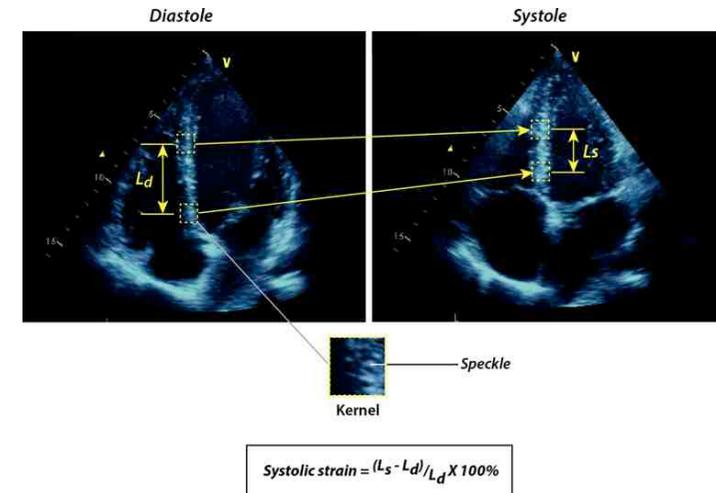


## Nouvelles techniques d'imagerie

- 2D strain, Speckle tracking
- Imagerie 3D et 4D

## Nouveautés en échographie en réanimation :

2D Strain - speckle tracking : echo de suivi des marqueurs acoustiques



Vignon, Huang. Intensive Care Med 2015

## Strain longitudinal global :

*Une valeur de fonction systolique*

- $S = (L_s - L_d) / L_d$
- C'est un raccourcissement (systole)
- DONC = Le *strain normal est négatif*
- Unité = %

## Valeurs normales du *strain* et du *strain rate* longitudinal

	Femmes		Hommes	
	Strain télésystolique (%)	Pic systolique de SR	Strain télésystolique (%)	Pic systolique de SR
< 40 ans	-17,9 % (2,1)	-1,09s <sup>-1</sup> (0,12)	-16,8 % (2,0)	-1,06s <sup>-1</sup> (0,13)
40-60 ans	-17,6 % (2,1)	-1,06s <sup>-1</sup> (0,13)	-18,8 % (2,2)	-1,01s <sup>-1</sup> (0,12)
> 60 ans	-15,9 % (2,4)	-0,97s <sup>-1</sup> (0,14)	-15,5 % (2,4)	-0,97s <sup>-1</sup> (0,14)
Total	-17,4 % (2,3)	-1,05s <sup>-1</sup> (0,13)	-15,9 % (2,3)	-1,01s <sup>-1</sup> (0,13)

Dalen et al Eur J Echocardiogr 2010

**Strain longitudinal global :**  
*Une valeur de fonction systolique*

Strain global normal = - 14 à -22 % %

En moyenne = - 18 %

**Strain longitudinal global :**  
*Peu opérateur dépendant\**

Variabilité intra-observateurs du 2D strain = 3,6% à 5,3 %

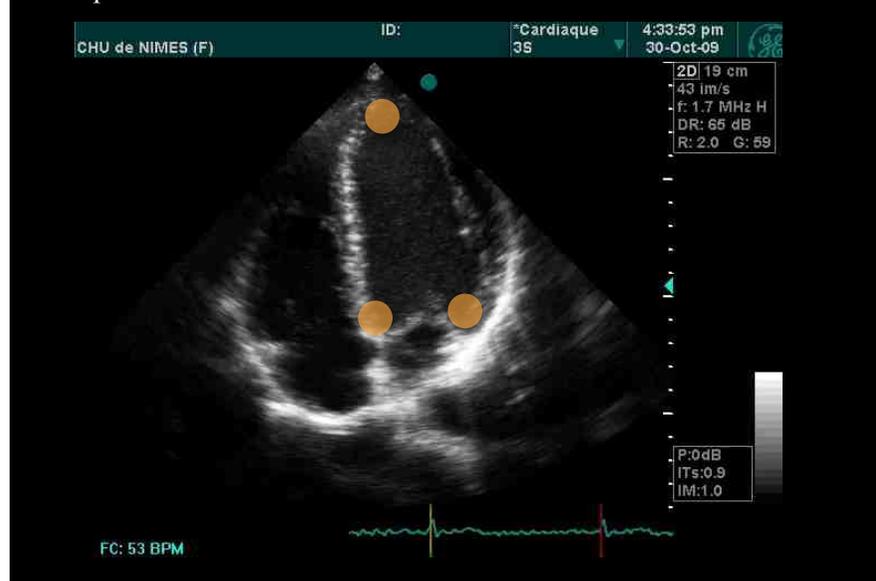
Variabilité inter-observateurs du 2D strain = 7 % à 11,8 %

