

***PARAMETRES PREDICTIFS DE
L'EFFICACITE D'UN
REPLISSAGE VASCULAIRE***

M Feissel

Réanimation et Maladies Infectieuses

CH BELFORT

Indices classiques d'évaluation de la précharge

En pratique:

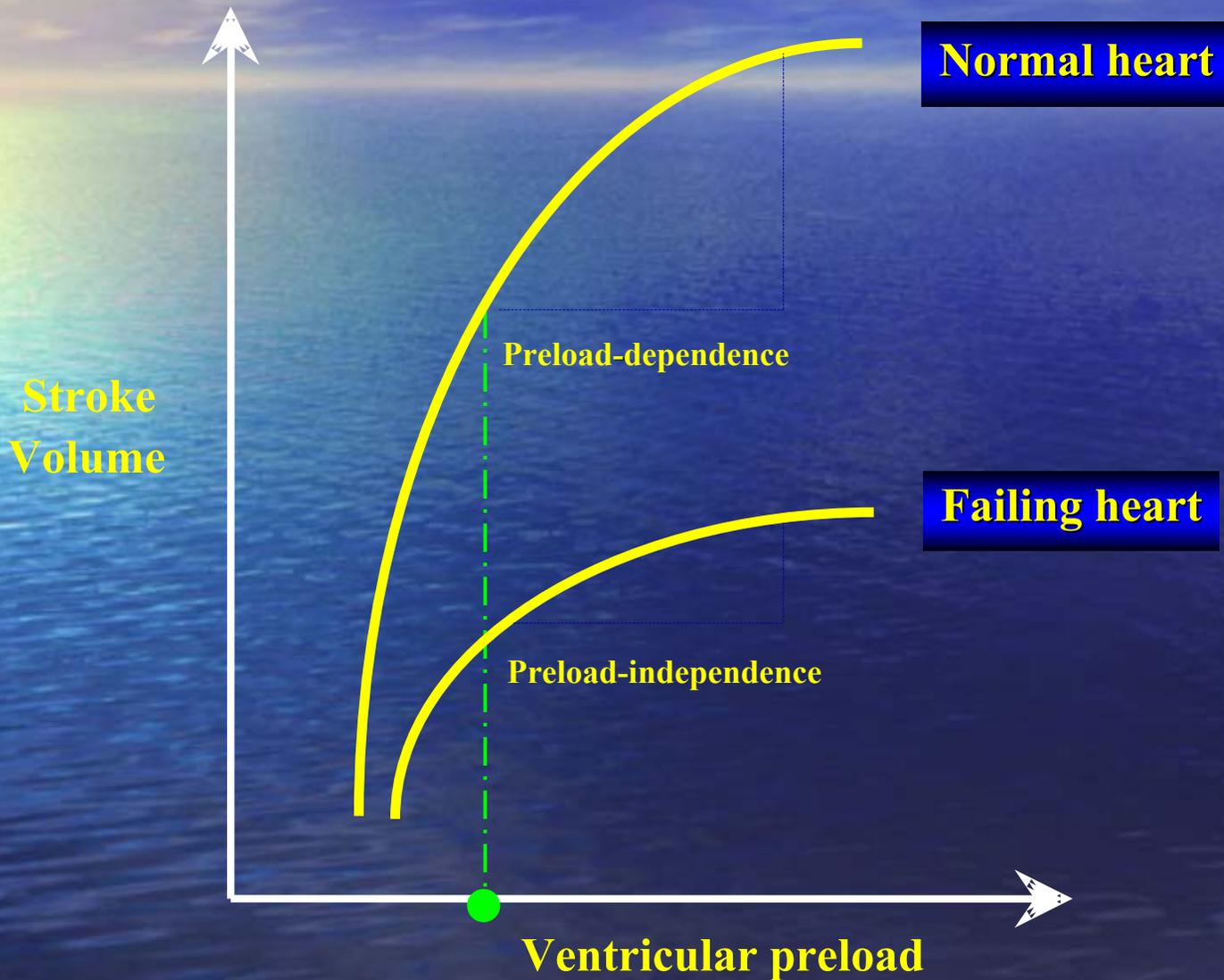
les paramètres statiques ne sont pas fiables pour prédire la réponse au RV

Indices prédictifs de la réponse au RV

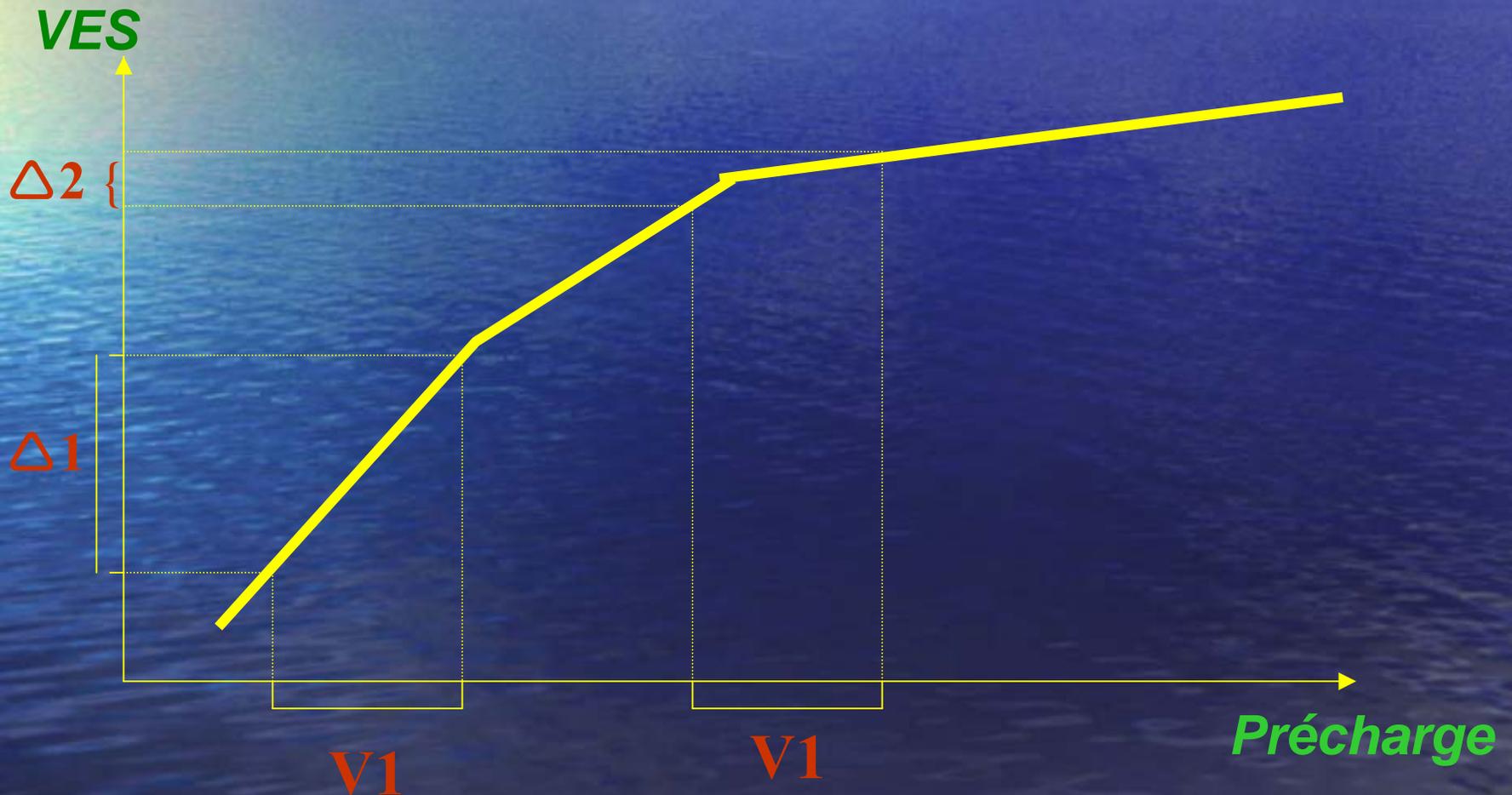
- Les principes de la précharge dépendance cardiaque
 - La courbe de Franck Starling
 - variations des VES en fonction de la précharge
 - 2 portions: ascendante et horizontale
 - La portion ascendante: grande variation de VESVG pour une faible variation de précharge:
 - ❖ *Précharge-dépendance*
 - La portion horizontalisée: faible variation de VESVG pour une même variation de précharge:
 - ❖ *Précharge indépendance*

Assessment of preload is not assessment of preload-dependence

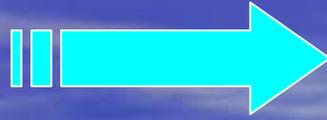
Michard and Teboul Chest 2002



COURBE DE FONCTION VG



**Insufflation
mécanique**



Précharge VD



Ejection VD
à l'inspiration

Transit pulmonaire



Précharge VG

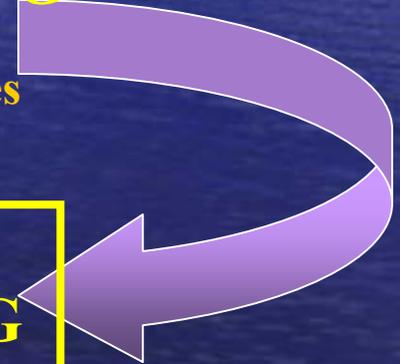
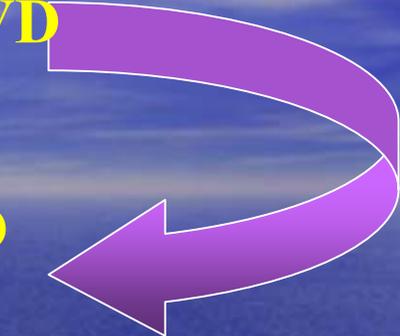
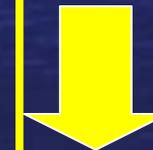
2 à 3 cycles cardiaques
plus tard



Ejection VG
à l'expiration

* si VD précharge-dépendant

** si VG précharge-dépendant



Indices prédictifs de la réponse au RV

- Les outils analysant les variations respiratoires du VESVG:
 - **ΔPP** à partir du KT artériel
 - **ΔSVV** par le module PICCO
 - **$\Delta VPeak$ et ΔITV aortique** en ETT et ETO
 - **$\Delta daVpeak$ et ΔDAM** en Doppler oesophagien
 - **$\Delta PPlenth$** par la plethysmographie de l'oxymètre de pouls

Indices prédictifs *échographiques* *et Doppler* de la réponse au RV

- Les paramètres dynamiques
 - Δ Vmax du flux aortique (ETO, ETT)
 - Δ ITV du flux aortique (ETO, ETT)
 - Δ du diamètre de la VCI (ETT)
 - Δ du diamètre de la VCS (ETO)
 - Δ Vmax du flux aortique par Doppler oesophagien (EDO)
 - Δ Débit Aortique Moyen spontané et suite à une épreuve de LJP en Doppler Oesophagien (EDO)

Indices prédictifs écho Doppler de la réponse au RV

- Les paramètres Doppler dynamiques:

– Les études cliniques

- La variabilité respiratoire des Vmax du flux aortique

$$\diamond \Delta V_{\max} = [V_{\max} - V_{\min} / (V_{\max} + V_{\min}) / 2] \times 10$$

- 19 patients en choc septique sous VAC
- Les R au RV ont une ΔV_{\max} plus élevée (20+-6%) que les NR (10+-3%)
- Seuil de 12% discrimine les R des NR avec Se et Spe de 100% et de 89%.
- Cet indice est sensible aux conditions de charge: le RV diminue le ΔV_{\max} proportionnellement aux variations du DC.

