

# Intérêt du cathéter de Swan- Ganz par rapport à l'échographie cardiaque...



**Dr Ben Romdhane Kaïs**

Service de réanimation Respiratoire

Hôpital A.Mami - Ariana

# Introduction

- **Cathéter de Swan-Ganz** → la technique de choix pour l'évaluation :
  - Pressions du cœur (**PAPO, POD**)
  - Débit cardiaque (**Qc**)
  - Oxygénation tissulaire et rapport transport/besoin en O<sub>2</sub> tissulaire (**SVO<sub>2</sub>**)
- **Echographie cardiaque** → technique non invasive :
  - Deux voies d'abord (ETT, ETO)
  - Analyse structurale et morphologique du cœur
  - Étude hémodynamique : doppler

# Situation du problème...

Le contexte actuel de l'exercice médical (devoir d'information du patient en cas de procédures à risque, prise en compte du risque iatrogène) explique l'intérêt grandissant des cliniciens pour les méthodes hémodynamiques non invasives. Cela d'autant plus que l'innocuité du cathéter de Swan-Ganz, et donc sa justification, font l'objet d'un débat régulièrement alimenté dans la littérature. L'échocardiographie n'est plus aujourd'hui un simple outil d'imagerie. Elle est devenue une technique d'investigation hémodynamique capable de fournir au médecin des informations qui rivalisent avantageusement avec celles issues du cathétérisme cardiaque droit.

Est-ce à dire qu'une technique doit remplacer l'autre ?

# L'échographie cardiaque/Swan-Ganz : Les données recueillies

## Etude hémodynamique : Cathéter de Swan-Ganz

Nom/Prénom..... Age.....ans..... DM.....  
Poids..... Taille..... SC.....

Date					
Heure					
Mode V°					
AI (cmH2O)					
FiO2/PEP					
Vmn (l/mn)					
NO (ppm)					
FC					
DC	4 - 7 l/mn	Débit cardiaque			
IC	2 - 4 l/mn/m <sup>2</sup>				
PAS/D	mmHg	Pressions pulmonaires			
PAM	mmHg				
PAPS/D	15-28/5-16 mmHg				
PAPM	10 - 22 mmHg				
PVC	0 - 8 mmHg				
PAP0	6 - 15 mmHg	Précharge VD-VG			
VEj	ml				
IVEj	41 - 51 ml/m <sup>2</sup>	Volume d'éjection			
RVP	100 - 250 Ds/cm <sup>3</sup>				
IRVP	225 - 315 Dm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	Postcharge VD-VG			
RVS	770 - 500 Ds/cm <sup>3</sup>				
IRVS	1970-2390 Dm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>				
PaO <sub>2</sub>	mmHg				
PaCO <sub>2</sub>	40 ± 2 mm/Hg				
SaO <sub>2</sub>	92 - 95 %				
PvO <sub>2</sub>	mmHg				
SvO <sub>2</sub>	68 - 78 %				
Hb	g/dl				
P.Bar	mmHg				
CaO <sub>2</sub>	ml/dl	Oxygénation/balance TaO2/VO2			
Ca-Vo <sub>2</sub>	4,2 - 5 ml/dl				
IVO <sub>2</sub>	115 - 165 ml/mn/m <sup>2</sup>				
IAlmO <sub>2</sub>	500 - 650 ml/mn/m <sup>2</sup>				
Qs:Qt	< 6 %				

## Echographie Cardiaque

Nom/Prénom..... Age..... DM.....

Date					
Heure					
Type écho					
Mode V°					
FiO <sub>2</sub> /PEP/V <sub>T</sub> /FR					
FC	c/mn				
PA S/D/M	mmHg				
FE	%	Fonction systolique VG (cinétique, taille, contraction)			
FR	%				
DTD VG	mm	Débit cardiaque			
Hypokinésie					
SIV - PP	mm	Fonction diastolique Précharge VG			
ITV <sub>max</sub>	cm				
VES	ml				
IC	l/mn/m <sup>2</sup>				
E <sub>m</sub> - A <sub>m</sub>	cm/s				
E/A <sub>m</sub>		Précharge dépendance Précharge VD			
TDE <sub>st</sub>	ms				
E <sub>m</sub> - A <sub>m</sub>	cm/s	Fonction VD, Pressions pulmonaires, interaction VD/VG			
E/A <sub>m</sub>					
E/E'					
V <sub>p</sub> - E/V <sub>p</sub>	%	Valvulopathie, péricarde, bilan d'hypoxémie			
ΔITV	%				
ΔV <sub>vent</sub>	%				
V <sub>ei max</sub> - min	cm				
AVCI	%				
SVD - SVG	cm <sup>2</sup>				
SVD/ SVG					
Sept pdoxal					
VIT	cm/s				
Tacc	ms				
PAP <sub>2</sub>	mmHg				
ITVpulm	cm				
TAPSE	cm				
S DTI	cm/s				
SOD - SOG	cm <sup>2</sup>				
IM - RM					
IAO - RAO					
PFO - SIP					
Ep. péricardique	mm				

Pressions  
pulmonaires (HTAP)

Test au NO

Evaluation  
Hémodynamique

Champs  
d'action

SDRA/OAP  
hémodynamique

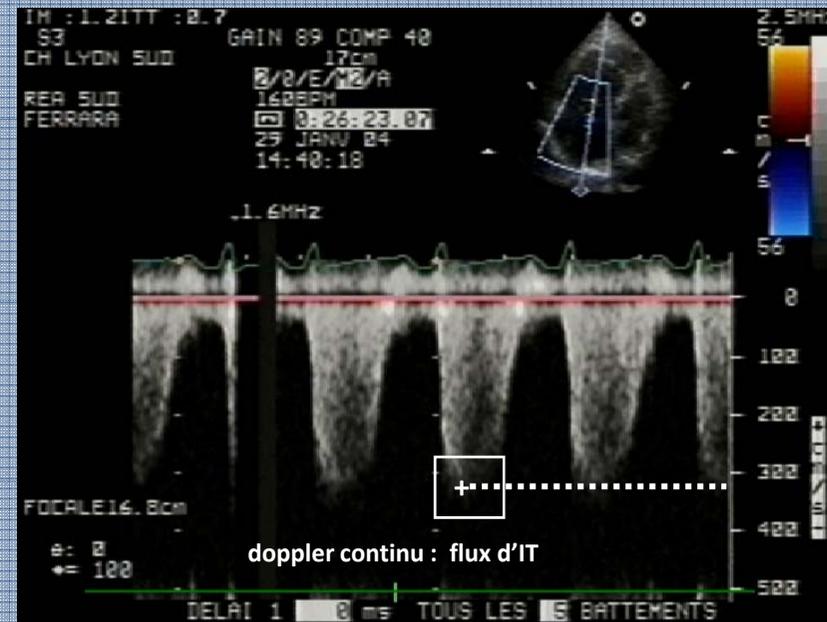
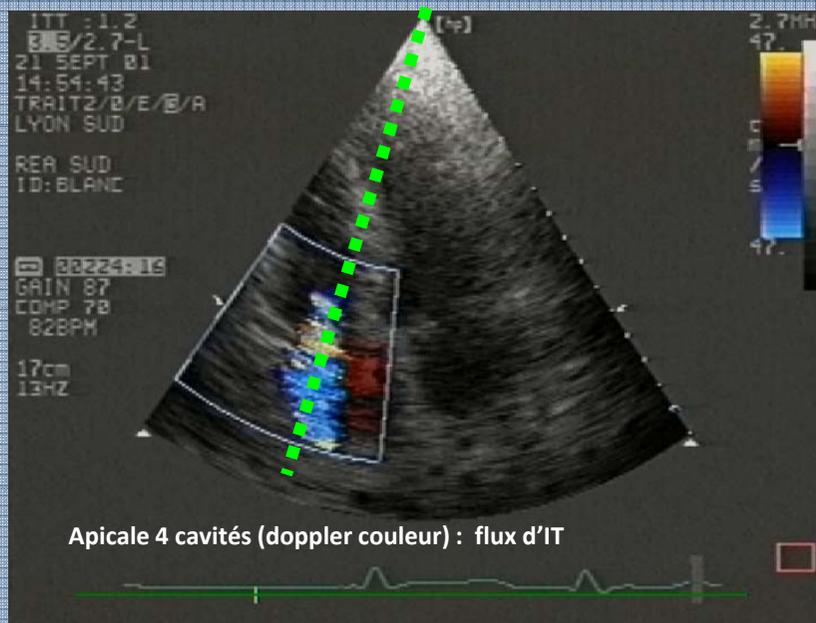
Sevrage de la VM

Evaluation des pressions pulmonaires

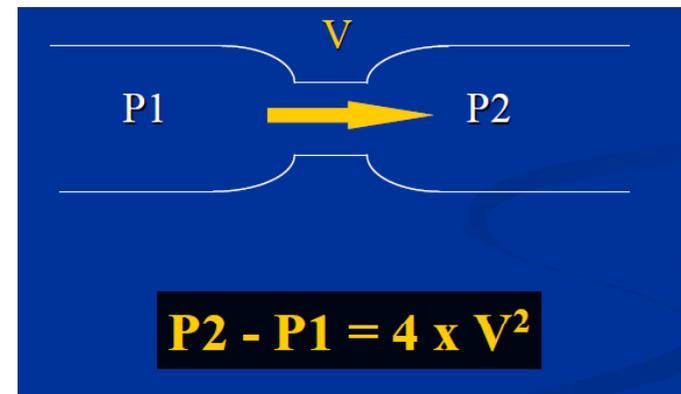
HTAP

Test de réversibilité au NO

# Évaluation de la PAPs : flux d'IT

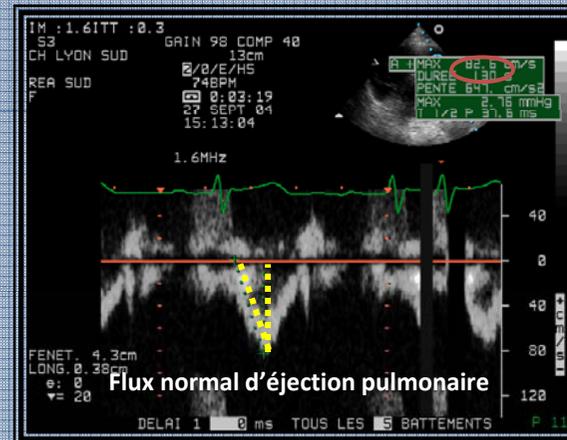
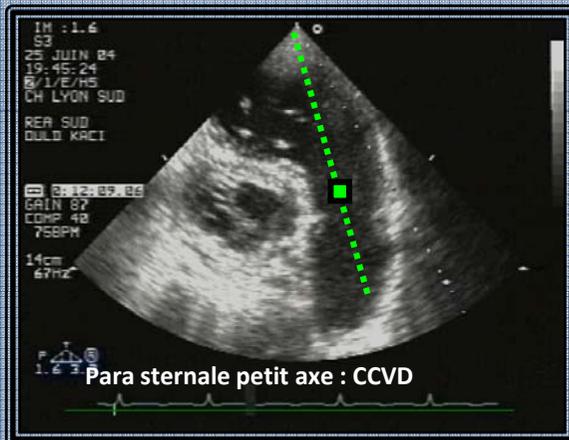


- Mesure de la vitesse maximale du flux d'IT
  - ✓ 90 % en cas de PAPs > 35 mmHg
  - ✓ 60 % en cas de PAPs normale
- Loi de Bernoulli simplifiée;  $P_1 - P_2 = 4V_{\max}^2$
- $P \text{ VDs} - \text{POD} = 4(V_{\max_{IT}})^2$
- $P \text{ VDs} = \text{PAPs} = 4(V_{\max_{IT}})^2 + \text{POD}$
- Bonne corrélation avec PAP invasive ( $R > 0,85$ )