Variabilité Simpson > 10%

Bergenzaum et al Crit Care 2011  
Perk et al JASE 2007

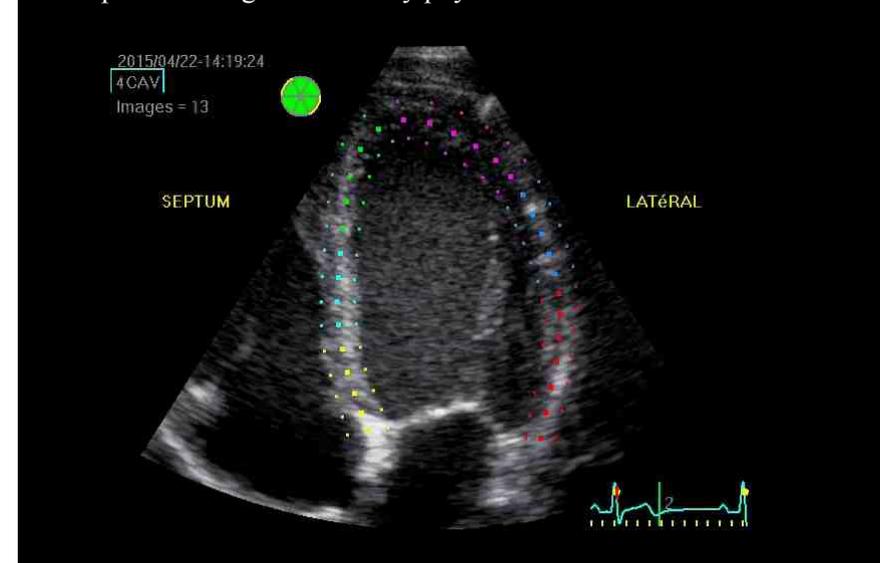
**How to record longitudinal strain ?**

Step 1

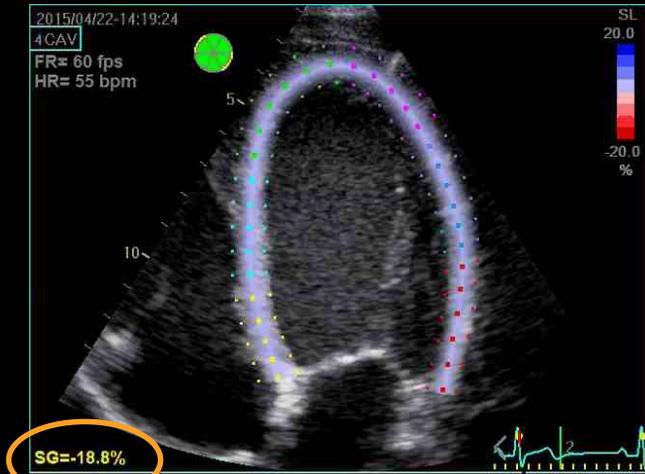


**How to record longitudinal strain ?**

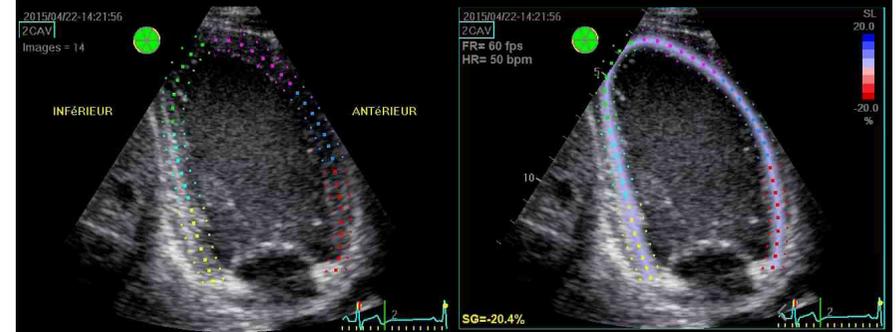
Step 2 : tracking validation by physician



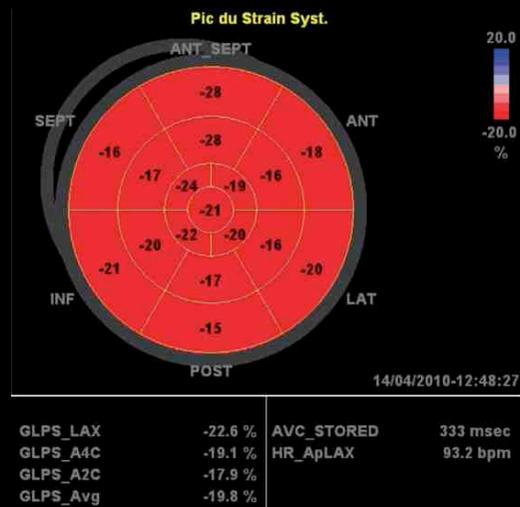
How to record longitudinal strain ?  
Step 3 : global and regional strain



Mesure du strain : Faire en 4, 2 et 3 cavités



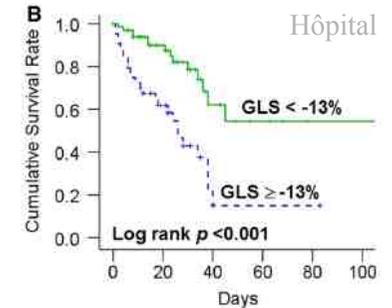
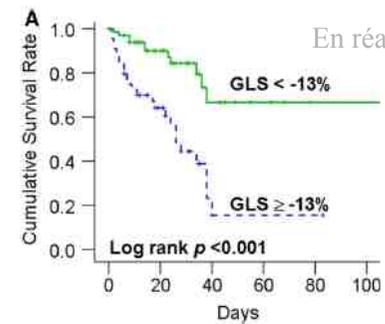
Speckle tracking, strain en 2, 3 et 4 cavités  
Cartographie ventriculaire gauche = « Bulleye »



2D Strain en réanimation :  
... Facteur pronostique au cours du sepsis (n = 111)

Wei-Ting Chang  
Wen-Huang Lee  
Wei-Ting Lee  
Po-Sheng Chen  
Yu-Ru Su  
Ping-Yen Liu  
Yen-Wen Liu  
Wei-Chuan Tsai

Left ventricular global longitudinal strain is independently associated with mortality in septic shock patients



2D Strain en réanimation :  
 ... Facteur pronostique au cours du sepsis (n = 111)

Wei-Ting Chang  
 Wen-Huang Lee  
 Wei-Ting Lee  
 Po-Sheng Chen  
 Yu-Ru Su  
 Ping-Yen Liu  
 Yen-Wen Liu  
 Wei-Chuan Tsai

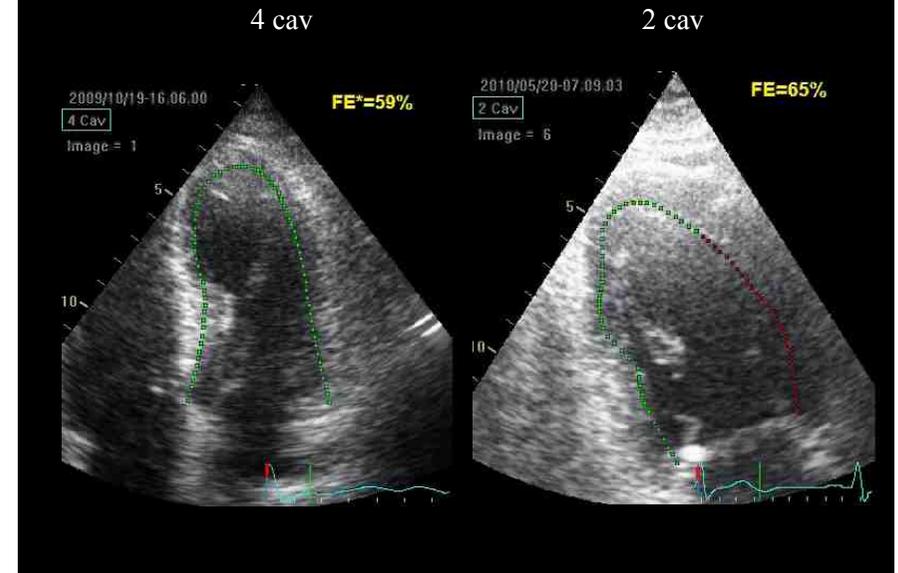
**Left ventricular global longitudinal strain is independently associated with mortality in septic shock patients**

