

Débit cardiaque

Quand et Comment le mesurer ?

Dr Olfa Hamzaoui et Dr Kais Ben Romdhane

Service de réanimation respiratoire

CHU A. Mami . Ariana

Devant un état de choc

Quand mesurer le débit cardiaque?

Comment mesurer le débit cardiaque?

Devant un état de choc

Quand mesurer le débit cardiaque?

Comment mesurer le débit cardiaque?

De routine?

Non!

1-L'utilisation d'un monitoring systématique du débit cardiaque n'a pas montré d'amélioration du pronostic

2-La mauvaise utilisation et interprétation des données d'un monitoring systématique du débit cardiaque peut nuire au pronostic des patients

De routine?

Non!

1-L'utilisation d'un monitoring systématique du débit cardiaque n'a pas montré d'amélioration du pronostic

2-La mauvaise utilisation et interprétation des données d'un monitoring systématique du débit cardiaque peut nuire au pronostic des patients

JAMA[®]

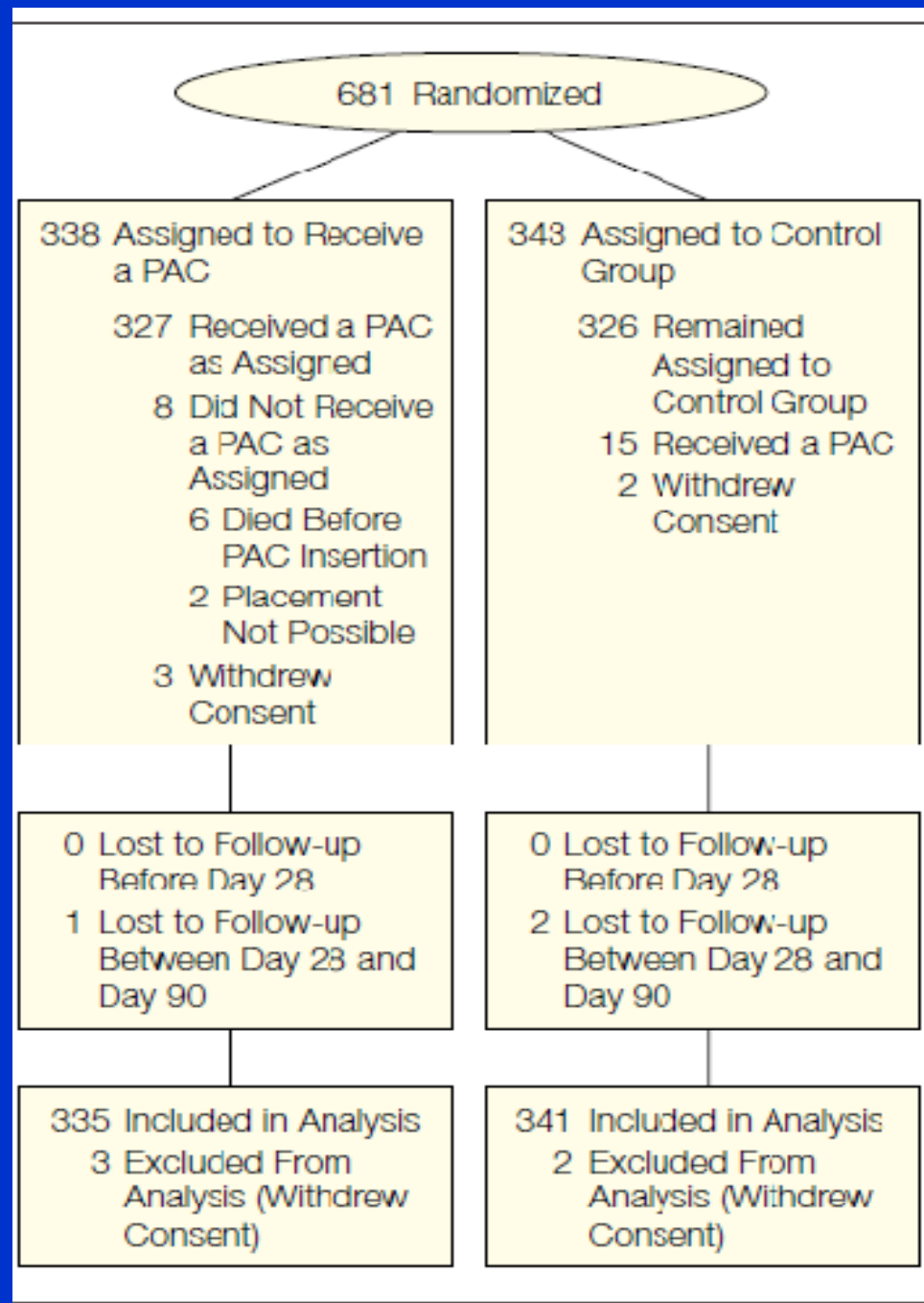
Online article and related content
current as of April 26, 2010.