ITT : 0.4

3.7-ETD GAIN 76 COMP 83

C. H. BELFORT
REANIMATION
ETD

18cm
TRAIT 2/0/E
1138PM

15 DEC 99

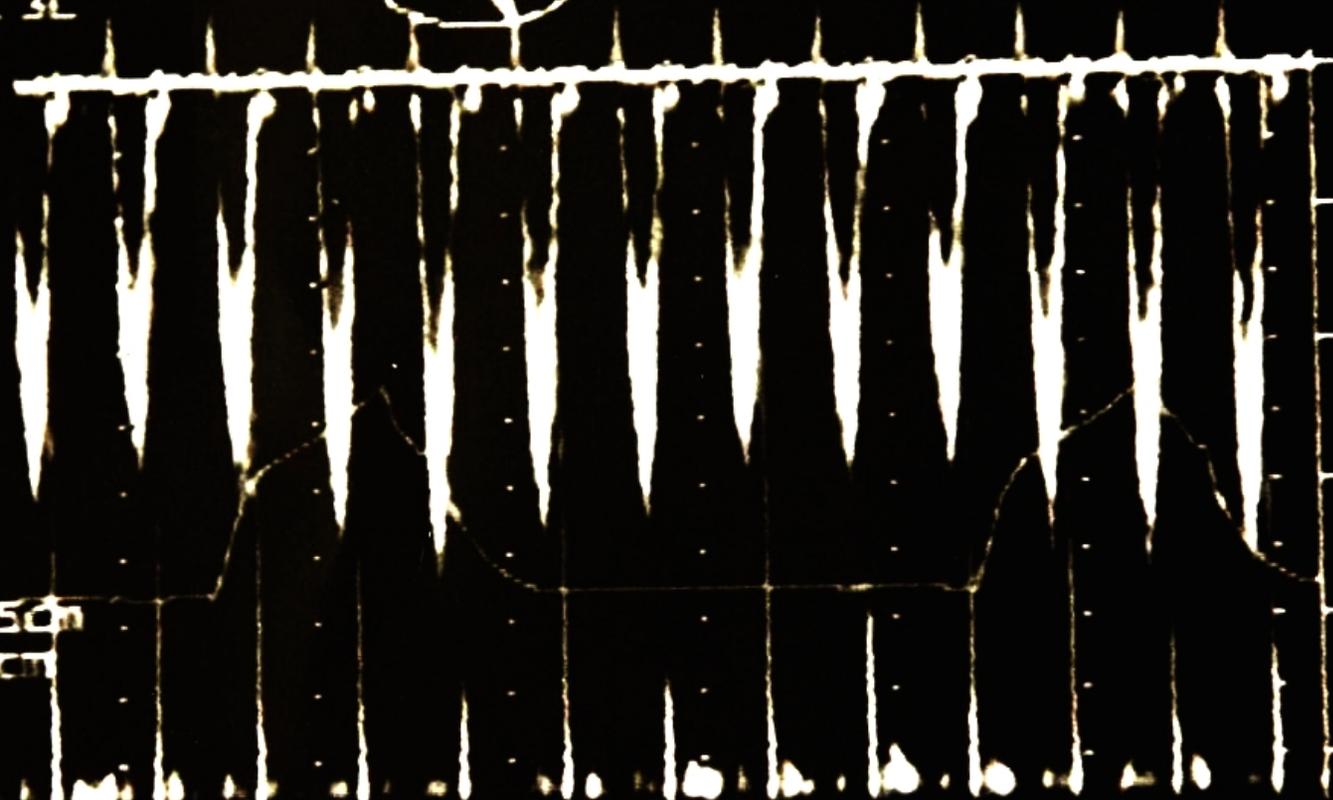
17:46:11

0 110 160

T PAT: 37.8C
T ETD: 38.3C

3.7MHz

0 110 160



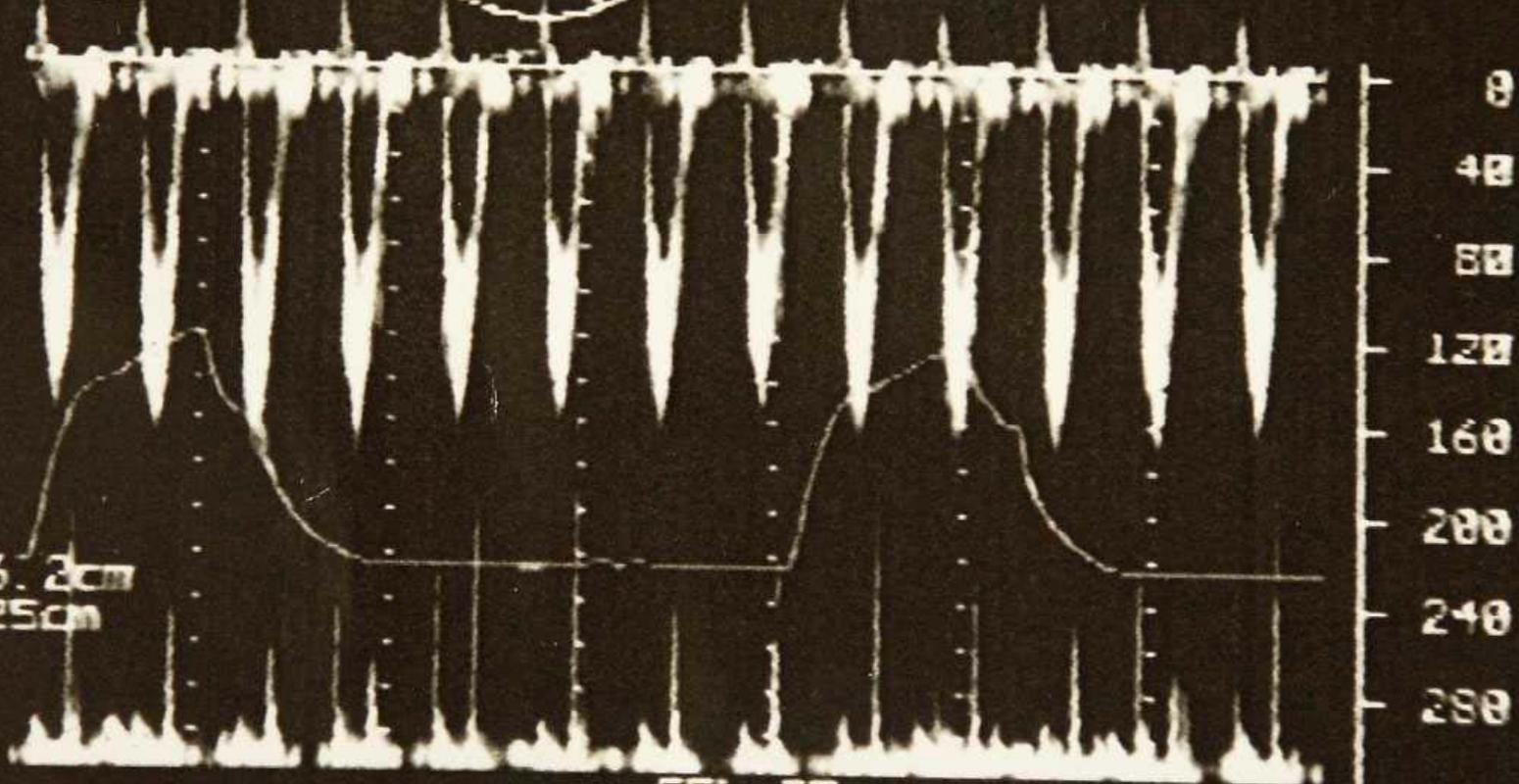
FENET: 5.5cm
LONG: 0.25cm
θ: 0
▽: 20

GEL 20

ITT : 0.4
3.7-ETD GAIN 76 COMP 33
C.H. BELFORT
REANIMATION
ETD
9cm
TRAITZ B/E
113BPM
8:38:59.84
15 DEC 99
18:13:25



T PAT: 37.0C
T ETD: 38.3C
3.7MHz
124 168
HPRF



FENET. 6.2cm
LONG. 8.25cm
e: 0
v: 28

GEL 20

IM : 1.4ITT : 1.2

S3 GAIN 53 COMP 66

REF. CH. BELFORT 17cm

A + VEL. 158. cm/s

GrPress 9.99 mmHg

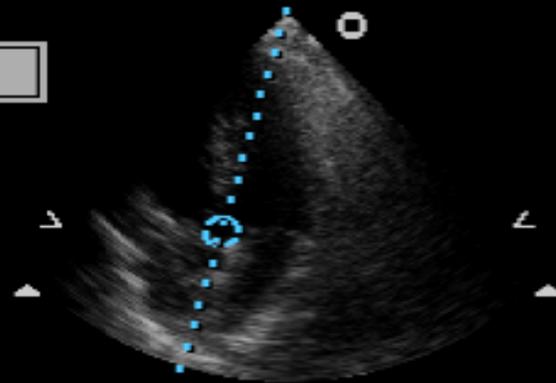
B X VEL. 120. cm/s

GrPress 5.76 mmHg

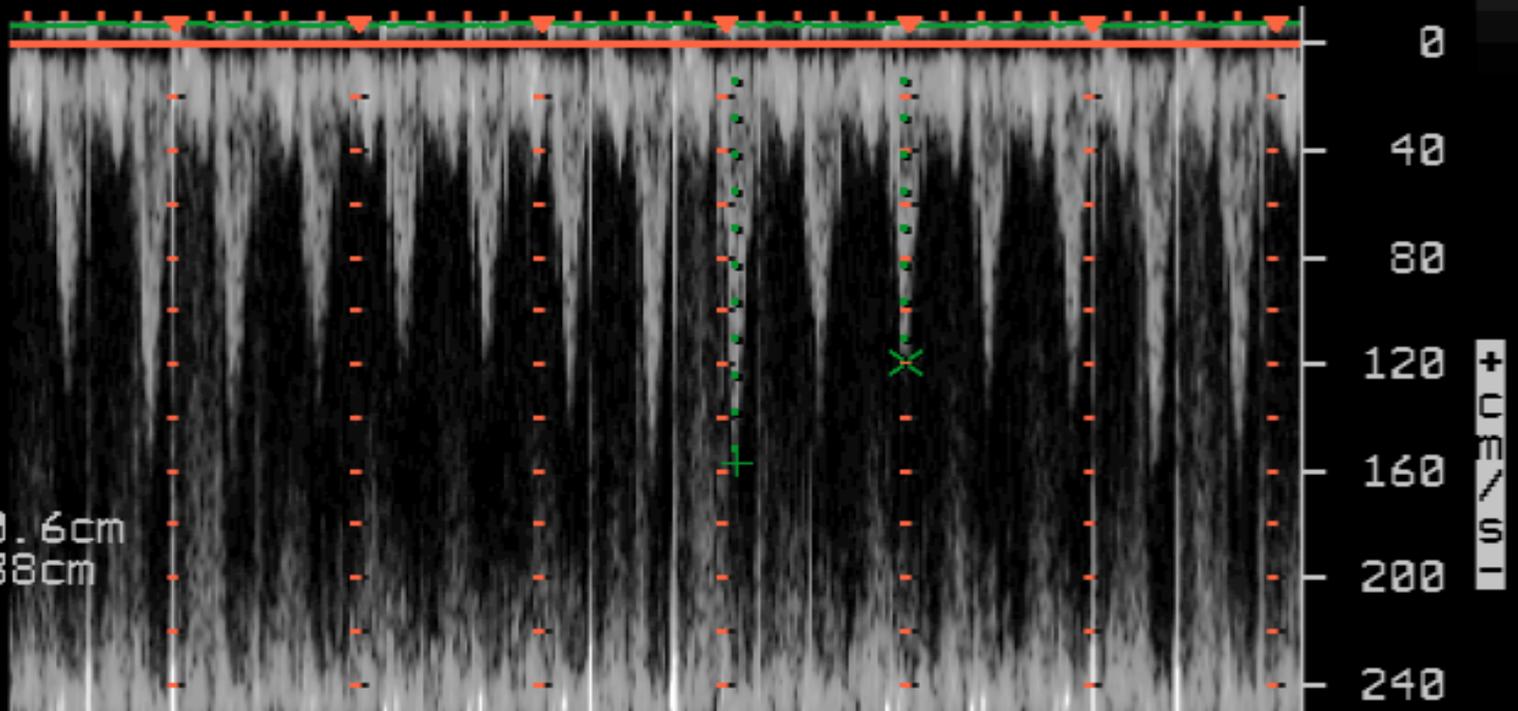
0:16:32

MARS 04

12:42:29



1.6MHz



FENET. 10.6cm

LONG. 0.38cm

e: 0

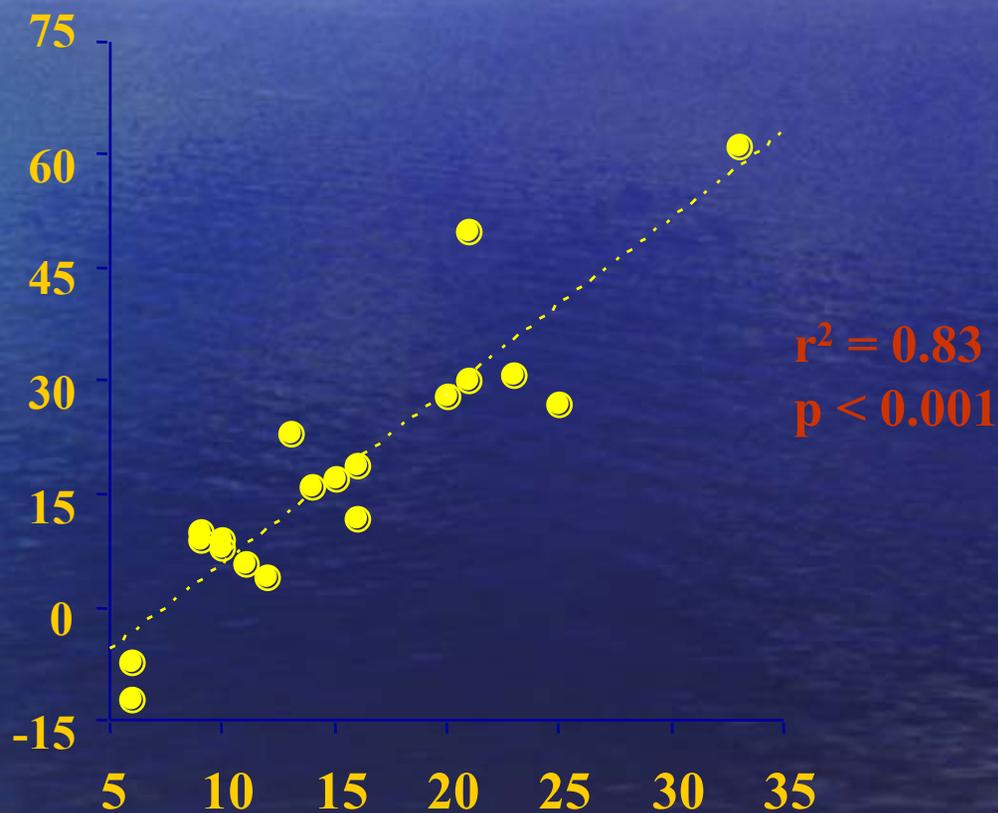
▽= 20

GEL 2D

Respiratory changes in aortic blood velocity as an indicator of fluid responsiveness in ventilated patients with septic shock.

Feissel F, Michard F, Mangin I, Ruyer O, Faller JP, Teboul JL. *Chest* 2001; 119:867-873

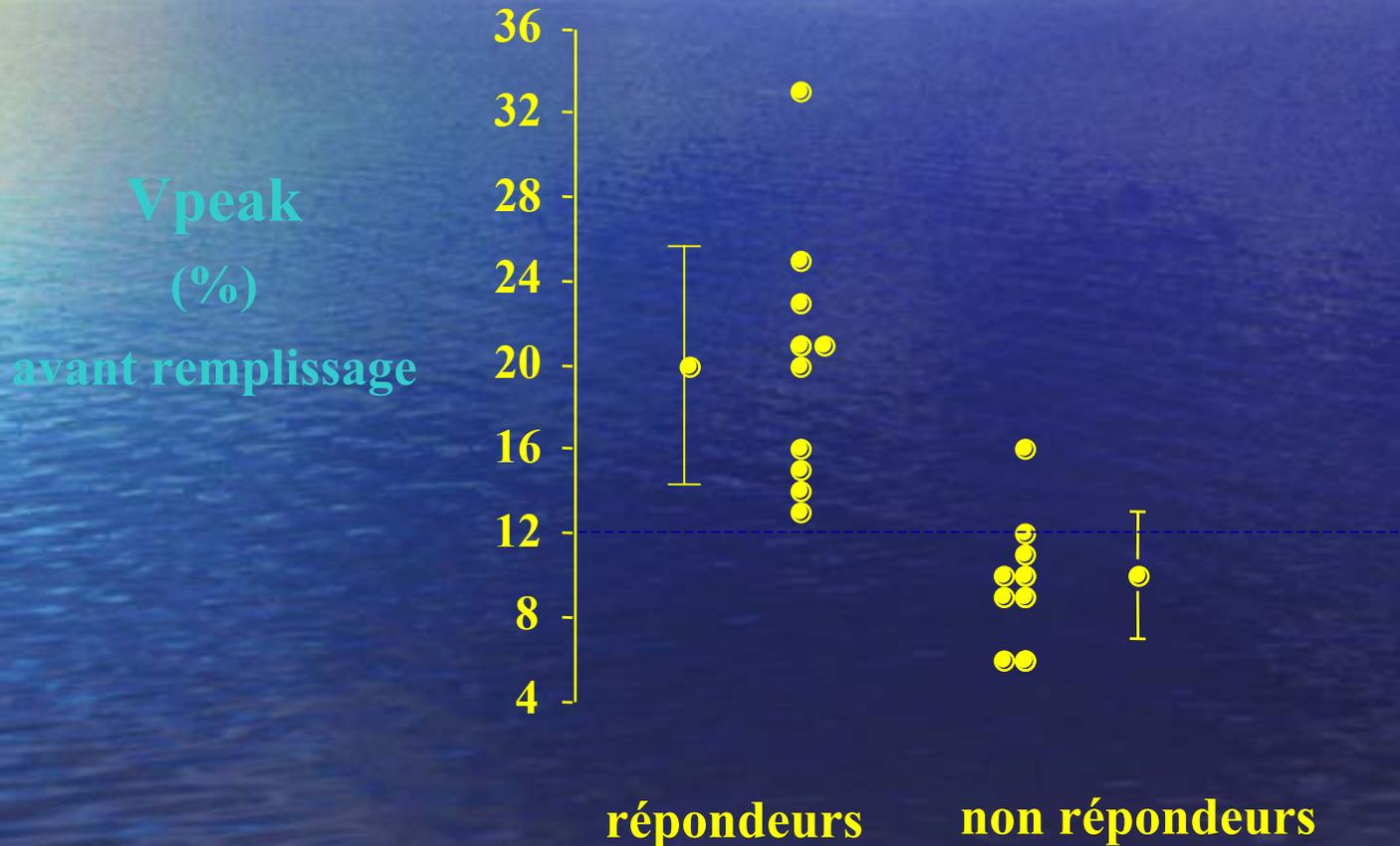
Élévation DC
induite
par remplissage
(%)



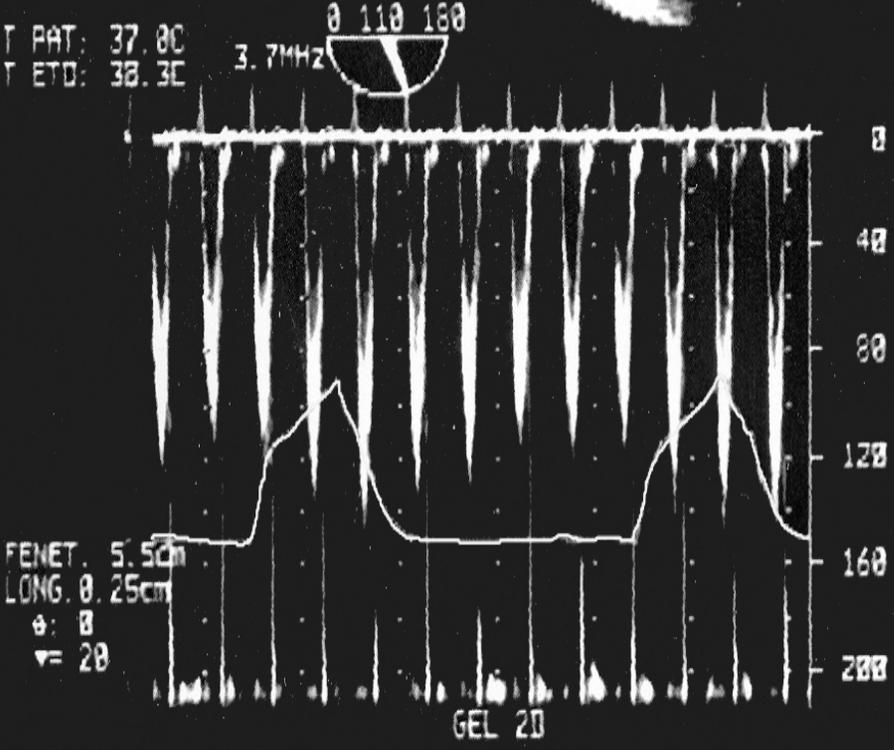
ΔV_{peak} (%) avant remplissage

Respiratory changes in aortic blood velocity as an indicator of fluid responsiveness in ventilated patients with septic shock.

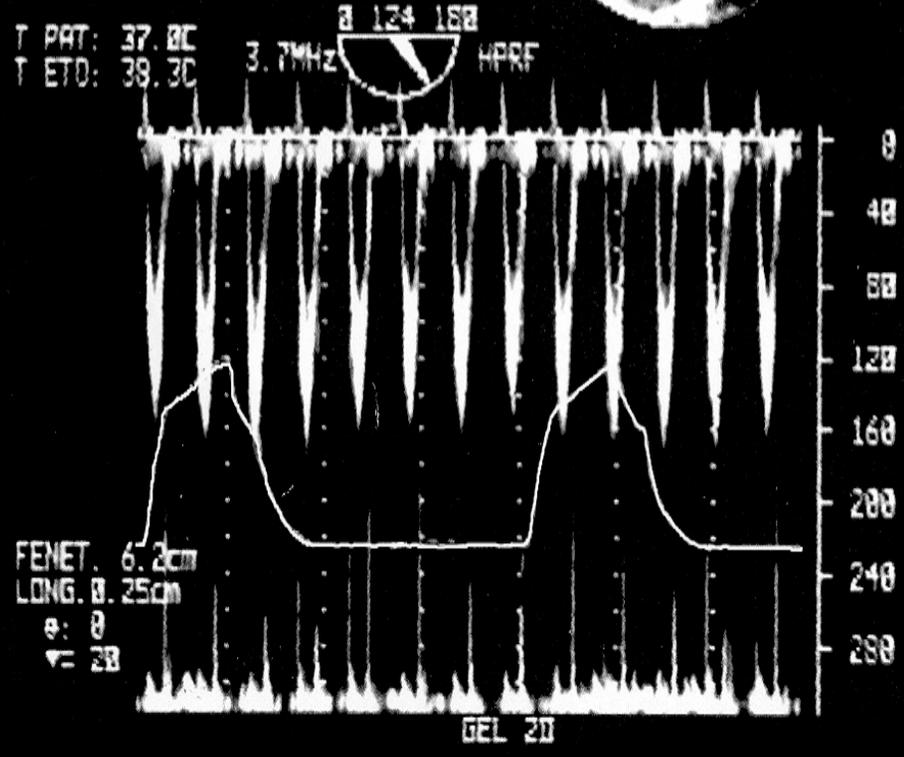
Feissel F, Michard F, Mangin I, Ruyer O, Faller JP, Teboul JL. *Chest* 2001; 119:867-873