Table 3 Univariable and multivariable predictors of ICU mortality

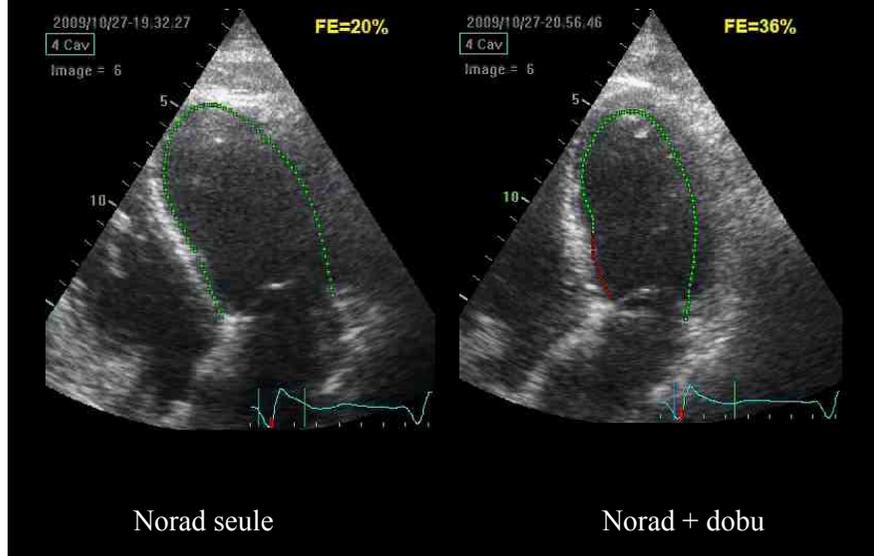
	Univariable		Multivariable			
	HR (95 % CI)	p	Model 1		Model 2	
			HR (95 % CI)	p	HR (95 % CI)	p
Age	1.00 (0.98-1.02)	0.75	-	-	-	-
Male gender	0.66 (0.32-1.35)	0.26	-	-	-	-
Hypertension	0.89 (0.41-1.93)	0.76	-	-	-	-
Alcoholism	1.12 (0.48-2.65)	0.79	-	-	-	-
APACHE II score (24 h)	1.05 (1.01-1.10)	0.03	1.06 (1.02-1.10)	0.01	1.06 (1.02-1.11)	0.006
Heart rate	1.01 (0.99-1.05)	0.28	-	-	-	-
Reduced GLS (GLS $\geq$ -13 %)	4.34 (2.10-8.92)	<0.001	4.21 (2.02-8.80)	<0.001	-	-
GLS	1.15 (1.07-1.23)	<0.001	-	-	1.14 (1.06-1.23)	<0.001

Chang et al Intensive Care Med 2015

FEVG automatique par Speckle Tracking



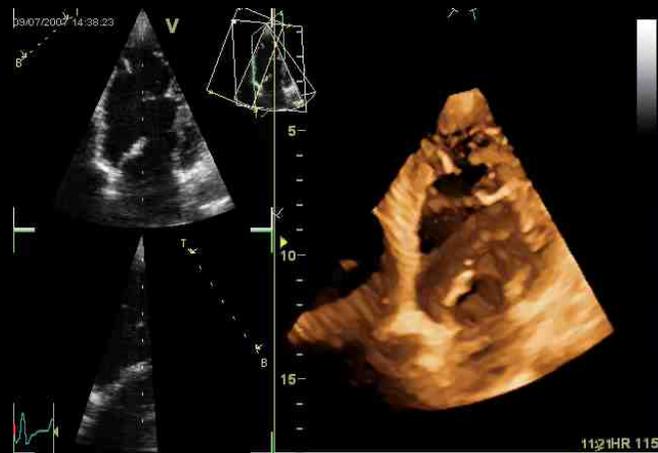
FEVG automatique : utilisation pratique



3D - 4D

Pas d'intérêt démontré en dehors de la chirurgie cardiaque valvulaire en période per opératoire

## 3D – 4D



## 3D – 4D

### Echo Doppler cardiaque : des images, des vitesses, des pressions...

1. Echographie proprement dite : bidimensionnelle ou 2D

- Images 2D classiques
- Images TM

2. Doppler :

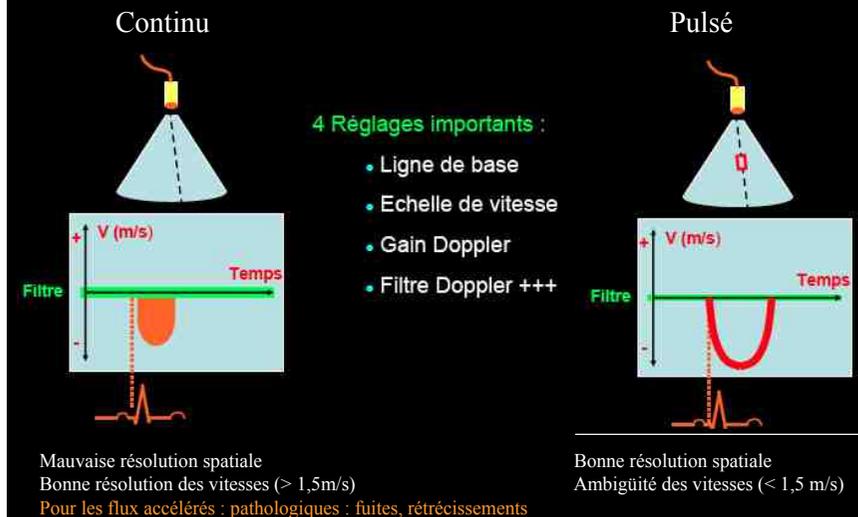
2.1. Vitesses des Globules rouges = analyses des flux intracardiaques

- $\Delta P = 4 V_{max}^2$
- Vitesses intracardiaques normales :  $< 1$  m/s
- Vitesses intracardiaques suspectes : entre 1 m/s et 1,5 m/s
- Vitesses intracardiaques anormales :  $> 1,5$  m/s
- Doppler pulsé : basses vitesses, bonne réso spatiale
- Doppler continu : hautes vitesses, mauvaise réso spatiale
- Doppler couleur = Doppler pulsé = basses vitesses