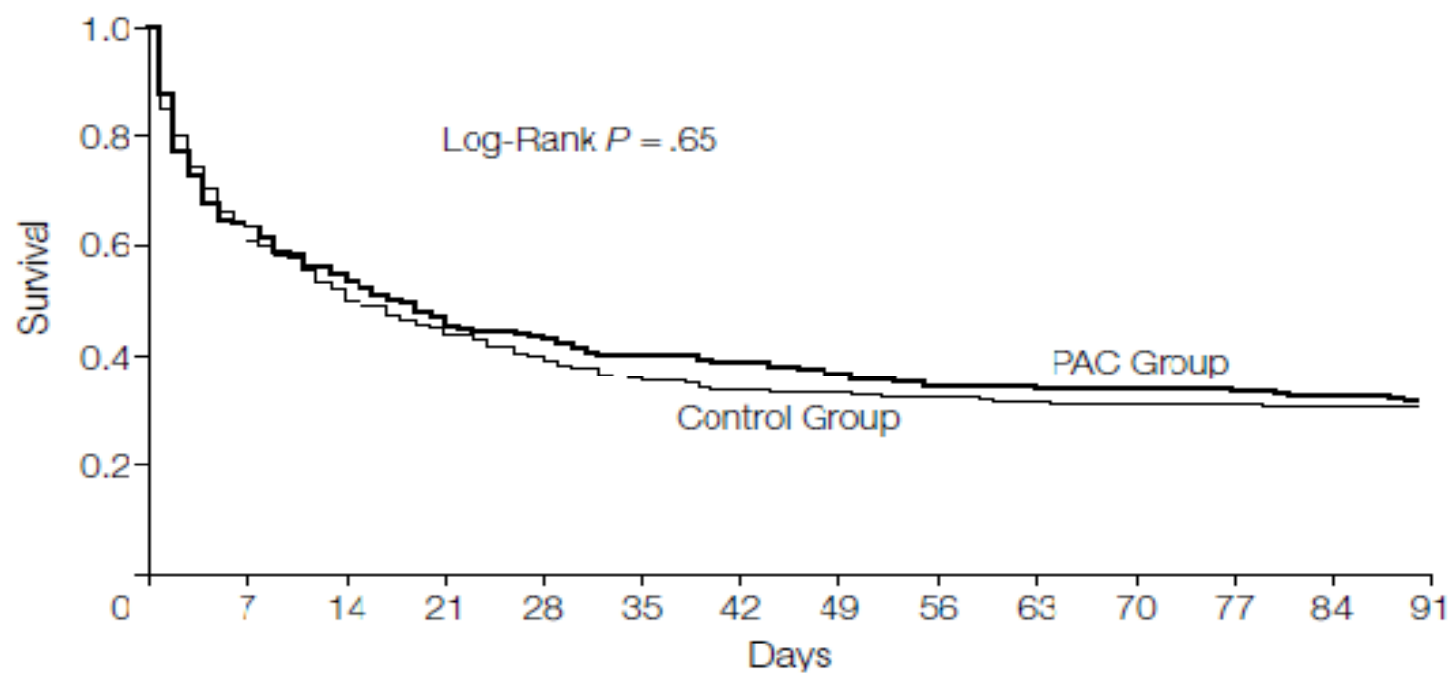
**Early Use of the Pulmonary Artery Catheter and
Outcomes in Patients With Shock and Acute Respiratory
Distress Syndrome: A Randomized Controlled Trial**

Christian Richard; Josiane Warszawski; Nadia Anguel; et al.

JAMA. 2003;290(20):2713-2720 (doi:10.1001/jama.290.20.2713)

**Early Use of the Pulmonary Artery Catheter
and Outcomes in Patients With Shock
and Acute Respiratory Distress Syndrome
A Randomized Controlled Trial**





No. of Patients Alive

PAC Group	335	198	163	136	99
Control Group	341	201	166	133	97

De routine?

Non!

1-L'utilisation d'un monitoring systématique du débit cardiaque n'a pas montré d'amélioration du pronostic

2-La mauvaise utilisation et interprétation des données d'un monitoring systématique du débit cardiaque peut nuire au pronostic des patients



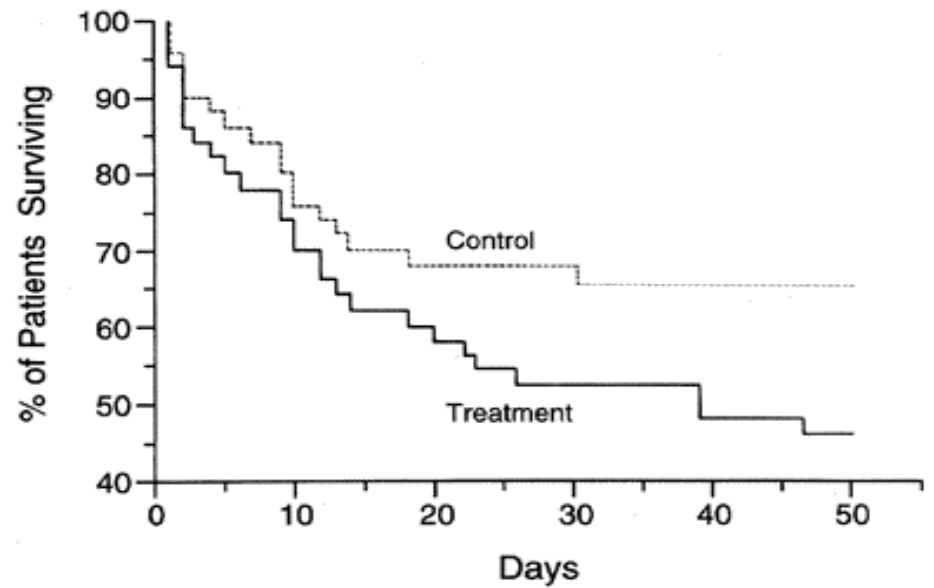
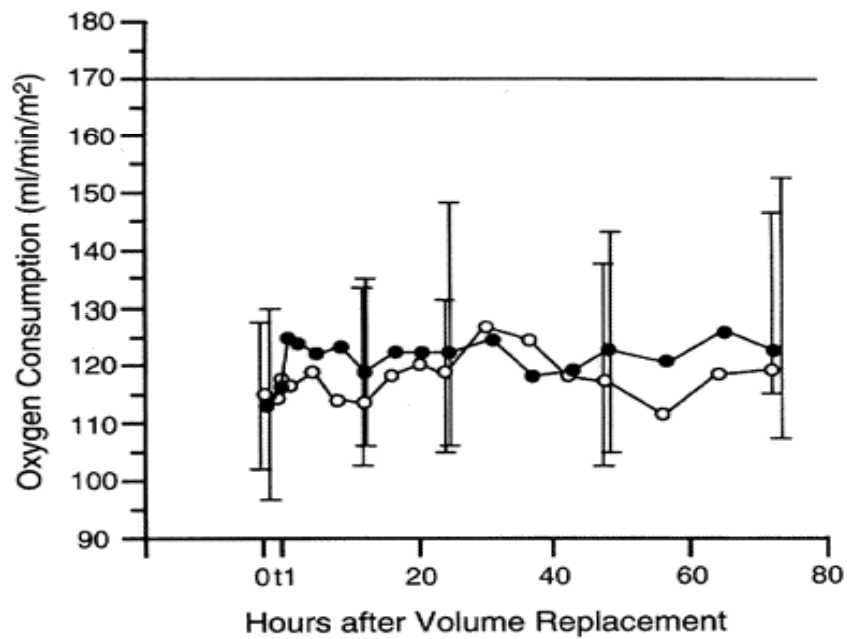
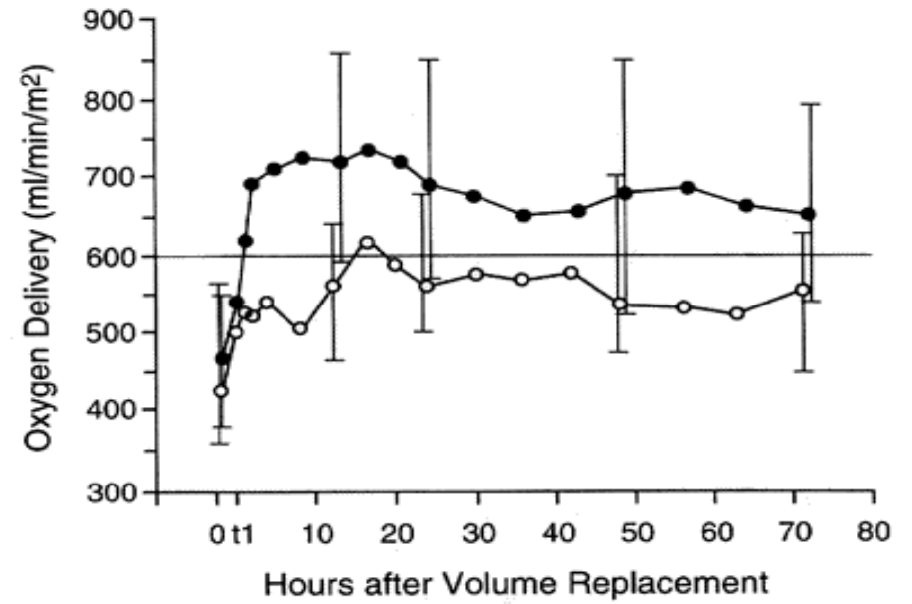
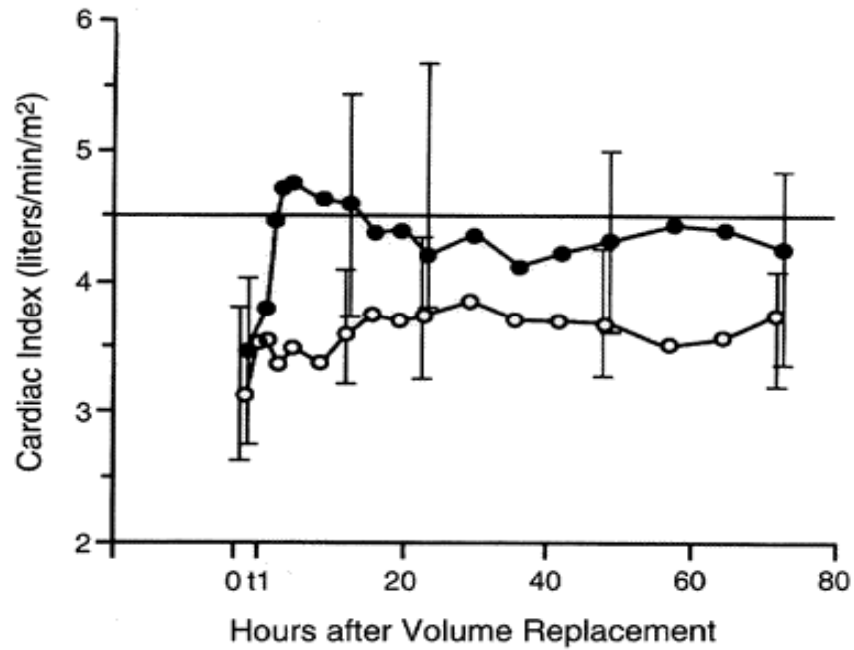
The NEW ENGLAND
JOURNAL of MEDICINE