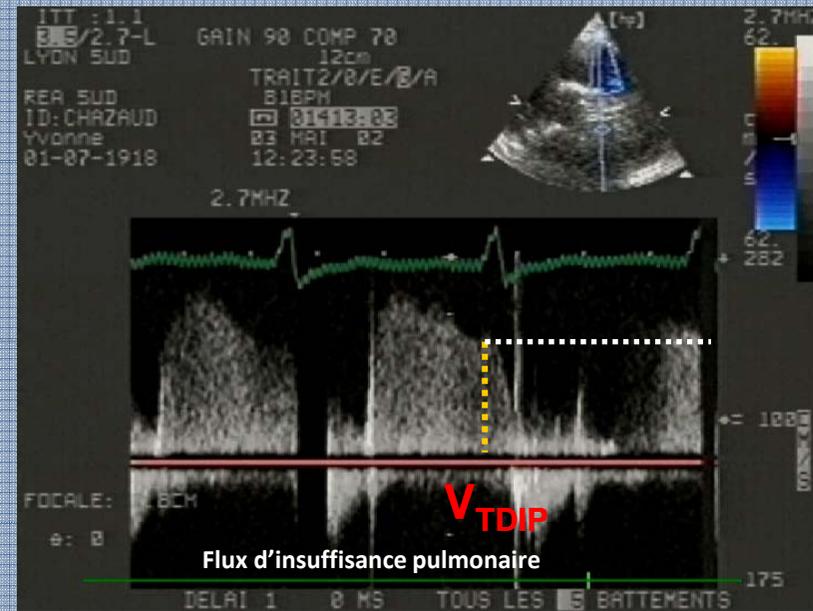
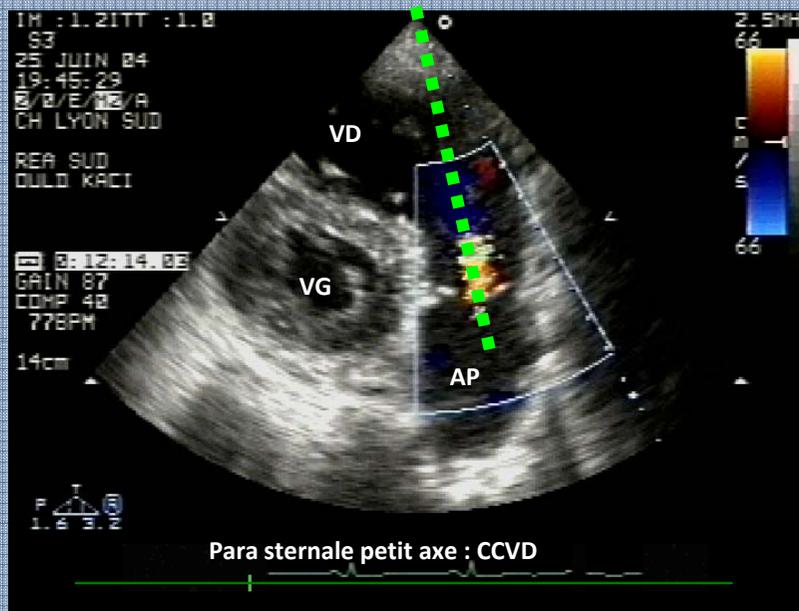
# Évaluation de la PAPs : étude du flux d'éjection pulmonaire

- Analyse du flux d'éjection pulmonaire :
  - Temps d'accélération pulmonaire (Tacc)
    - Corrélé à la PAPs (PAPs  $\uparrow$  si Tacc < 90 ms)
  - Aspect du flux (biphasique)



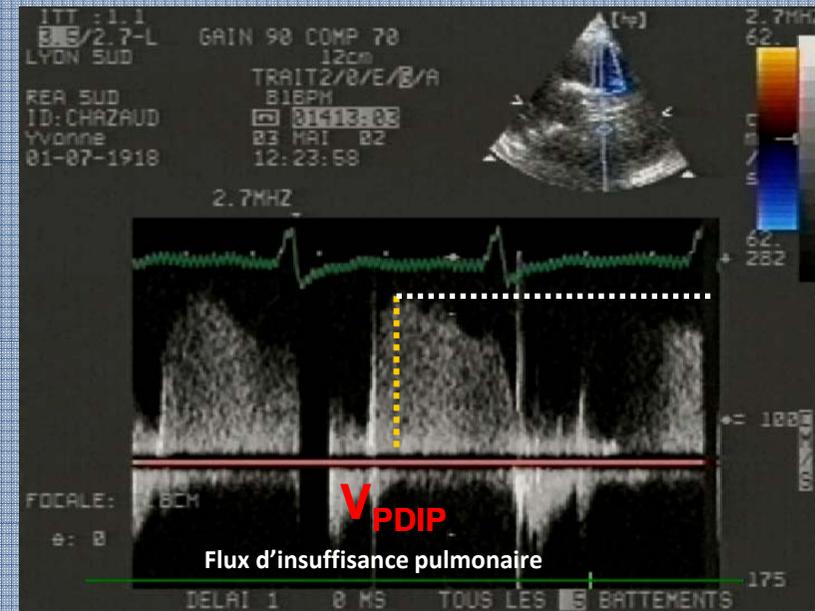
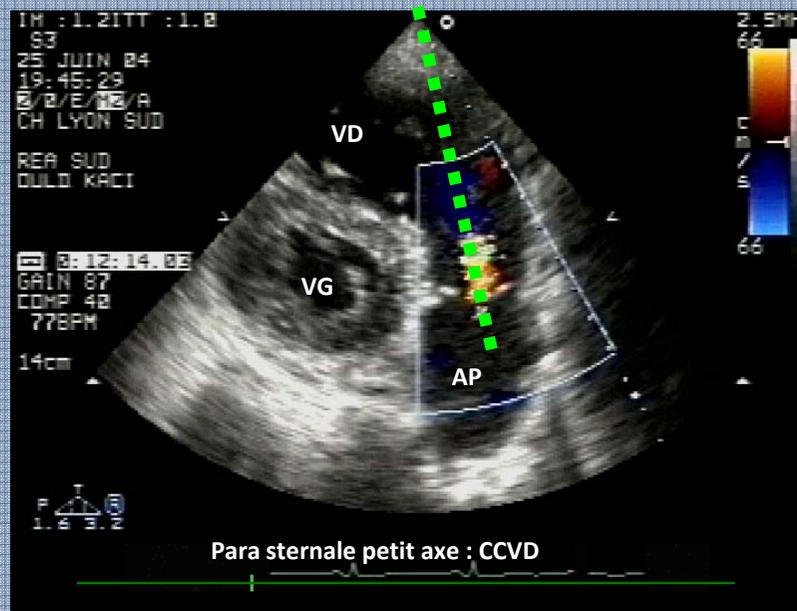
Masuyama et coll, circulation 1986; 74:484-92

## Évaluation de la PAP diastolique : flux d'IP



- Mesure de la vitesse du flux d'IP **télédiastolique**
- Gradient de pression télédiastolique AP/VD
- $PAP_d = 4 (V_{TDIP})^2 + POD$

## Évaluation de la PAP moyenne : flux d'IP



- Mesure de la vitesse du flux d'IP **protodiastolique**
- Gradient de pression protodiastolique AP/VD
- $PAP_m = 4 (V_{PDIP})^2 + PTDVD$  ou  $POD$

# Limites des mesures non invasives

## ❖ Limites de l'IT :

- Pas d'IT chez 40 % de sujets normaux ou PAP peu élevée
- IT sévères avec flux laminaire
- Sujets peu échogènes, insuffisants respiratoires
- Considérations techniques

## ❖ Limites du flux d'éjection pulmonaire

- ❖ Semi quantitatif
- ❖ Dépendance au débit et la fréquence cardiaque
- ❖ Dépend de la présence d'une dysfonction VD
- ❖ Dépassé par les méthodes quantitatives

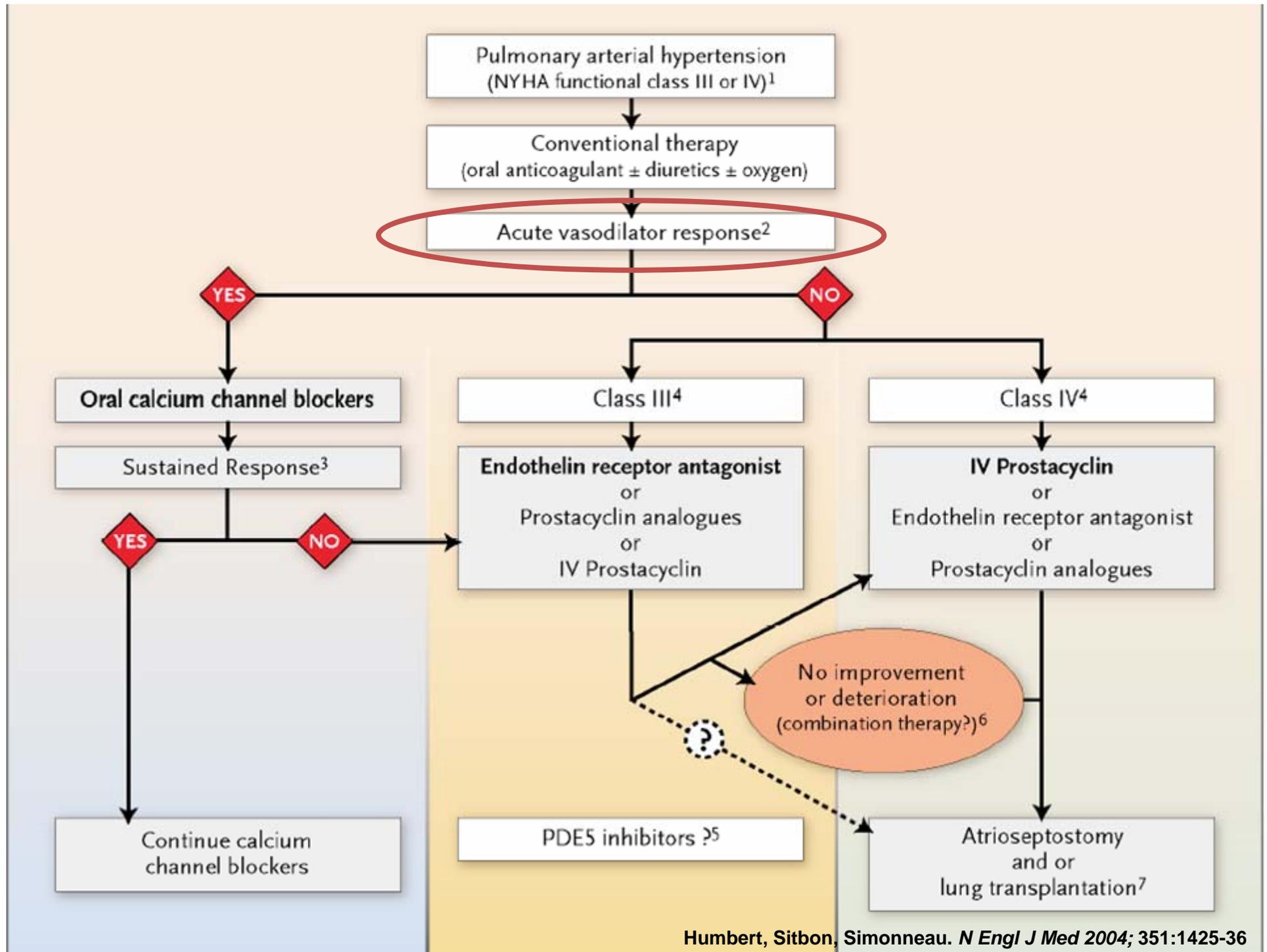
# Screening, Early Detection, and Diagnosis of Pulmonary Arterial Hypertension: ACCP Evidence-Based Clinical Practice Guidelines

Michael McGoon, David Gutterman, Virginia Steen, Robin Barst, Douglas C. McCrory, Terry A. Fortin and James E. Loyd

7. In asymptomatic patients at high risk, Doppler echocardiography should be performed to detect elevated pulmonary arterial pressure. Quality of evidence: expert opinion; benefit: intermediate; strength of recommendation: E/B.

## Recommandations ACCP 2004

**17. In patients with suspected PH, right-heart catheterization is required to confirm the presence of PH, establish the specific diagnosis, and determine the severity of PH. Quality of evidence: good; benefit: substantial; strength of recommendation: **A**.**



## Test de réactivité vasculaire

- ❖ Test pharmacologique utilisant une substance vasodilatatrice
- ❖ Tester la réserve de réactivité vasculaire
- ❖ Contrôle médical continu : unité de soins intensifs, équipe entraînée<sup>+++</sup>  
(recommandation d'experts **E/A**)

Drug	Route	Half-life	Dose range <sup>a</sup>	Increments <sup>b</sup>	Duration <sup>c</sup>
Epoprostenol	Intravenous	3 min	2–12 ng/kg/min	2 ng/kg/min	10 min
Adenosine	Intravenous	5–10 s	50–350 µg/kg/min	50 µg/kg/min	2 min
Nitric oxide	Inhaled	15–30 s	10–20 ppm	–	5 min <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Initial dose and maximal dose suggested.

<sup>b</sup> Increments of dose by each step.

<sup>c</sup> Duration of administration on each step.

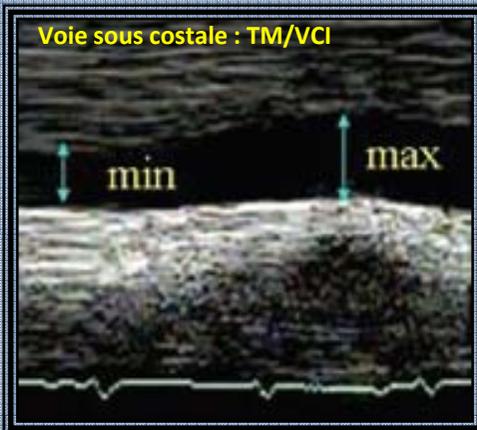
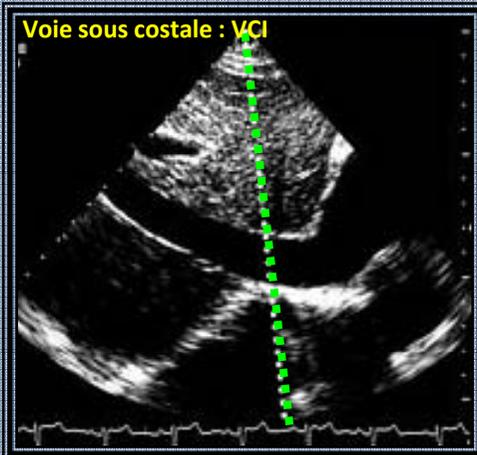
<sup>d</sup> For NO a single step within the dose range is suggested.