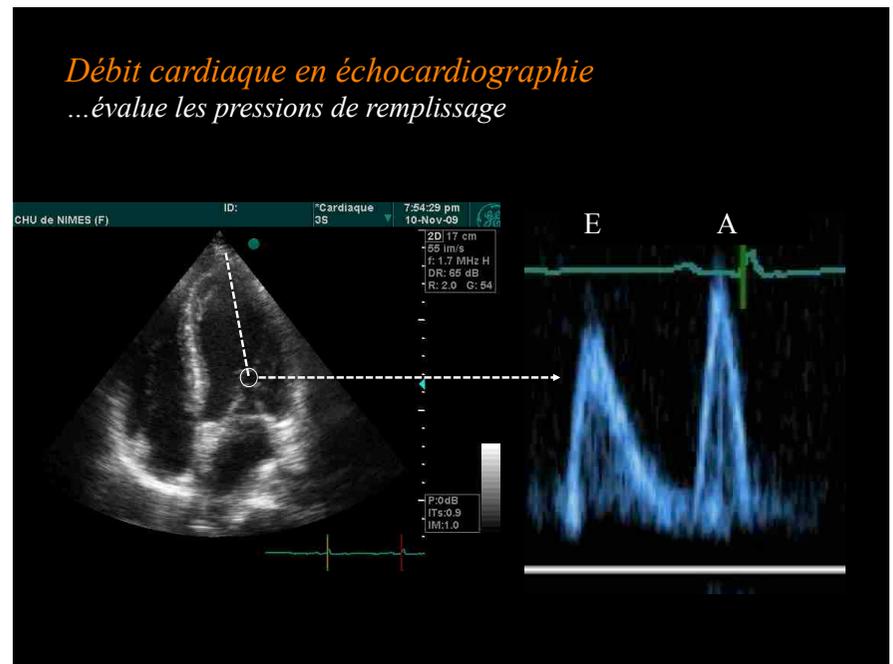
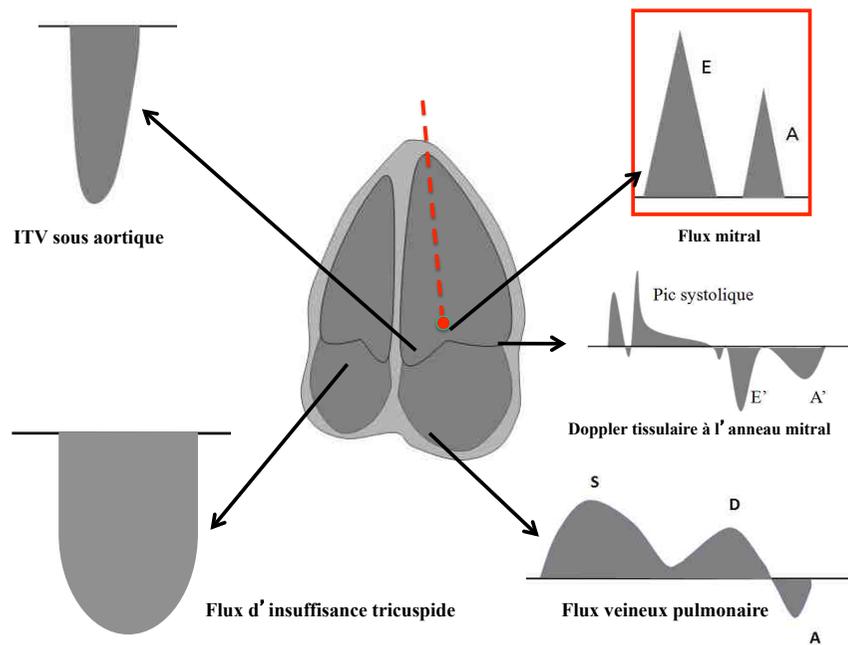
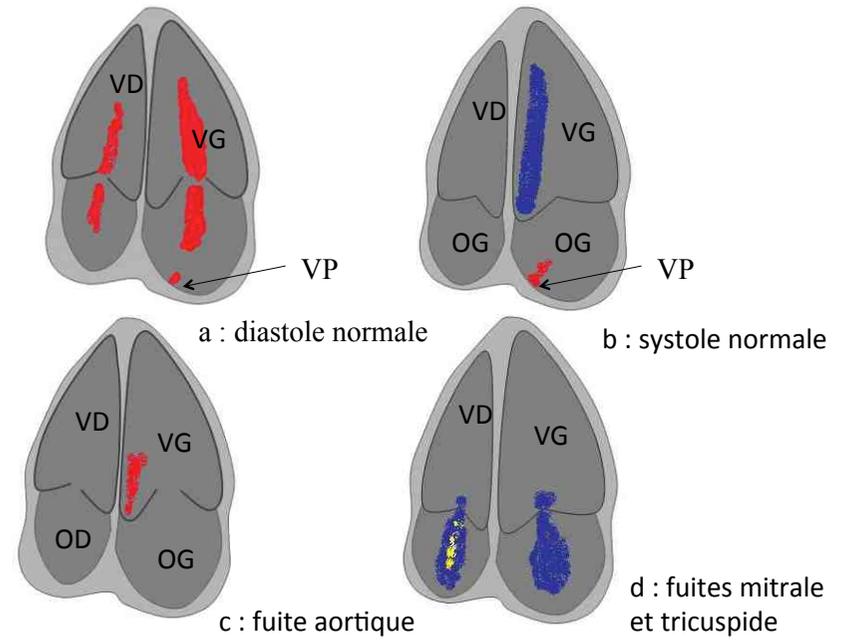
2.2 Doppler tissulaire