Elevation of Systemic Oxygen Delivery in the Treatment of Critically Ill Patients

Michelle A. Hayes, Andrew C. Timmins, Ernest Yau, Mark Palazzo, Charles J.

Aim of the study: We conducted a randomized trial to determine whether boosting oxygen delivery by infusing the inotropic agent dobutamine would improve the outcome in a diverse group of such patients.

Volume 330: june 1994



De routine?

Non!

1-L'utilisation d'un monitoring systématique du débit cardiaque n'a pas montré d'amélioration du pronostic

2-La mauvaise utilisation et interprétation des données d'un monitoring systématique du débit cardiaque peut nuire au pronostic des patients

Mais

1-La bonne utilisation et interprétation des données au sein d'une équipe experte peut améliorer le pronostic

Early Use of the Pulmonary Artery Catheter and Outcomes in Patients With Shock and Acute Respiratory Distress Syndrome

A Randomized Controlled Trial

Results Among Centers

The mortality RRs for all centers that included 10 or more patients did not differ significantly ($P = .37$) and a term for treatment \times center interaction was not included in the analysis. In 1 center (n=112), a significant difference in mortality in favor of the PAC group was observed. After adjustment for the severity on admission (SAPS II), this difference was no longer significant with an adjusted HR of 0.69 (95% CI, 0.42-1.13; $P = .14$).

De routine?

Non!

1-L'utilisation d'un monitoring systématique du débit cardiaque n'a pas montré d'amélioration du pronostic

2-La mauvaise utilisation et interprétation des données d'un monitoring systématique du débit cardiaque peut nuire au pronostic des patients

Mais

1-La bonne utilisation et interprétation des données au sein d'une équipe experte peut améliorer le pronostic

2-L'utilisation chez les patients réfractaires à une ressuscitation initiale peut améliorer le pronostic

Clinical evaluation compared to pulmonary artery catheterization in the hemodynamic assessment of critically ill patients

PAUL R. EISENBERG, MD; ALLAN S. JAFFE, MD; DANIEL P. SCHUSTER, MD

TABLE 2. Percentage correct predictions

Variable	Number Correct/Number Measured	Percent Correct
WP	31/102	30
CO	49/97	51
SVR	39/88	44
RAP	54/98	55

TABLE 3. Accuracy of predictions by clinical subgroups

Subgroup ^a	Number of Patients	Correct Predictions (%)		
		WP	CO	SVR
Impaired oxygenation	60	24	48	43
		NS ^b	NS	NS
Hypotension	43	54	47	50

TABLE 4. Accuracy of predictions according to type of catheterization

Purpose of Catheterization	Number of Catheterizations	Correct Predictions (%)		
		WP	CO	SVR
Diagnostic	76	29	49	41
		NS ^a	NS	NS
Monitoring only	27	33	56	50

This study does not address the influence of PA catheterization on outcome. The factors that influence outcome are complex and not necessarily related to optimal hemodynamic management only. However, we have documented that PA catheterization provides hemodynamic information that cannot be obtained by clinical evaluation and this leads frequently to alterations in therapy. Additional studies should properly address when and how often such alterations modify outcome.