ITT : 0.4
3.7-ETO GAIN 76 COMP 83
18cm
C.H. BELFORT
REANIMATION
ETO
TRAITZ/O/E
113BPM
0:28:27
15 DEC 99
17:46:11



ITT : 0.4
3.7-ETO GAIN 76 COMP 83
9cm
C.H. BELFORT
REANIMATION
ETO...
TRAITZ/O/E
113BPM
0:38:59.84
15 DEC 99
18:13:25



Indices prédictifs écho Doppler de la réponse au RV

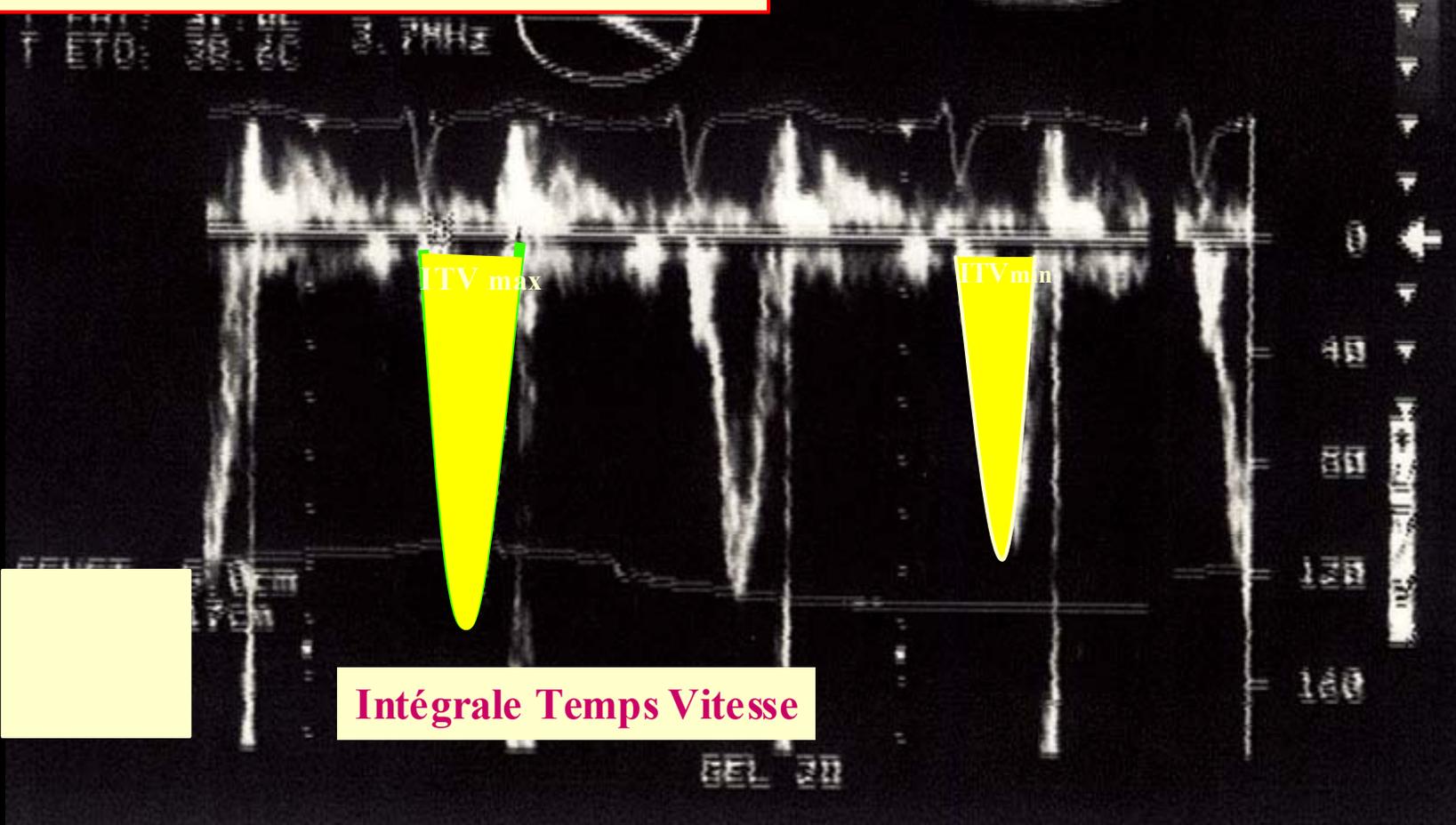
- Les paramètres Doppler dynamiques:
 - Les études cliniques
 - La variabilité respiratoire des ITV du flux aortiques

$$\Delta ITV = [ITV_{max} - ITV_{min} / (ITV_{max} + ITV_{min}) / 2] \times 100$$

- 12 lapins sous VAC saignée induisant hypovolémie
 - ❖ Bonne corrélation ($r=0.80$) entre l'hypovolémie induite et les variations de ΔITV : plus l'animal est hypovolémique plus l'indice est de grande amplitude
 - ❖ Inversement le remplissage corrigeant l'hypovolémie induit une diminution de l'indice qui est bien corrélé ($r=0,83$) aux variations du VESVG

Volume d'éjection = ITV x surface aortique

$$\Delta \text{ITV} \% = \frac{\text{ITV}_{\text{max}} - \text{ITV}_{\text{min}}}{(\text{ITV}_{\text{max}} + \text{ITV}_{\text{min}})/2}$$



Intégrale Temps Vitesse

Indices prédictifs écho Doppler de la réponse au RV

- Les limites de ces paramètres:
 - Rythme régulier
 - Patient sous ventilation mécanique parfaitement adapté au respirateur (pas d'effort inspiratoire)
 - Position de la fenêtre du Doppler Pulsée
 - Mouvement du cœur dans le thorax
 - Étude en ETO (extrapolation à l'ETT!!)
 - Échogénicité du patient
 - Paramètres de la ventilation classique (SDRA et petit volume courant!!)
 - Absence d'HTAP (blocage pulmonaire et faux Positifs)
 - Analyse souvent ponctuelle (monitorage non aisé)

Indices prédictifs écho Doppler de la réponse au RV

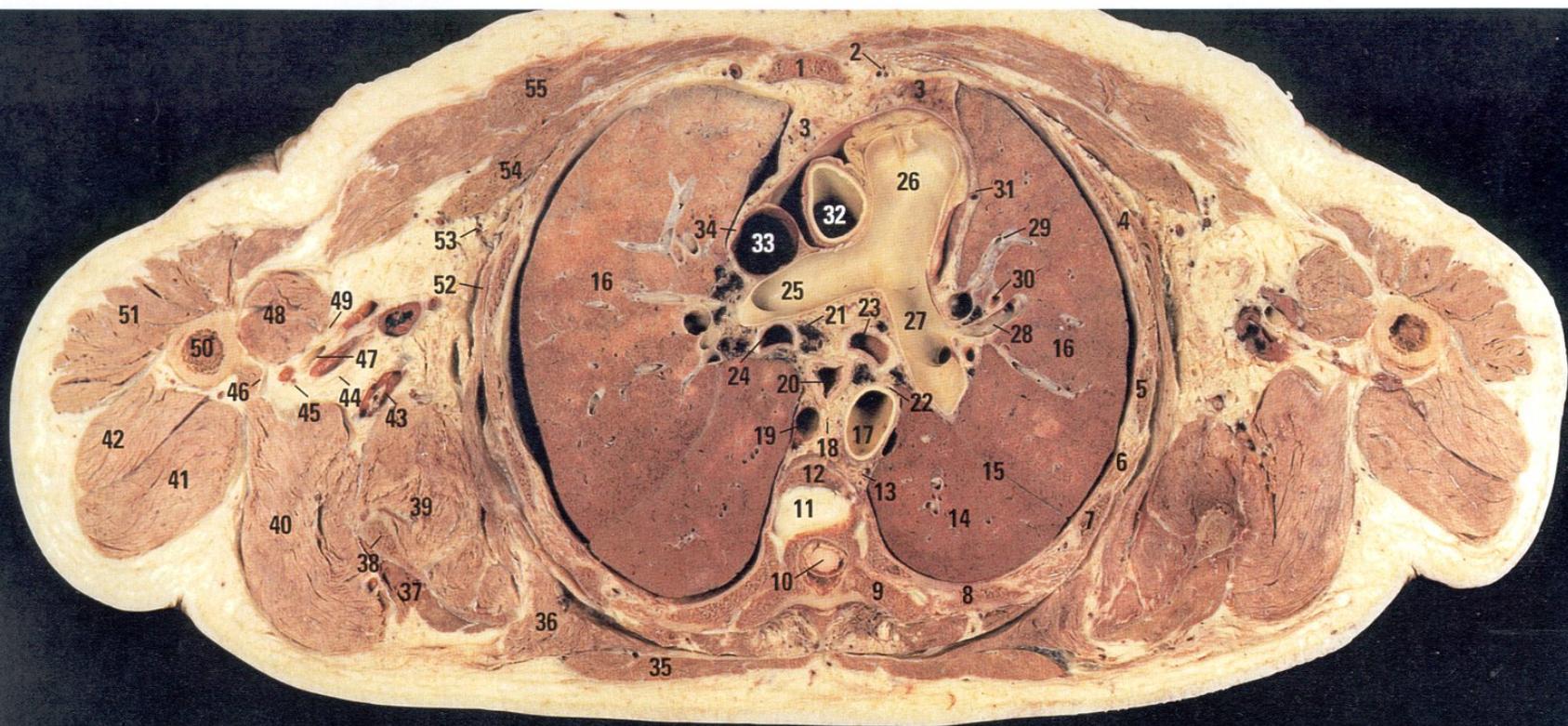
- Les avantages de ces paramètres:

- Application de principes physiologiques bien établis
- Compréhension aisée des phénomènes
- Application clinique au lit du patient
- Reproductible si mêmes conditions d'analyse

Le Doppler oesophagien

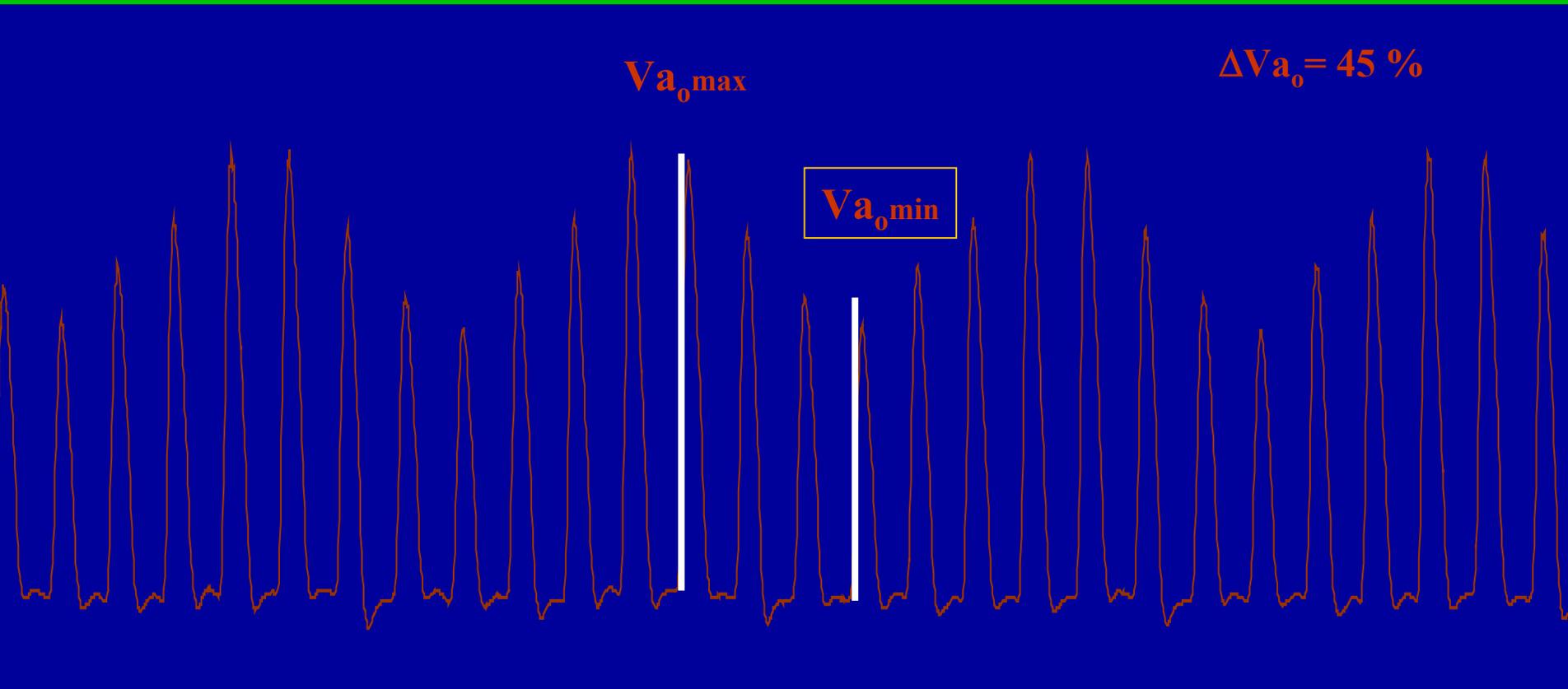
- Technique (echo) Doppler analysant le flux dans l'aorte descendante
 - Application des mêmes principes qu'au niveau de l'anneau aortique pour analyse de la variabilité respiratoire du VESVG
 - Mesure du Débit Aortique moyen dans l'aorte descendante et ses variations en fonction d'intervention sur la volémie (RV ou ELJP)

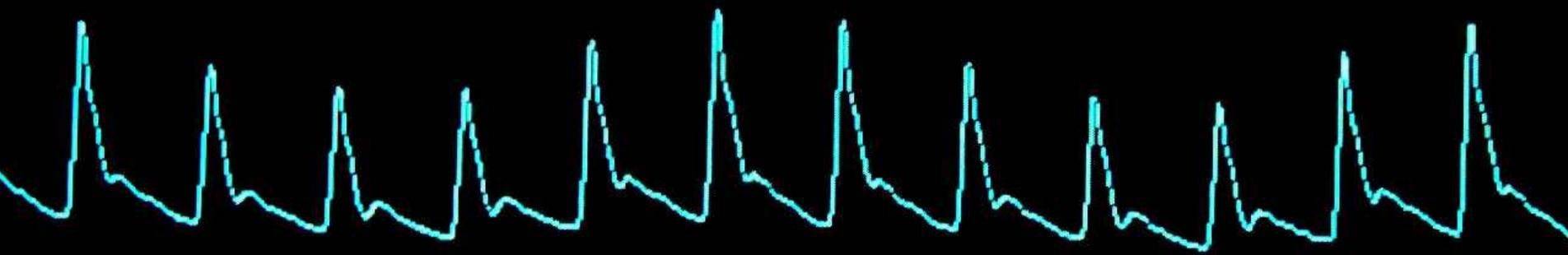
Position anatomique du Doppler oesophagien



- | | | | |
|--|--------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1 Body of sternum | 13 Intercostal artery and vein | 29 Pulmonary vein tributary | 44 Ulnar nerve |
| 2 Internal thoracic artery and vein | 14 Lower lobe of lung | 30 Segmental bronchus | 45 Radial nerve |
| 3 Thymic residue within anterior mediastinal fat | 15 Oblique fissure | 31 Left phrenic nerve with pericardiophrenic artery | 46 Latissimus dorsi tendon |
| 4 Third rib | 16 Upper lobe of lung | 32 Ascending aorta | 47 Axillary artery and vein |
| 5 Fourth rib | 17 Descending aorta | 33 Superior vena cava | 48 Biceps and coracobrachialis |
| 6 Intercostal muscles | 18 Thoracic duct | 34 Right phrenic nerve | 49 Median nerve |
| 7 Fifth rib | 19 Azygos vein | 35 Trapezius | 50 Shaft of humerus |
| 8 Sixth rib | 20 Oesophagus | 36 Rhomboideus major | 51 Deltoid |
| 9 Transverse process of sixth thoracic vertebra | 21 Lymph node | 37 Infraspinatus | 52 Serratus anterior |
| 10 Spinal cord within dural sheath | 22 Left vagus nerve (X) | 38 Scapula | 53 Lateral thoracic artery and vein |
| 11 Part of intervertebral disc between fifth and sixth thoracic vertebra | 23 Left main bronchus | 39 Subscapularis | 54 Pectoralis minor |
| 12 Part of body of fifth thoracic vertebra | 24 Right intermediate bronchus | 40 Teres major | 55 Pectoralis major |
| | 25 Right pulmonary artery | 41 Triceps – long head | |
| | 26 Pulmonary trunk | 42 Triceps – lateral head | 56 Superior pulmonary vein |
| | 27 Left pulmonary artery | 43 Subscapular artery and vein | 57 Left basal pulmonary artery |
| | 28 Pulmonary artery branch | | 58 Breast |

Respiratory changes of aortic blood flow velocity in an animal model of hemorrhagic shock





10 000

12 000

14 000

T

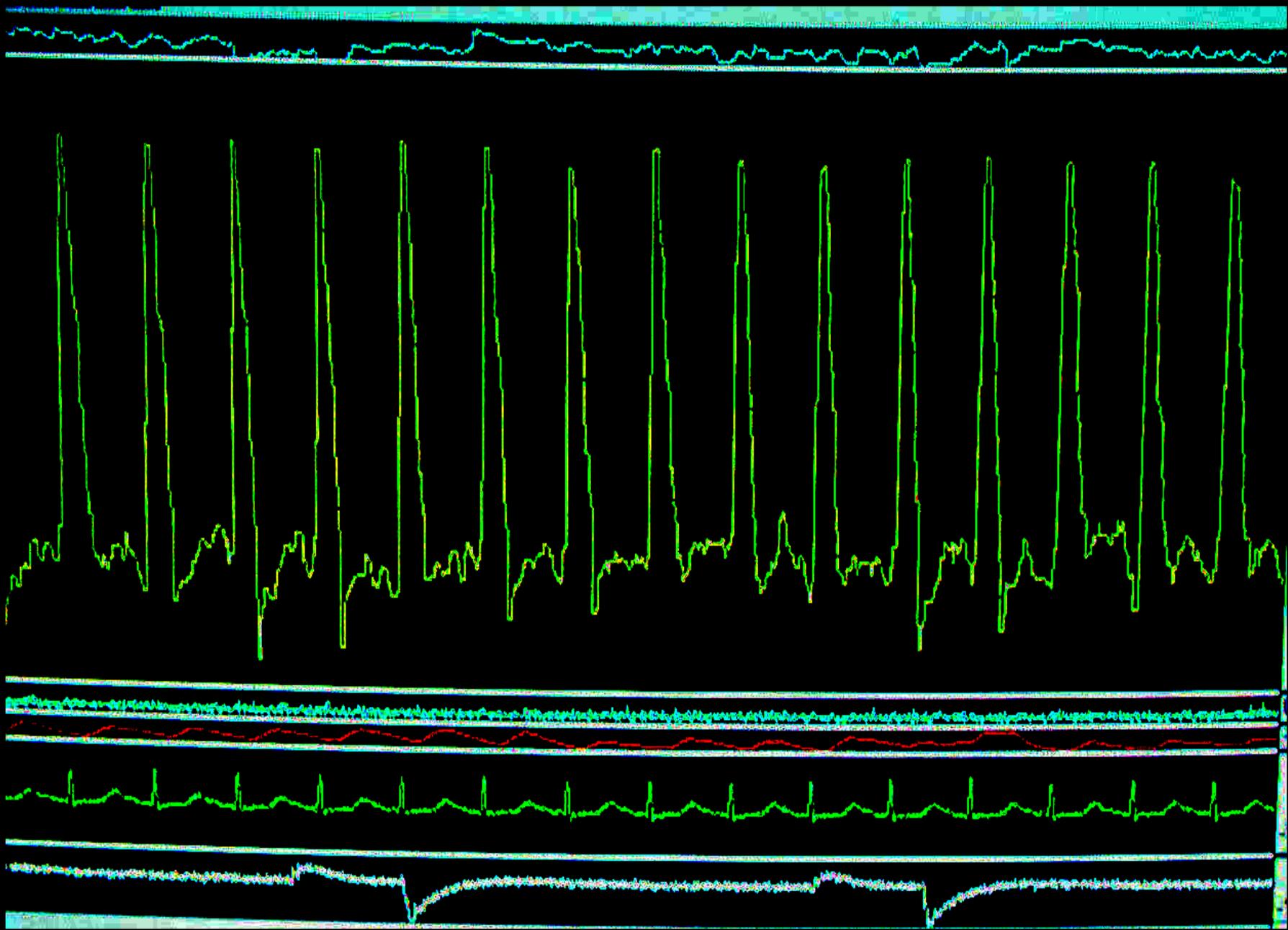
Indices prédictifs Doppler de la réponse au RV