## Indications : recommandations

1. Patients with IPAH should undergo acute vasoreactivity testing using a short-acting agent such as IV epoprostenol or adenosine, or inhaled NO. Level of evidence: fair; benefit: substantial; grade of recommendation: **A.**
2. Patients with PAH associated with underlying processes, such as scleroderma or congenital heart disease, should undergo acute vasoreactivity testing. Level of evidence: expert opinion; benefit: small/weak; grade of recommendation: **E/C.**

Evaluation des pressions de  
remplissage : SDRA ou OPH

# Estimation de la POD : étude de la VCI



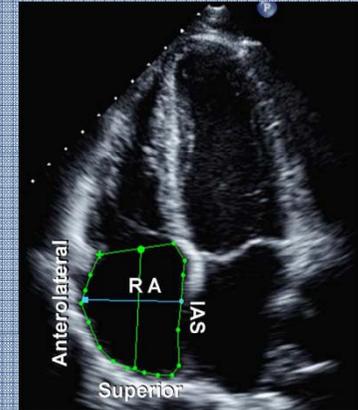
- Étude de la veine cave inférieure (VCI):
  - Diamètre
  - Variations respiratoires  $\Rightarrow$  Index cave  
$$\text{ICV} = \frac{D_{\text{max}} - D_{\text{min}}}{D_{\text{max}}} \times 100$$

Diamètre VCI	Index cave	POD mmHg
<1,5 cm	Collapsus	0–5 mmHg
1,5–2,5 cm	>50 %	5–10 mmHg
>2,5 cm	<50 %	10–20 mmHg
>2,5 cm	0	>20 mmhg

Paramètres prédictifs  
de POD > 10 mmHg

Surface de l'OD

Surface OD > 30 cm<sup>2</sup>

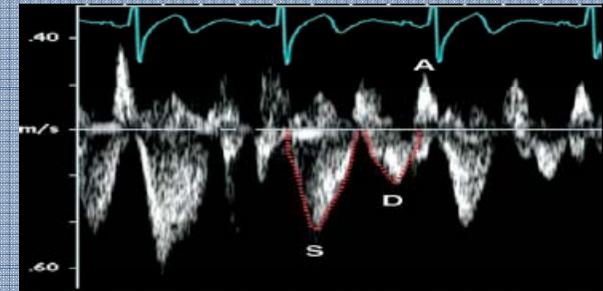


flux veineux sous hépatique

Élévation de la POD

$S < D$

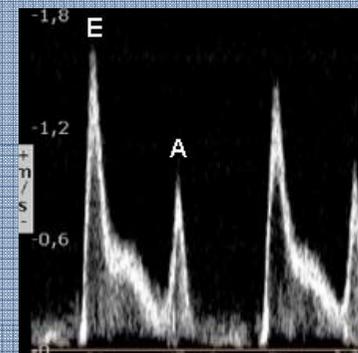
Fraction systolique < 55%



Doppler pulsé tricuspide

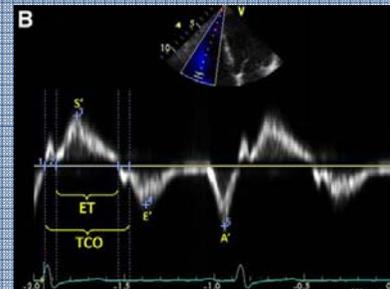
$Et/At > 2,1$

$TD t < 120 ms$



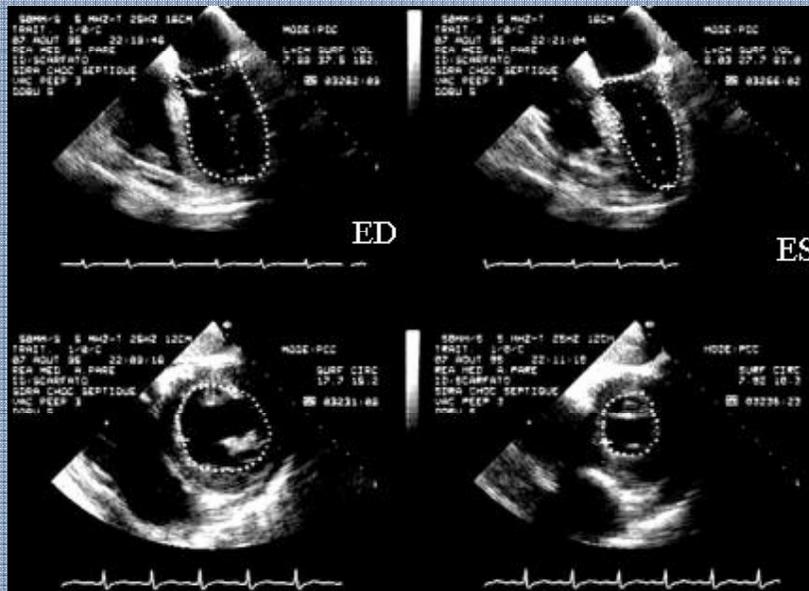
Doppler tissulaire de l'anneau tricuspide

$E/Ea$  tricuspide > 6



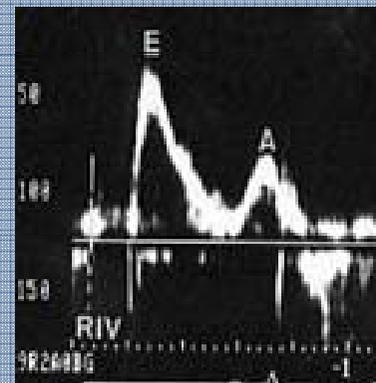
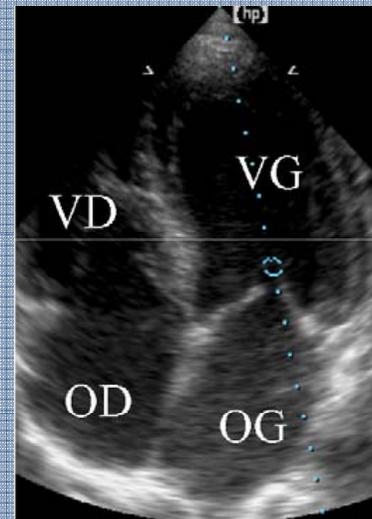
# Évaluation des pressions de remplissage du VG

## Surface telediastolique VG



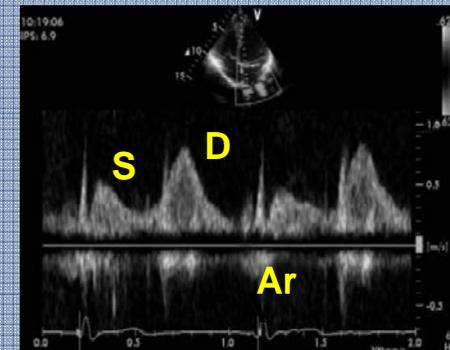
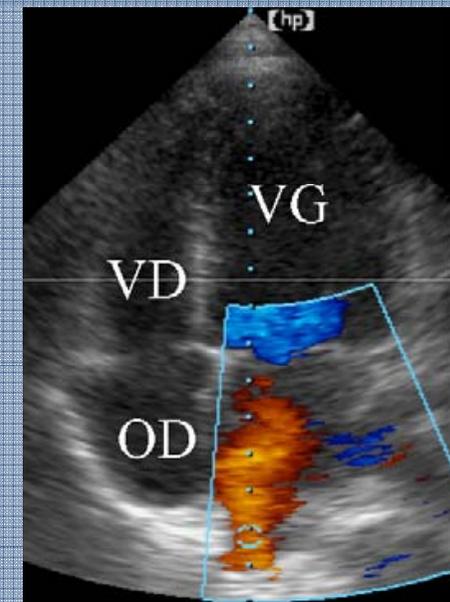
$STDVG < 5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$

## D. pulsé mitral



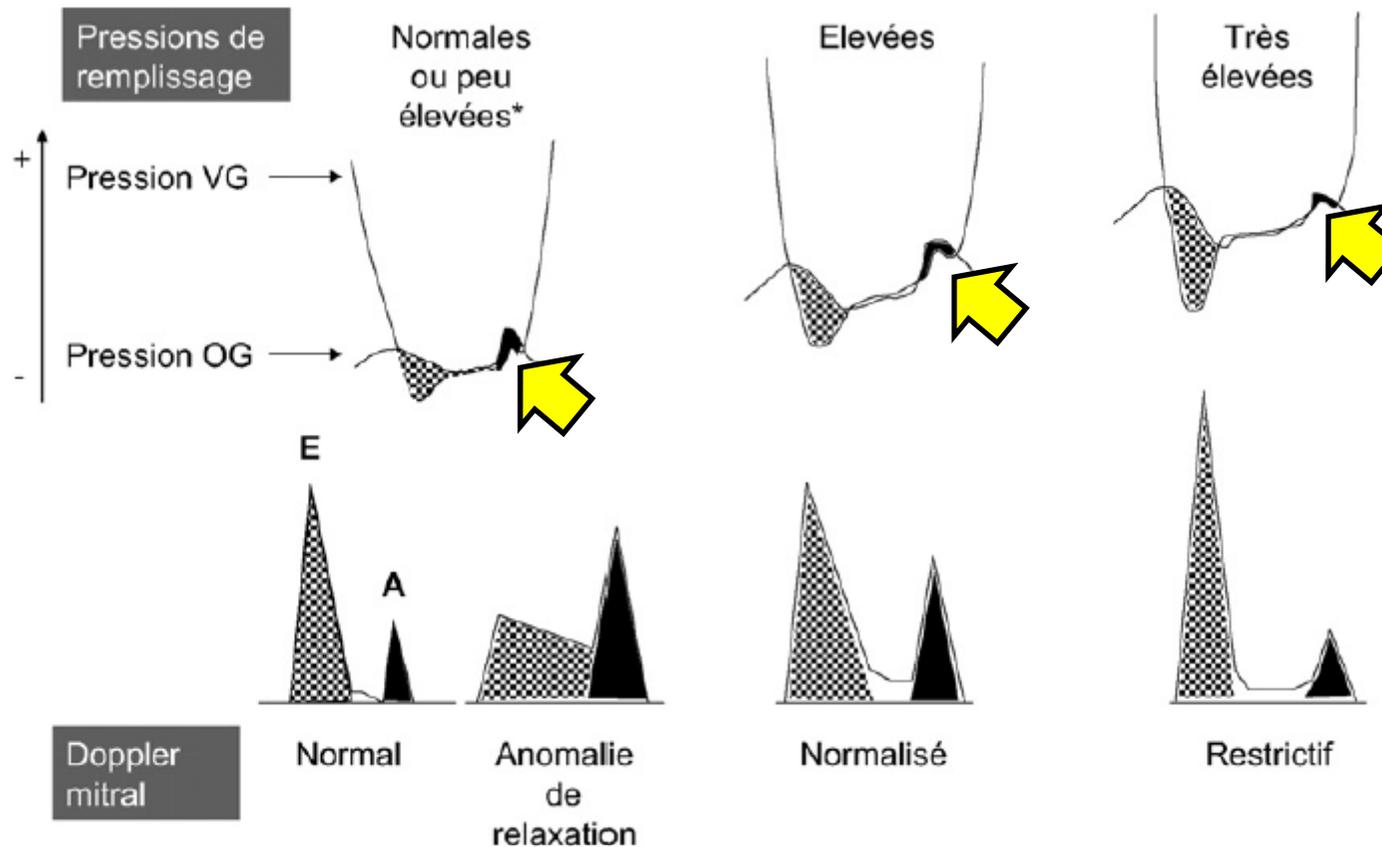
$E/A > 1$ ,  $TDE > 150$   
ms,  $Dam > Dap$