Méthode **idéale** de mesure du débit cardiaque

- **fiable**
- **automatique**
- **continue**
- **affichage temps réel**

Hélas, la méthode **idéale** **n'existe pas**

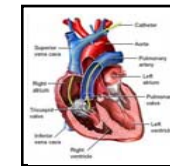
- **facile à apprendre**
- **facile à utiliser**
- **non opérateur-dépendante**
- **peu coûteuse**

Méthodes de mesure du DC disponibles

- **Thermodilution pulmonaire**

- **Intermittente** (manuelle)
- **Continue** (automatique)

→ CAP



- **Thermodilution transpulmonaire**

→ moniteur PiCCO



- **Techniques de « pulse contour »**

→ moniteur PiCCO

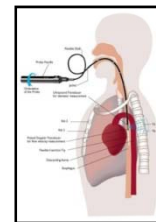


→ moniteur FloTrac/Vigileo



- **Méthodes Doppler**

→ Doppler œsophagien



→ Echocardiographie Doppler conventionnelle

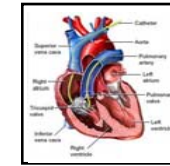


Méthodes de mesure du DC disponibles

- **Thermodilution pulmonaire**

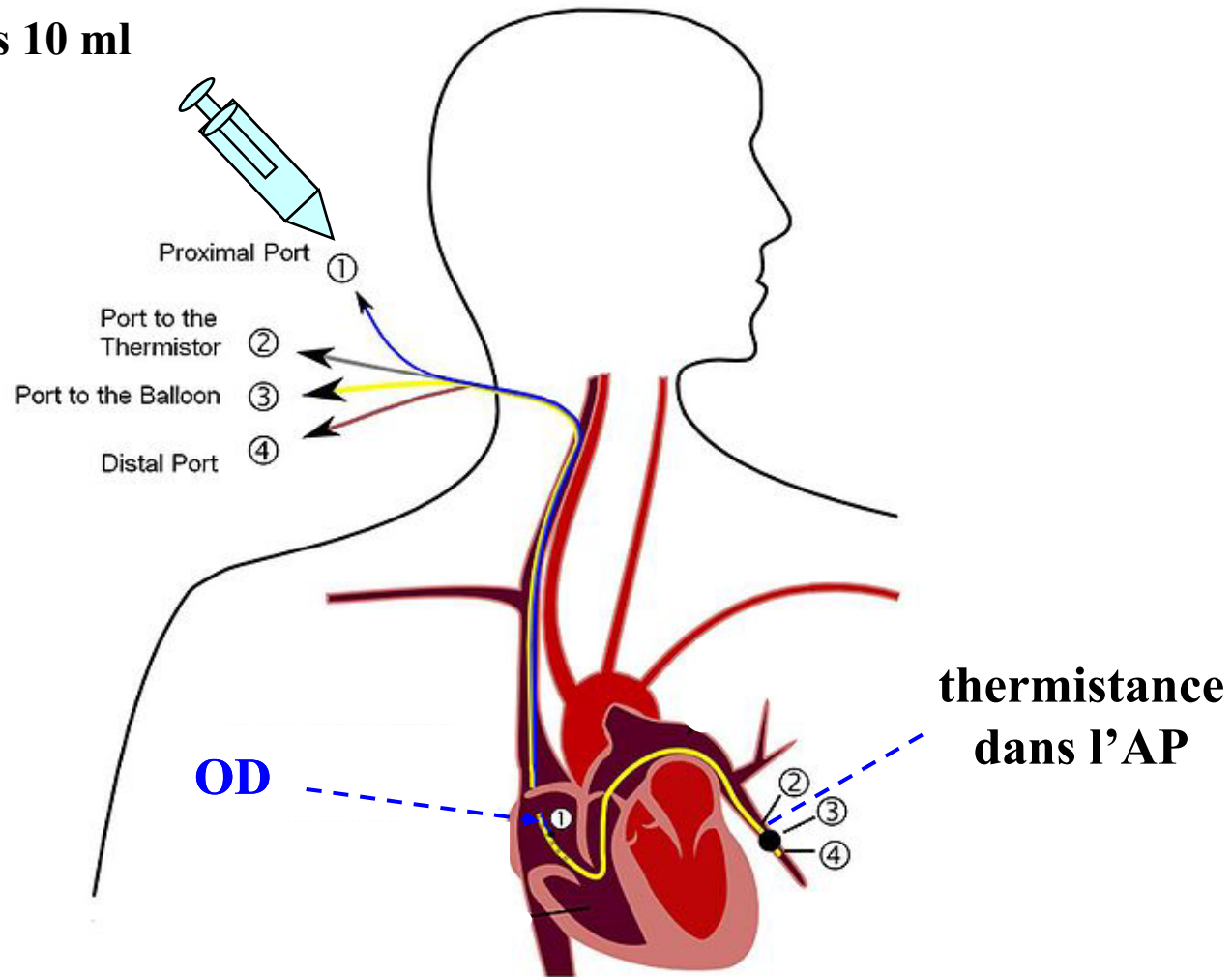
- **Intermittente (manuelle)**

→ **CAP**

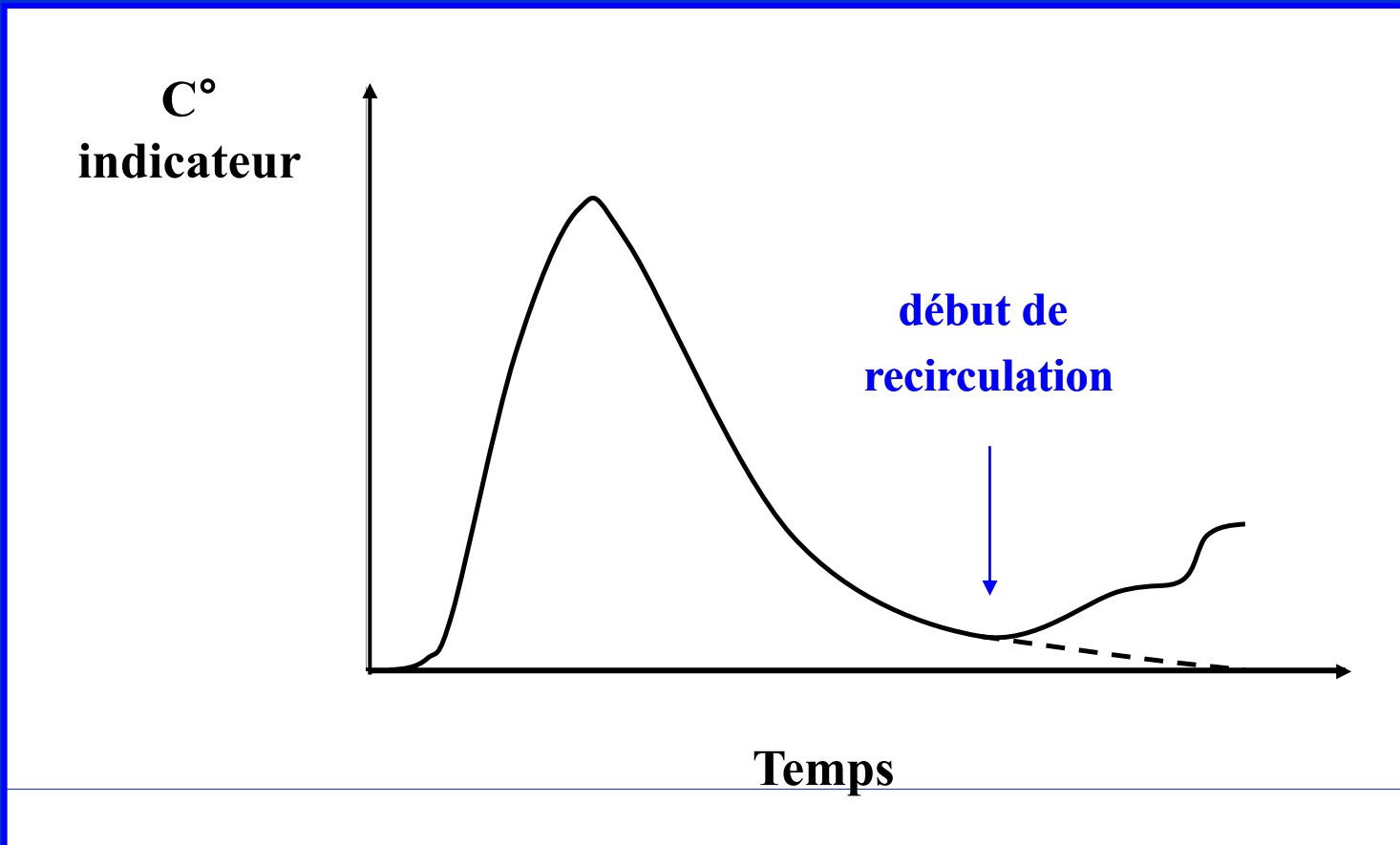


Thermodilution pulmonaire intermittente

Bolus 10 ml



Thermodilution pulmonaire intermittente

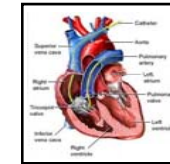


Méthodes de mesure du DC disponibles

- **Thermodilution pulmonaire**

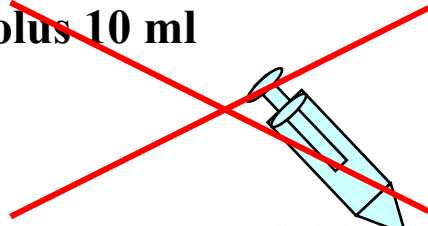
- Intermittente (manuelle)
- Continue (automatique)