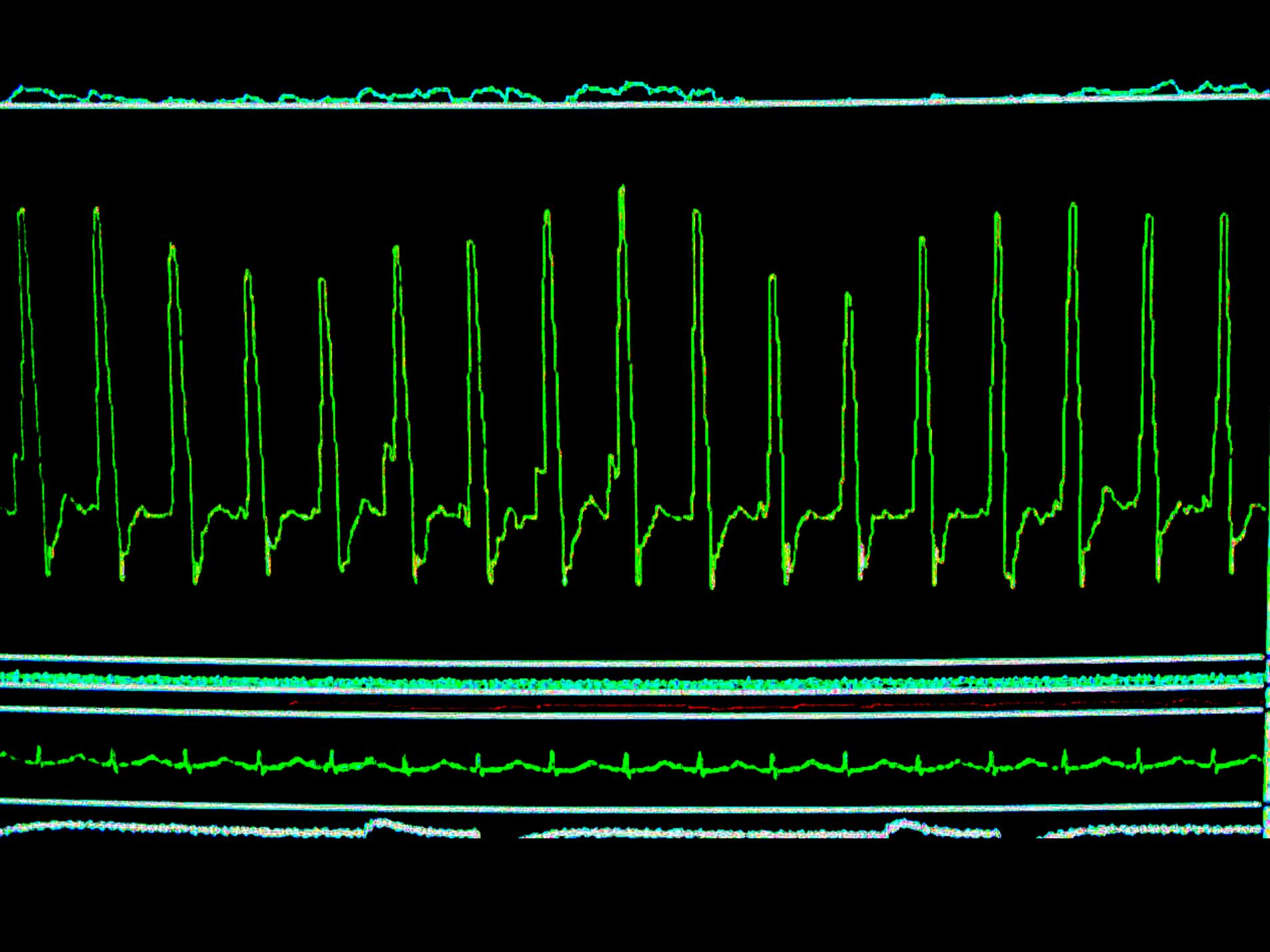
- Doppler oesophagien

- La variabilité respiratoire des V_{max} du flux aortique mesurés en Doppler Oesophagien

(Feissel et coll Réanimation 2003 SP 276)

- 20 patients en choc septique sous VAC
- Les R au RV ont une ΔdoV_{max} plus élevée (24+-9%) que les NR (7,5+-5%)
- Corrélation linéaire satisfaisante entre la valeur de base de ΔdoV_{max} et le % d'augmentation du DAM suite à un RV ($r=0,80$)
- Seuil de 14% discrimine les R des NR avec une Se et une Spe de 100%.

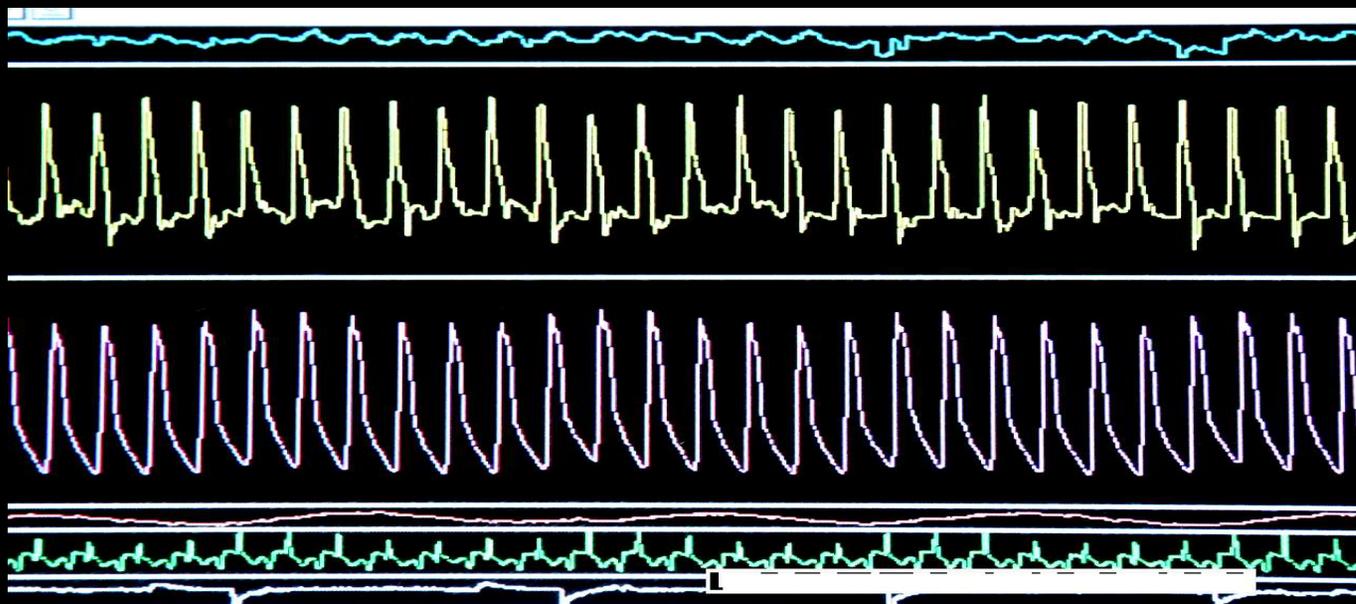




Avant RV



Après RV



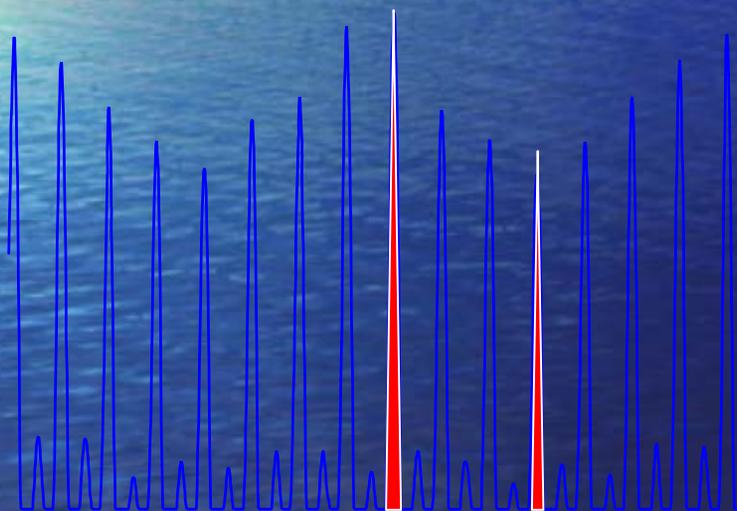
Indices prédictifs écho Doppler de la réponse au RV

- La variabilité respiratoire du débit aortique oesophagien instantanée et suite à une épreuve de levé de jambe passif.
(Monnet et coll : Réanimation 2003 SP272)
 - Une variabilité respiratoire du **DAM** de plus de 17% avant RV est prédictif d'une augmentation du DAM (> 15% après RV) avec une Se de 83% et une Spe de 79%
 - L'augmentation du DAM de plus de 7% suite à une **Epreuve de Levé de Jambe Passif** permet de prédire l'augmentation du DAM suite à un RV avec une Se de 89% et une Spe de 93%.

X Monnet, M Rienzo, C Richard, D Osman, N Anguel, MR Pinsky, JL Teboul.

**Non invasive assessment of volume responsiveness in ventilated and sedated patients:
value of respiratory variation of aortic blood flow
and response to passive leg raising using transesophageal Doppler. *ATS 2004***

Base



Mean ABF = 2.30 L/min

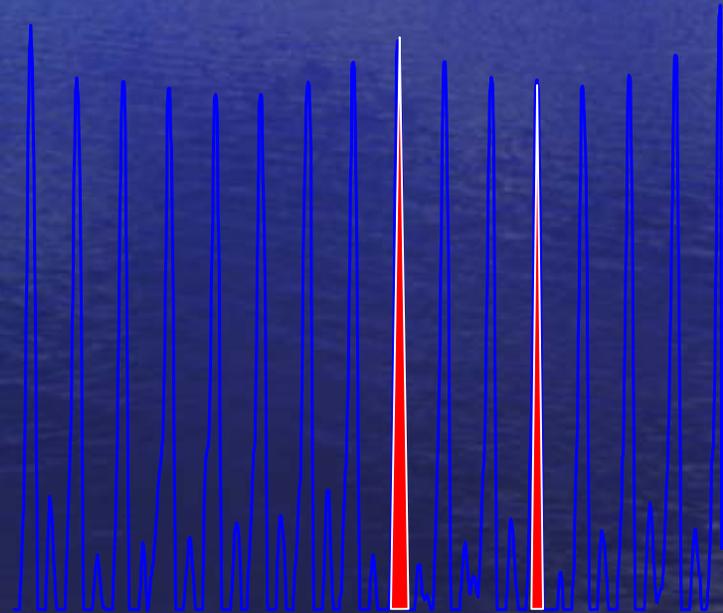
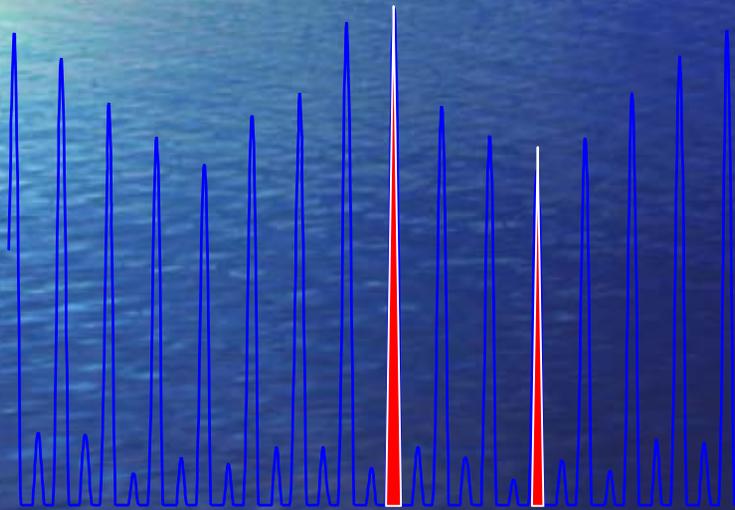
Δ ABF = 39%

X Monnet, M Rienzo, C Richard, D Osman, N Anguel, MR Pinsky, JL Teboul.

**Non invasive assessment of volume responsiveness in ventilated and sedated patients:
value of respiratory variation of aortic blood flow
and response to passive leg raising using transesophageal Doppler. *ATS 2004***

