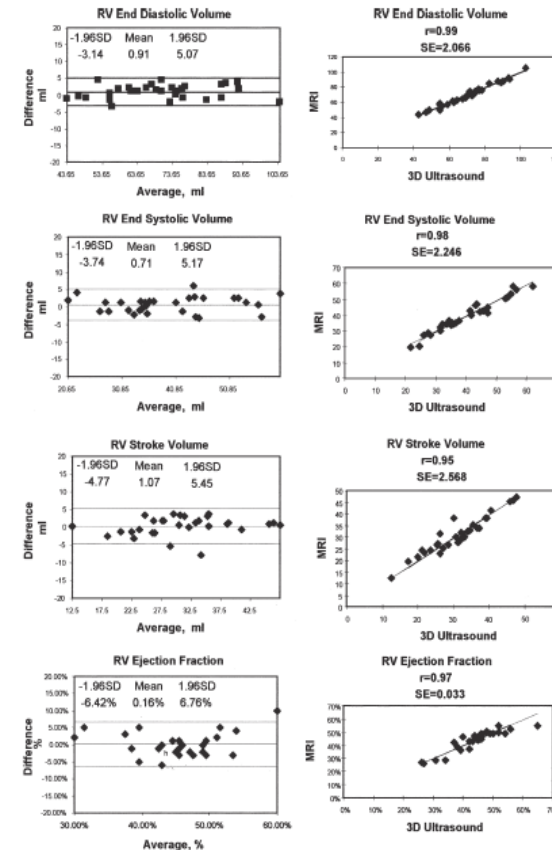
- Courbes volumétriques en fonction du temps, FEVD, et volumes
- Méthode rapide, fiable et reproductible

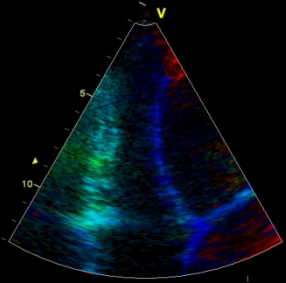


RV function: 4D echo, surface model

- Mesure de la FEVD par IRM et echo 3D : variabilité de la mesure de 4% par écho et 5% pour IRM ; coef de corrélation de 0.91
- Cette étude confirme donc la précision des mesures de volume VD comparativement à l'IRM.

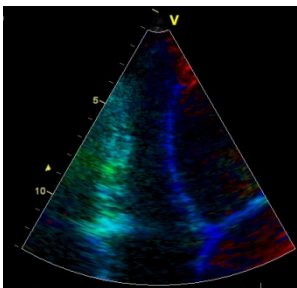
Niemann P, JACC 2007;50:1668

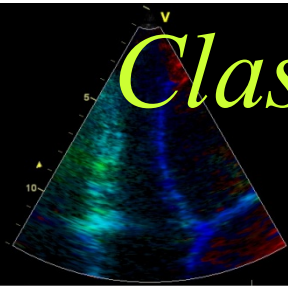




Conclusion

- L'examen complet du VD en échographie est possible, et apporte des informations morphologiques, hémodynamiques et fonctionnelles importantes pour la prise en charge thérapeutique et pronostique des insuffisants cardiaques
- L'utilisation de plusieurs paramètres de fonction VD est recommandée (TAPSE +++, IPM VD et DTI anneau tricuspide)
- Intérêt probable du strain et de l'écho 4D
- Ainsi donc, l'écho du VD doit s'intégrer à notre routine échocardiographique !





Classification of pulmonary hypertension

(ESC guidelines Eur Heart J 2009;30:2493-537)

1 Pulmonary arterial hypertension (PAH)

- 1.1 Idiopathic
- 1.2 Heritable
 - 1.2.1 BMPR2
 - 1.2.2 ALK1, endoglin (with or without hereditary haemorrhagic telangiectasia)
 - 1.2.3 Unknown
- 1.3 Drugs and toxins induced
- 1.4 Associated with (APAH)
 - 1.4.1 Connective tissue diseases
 - 1.4.2 HIV infection
 - 1.4.3 Portal hypertension
 - 1.4.4 Congenital heart disease
 - 1.4.5 Schistosomiasis
 - 1.4.6 Chronic haemolytic anaemia
- 1.5 Persistent pulmonary hypertension of the newborn

1' Pulmonary veno-occlusive disease and/or pulmonary capillary haemangiomatosis

2 Pulmonary hypertension due to left heart disease

- 2.1 Systolic dysfunction
- 2.2 Diastolic dysfunction
- 2.3 Valvular disease

3 Pulmonary hypertension due to lung diseases and/or hypoxaemia

- 3.1 Chronic obstructive pulmonary disease
- 3.2 Interstitial lung disease
- 3.3 Other pulmonary diseases with mixed restrictive and obstructive pattern
- 3.4 Sleep-disordered breathing
- 3.5 Alveolar hypoventilation disorders
- 3.6 Chronic exposure to high altitude
- 3.7 Developmental abnormalities

4 Chronic thromboembolic pulmonary hypertension

5 PH with unclear and/or multifactorial mechanisms

- 5.1 Haematological disorders: myeloproliferative disorders, splenectomy.
- 5.2 Systemic disorders: sarcoidosis, pulmonary Langerhans cell histiocytosis, lymphangioleiomyomatosis, neurofibromatosis, vasculitis
- 5.3 Metabolic disorders: glycogen storage disease, Gaucher disease, thyroid disorders
- 5.4 Others: tumoural obstruction, fibrosing mediastinitis, chronic renal failure on dialysis