→ CAP

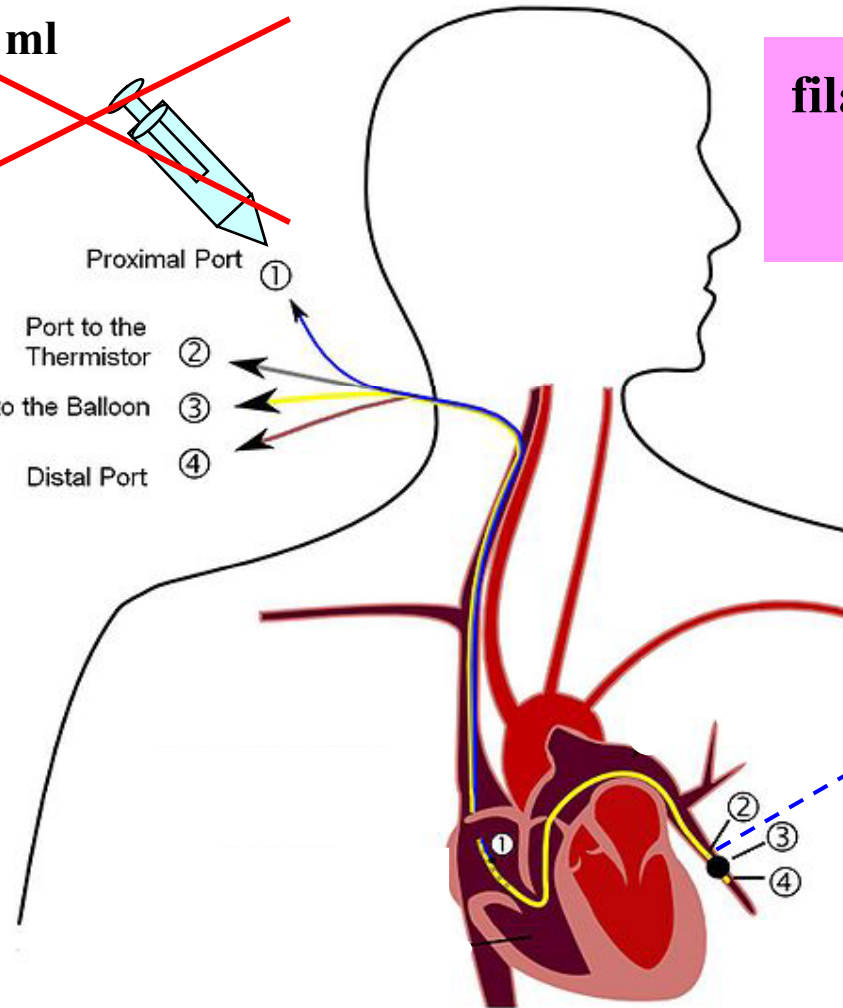


Thermodilution pulmonaire intermittente

~~Bolus 10 ml~~

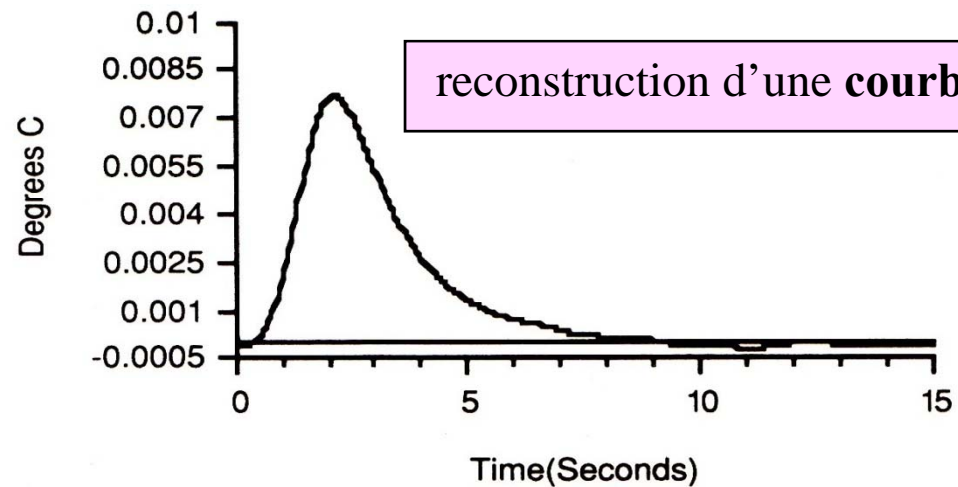
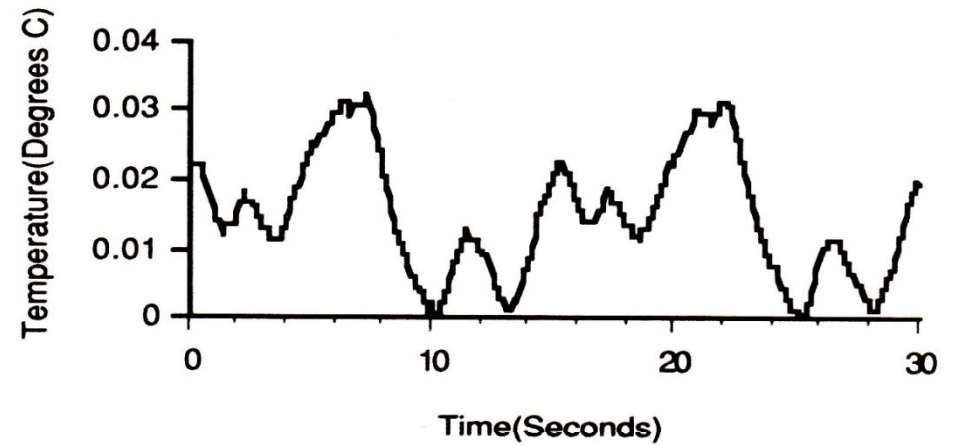
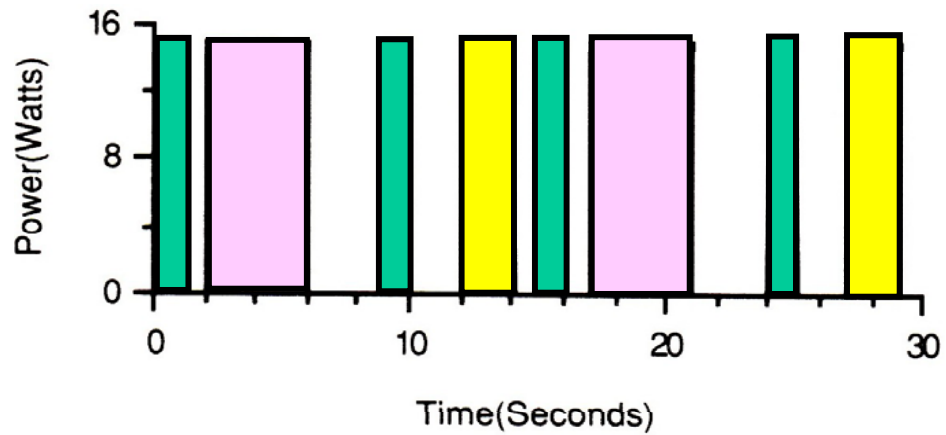


- Proximal Port ①