Base 2

Post VE

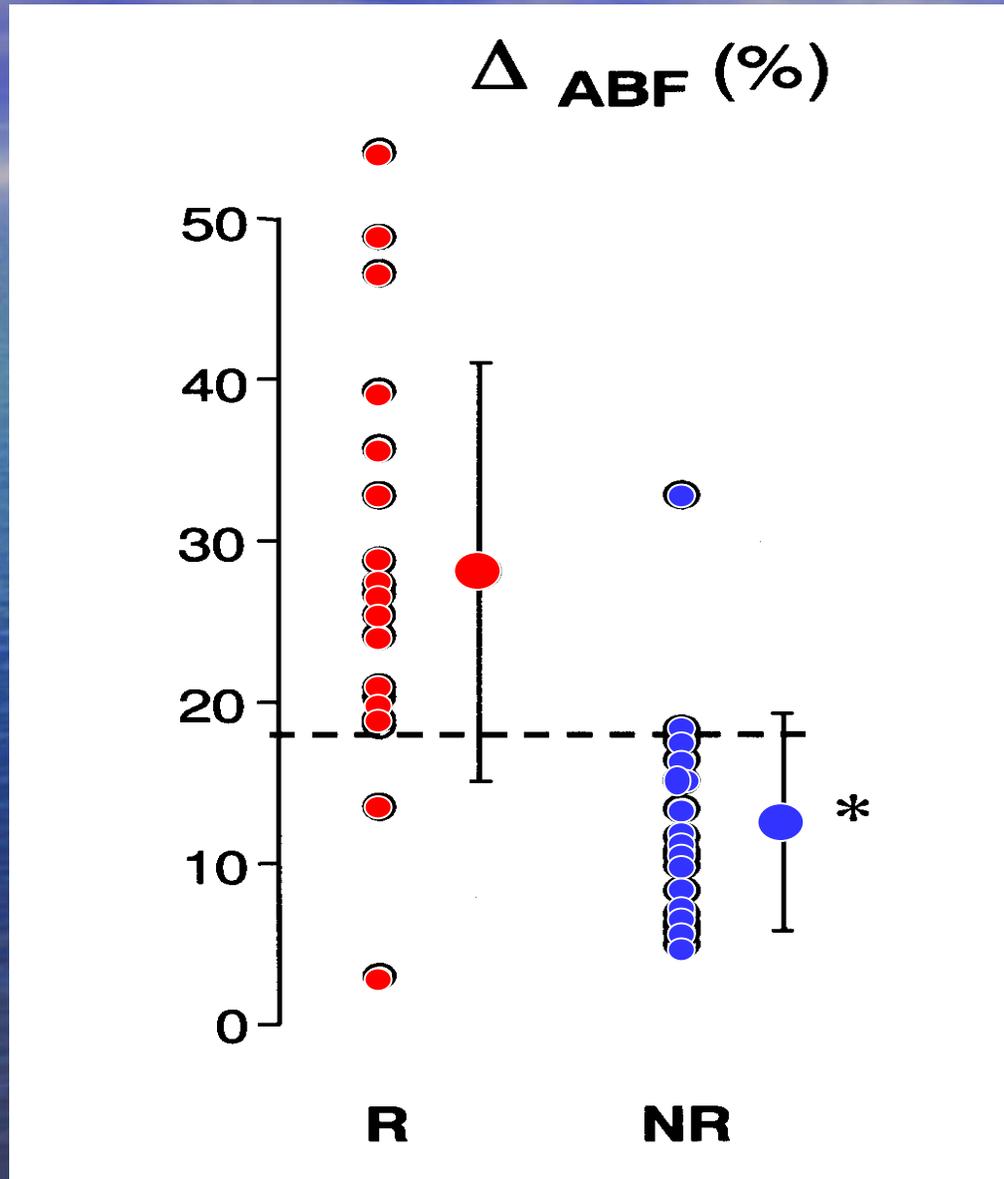


Mean ABF = 2.30 L/min
 Δ ABF = 39%

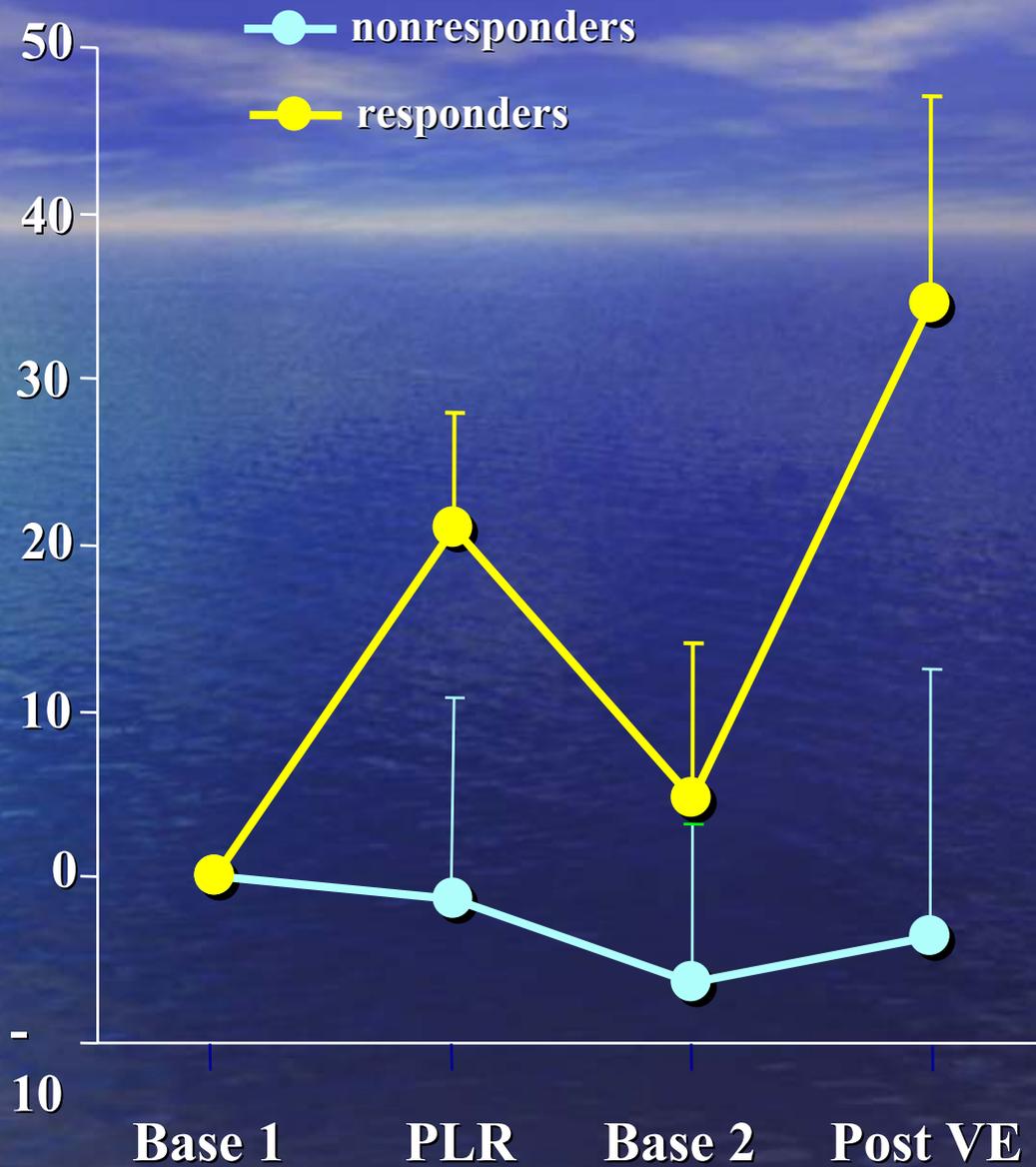


Mean ABF = 3.92 L/min
 Δ ABF = 13%

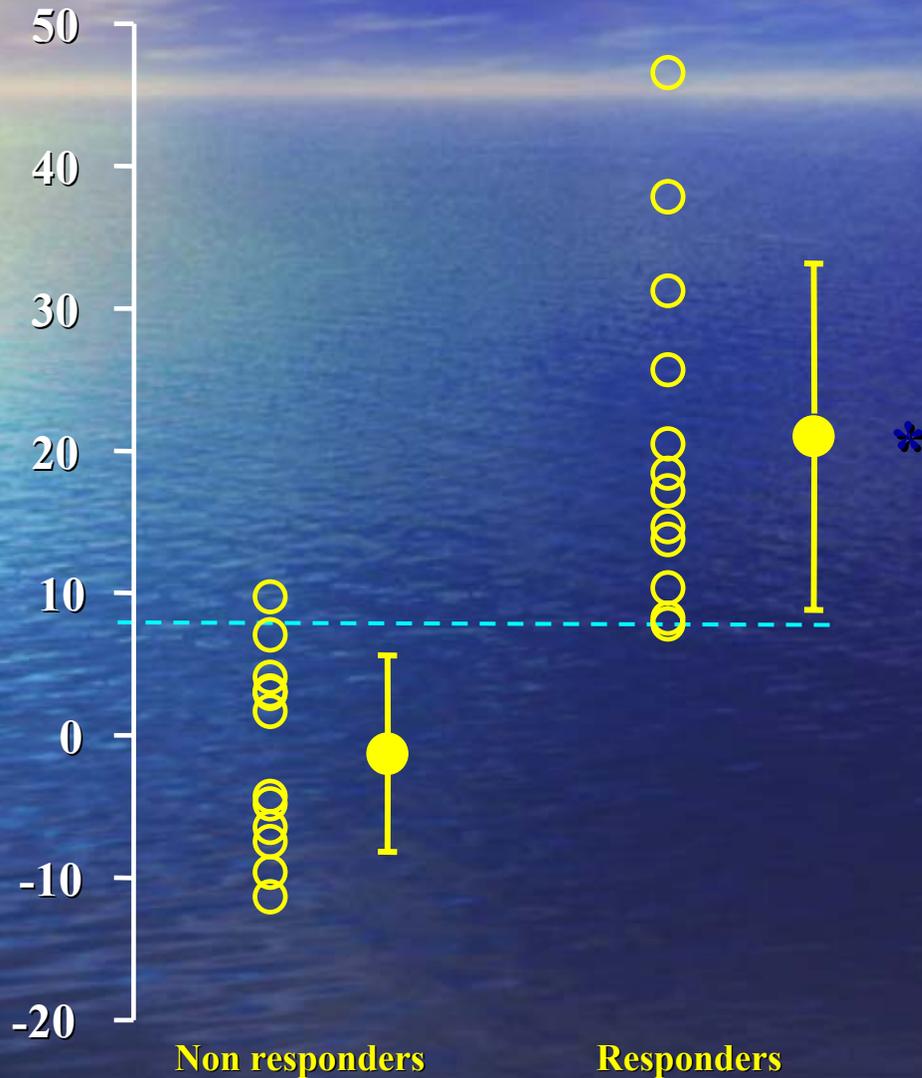
Non invasive assessment of volume responsiveness in ventilated and sedated patients: value of respiratory variation of aortic blood flow and response to passive leg raising using transesophageal Doppler. [ATS 2004](#)



Changes in
aortic blood flow
(%)



Passive leg raising-induced changes in aortic blood flow



Cut-off value: 8%

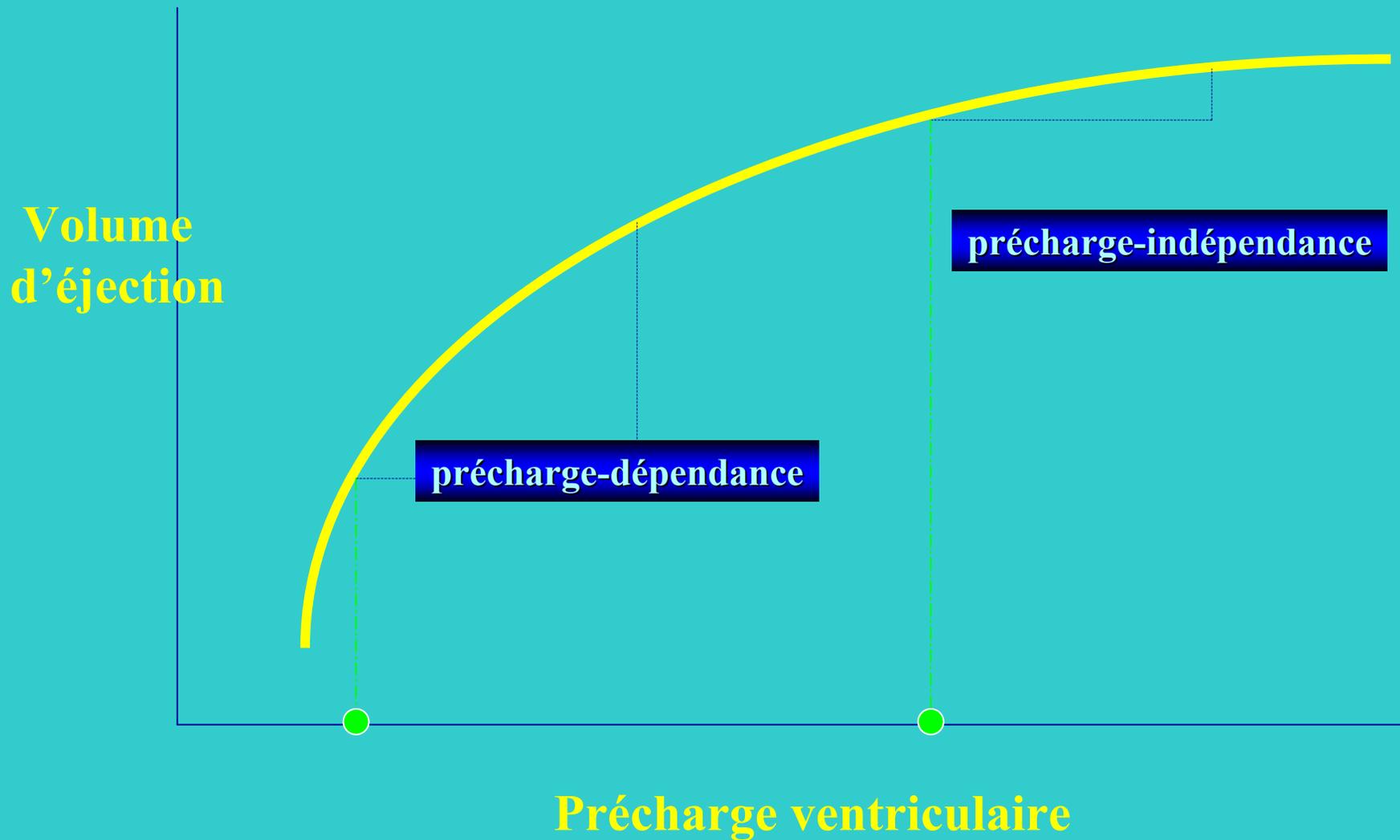
Se = 92 %

Sp = 92 %

Indices prédictifs de la réponse au RV

- Le Principe de la forte probabilité de précharge dépendance
 - Par la mise en évidence d'une précharge basse ou d'une réserve de précharge
 - *étude de la variabilité du diamètre de la VCI sous VAC en ETT*
 - Par la mise en évidence d'une hypovolémie du secteur central
 - *étude de la variabilité du diamètre de la VCS sous VAC en ETO*

Plus basse est la précharge, plus probable est la précharge-dépendance



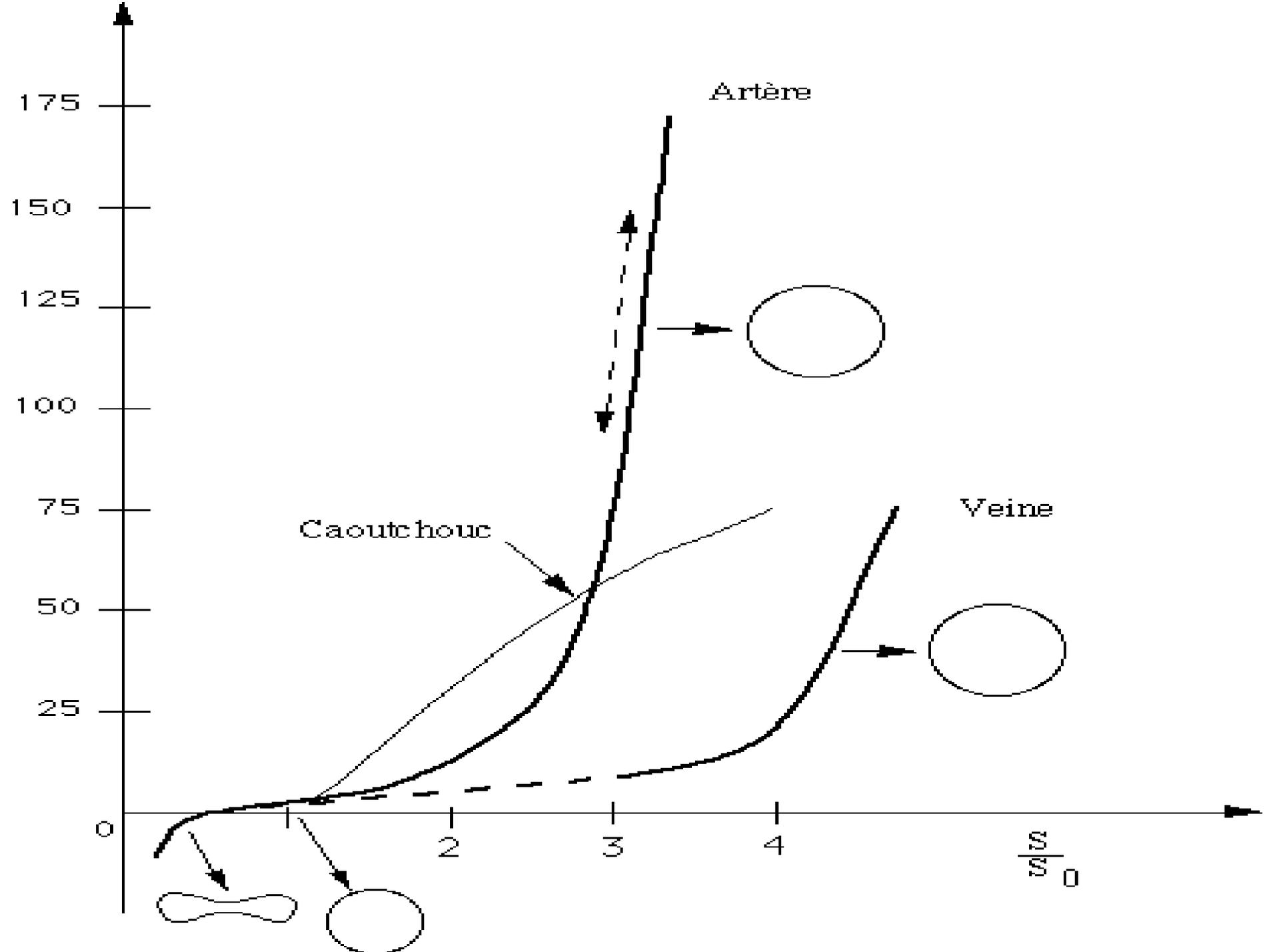
Indices prédictifs échographiques de la réponse au RV

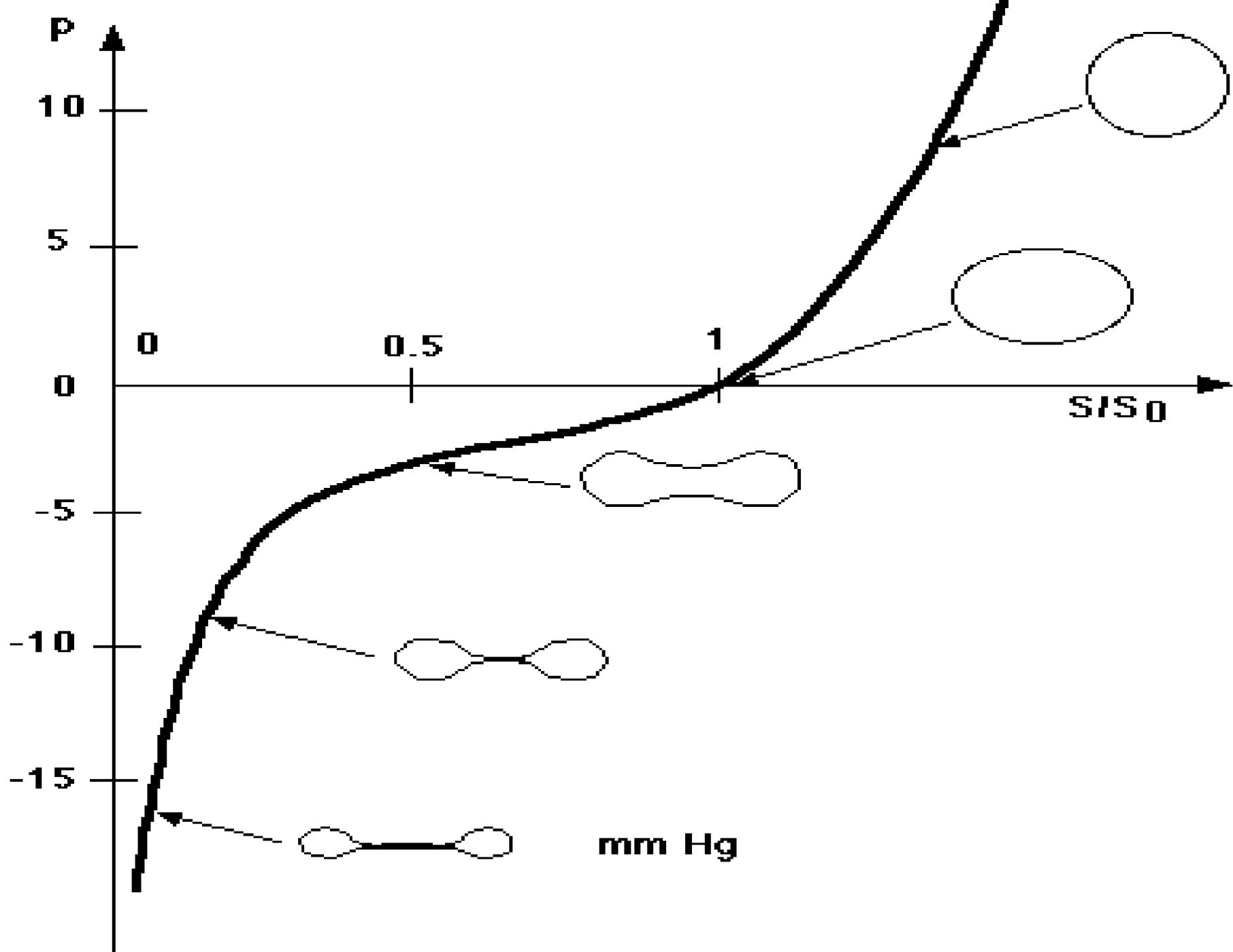
- Les principes à partir des veines caves