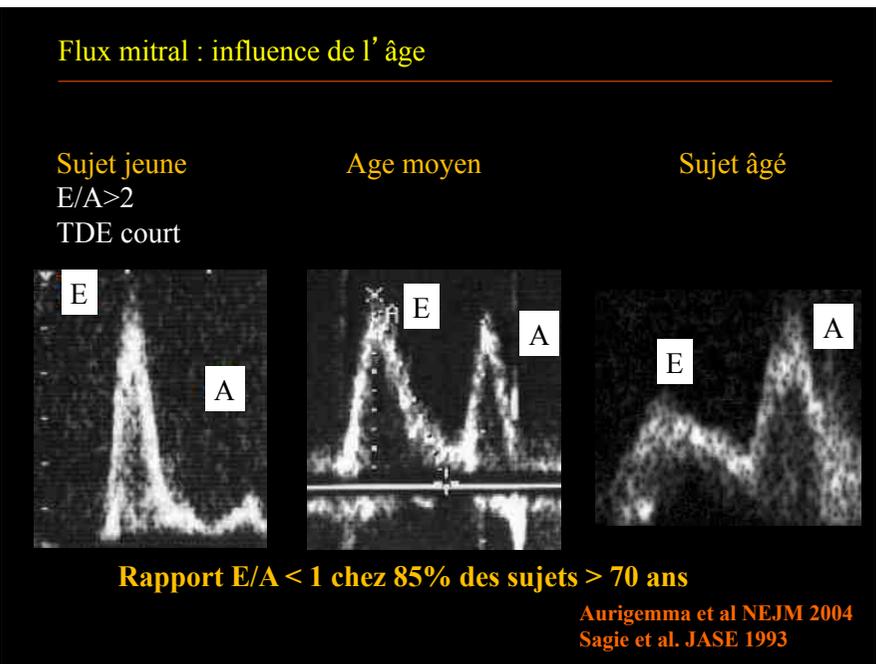
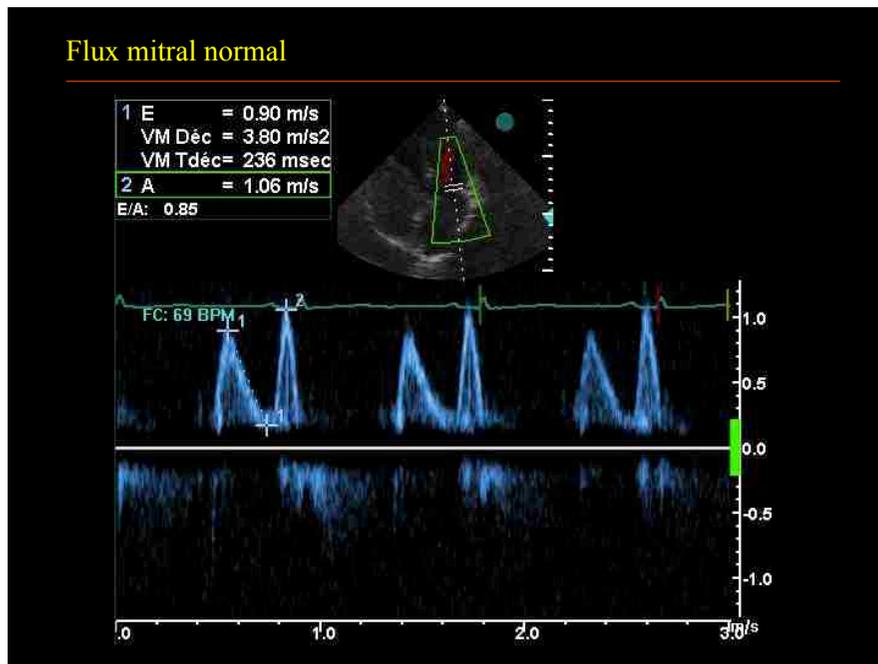
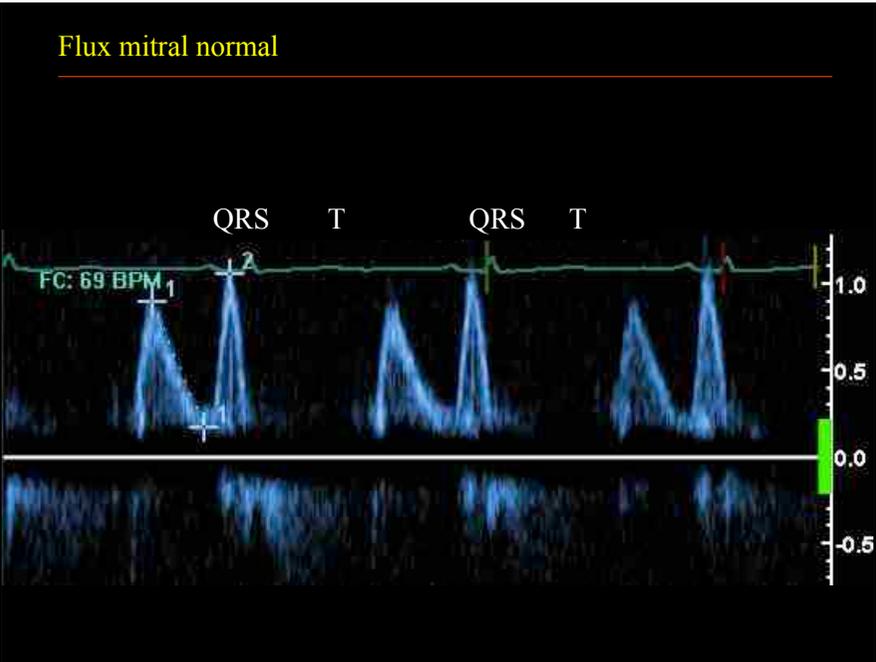
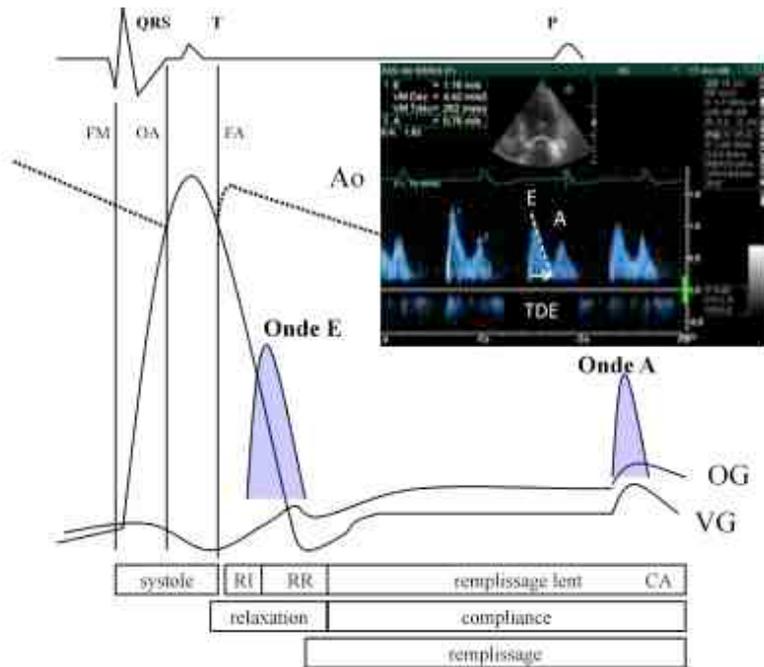
- C' est un Doppler pulsé = basses V
- Analyse de la mobilité myocardique en un endroit donné =  
=> propriétés intrinsèques du myocarde

### Doppler pulsé, Doppler continu

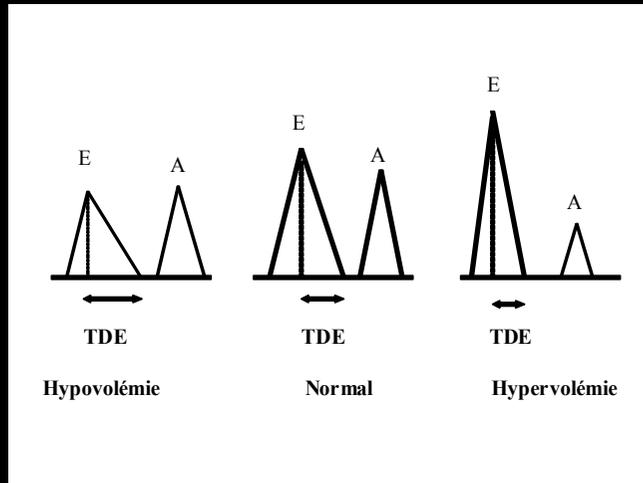


## Phénomène d'aliasing ou ambiguïté des vitesses





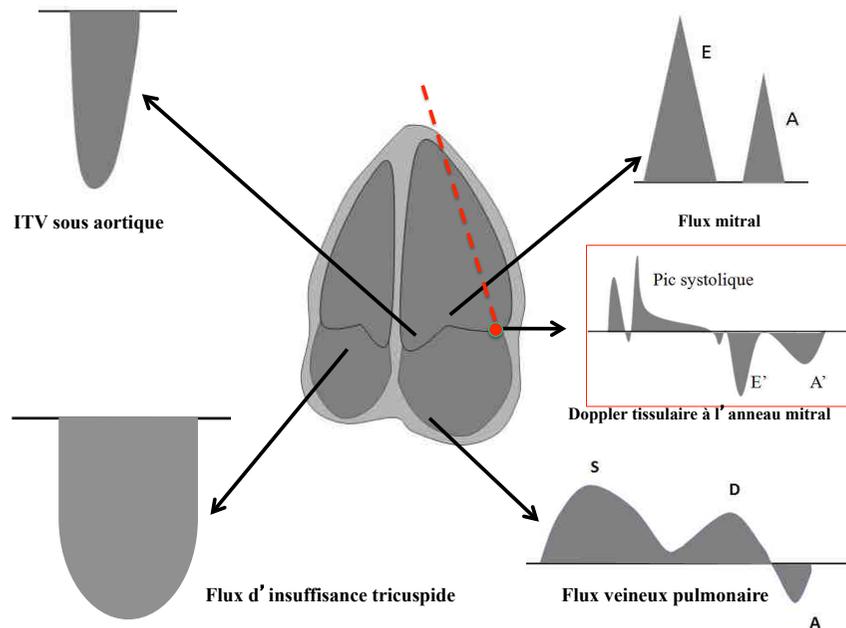
## Flux mitral : variations avec la volémie