- Port to the Thermistor ②
- Port to the Balloon ③
- Distal Port ④



filament thermique

thermistance dans l'AP



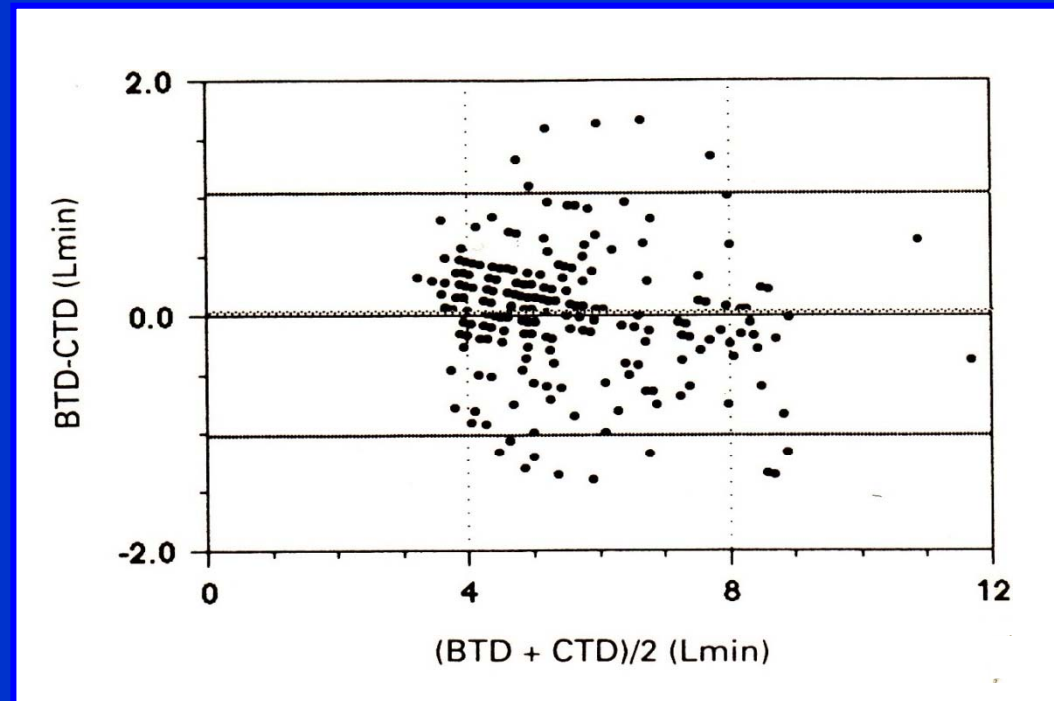
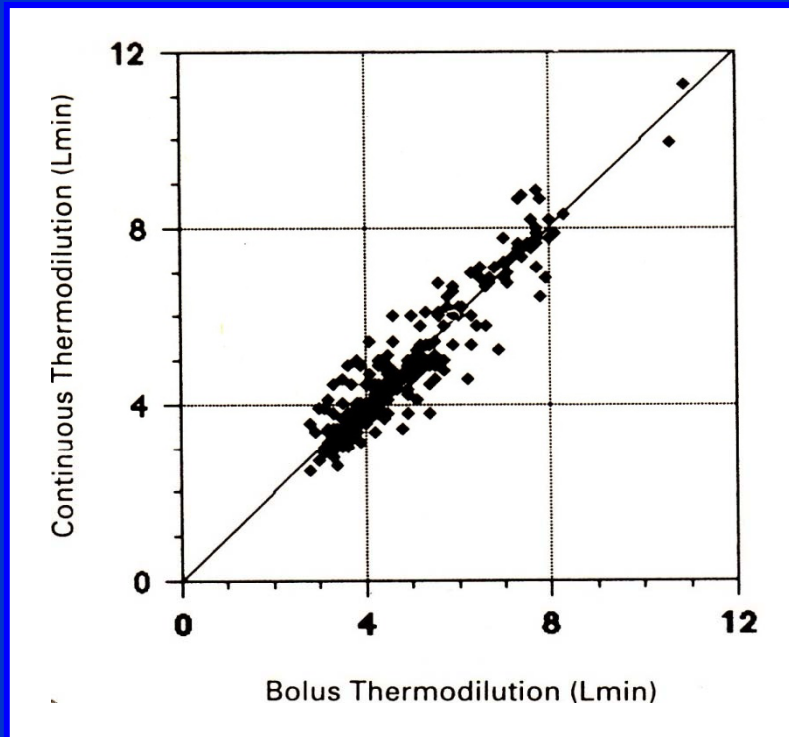
reconstruction d'une courbe de thermodilution