## D. Pulsé/F. veineux pulmonaire



$S > D$ ,  $TDD$ ,  $Dap < Dam$

# Interprétation du profil mitral

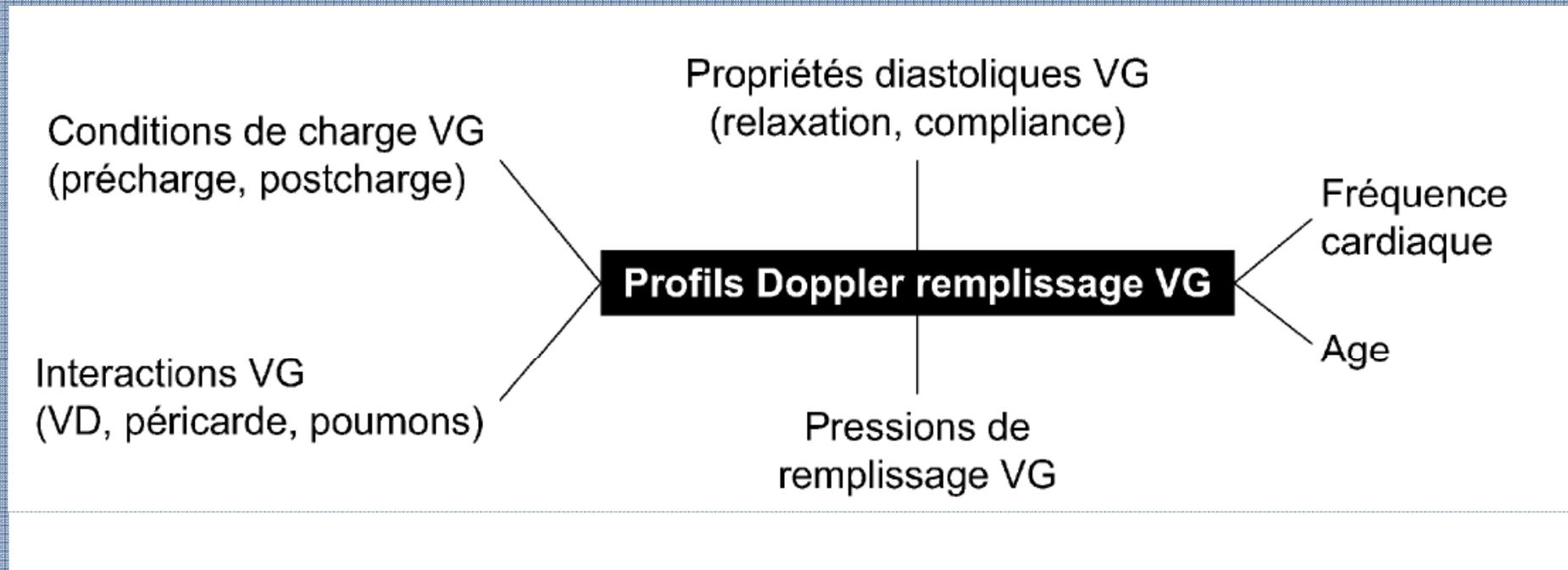


**$E/A > 2$  et/ou  $TD < 150$  ms +  
FEVG basse**

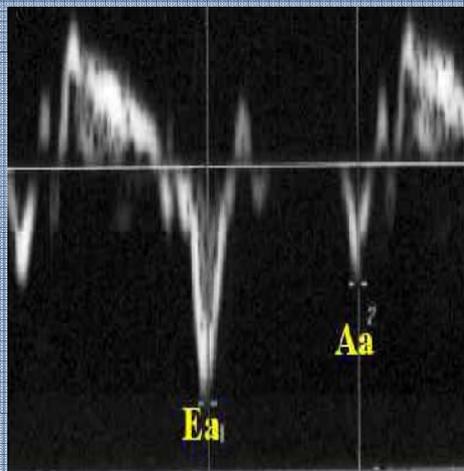
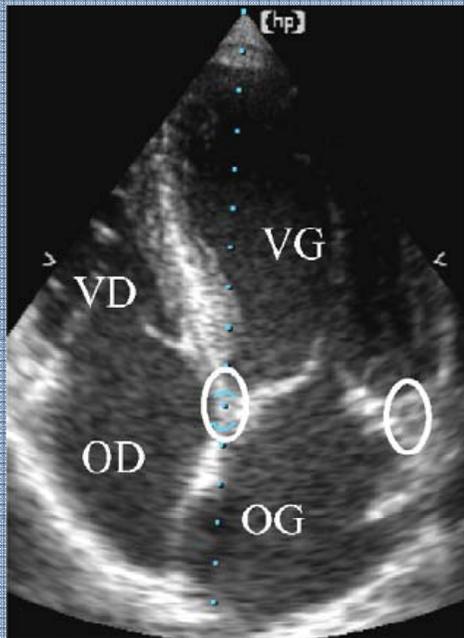


**PRVG élevées**

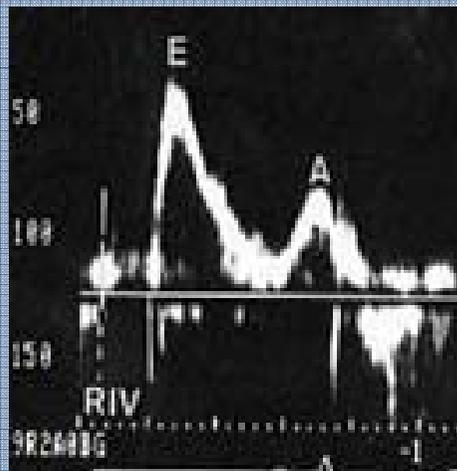
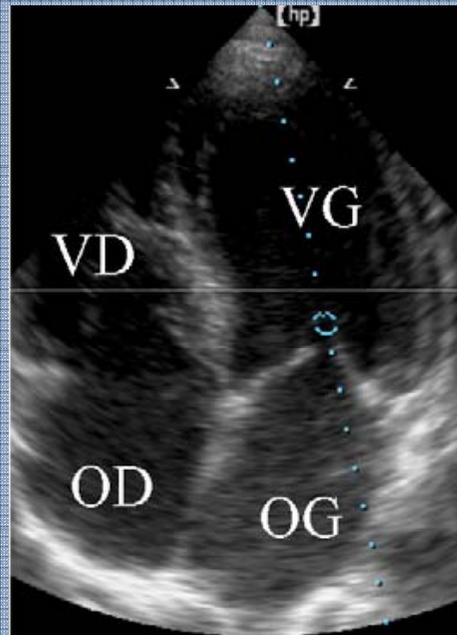
# Facteurs influençant le profil doppler mitral et le flux veineux pulmonaire



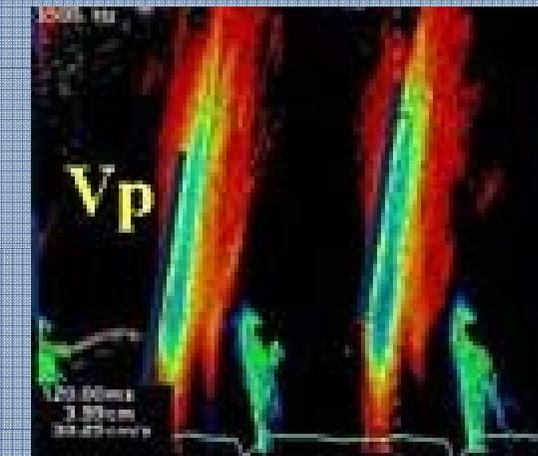
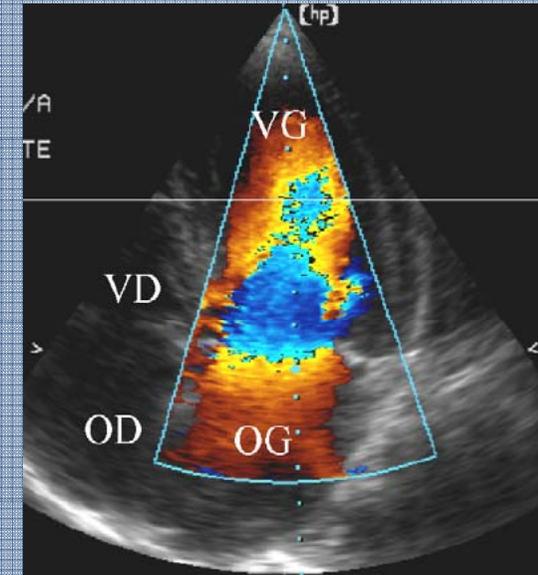
# Doppler tissulaire/vitesse de propagation du flux



$$E/E_a < 8$$



$$E/A > 1$$



$$E/V_p < 1,5$$

# Corrélations PAPO invasive/non invasive

**Tableau 1** Exemples de valeurs seuils proposées pour certains indices Doppler afin de prédire de manière semi-quantitative le niveau de pression de remplissage du ventricule gauche chez des **patients de cardiologie en ventilation spontanée**

Paramètres Doppler	Valeur seuil	Pression de remplissage VG prédite (mmHg)	Sensibilité	Spécificité
E/A	≥ 2	≥ 20	43 %	99 % [10] <sup>a</sup>
TD <sub>E</sub>	< 120 ms	≥ 20	100 %	99 % [10] <sup>a</sup>
Durée Ar - A mitrale <sup>b</sup>	> 0 ms	> 15	85 %	79 % [11]
		> 19	82 %	92 % [12]
Fraction systolique <sup>c</sup>	< 40 %	> 18	-	- [11]
	< 36 %	≥ 18	90 %	85 % [13]
TD <sub>D</sub>	≤ 160 ms	≥ 18	97 %	96 % [14]
E/E'	> 10	> 15	97 %	78 % [15]
E/V <sub>p</sub>	≥ 2,5	> 15	86 %	85 % [16]

VG : ventricule gauche ; TD<sub>E</sub> : temps de décélération de l'onde E mitrale ; Ar : onde A rétrograde contemporaine de la systole auriculaire enregistrée dans la veine pulmonaire ; TD<sub>D</sub> : temps de décélération de l'onde D pulmonaire ; E' : onde protodiastolique recueillie en doppler tissulaire à l'anneau mitral ; V<sub>p</sub> : vitesse de propagation du courant protodiastolique dans le ventricule gauche mesuré en mode TM couleur.

<sup>a</sup> Patients insuffisants cardiaques.

<sup>b</sup> Paramètre indépendant de l'âge.

<sup>c</sup> ITV onde S/ITV onde S + ITV onde D exprimé en pourcentage (doppler veineux pulmonaire ; ITV : intégrale temps-vitesse).

# Corrélations PAPO invasive/non invasive

**Tableau 2** Exemples de valeurs seuils proposées pour certains indices Doppler afin de prédire de manière semi-quantitative le niveau de pression de remplissage du ventricule gauche chez des patients de réanimation ou en peropératoire de chirurgie cardiaque

Paramètres Doppler	Valeur seuil	Pression de remplissage VG prédite (mmHg)	Sensibilité	Spécificité	Valeur prédictive positive
E/A	> 2	> 18	-	-	100 % [19] <sup>b,c</sup>
Fraction systolique <sup>a</sup>	< 55 %	> 15	91 %	87 %	- [25]
	< 40 %	> 18	-	-	55 % [19] <sup>b,c</sup>
	≤ 40 %	≥ 18	100 %	100 %	100 % [20] <sup>b,c</sup>
	≤ 44 %	> 18	85 %	88 %	- [23] <sup>b,c</sup>
TD <sub>D</sub>	< 175 ms	≥ 18	100 %	94 %	- [26] <sup>b</sup>
E/E'	> 15	> 15	86 %	88 %	- [27] <sup>c</sup>
	> 7	≥ 13	86 %	92 %	- [21] <sup>b,c</sup>
	> 7,5	≥ 15	86 %	81 %	- [22] <sup>b,c</sup>
	> 9,5	> 18	100 %	86 %	- [23] <sup>b,c</sup>
E/Vp	> 2	≥ 13	-	-	- [21] <sup>b,c</sup>
	> 2,6	> 18	100 %	86 %	- [23] <sup>b,c</sup>

VG : ventricule gauche ; TD<sub>D</sub> : temps de décélération de l'onde D pulmonaire ; E' : onde protodiastolique recueillie en doppler tissulaire à l'anneau mitral (paroi latérale) ; Vp : vitesse de propagation du courant protodiastolique dans le ventricule gauche mesuré en mode TM couleur.

<sup>a</sup> ITV onde S/ITV onde S + ITV onde D exprimé en pourcentage (doppler veineux pulmonaire ; ITV : intégrale temps-vitesse).

<sup>b</sup> Patients ventilés.

<sup>c</sup> Patients de réanimation.

# Les limites...

	$E/Ea^{(2)}$	$DAp-Dam^{(3)}$	$E/Vp^{(1)}$
Normal	<8	<0	<1,5
Augmenté	>15	>10-30	>2,5
« Grey zone »	8-15	0-10	1,5-2,5

- Problème technique : échogénicité, malade en ventilation spontané
- Variabilité des mesures : intra et inter observateur
- reproductibilité
- Expérience de l'opérateur.....

## Can we estimate PAOP noninvasively?

Noninvasive estimation of PAOP is feasible by using TTE/TEE-derived simple Doppler variables, but not in every patient. Despite technological improvements in past years, adequate Doppler tracing can not be obtained by TTE in many critically ill patients. Also, TEE does not allow adequate recording of Doppler variables in all patients. Additionally, all echo measurements are subjective and require specific operator skill to interpret correctly. It would be interesting to compare TTE and TEE simultaneously for PAOP estimation in a large group of critically ill patients. Besides this, in a certain subset of patients, noninvasive estimation of PAOP is not possible and invasive measurement of PAOP, if needed, is still necessary.

## **Should we still measure PAOP?**

Despite the fact that PAOP is not transmural pressure and does not accurately reflect preload and volume responsiveness, it is still used as a supportive criterion for the diagnosis of acute respiratory distress syndrome and heart failure. PAOP is, therefore, still measured or estimated in routine clinical practice.