Les propriétés hydrauliques des veines sont celles des tubes déformables, collabables, c'est-à-dire de tubes susceptibles de gonfler sous l'action d'une pression transmurale positive, mais surtout de s'affaisser quand elle devient négative

(pression transmurale = pression interne - pression externe)

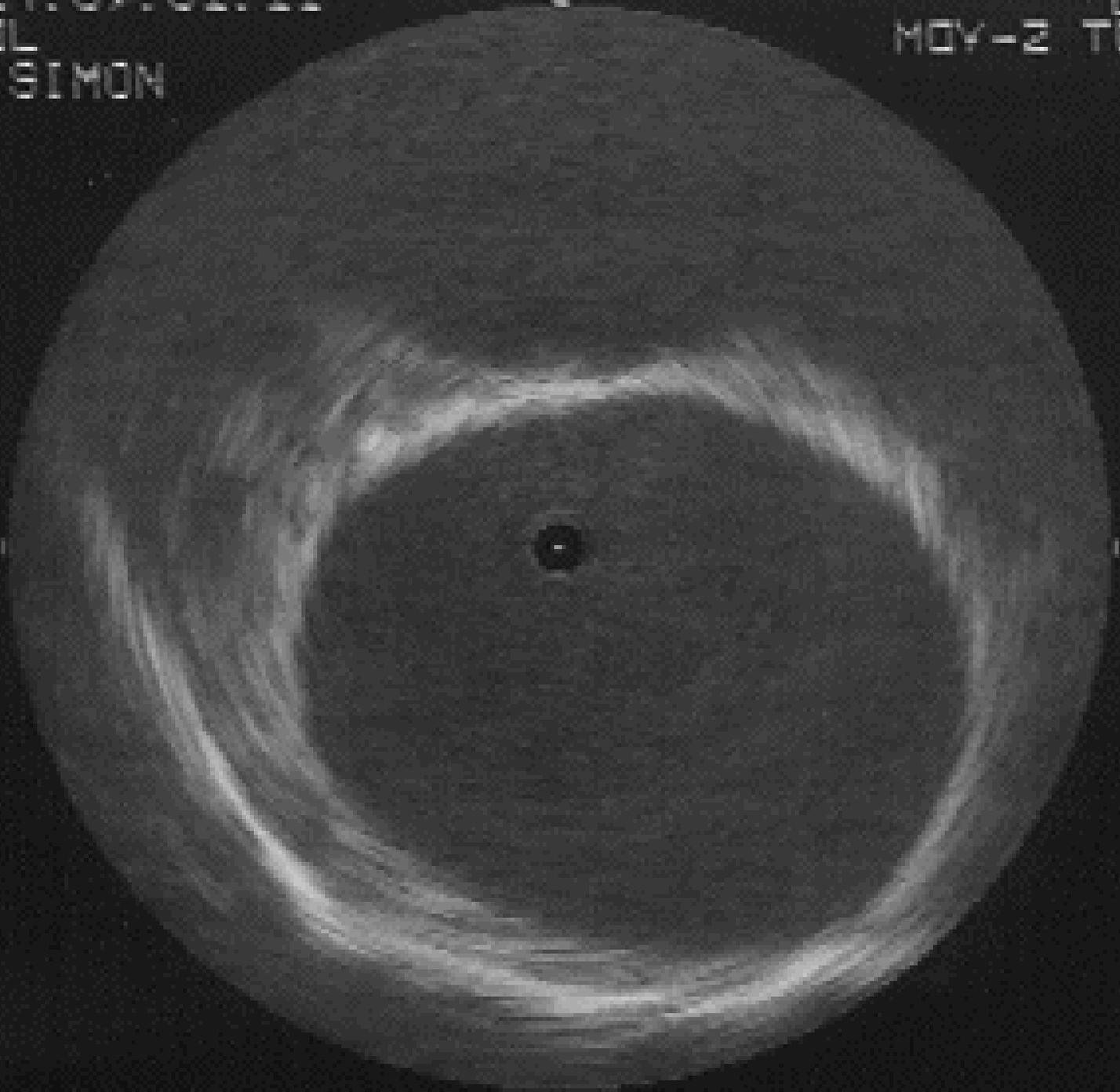
$$p = p_i - p_e$$





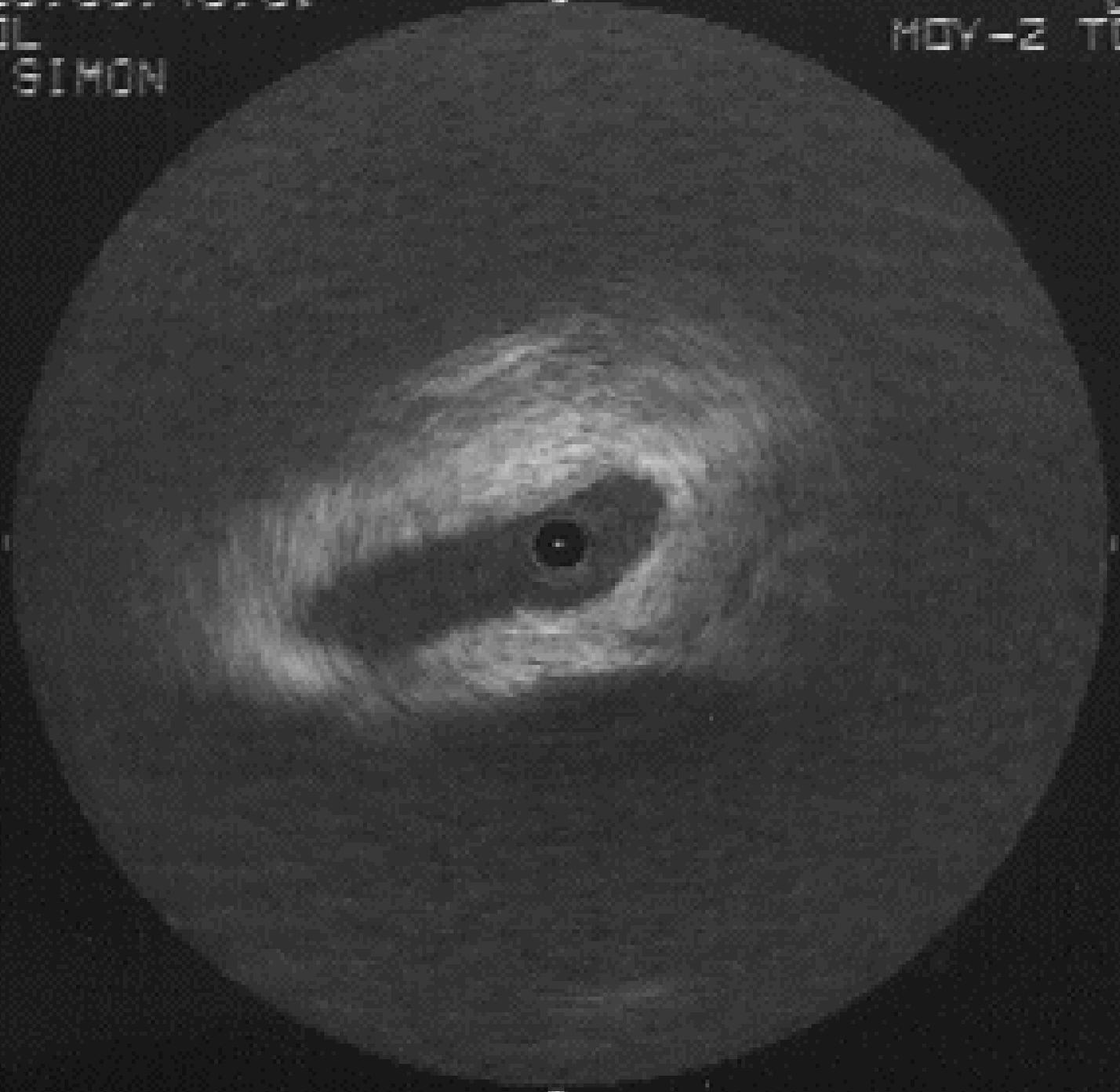
1968-01-11
IL
SIMON

MOY-2 TO

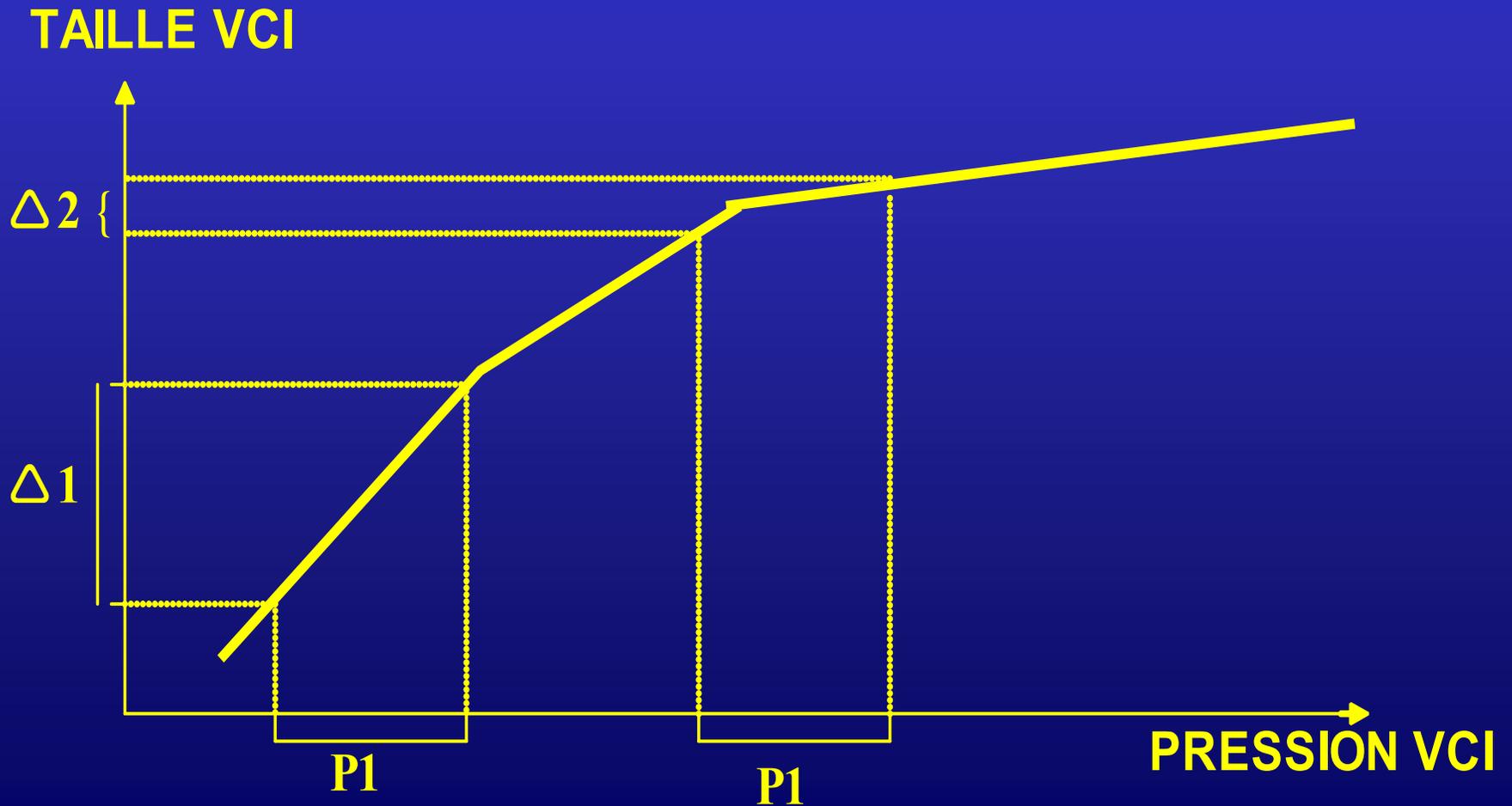


1000000000
IL
SIMON

MOY-2 T



COURBE DE COMPLIANCE VCI



Indices prédictifs échographiques de la réponse au RV

- Les principes à partir des veines caves
 - Mesure de la réserve de précharge (VCI)
 - La VCI est un vaisseau EXTRATHORACIQUE de compliance élevée sensible à de faible variation de « pression » ou de volume.
 - Sous VAC l'augmentation de la pression intrathoracique induit une diminution du Retour Veineux responsable d'une « accumulation » de sang dans la VCI et une augmentation de la pression transmurale d'autant plus marquée que la VCI est non contrainte.
 - Une ΔVCI de grande amplitude témoignerait d'une réserve de précharge au moins droite.
 - Indice prédictif de la réponse au RV?

Indices prédictifs échographiques de la réponse au RV

• La variabilité respiratoire des ΔVCI

(Feissel et coll ICM 2004)

- 37 patients en choc septique sous VAC
- Les R au RV ont une ΔVCI plus élevée (25+-15%) que les NR (6+-4%)

$$\Delta VCI = [VCI_{max} - VCI_{min} / (VCI_{max} + VCI_{min}) / 2] \times 100$$

- Corrélation entre la valeur de base de ΔVCI et le % d'augmentation de l'IC suite à un RV ($r=0,82$)
- Seuil de 12% discrimine les R des NR avec une VPP de 93% et une VPN de 92%.
- Les mesures statiques de la VCI sont nettement moins bien corrélées aux % d'augmentation de l'IC suite à un RV ($r=0,48$ et $0,54$ pour D_{max} et D_{min}).

Indices prédictifs échographiques de la réponse au RV

– La variabilité respiratoire de la VCI

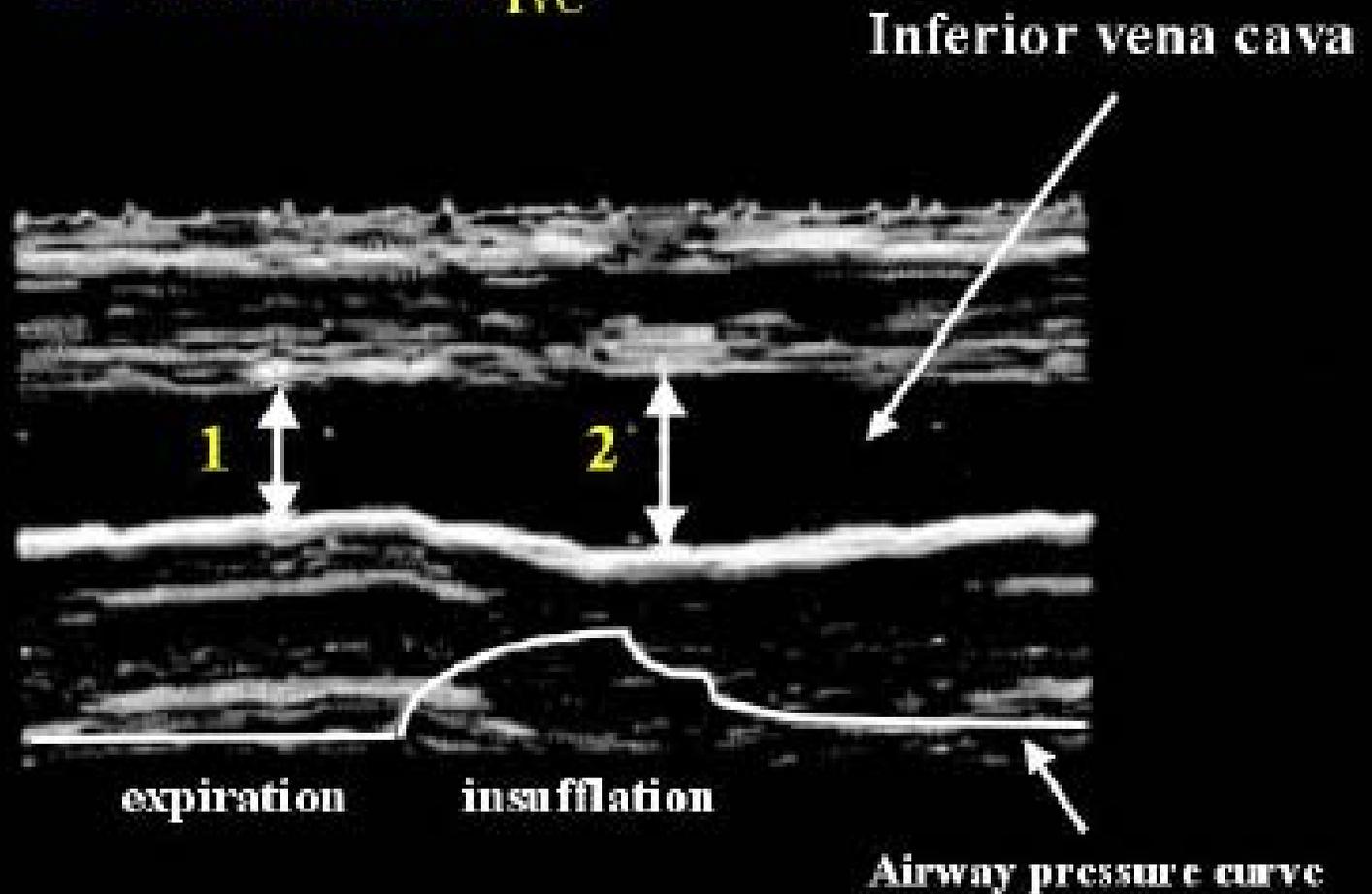
(Barbier et coll ICM 2004)

- 23 patients en choc septique étudiés en ETT (vue sous xiphoïdienne)
- Différenciation des R et des NR (augmentation IC >15%)
- L'index de distensibilité de la VCI

($D_{max}-D_{min}/D_{min}$)

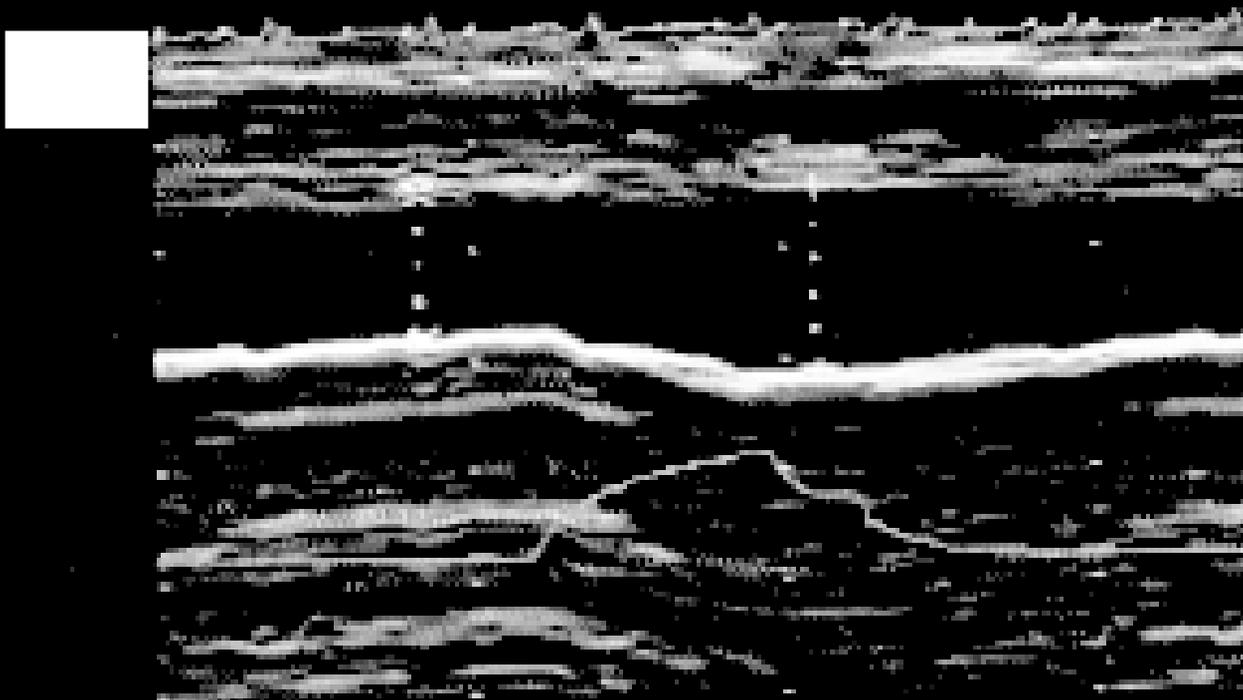
- un seuil de 18% discrimine les R des NR avec une Se de 90% et une Spe de 90%.