Continuous versus bolus thermodilution cardiac output measurements—A comparative study

Tomislav Mihaljevic, MD; Ludwig K. von Segesser, MD; Martin Tönz, MD; Boris Leskosek, BA; Burkhardt Seifert, Dr. rer. nat.; Rolf Jenni, MD, MSEE; Marko Turina, MD

Crit Care Med 1995;23:944-9

Pourcentage d'erreur = $2SD/moyenne \approx 20\%$, donc $< 30\%$ limite sup d'acceptabilité



Thermodilution Continue vs. Intermittente

Avantages

- mesure « **continue** »
- **pas** d'injection manuelle
- meilleure **précision**
et **reproductibilité**
- moins affecté par l'**IT**

Thermodilution Continue vs. Intermittente

Avantages

- mesure « continue »
- pas d'injection manuelle
- meilleure précision et reproductibilité
- moins affectée par IT

Thermodilution Continue vs. Intermittente

Avantages

- mesure « continue »
- pas d'injection manuelle
- meilleure précision et reproductibilité
- moins affectée par IT

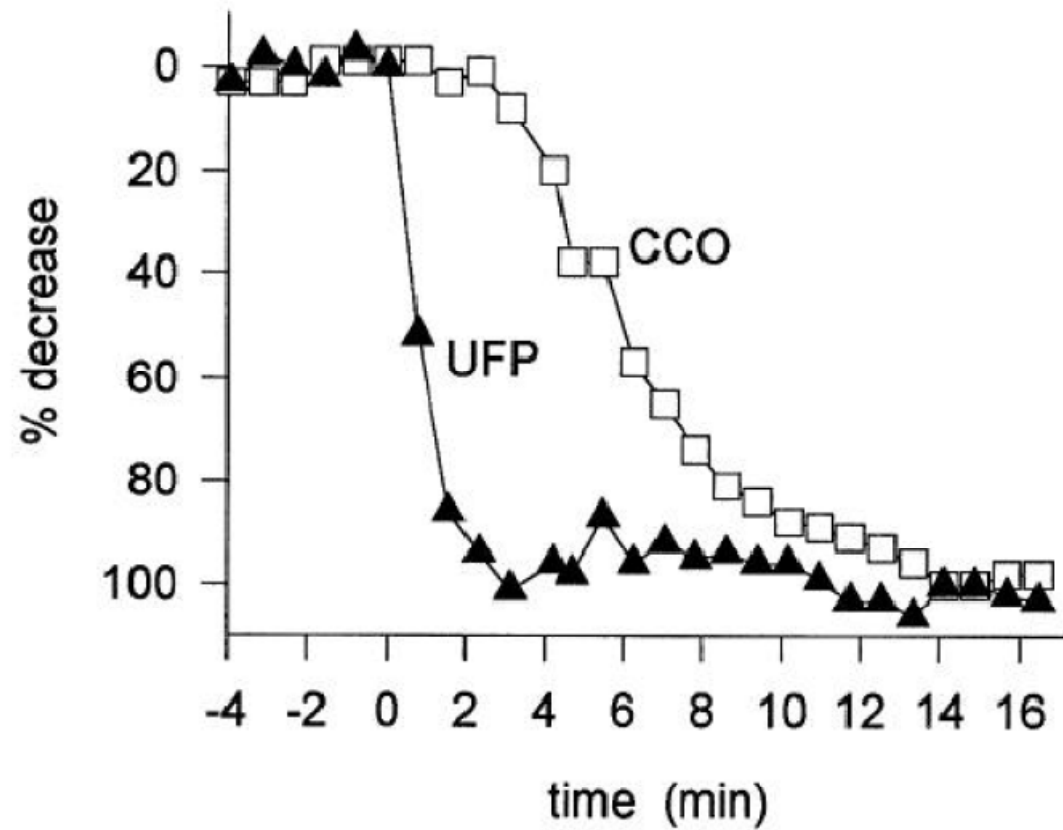
Inconvénients

- mesures moyennées
- moins fiable si haut débit
- **délai** de réponse **allongé**

Delayed Time Response of the Continuous Cardiac Output Pulmonary Artery Catheter

Lawrence C. Siegel, MD, Maeve M. Hennessy, MB, FRCPC, and Ronald G. Pearl, MD, PhD
Department of Anesthesia, Stanford University School of Medicine, Stanford, California