# Evaluation hémodynamique :

débit cardiaque

pressions de remplissage

Précharge dépendance

$SVO_2$

# Les questions qu'on se pose tous les jours en réanimation...?

- Quel est le profil hémodynamique de mon patient ?
- Devrais-je le remplir ?
  - Et si je le remplissais, va-t-il répondre ?
- Devrais-je lui donner un agent inotrope positif ?
  - Est-ce que son débit cardiaque est bien adapté a ces besoins ?
- Devrais-je lui donner un agent vasoconstricteur?
- Est-ce que l'outil que j'utilise me permet :
  - Une évaluation optimale ?
  - Un monitoring ?

# Dois – je remplir mon patient ?

**Cela va dépendre des indices choisis...**

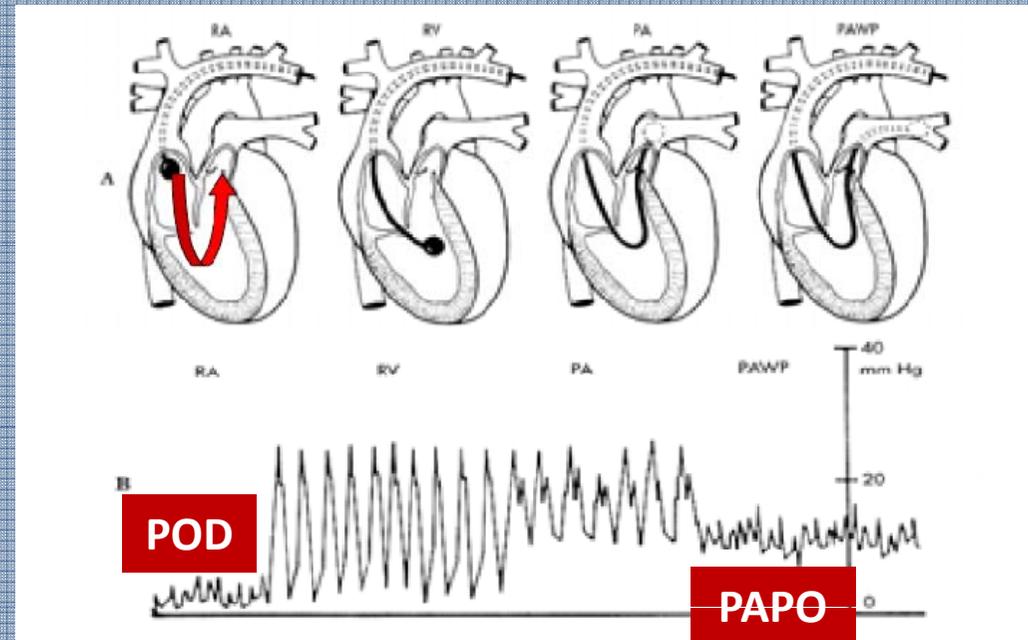
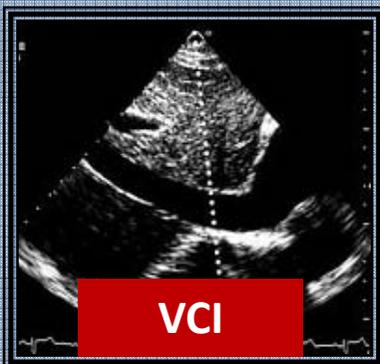
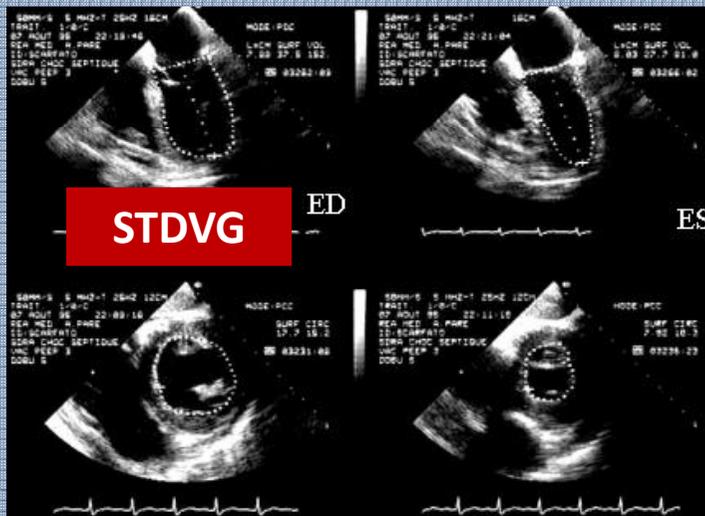


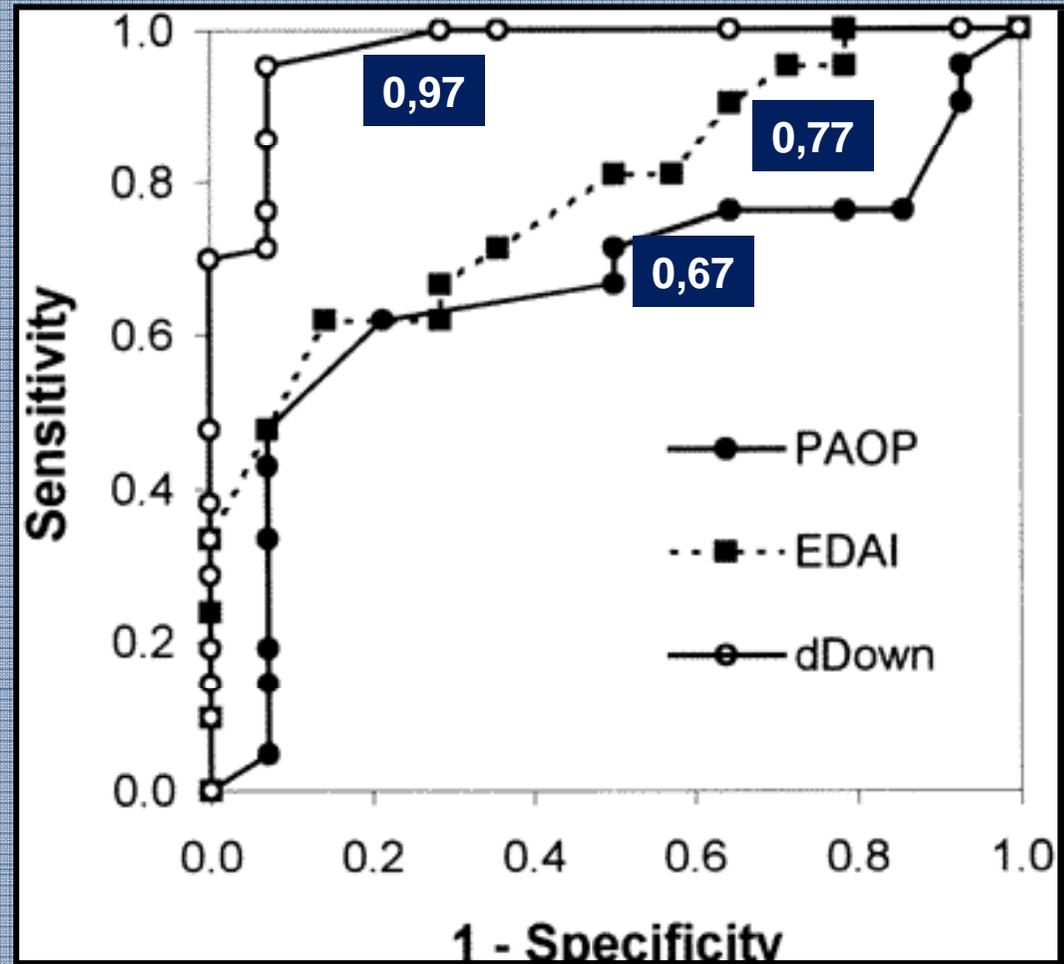
**Et/ou**



# Indices classiques « statiques » :

mauvais indicateurs de réponse au remplissage





# Recommandations d'experts de la SRLF

## « Indicateurs du remplissage vasculaire au cours de l'insuffisance circulatoire »

culaire : une valeur de PVC ou de pression droite (POD) inférieure à 5 mmHg et une PAPO inférieure à 5 mmHg laissent penser à une réponse positive au remplissage (accord fort). Une

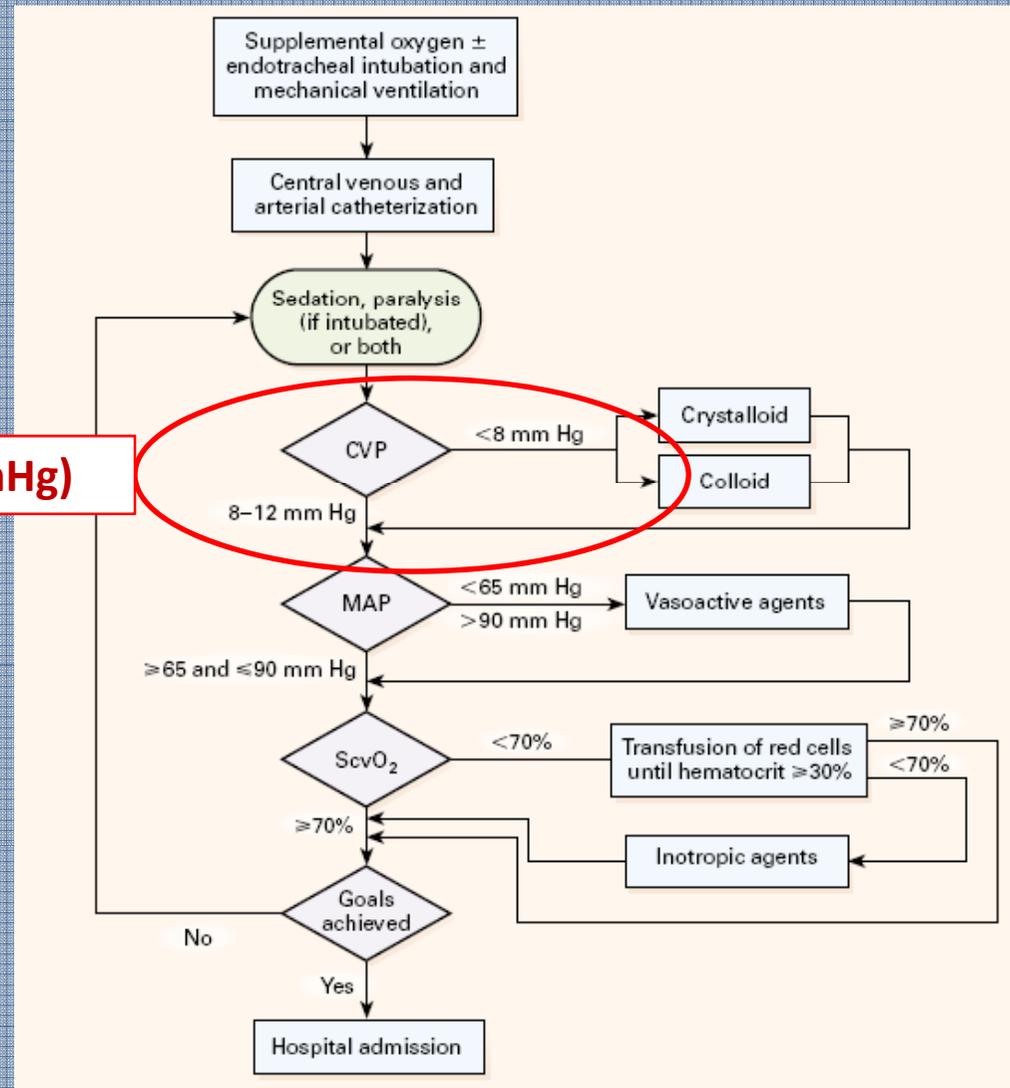
revanche, une valeur de STDVG inférieure à 10 mmHg est très spécifique (accord fort) ;

orsque la mesure du diamètre de la VCI est très basse (< 12 mm ou 8 mm/m<sup>2</sup>) le bénéfice d'un remplissage est probable (accord fort) ;

**pas de consensus pour définir une valeur supérieure de PVC et PAPO au-dessus desquelles, l'inefficacité du RV est hautement prévisible**

# Early goal-directed therapy in treatment of severe sepsis and septic shock

« American college of critical care medicine 2004 - update



Ou PAPO (12 – 15 mmHg)

# Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge\*

David Osman, MD; Christophe Ridet, MD; Patrick Ray, MD; Xavier Monnet, MD, PhD; Nadia Anguel, MD; Christian Richard, MD; Jean-Louis Teboul, MD, PhD

Analyse des expansions volémiques consécutives effectuées (2001-2004) chez 96 patients sous VM, en sepsis sévère/choc septique monitorés par cathéter artériel pulmonaire

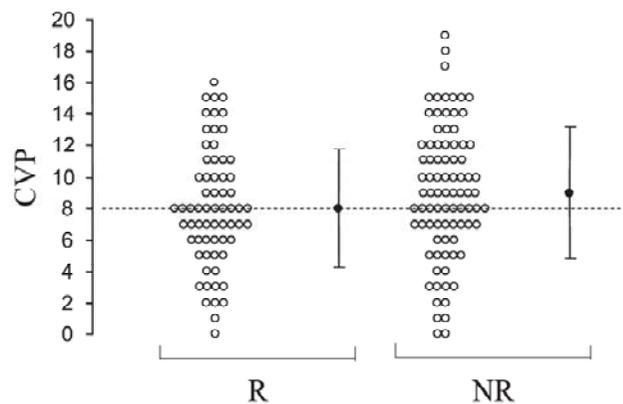


Figure 2. Individual values (*open circles*) and mean  $\pm$  SD (*closed circles*) of pre-infusion central venous pressure (CVP) (both expressed in millimeters of mercury) in responders (R) and nonresponders (NR).