1 = minimum D_{IVC}
2 = maximum D_{IVC}



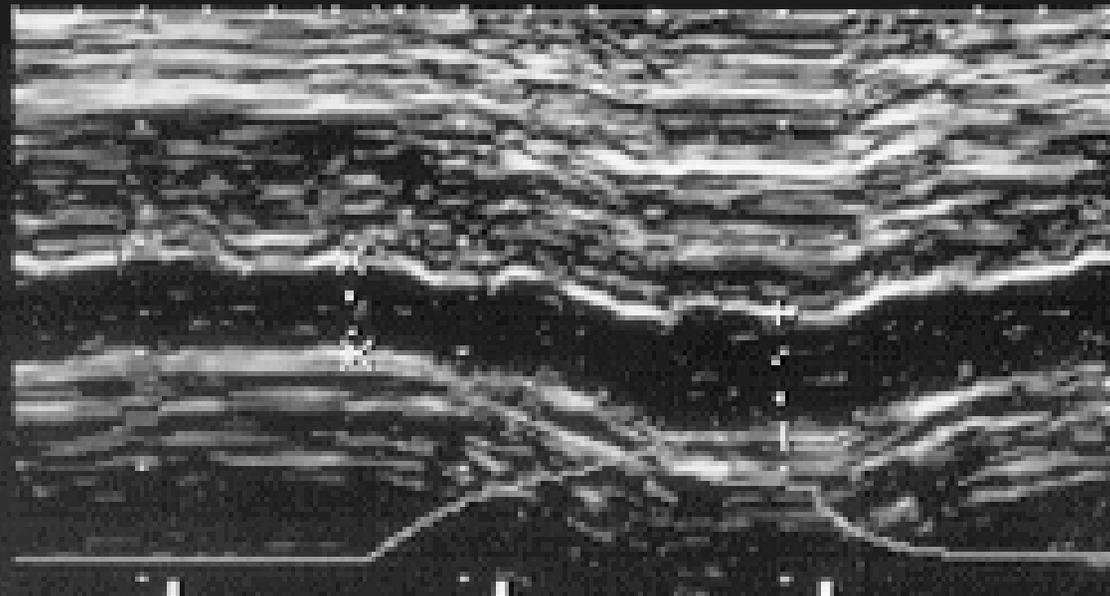
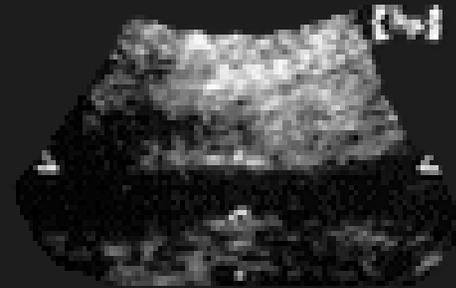
Δ VCI :22%

Réanimation et Maladies
Infectieuses
Centre Hospitalier de Belfort



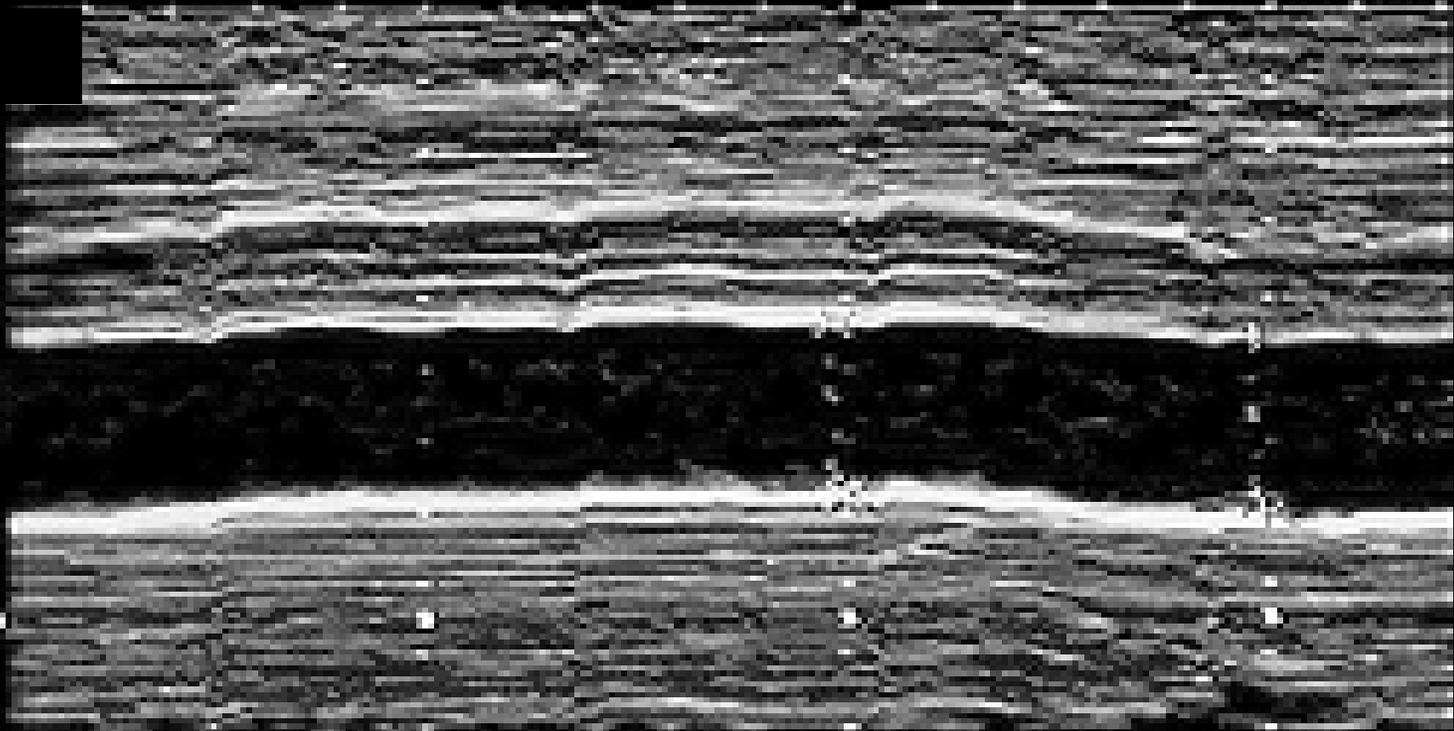
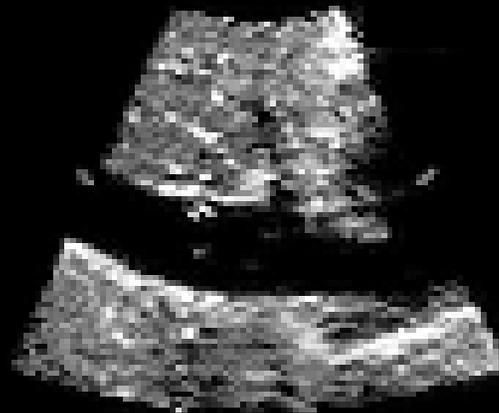
Δ VCI : 28%

Réanimation et Maladies Infectieuses
Centre Hospitalier de Belfort



Δ VCI : 1%

Réanimation et Maladies Infectieuses
Centre Hospitalier de Belfort

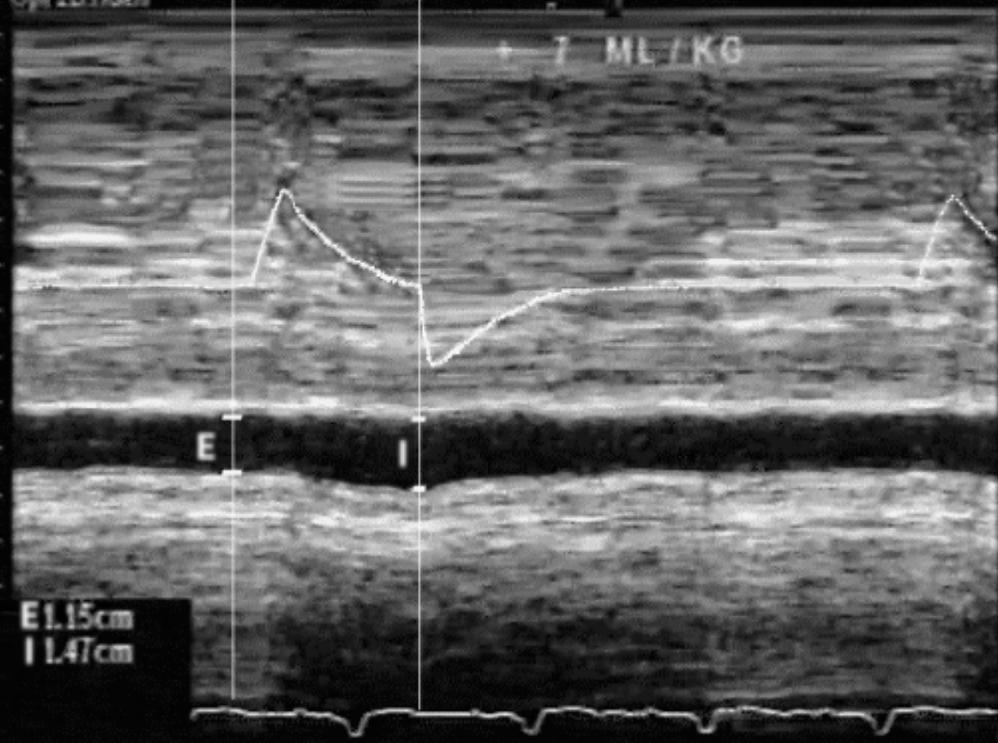
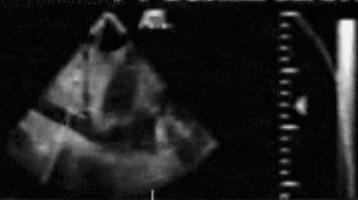