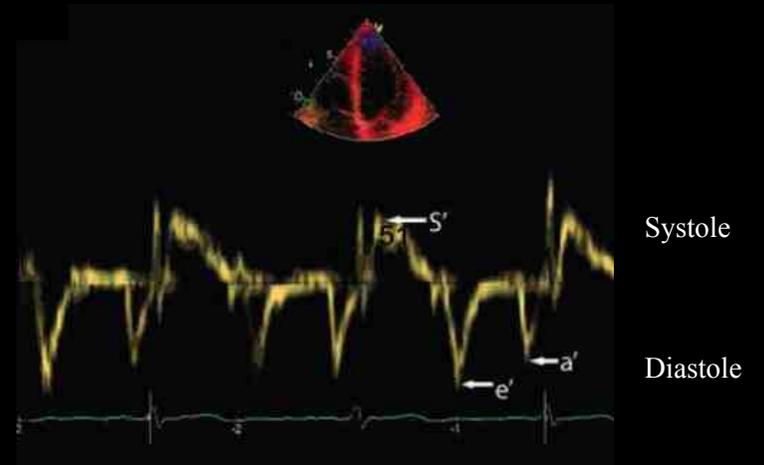
## Flux mitral : influence de l'âge (compliance)

Onde E = 0,7 – 0,9 m/s

Âge	2-20 ans	21-40 ans	41-60 ans	> 60 ans
Onde E (cm/s)	88 ± 14	75 ± 13	71 ± 14	71 ± 11
Onde A (cm/s)	49 ± 12	51 ± 11	57 ± 13	75 ± 12
Rapport E/A	1,88 ± 0,45	1,53 ± 0,40	1,28 ± 0,25	0,96 ± 0,18
TDE (ms)	142 ± 19	166 ± 14	181 ± 19	200 ± 29



## Doppler tissulaire à l'anneau mitral Fonction systolique *et* diastolique



Dalen et al Circulation 2010

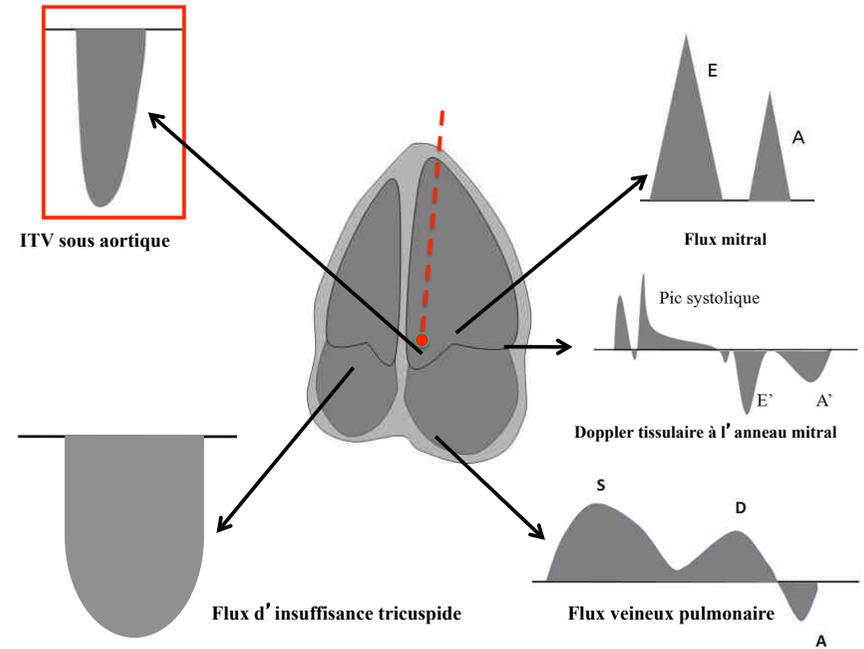
## Doppler tissulaire à l'anneau mitral : *valeurs chez le sujet sain*

Reference Values and Distribution of Conventional Echocardiographic Doppler Measures and Longitudinal Tissue Doppler Velocities in a Population Free From Cardiovascular Disease

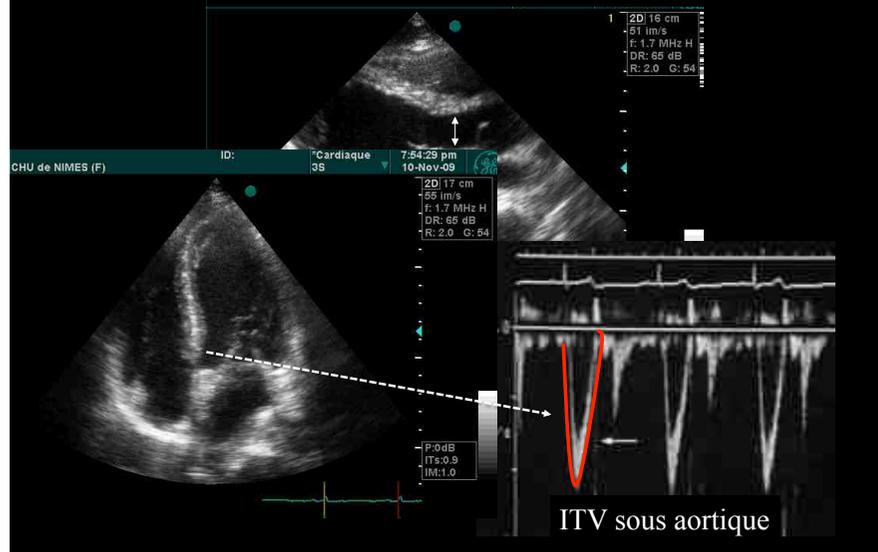
Table 3. Age- and Sex-Specific Mean Annular Velocities by pwTDI and cTDI

	LV (Mean of 4 Walls)			
	S' (pwTDI)	S' (cTDI)	e' (pwTDI)	a' (pwTDI)
<b>Female sex</b>				
Feasibility, no. (%)	652 (98%)	657 (99%)	652 (98%)	652 (98%)
<40 y, cm/s	8.9±1.1	7.2±1.0	14.6±2.3	8.8±1.9
40-60 y, cm/s	8.1±1.2	6.5±1.0	11.3±2.4	10.0±1.9
>60 y, cm/s	7.2±1.2	5.7±1.1	8.2±3.2	10.6±1.9
All, cm/s	8.2±1.3	6.6±1.1	11.8±3.2	9.7±2.0
<b>Male sex</b>				
Feasibility, no. (%)	590 (98%)	601 (99%)	590 (98%)	590 (98%)
<40 y, cm/s	9.4±1.4	7.6±1.2	14.1±2.7	9.1±1.7
40-60 y, cm/s	8.6±1.3	6.9±1.3	10.7±2.3	10.4±1.6
> y, cm/s	8.0±1.3	6.4±1.2	8.2±1.9	11.1±1.6
All, cm/s	8.6±1.4	6.9±1.3	10.8±3.0	10.3±1.7