**PVC < 8 mmHg** prédit une réponse à l'expansion volémique avec **Se = 62 %** ; **Sp = 54 %** ; **VPP = 51 %** ; **VPN = 65 %**

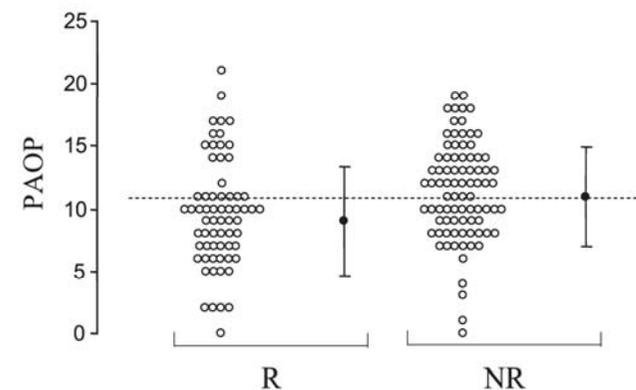


Figure 3. Individual values (*open circles*) and mean  $\pm$  SD (*closed circles*) of pre-infusion pulmonary artery occlusion pressure (PAOP) (both expressed in millimeters of mercury) in responders (R) and nonresponders (NR).

**PAP0 < 12 mmHg** prédit une réponse à l'expansion volémique avec **Se = 77 %** ; **Sp = 51 %** ; **VPP = 54 %** ; **VPN = 74 %**

Dois – je remplir mon patient ?

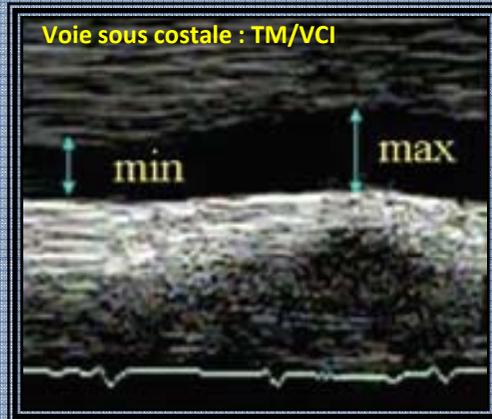


Mauvaise réponse pour les indices statiques...pour l'écho  
et pour la swan

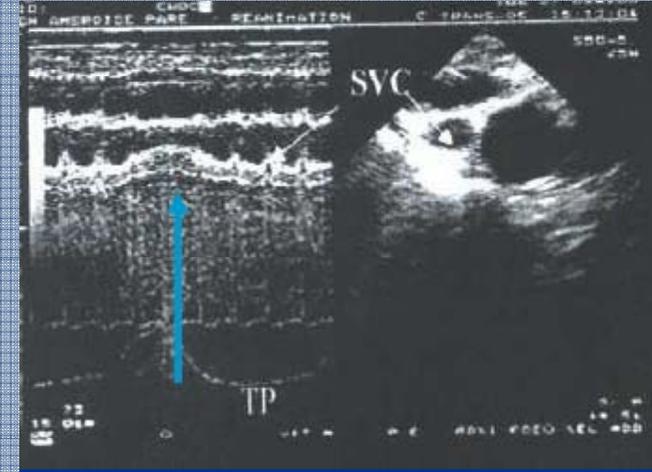


# Indices actuels « dynamiques » :

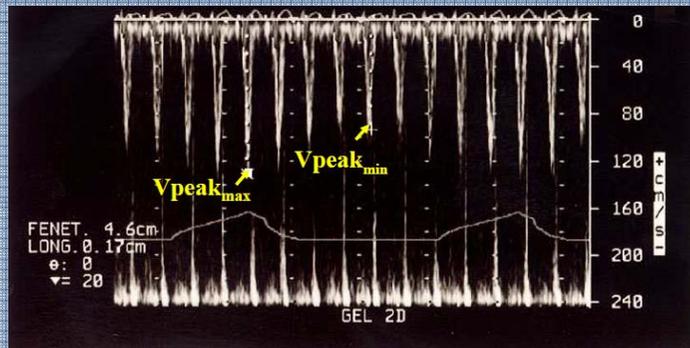
## Bonne prédiction de réponse au remplissage



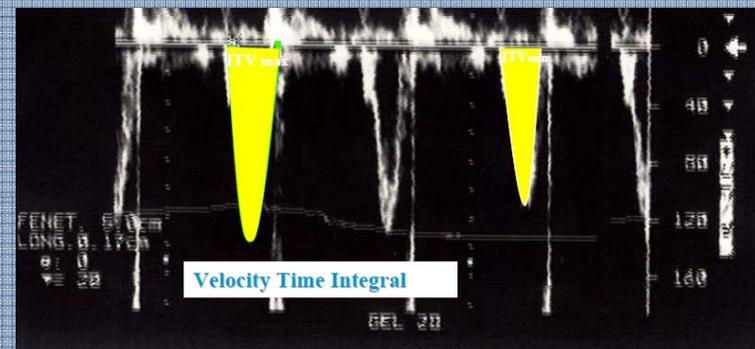
$\Delta VCI > 18\%$  ou collapsus  
inspiratoire (ICV)  $> 50\%$



$\Delta VCS > 36\%$



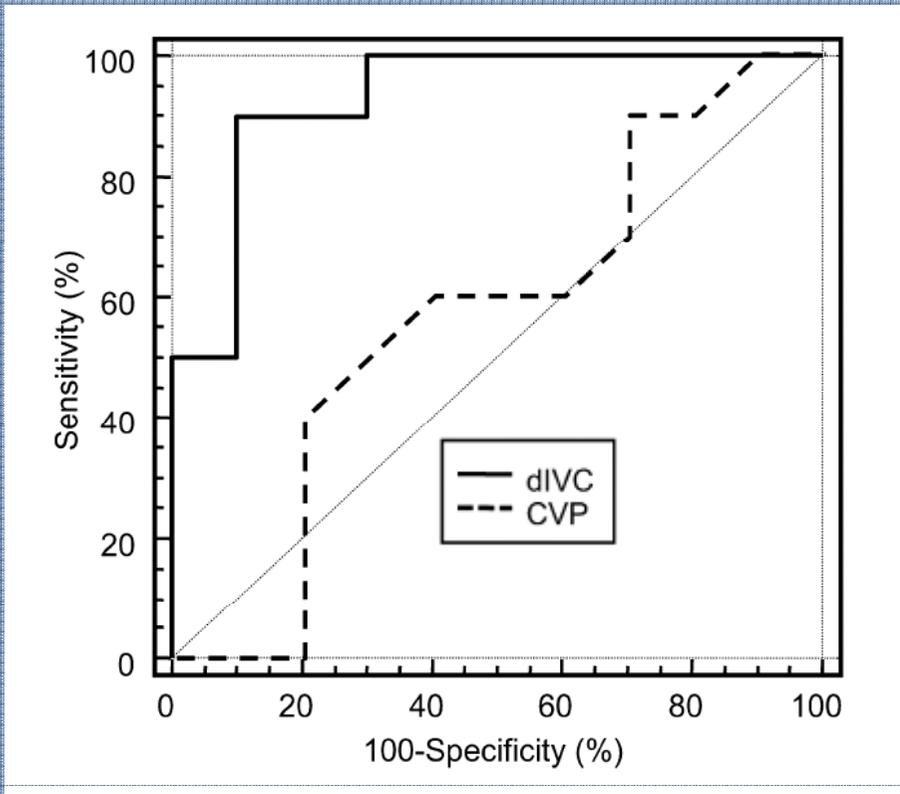
$\Delta V_{peak} > 12\%$



$\Delta ITV > 12\%$

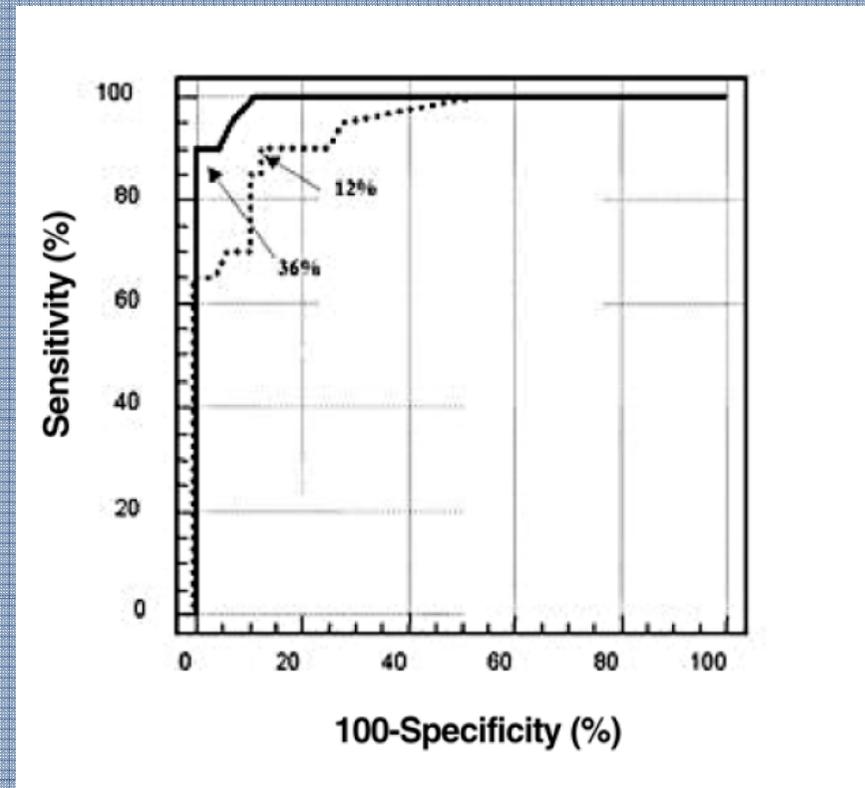
Recommandations d'experts de la SRLF

Réanimation 13 (2004) 255–263



Cut-off = **18%** (Se 90% et Sp 90%)

Barbier C et al. Intensive Care Med 2004



Cut-off = **36%**; Se 90% et Sp 100%

Vieillard-Baron A et al. Intensive Care Med 2004

Il n'est pas précharge dépendant, Dois –  
je administrer un agent inotrope positif  
ou vasoconstricteur ?



Et/ou ?



# Calcul du débit cardiaque



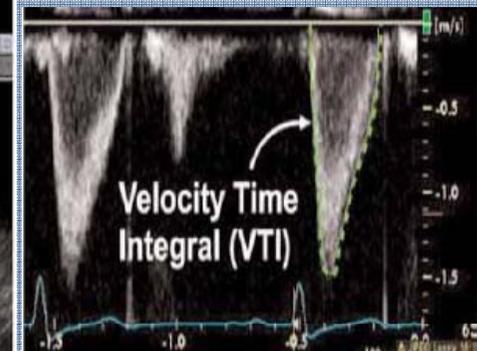
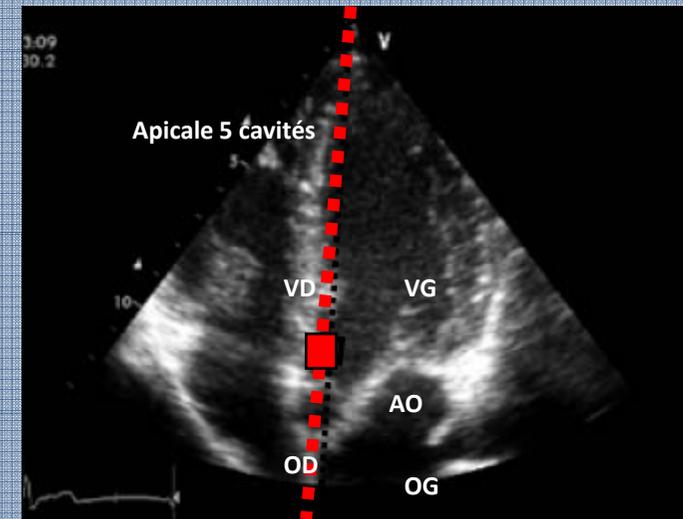
Et/ou ?