T11

P4-2 20mm CardTHI/CAR/16:45:39

Img.498 16.2c

Ech 2
130dBIC 4
Persiel Bas
CI Moy
Opt 2D HD6n



E 1.15cm
I 1.47cm

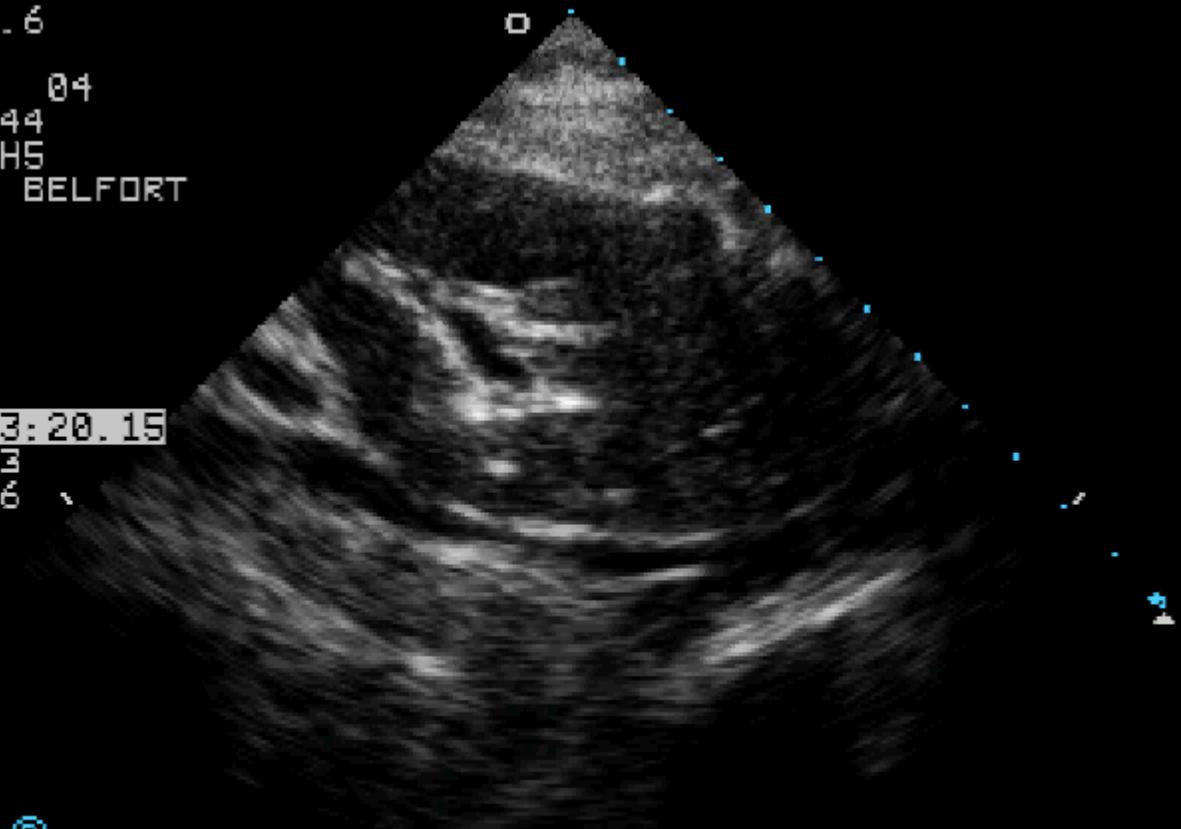
BPM

IM : 1.6
53
26 FEB 04
11:13:44
2/0/C/H5
REA CH BELFORT

0:33:20.15
GAIN 53
COMP 66

12cm
67Hz

P $\frac{T}{1.6 \quad 3.2}$ R

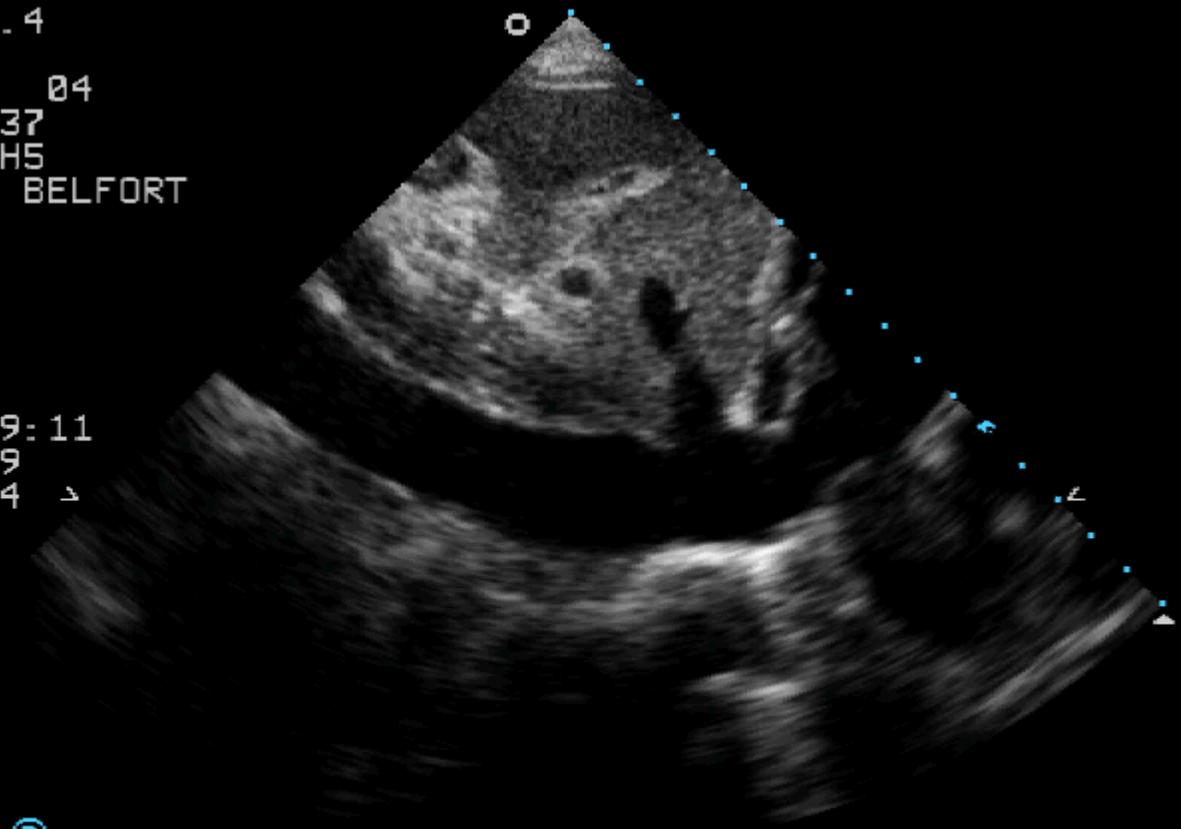


IM : 1.4
S3
03 AVR 04
13:16:37
2/0/C/H5
REA CH BELFORT

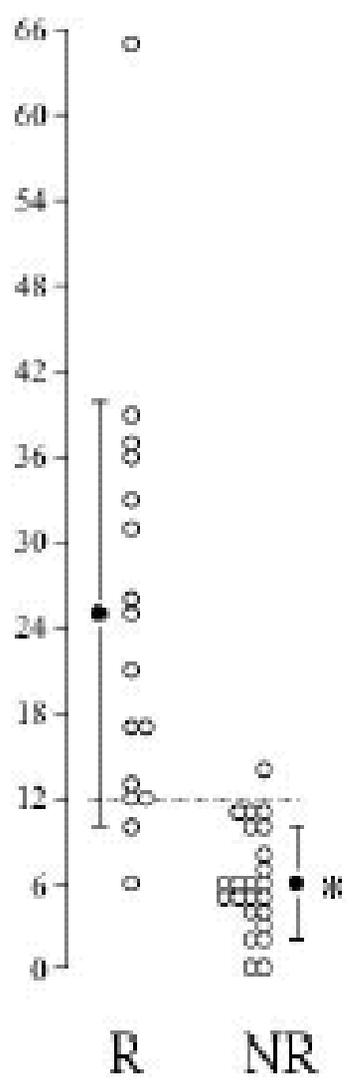
0:09:11
GAIN 39
COMP 84
66BPM

17cm
58Hz

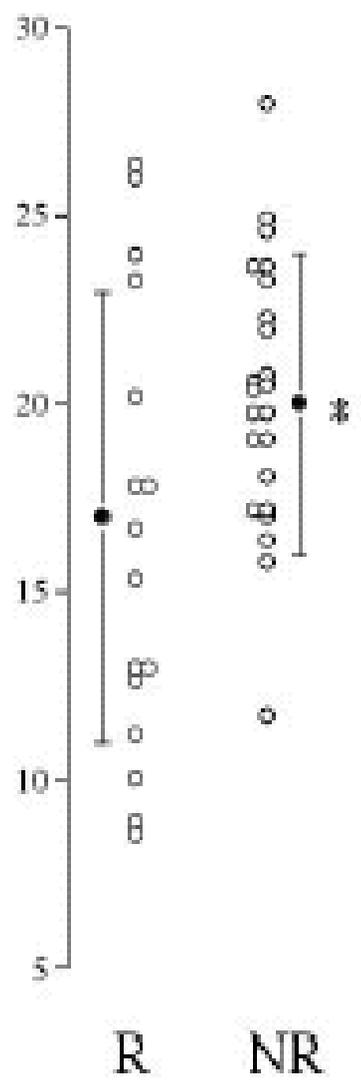
T
P 1.6 3.2 R



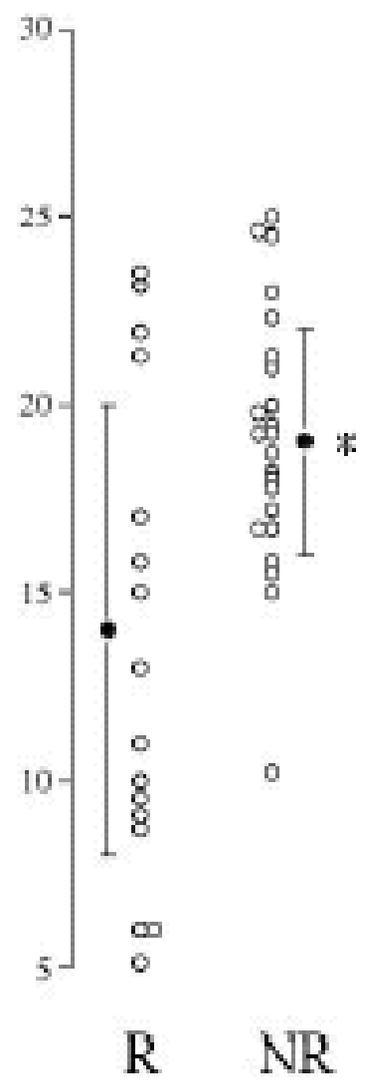
ΔD_{IVC} (%)



Maximum D_{IVC} (mm)



Minimum D_{IVC} (mm)



Indices prédictifs écho Doppler de la réponse au RV

- Les limites de ces paramètres:
 - Anatomique (variations interindividuelles)
 - Patient sous ventilation mécanique parfaitement adapté au respirateur (pas d'effort inspiratoire)
 - Position d'analyse du TM (limite majeure)
 - Considérer la pression intra abdominale
 - Paramètres de la ventilation classique (SDRA et petit volume courant!!)
 - Absence d'HTAP chronique (altération de la compliance VCI)

Indices prédictifs écho Doppler de la réponse au RV

- Les avantages de ces paramètres:
 - Application de principes physiologiques reconnus mais complexes
 - Compréhension aisée des phénomènes
 - Application clinique au lit du patient
 - Reproductible si mêmes conditions d'analyse

Indices prédictifs échographiques de la réponse au RV

- Les principes à partir des veines caves
 - Mesure de la volémie intrathoracique (VCS)
 - La VCS est un vaisseau intrathoracique dont le diamètre dépend:
 - De la pression intravasculaire
 - De la contre pression intrathoracique (PPleurale)
Pression Transmurale
 - De la compliance du vaisseau
 - Le collapsus complet ou partiel de la VCS pourrait traduire une volémie inadaptée du volume intrathoracique.
 - Indice prédictif de la réponse au RV?

Indices prédictifs échographiques de la réponse au RV

– Etude de la variabilité respiratoire du diamètre de la VCS

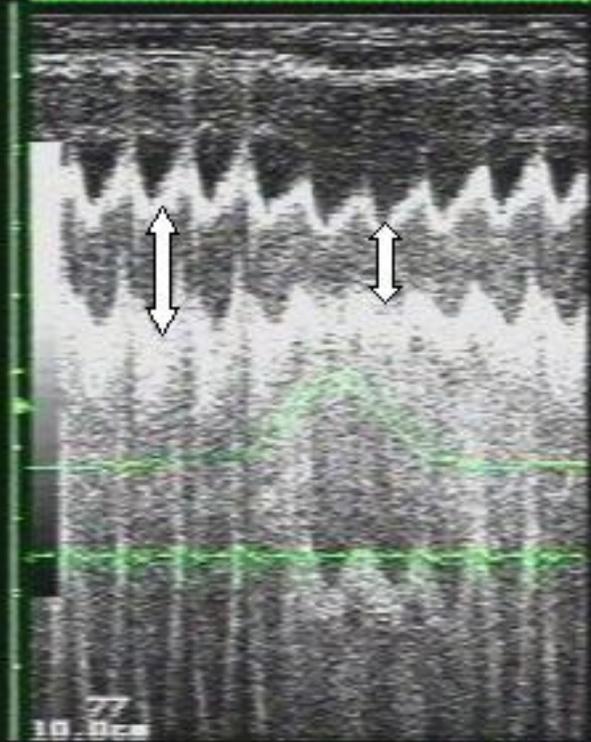
(A.Vieillard-Baron et coll ICM 2004)

- 66 patients en choc septique étudiés en ETO
- VCS en **ETO**
- Différenciation des R et des NR (augmentation IC >11%)
- **L'index de collapsibilité de la VCS**

Dmax-Dmin/Dmax

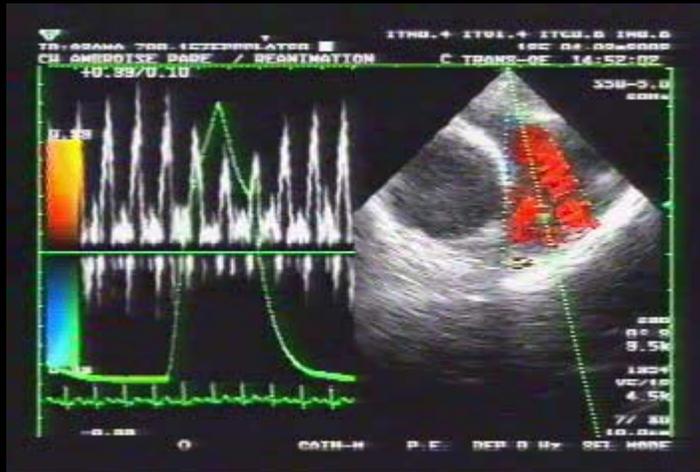
- seuil de **36%** discrimine les R des NR avec une **Se de 90%** et une **Spe de 100%**.
- Mesures statiques: diamètre maximum VCS entre R et NR est différent: 17+-5mm NR- 15+-4mm R
- Un seuil de 16mm discrimine R des NR avec une Se de 90% et une **Spe de 56%**.

ITMS 4 ITGS 2 ITCS 4 IMS 8
ESTERIL-1000000 110 12 07 2002
CH AMBROSZ PARE / REANIMATION E TRANS-SC 11:28:20



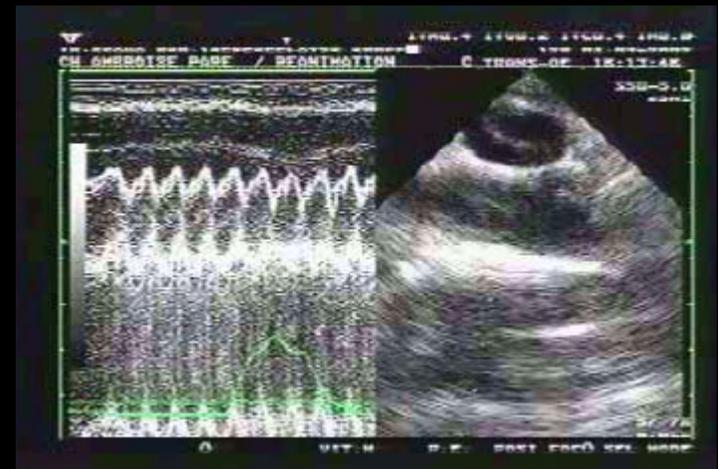
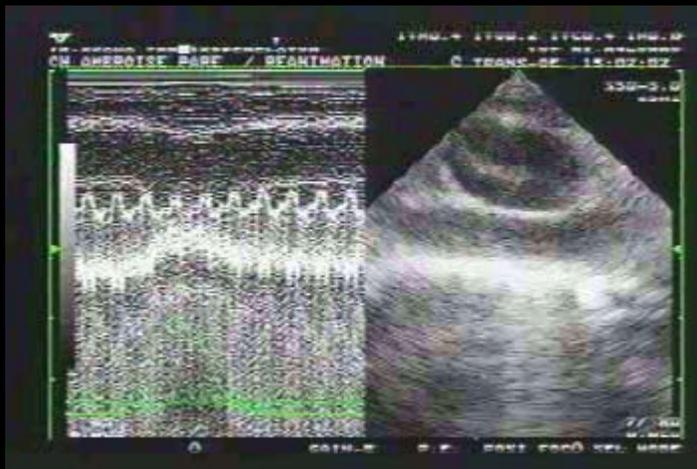
V VII M P.E. PULSE PULU SEL. PULSE

BASAL



EXPANSION VOLEMIQUE

500 cc



IM : 0.9
T6210
09 JUIN 04
15:19:39
2/0/J/F3
REA CH BELFORT

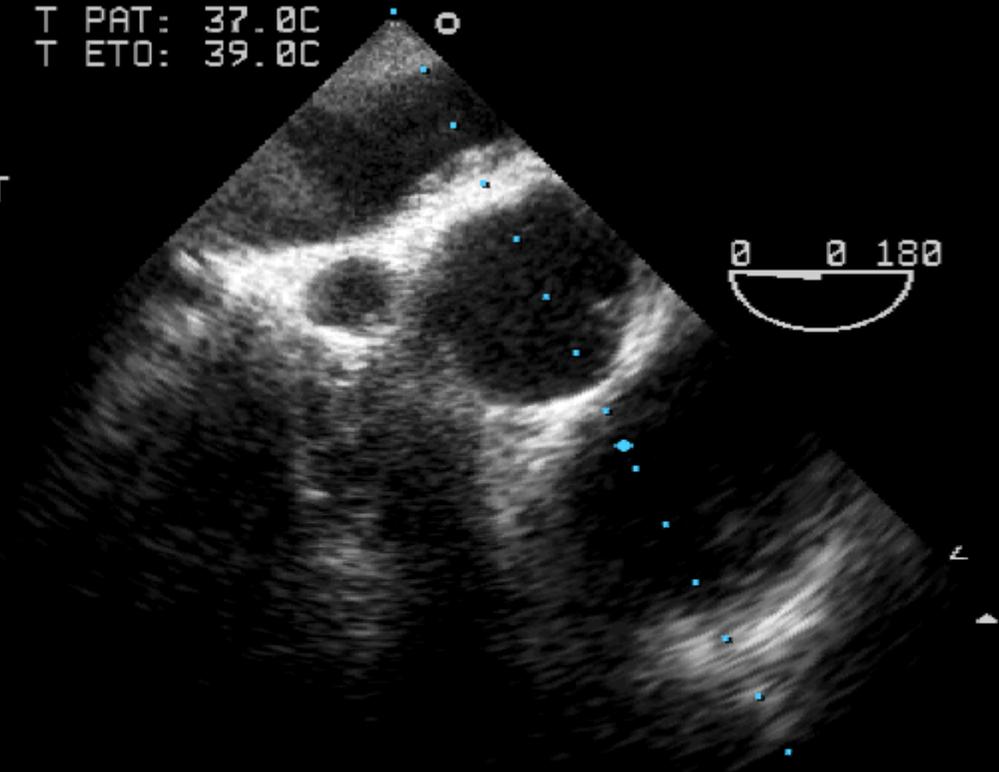
T PAT: 37.0C
T ETO: 39.0C

FTO MF
[

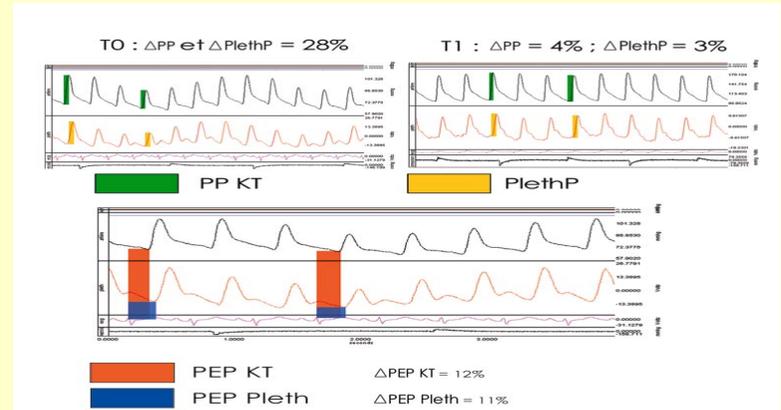
0:09:29.00

GAIN 24
COMP 29
74BPM

13cm
53Hz

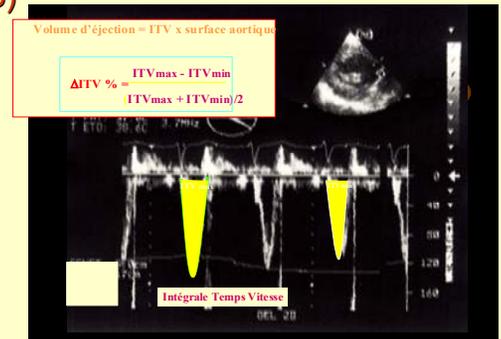
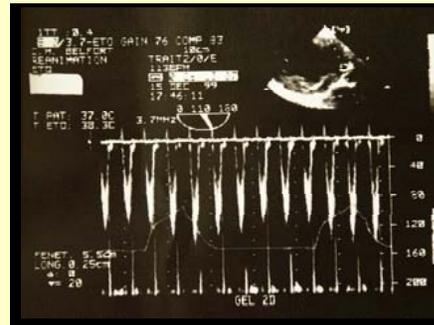
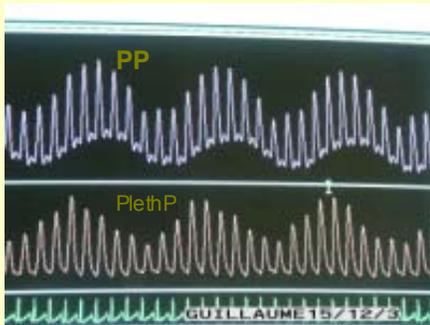


Les indices prédictifs des effets du RV



ΔV_{max} et ABF en EDO et ΔPP KT artériel. (X Monnet et coll ICM2005 in press)

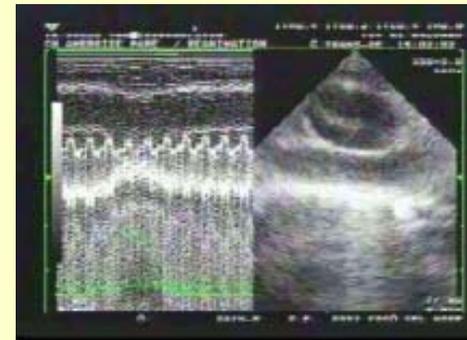
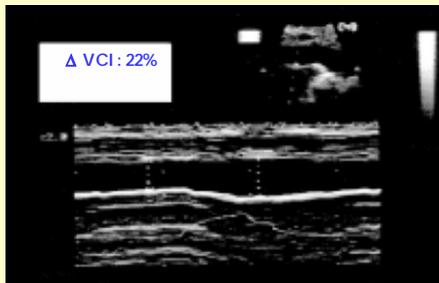
ΔPEP KT et ΔPEP Pleth (M Feissel et coll CCM 2005)



ΔPP et ΔP leth (M Feissel et coll submitté)

ΔV_{max} en ETO (M Feissel et coll. Chest 2001)

ΔITV en ETO (M Slama et coll. 2002)



ΔVCI en ETT (M Feissel et coll CM2005)

ΔVCS en ETO (A Vieillard-Baron et coll ICM2005)

CONCLUSIONS

- Les **indices dynamiques** sont les paramètres les plus fiables pour prédire la réponse hémodynamique au remplissage vasculaire dans le cadre du choc septique.
- Parmi les examens non ou « peu » invasifs, les **paramètres échographiques et Doppler** sont intéressants.