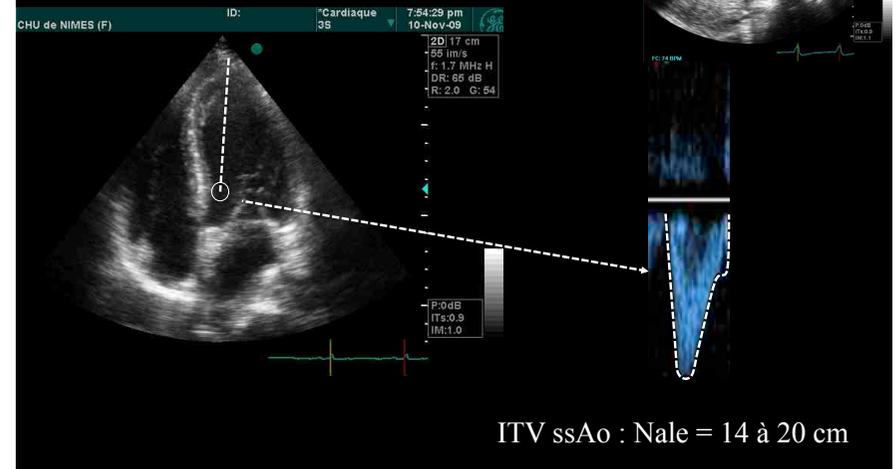
Dalen et al Circulation 2010

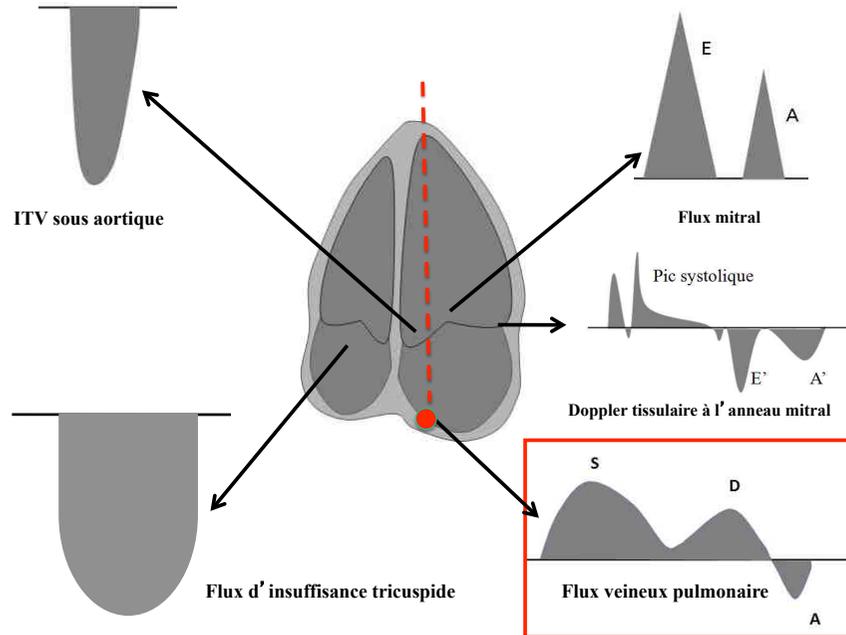


Débit cardiaque :  $Fc \times ITV \times Sao (\pi D^2/4)$



Débit cardiaque en échocardiographie  
...l'ITV ss Aortique suffit





## ETT normale : rédiger un compte rendu

1. Toujours stocker des boucles et les flux Doppler
2. Commencer par le péricarde : épanchement oui/non, si oui, quantifier et dire si tamponnade Oui/non
3. Contractilité VG globale et segmentaire : visuel et une mesure chiffrée
4. Fonction VD (chiffrée, Tapse ou autre) , pressions droites : PAPs au minimum
5. Débit cardiaque
6. Pressions de remplissage gauches : Doppler mitral, tissulaire, flux veineux pulmonaire
7. Veine cave : diamètre et variabilité respiratoire
8. Fluid responsiveness : Lever passif de jambe ou minifluid ou delta V pic ou VCI
9. Toujours rechercher une valvulopathie massive = pouvant expliquer un choc ou une hypoxie

## Proposition de CR type

### Conclusion : proposition de standardisation de l'examen ETT (Tableau 4)

Tableau 4 : Examen ETT normal standardisé et valeurs normales, par ordre chronologique d'analyse.

1. Coupe parasternale grand axe	2. Coupe parasternale petit axe	3. Coupes apicales 4 et 5 cavités	4. À la fin de l'examen
<p><b>Mode B :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rechercher un épanchement péricardique. Si présent : 1. le différencier d'un épanchement pleural gauche (la localisation entre l'aorte descendante et l'OG correspond à un épanchement péricardique), 2. le quantifier et affirmer ou infirmer l'existence d'un tamponnade (gestion exacte de cet aspect)</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement des valves mitrale et aortique</li> <li>Mesure du diamètre de la chambre de chasse sous aortique en utilisant pour le calcul du débit cardiaque</li> </ul> <p><b>Mode TM en position médio-ventriculaire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure DT/VTG (17-56 mm), DT/STG (22-40mm), épaisseur de paroi VG (6-11mm)</li> <li>Calcul FRD (26-40%) et extrapolation FEVG par méthode de Teichholz (&lt; 55 %)</li> </ul> <p><b>Mode TM en position aorte ascendante - oreillette gauche :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure du diamètre latéral de l'OG (19-40 mm)</li> <li>Mesure du diamètre de la racine aortique (20-37 mm)</li> </ul> <p><b>Doppler couleur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De principe sur les valves mitrale et aortique afin de détecter une fuite majeure</li> </ul>	<p><b>Mode B :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantifier visuellement globale et segmentaire (paroi latérale, antérieure et septale) du VG : FEVG visuelle semi quantitative (normale, modérément altérée, très altérée)</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement des valves mitrale, aortique et tricuspide</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement des valves mitrale</li> <li>Fonction VD</li> <li>Surface OG : marqueur de dysfonction diastolique (&lt; 20 cm<sup>2</sup>)</li> <li>Éventuellement : rechercher un épanchement pleuro-aortique sans vu en PSGA ou un thrombus intra-cavitaire (apex VG, OD)</li> </ul> <p><b>Doppler couleur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sur les valves mitrale, tricuspide et aortique afin de détecter une fuite majeure</li> <li>Sur la chambre de chasse du VG afin de repérer une obstruction intra-ventriculaire</li> </ul> <p><b>Doppler Pulsé :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitral : Onde E (0,7-0,9 m/s), TDE (140 - 220 ms), rapport E/A (0,8-2,2) (distance 4 cavités)</li> <li>Sous aortique antéroventriculaire : ITV (14-20 cm) (distance 5 cavités)</li> <li>Flux veineux pulmonaire : rapport S/D (1,1), Durée onde Ar (40-140 ms), Vésicité Ar (&lt; 35 cm/s)</li> </ul> <p><b>Doppler tissulaire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amplitude relatif latéral (fonction diastolique) : Onde E' (Ea) (&lt; 100%), E'A' : 1</li> <li>Amplitude tricuspide : Onde S = Fonction systolique ventriculaire droite (&lt; 11 cm/s)</li> </ul> <p><b>Doppler continue :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intitulé par définition en cas d'échographie normale, utile si valvulopathie ou HTAP</li> </ul>	<p><b>Mode B :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantifier visuellement globale et segmentaire (paroi latérale, antérieure et septale) du VG : FEVG visuelle semi quantitative (normale, modérément altérée, très altérée)</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement des valves mitrale, aortique et tricuspide</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement de la valve mitrale</li> </ul> <p><b>Mode TM en position médio-ventriculaire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure DT/VTG (17-56 mm), DT/STG (22-40mm), épaisseur de paroi VG (6-11mm)</li> <li>Mesure du diamètre latéral de l'OG (19-40 mm)</li> <li>Mesure du diamètre de la racine aortique (20-37 mm)</li> </ul> <p><b>Doppler couleur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De principe sur les valves mitrale, tricuspide et aortique afin de détecter une fuite majeure</li> </ul>	<p><b>Mode B :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantifier visuellement globale et segmentaire (paroi latérale, antérieure et septale) du VG : FEVG visuelle semi quantitative (normale, modérément altérée, très altérée)</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement des valves mitrale, aortique et tricuspide</li> <li>Rapport visuel VD/VTG (&lt; 1)</li> <li>Fonction VD</li> <li>Surface OG : marqueur de dysfonction diastolique (&lt; 20 cm<sup>2</sup>)</li> <li>Éventuellement : rechercher un épanchement péricardique sans vu en PSGA ou un thrombus intra-cavitaire (apex VG, OD)</li> </ul> <p><b>Doppler couleur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sur les valves mitrale, tricuspide et aortique afin de détecter une fuite majeure</li> <li>Sur la chambre de chasse du VG afin de repérer une obstruction intra-ventriculaire</li> </ul> <p><b>Doppler Pulsé :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitral : Onde E (0,7-0,9 m/s), TDE (140 - 220 ms), rapport E/A (0,8-2,2) (distance 4 cavités)</li> <li>Sous aortique intraventriculaire : ITV (14-20 cm) (distance 5 cavités)</li> <li>Flux veineux pulmonaire : rapport S/D (0,7-1,8), Durée onde Ar (40-140 ms), Vésicité Ar (&lt; 35 cm/s)</li> </ul> <p><b>Doppler tissulaire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amplitude relatif latéral (fonction diastolique) : Onde E' (Ea) (&lt; 8 cm/s), E'A' : 1</li> <li>Amplitude tricuspide : Onde S = Fonction systolique ventriculaire droite (&lt; 11 cm/s)</li> </ul> <p><b>Doppler continue :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intitulé par définition en cas d'échographie normale, utile si valvulopathie ou HTAP</li> </ul>