# Débit cardiaque/Echo (ETT-ETO)

❖ Débit cardiaque = VES × FC

- VES (ml) =  $S_{CCVG} \times ITV_{CCVG}$ 
  - Surface de la CCVG (cm<sup>2</sup>) :
    - »  $S = \pi \times (\text{diamètre}/2)^2$
  - ITV CCVG : doppler pulsé, CCVG, surface du flux ss aortique
    - » Normale :  $18 \pm 3$  cm
    - » bas débit : **ITV < 10 cm**



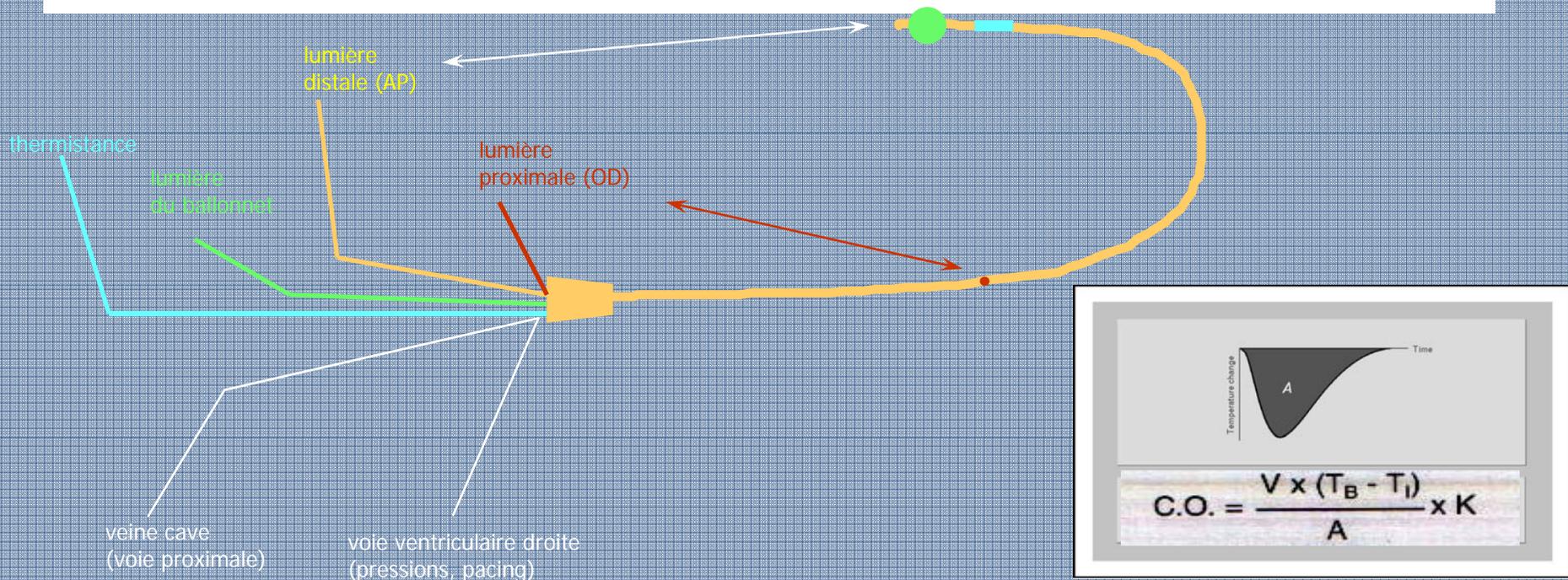
## What technique should I use to measure cardiac output?

Christoph K. Hofer<sup>a</sup>, Michael T. Ganter<sup>b</sup> and Andreas Zollinger<sup>a</sup>

TEE measurements are time consuming and require a high level of operator skills and knowledge. Moreover, the probe placement is not free of complications. Variations of accuracy and agreement are mainly related to the inherent technical TEE problems (image quality, variations in orifice area determination, excessive Doppler beam angle) and the above assumptions for

# Débit cardiaque/Swan-Ganz thermodilution pulmonaire discontinue

**Principe de base (Stewart-Hamilton)** : Injection de sérum froid par la lumière proximale (OD). La variation de température est détectée par une thermistance à l'extrémité distale du cathéter. Calcul du débit cardiaque par un microprocesseur externe par intégration de la variation de la température/temps



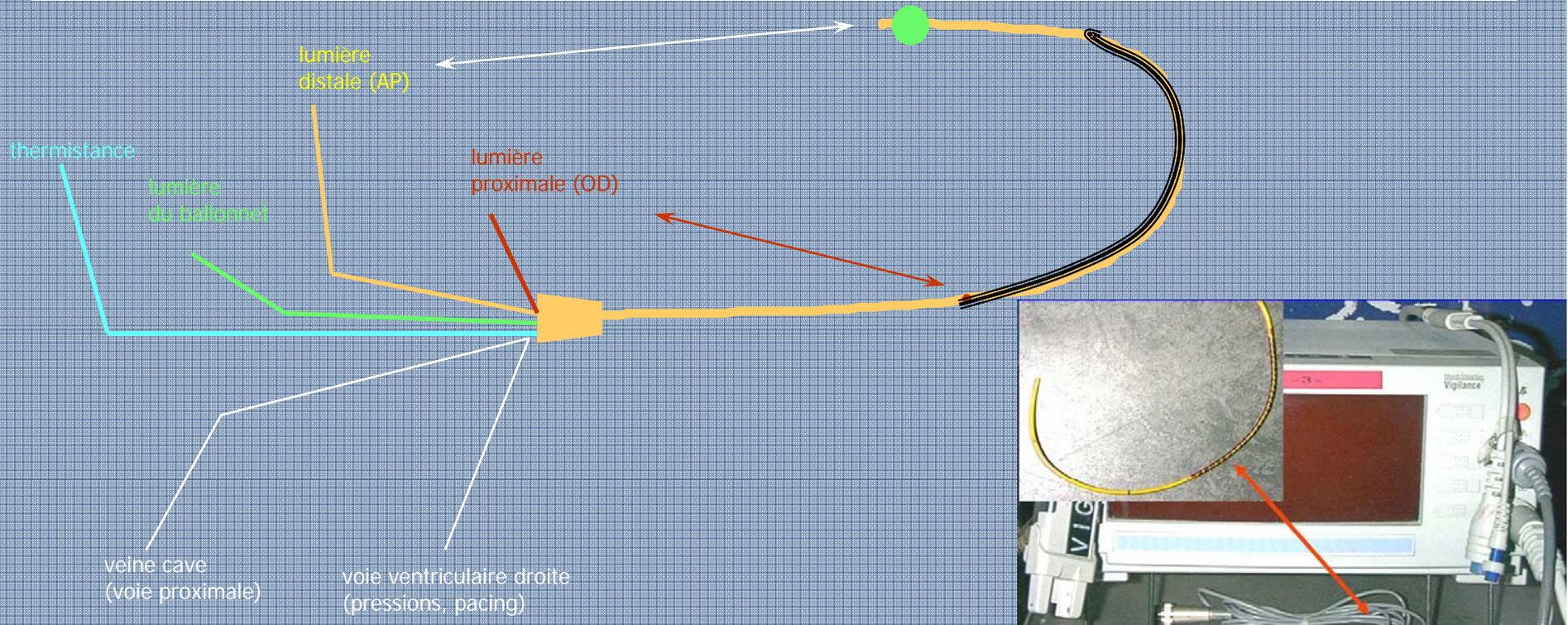
# Débit cardiaque/Swan-Ganz thermodilution pulmonaire semi continu

Indicateur thermique : réchauffement intermittent d'une certaine quantité de sang par une résistance située sur l'enveloppe du cathéter (cavité droite).

La valeur affichée : moyenne des valeurs sur 3-20 mn

Avantages : mesures quasi continu, pas de bolus

Inconvénients : coût, nécessite une stabilité  $Q_c$ , interférence/fievre-hypothermie



# What technique should I use to measure cardiac output?

Christoph K. Hofer<sup>a</sup>, Michael T. Ganter<sup>b</sup> and Andreas Zollinger<sup>a</sup>

**Table 1 Specific features of different cardiac output (CO) monitoring techniques**

	CO determination		Invasive-ness	Major limitations	Situations of limited accuracy	Additional information
	Intermittent	'Continuous'				
PAC	+	+ (reaction time 5–12 min; TrUCCOMs 10 s)	+++	well described complications	large temperature shifts intra- and extra-cardiac shunt	PAP, PCWP, SvO <sub>2</sub> SVR, PVR
Pulse wave analysis					valve pathologies	
PICCO	+	+ (every 3 s)	+(+)	specific arterial (femoral) catheter	low arterial signal quality <sup>a</sup>	GEDV, EVLW, SVV
PulseCO	+	+	+	lithium injection	rapid changes of vascular tone <sup>a</sup>	SVV
FloTrac/Vigileo		+ (every 20 s)	(+)		arrhythmias <sup>a</sup> use of IABP <sup>a</sup>	SVV
TEE	(+)	–	+	operator dependency		diagnostic assessment flow measurement
TE Doppler	+	(+)	+	used preferably in intubated patients blood volume of descending aorta measured		operator dependency
Partial CO <sub>2</sub> rebreathing	–	+ (cycle of 3 min)	–	used in intubated patients only fixed ventilatory settings needed	pulmonary pathologies	ventilatory data shunt calculation
Pulsed dye dilution	+	–	+	peripheral transcutaneous signal detection allergy to indocyanin green		liver function assessment
Bioimpedance	–	+	–	movement artifacts electrical interference	large fluid shifts intra- and extra-cardiac shunt aortic dilatation	

PAC, pulmonary artery catheter; PAP, pulmonary artery pressure; PCWP, pulmonary capillary wedge pressure; SvO<sub>2</sub>, mixed venous oxygen saturation; SVR, systemic vascular resistance; PVR, pulmonary vascular resistance; GEDV, global end-diastolic volume; EVLW, extravascular lung water; SVV, stroke volume variation; IABP, intraaortic balloon pump; TEE, transesophageal echocardiography; TE, transesophageal.

<sup>a</sup>Applies to all pulse wave analysis devices.

# What technique should I use to measure cardiac output?

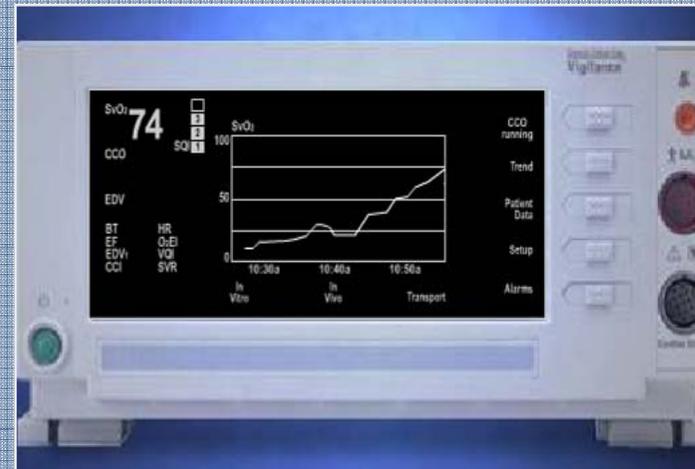
Christoph K. Hofer<sup>a</sup>, Michael T. Ganter<sup>b</sup> and Andreas Zollinger<sup>a</sup>

**Table 2** Recent study results comparing different cardiac output measurement techniques with the intermittent thermodilution (bolus method)

	Setting	Patient <i>n</i>	Bias ± 2SD, l min <sup>-1</sup> , l min <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> #	Correlation <i>r</i> <sup>2</sup>	CO monitoring systems/notes
<b>Pulmonary artery thermodilution</b>					
Kotake <i>et al.</i> [7]	CS OR	28	0.38 ± 2.34	0.66	CCO
Singh <i>et al.</i> [8]	CS OR	20	-0.10 ± 1.52	0.61	CCO
Bendjelid <i>et al.</i> [9]	CS ICU	14	0.33 ± 0.68	0.68	CCO
Leather <i>et al.</i> [10]	CS OR	34	0.4 ± 2.1	NA	TruCCOMs: <i>r</i> <sup>2</sup> = 0.13 for CO trends
Thierry <i>et al.</i> [11]	CS OR/ICU	8	-0.07 ± 1.32	0.56	TruCCOMs
<b>Transesophageal echocardiography</b>					
Bettex <i>et al.</i> [23]	CS ICU	30	-0.21 ± 2.26/1.12 ± 2.68 1.55 ± 2.92	NA NA	On-line CW/PW Doppler: aortic valve On-line PW Doppler: left ventricular outflow tract
Zhao <i>et al.</i> [24]	CS OR	26	-0.41 ± 2.30 0.07 ± 0.86/0.12 ± 0.98	NA 0.70/0.76	On-line Simpson formula Off-line PW Doppler: aortic valve/ left ventricular outflow tract
Akamatsu <i>et al.</i> [25]	CS ICU	30	0.01 ± 1.16 -1.47 ± 2.3	0.85 0.41	Automated CO assessment: mitral valve Automated CO assessment: left ventricular outflow tract

# Le débit cardiaque est-il adapté ?

Intérêt de la swan par rapport à l'écho → pourrait apporté un élément de réponse :  
 $SVO_2$  du sang veineux mélangé ?



Reflet global de l'oxygénation et de l'adéquation  $TaO_2/VO_2$



# Les déterminants de la SvO<sub>2</sub>

## Equation de Fick

$$VO_2 = (CaO_2 - CvO_2) \cdot Q$$

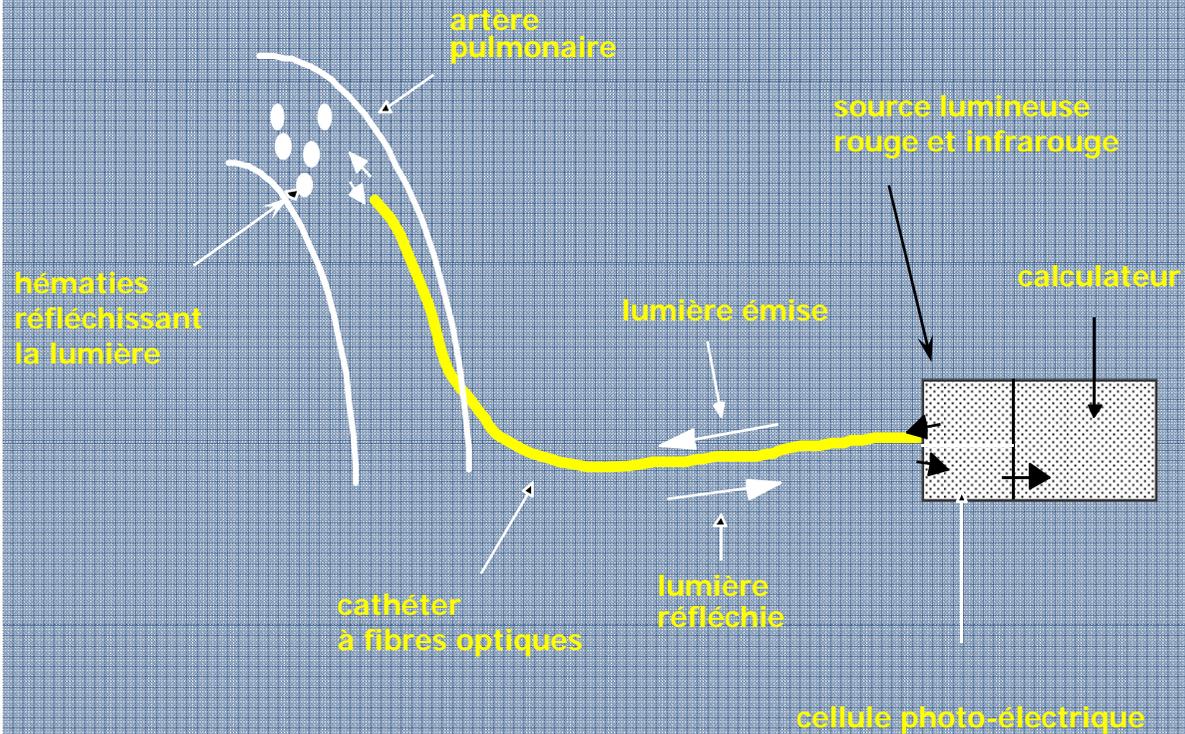
$$VO_2 \# (SaO_2 - SvO_2) \cdot (Hb \cdot 1,34 \cdot Q)$$

Considérant comme négligeable la quantité d'oxygène dissout dans le sang, l'équation de Fick peut être exprimée ainsi :

$$SvO_2 = SaO_2 - \frac{VO_2}{IC \times Hb \times 1.34}$$

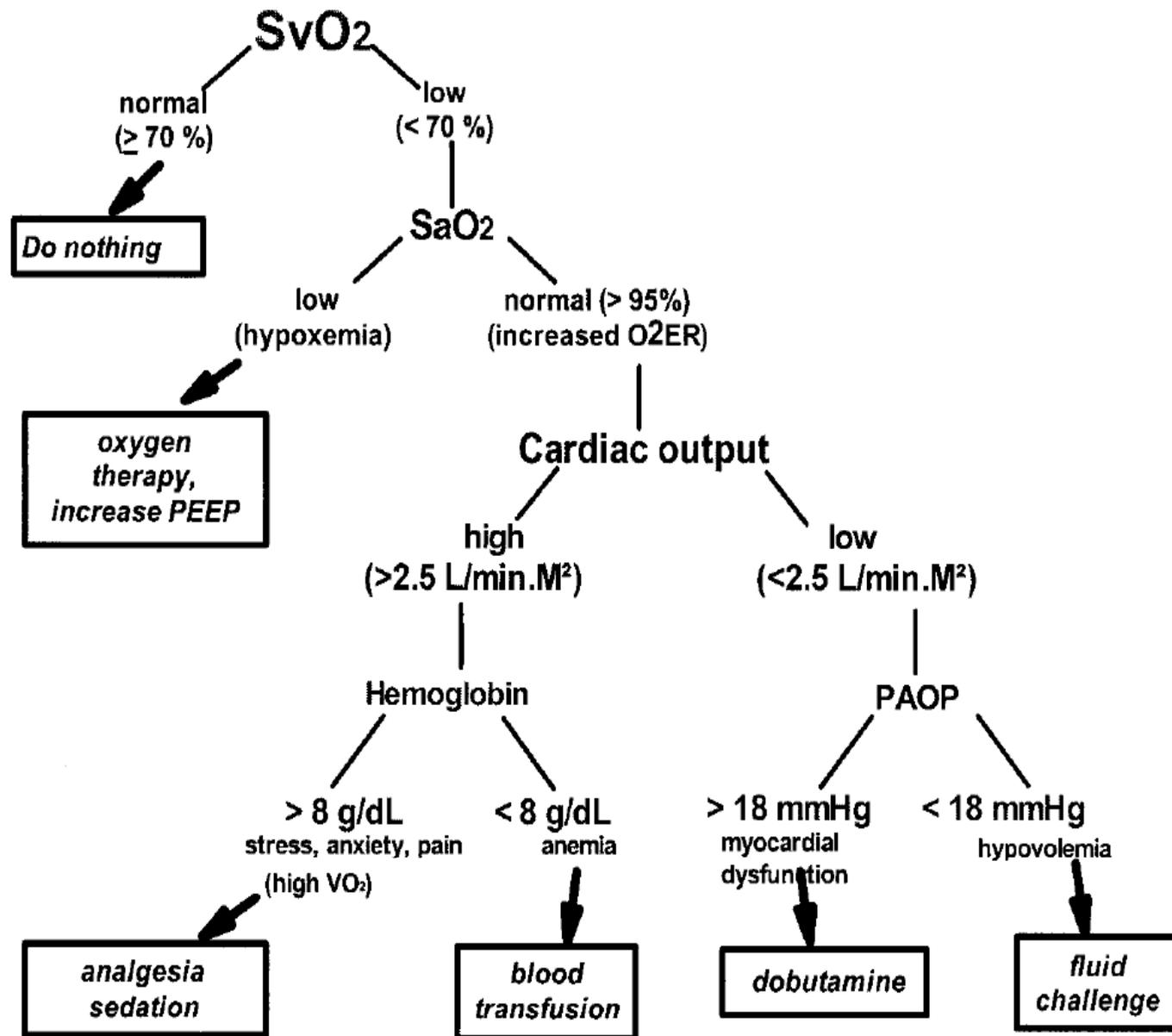
Une variation de SvO<sub>2</sub> provient nécessairement de la variation d'un ou de plusieurs de ces déterminants ...

# Principes de mesure



- source de lumière rouge et infra rouge envoie des longueurs d'onde différentes, illumine le flux sanguin
- Réflexion lumière par GR par 1 fibre optique vers un photodétecteur
- un logiciel calcule la SvO<sub>2</sub>





# Sevrage de la ventilation mécanique

# OAP de sevrage

- Sevrage VM : moment crucial, incidence échec (31%)
- Sevrage = épreuve d'effort
- L'arrêt brutal de la pression positive :
  - Augmentation du RV ( $\downarrow$  P.pl) et de la postcharge VG ( $\uparrow$  tonus sympathique)
  - Augmentation du travail respiratoire ( $\uparrow$  demande O<sub>2</sub>)
  - Diminution de la compliance ventriculaire gauche
  - Possible ischémie myocardique

 Augmentation PRVG et possiblement OAP

result in cardiogenic pulmonary edema. Right heart catheterization has long been used in this clinical setting to detect an increase of the pulmonary artery occlusion pressure (PAOP) [6,9]. Nevertheless, PAOP may be diffi-

La place de l'échocardiographie n'est pas encore bien définie pendant cette phase de sevrage (paramètres, réalisation, ETO/ETT..)

L'échographie cardiaque transthoracique peut-elle être utilisée pour estimer la pression de remplissage du ventricule gauche lors du sevrage de la ventilation mécanique ?

Etude interventionnelle, physiopathologique, prospective, monocentrique.

Inclusion : 39 patients ayant eu 2 échecs de sevrage de la ventilation mécanique

Les patients étaient tous équipés d'un cathéter artériel pulmonaire

L'échographie cardiaque transthoracique en mode doppler a permis la mesure du flux transmitral (onde E, A, E/A) et de la vélocité de l'onde Ea grâce au doppler tissulaire permettant de calculer le rapport E/Ea.

17 patients ont présenté une augmentation de la PAPO (> 18 mmHg) lors de l'épreuve en VST. Un rapport  $E/A > 0,95$  et  $E/Ea > 8,5$  permettait de prédire une élévation de la PAPO (Se 82%, sp 91%, vpn 97%, vpp 88%).

# Echocardiography: a help in the weaning process

Vincent Caille<sup>1,2</sup>, Jean-Bernard Amiel<sup>3,4,5</sup>, Cyril Charron<sup>1,2</sup>, Guillaume Belliard<sup>1,2</sup>, Antoine Vieillard-Baron<sup>1,2</sup> and Philippe Vignon<sup>\*3,4,5</sup>

TTE was performed just before and at the end of a 30-min SBT in 117 patients fulfilling weaning criteria.

**Table 2: Echocardiographic findings in the 117 patients during pressure support ventilation (PS/PEEP) and the spontaneous breathing trial (SBT)**

	PS/PEEP	SBT	P value
HR (/min)	95 (90-99)	98 (91-103)	0.00001
SAP (mmHg)	138 (132-143)	145 (136-152)	0.019
CO (L/min)	5.8 (5.2-6.2)	6.0 (5.4-6.7)	0.004
SV (mL)	62 (57-67)	64 (58-70)	0.5
E/A	0.94 (0.82-1.05)	1.00 (0.88-1.15)	0.003
DTE (ms)	168 (150-187)	147 (132-160)	0.00001
E/E'	5.9 (5.4-6.4)	6.5 (5.7-7.2)	0.16
RVEDA/LVEDA	0.47 (0.44-0.50)	0.47 (0.44-0.50)	0.79

CO, cardiac output; SV, stroke volume; E/A, ratio of maximal mitral E wave and A wave velocities; DTE, deceleration time of mitral E wave; HR, heart rate; LVEDA, left ventricular end-diastolic area; RVEDA, right ventricular end-diastolic area; SAP, systolic arterial pressure.

**Table 4: Patients' characteristics prior to SBT, according weaning success or failure**

	Weaning success (n = 94)	Weaning failure (n = 23)	P value
SAP (mmHg)	139 (133-147)	132 (115-149)	0.28
HR (bpm)	92 (86-97)	110 (95-120)	<b>0.007</b>
SV (mL)	63 (57-70)	60 (39-66)	0.06
CO (L/min/m <sup>2</sup> )	5.8 (5.2-6.3)	5.4 (3.3-6.5)	0.19
LVEF (%)	51 (43-55)	36 (27-55)	<b>0.04</b>
E/A	0.94 (0.82-1.03)	0.88 (0.68-1.65)	0.7
DTE (ms)	170 (150-189)	138 (98-195)	0.07
E/E'	5.6 (5.2-6.3)	7.0 (5.0-9.2)	<b>0.038</b>
RVEDA/LVEDA	0.47 (0.44-0.51)	0.48 (0.43-0.52)	0.99

CO, cardiac output; DTE, deceleration time of mitral E wave; HR, heart rate; LVEDA, left ventricular end-diastolic area; LVEF, LV ejection fraction; RVEDA, right ventricular end-diastolic area; SAP, systolic arterial pressure; SV, left ventricular stroke volume.

# Pour finir...

- Malgré ce qu'on peut lui reprocher (méthode invasive, risque/bénéfice...), le cathéter de swan-Ganz reste :
  - Moyen de monitoring hémodynamique continu
  - « Gold standard » pour :
    - Evaluation du débit cardiaque
    - Evaluation de l'oxygénation tissulaire et d'adéquation  $TaO_2/VO_2 \rightarrow SVO_2$
    - Mesures des pressions pulmonaire/test de réactivité vasculaire
    - Discrimination SDRA/OPH  $\rightarrow$  mesure instantanée PAPO
    - Détection de l'œdème de sevrage

# Pour finir...

- Et l'échographie cardiaque (ETT/ETO) reste aussi une technique non ou semi invasive :
  - irremplaçable pour l'analyse morphologique du cœur
  - Fiable pour la détermination du profil hémodynamique du patient (Qc, prédiction de réponse au remplissage, estimation des PRV)
  - Mais à condition que :
    - Malade soit échogène (si non ETO)
    - Opérateur entraîné, formation longue, bonne interprétation des résultats
    - Les résultats soient reproductibles, faible variabilité
    - Pas de valvulopathie sténosante ou fuyante importante
- L'écho ne permet pas un monitoring continu mais nous donne un cliché photographique d'une situation hémodynamique donnée..