## Proposition de CR type

Tableau 4 : Examen ETT normal standardisé et valeurs normales, par ordre chronologique d'analyse.

1. Coupe parasternale grand axe	2. Coupe parasternale petit axe	3. Coupes apicales 4 et 5 cavités	4. À la fin de l'examen
<p><b>Mode B :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rechercher un épanchement péricardique. Si présent : 1. le différencier d'un épanchement pleural gauche (la localisation entre l'aorte descendante et l'OG correspond à un épanchement péricardique), 2. le quantifier et affirmer ou infirmer l'existence d'un tamponnade (gestion exacte de cet aspect)</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement des valves mitrale et aortique</li> <li>Mesure du diamètre de la chambre de chasse sous aortique en utilisant pour le calcul du débit cardiaque</li> </ul> <p><b>Mode TM en position médio-ventriculaire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure DT/VTG (17-56 mm), DT/STG (22-40mm), épaisseur de paroi VG (6-11mm)</li> <li>Calcul FRD (26-40%) et extrapolation FEVG par méthode de Teichholz (&lt; 55 %)</li> </ul> <p><b>Mode TM en position aorte ascendante - oreillette gauche :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure du diamètre latéral de l'OG (19-40 mm)</li> <li>Mesure du diamètre de la racine aortique (20-37 mm)</li> </ul> <p><b>Doppler couleur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De principe sur les valves mitrale, tricuspide et aortique afin de détecter une fuite majeure</li> </ul>	<p><b>Mode B :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantifier visuellement globale et segmentaire (paroi latérale, antérieure et septale) du VG : FEVG visuelle semi quantitative (normale, modérément altérée, très altérée)</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement des valves mitrale, aortique et tricuspide</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement de la valve mitrale</li> </ul> <p><b>Mode TM en position médio-ventriculaire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure DT/VTG (17-56 mm), DT/STG (22-40mm), épaisseur de paroi VG (6-11mm)</li> <li>Mesure du diamètre latéral de l'OG (19-40 mm)</li> <li>Mesure du diamètre de la racine aortique (20-37 mm)</li> </ul> <p><b>Doppler couleur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De principe sur les valves mitrale, tricuspide et aortique afin de détecter une fuite majeure</li> </ul>	<p><b>Mode B :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantifier visuellement globale et segmentaire (paroi latérale, antérieure et septale) du VG : FEVG visuelle semi quantitative (normale, modérément altérée, très altérée)</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement des valves mitrale, aortique et tricuspide</li> <li>Rapport visuel VD/VTG (&lt; 1)</li> <li>Fonction VD</li> <li>Surface OG : marqueur de dysfonction diastolique (&lt; 20 cm<sup>2</sup>)</li> <li>Éventuellement : rechercher un épanchement péricardique sans vu en PSGA ou un thrombus intra-cavitaire (apex VG, OD)</li> </ul> <p><b>Doppler couleur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sur les valves mitrale, tricuspide et aortique afin de détecter une fuite majeure</li> <li>Sur la chambre de chasse du VG afin de repérer une obstruction intra-ventriculaire</li> </ul> <p><b>Doppler Pulsé :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitral : Onde E (0,7-0,9 m/s), TDE (140 - 220 ms), rapport E/A (0,8-2,2) (distance 4 cavités)</li> <li>Sous aortique intraventriculaire : ITV (14-20 cm) (distance 5 cavités)</li> <li>Flux veineux pulmonaire : rapport S/D (0,7-1,8), Durée onde Ar (40-140 ms), Vésicité Ar (&lt; 35 cm/s)</li> </ul> <p><b>Doppler tissulaire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amplitude relatif latéral (fonction diastolique) : Onde E' (Ea) (&lt; 8 cm/s), E'A' : 1</li> <li>Amplitude tricuspide : Onde S = Fonction systolique ventriculaire droite (&lt; 11 cm/s)</li> </ul> <p><b>Doppler continue :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intitulé par définition en cas d'échographie normale, utile si valvulopathie ou HTAP</li> </ul>	<p><b>Mode B :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantifier visuellement globale et segmentaire (paroi latérale, antérieure et septale) du VG : FEVG visuelle semi quantitative (normale, modérément altérée, très altérée)</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement des valves mitrale et aortique</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement des valves mitrale et tricuspide</li> <li>Quantifier et mesurer visuellement de la valve mitrale</li> </ul> <p><b>Mode TM en position médio-ventriculaire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure DT/VTG (17-56 mm), DT/STG (22-40mm), épaisseur de paroi VG (6-11mm)</li> <li>Mesure du diamètre latéral de l'OG (19-40 mm)</li> <li>Mesure du diamètre de la racine aortique (20-37 mm)</li> </ul> <p><b>Doppler couleur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De principe sur les valves mitrale, tricuspide et aortique afin de détecter une fuite majeure</li> </ul>