Anesth Analg 1996;83:1173-77



Méthodes de mesure du DC disponibles

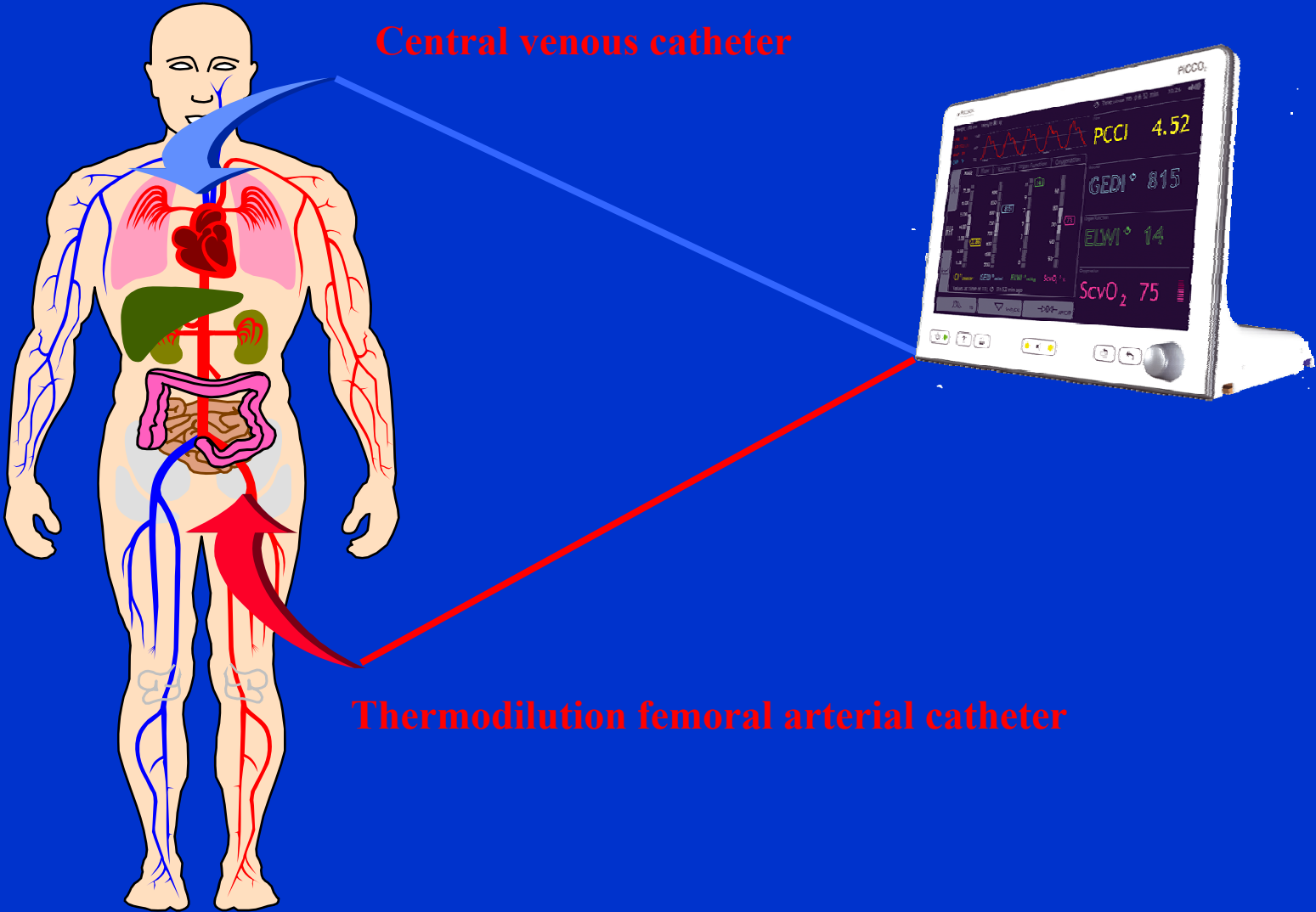
- Thermodilution pulmonaire
 - Intermittente (manuelle)
 - Continue (automatique)

- **Thermodilution transpulmonaire**

→ moniteur PiCCO



Thermodilution transpulmonaire

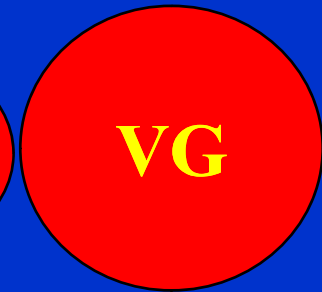
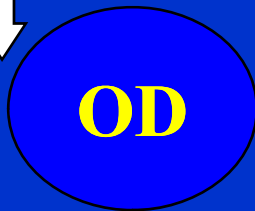


Central venous catheter

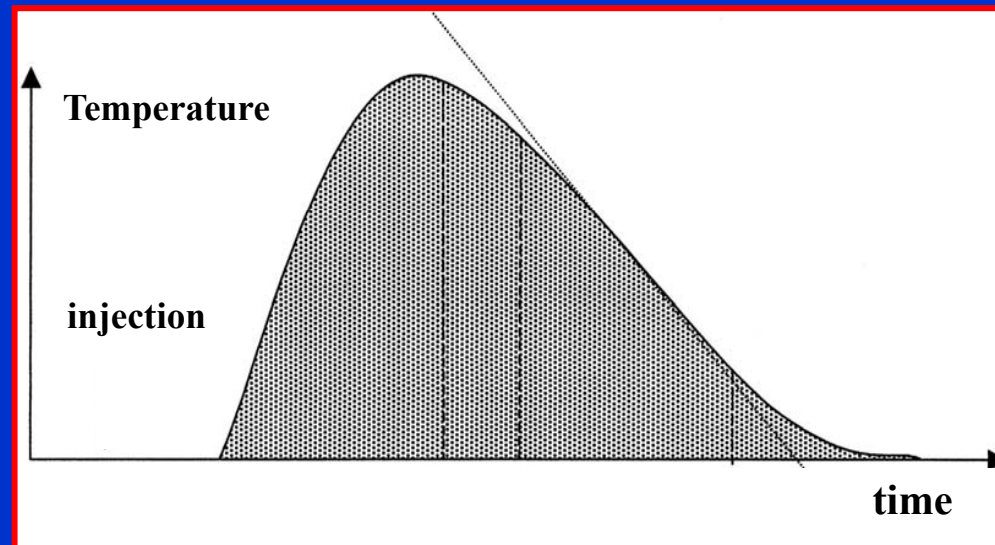
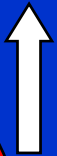
Thermodilution femoral arterial catheter

Thermodilution transpulmonaire

Accès veineux central
injection de bolus froid



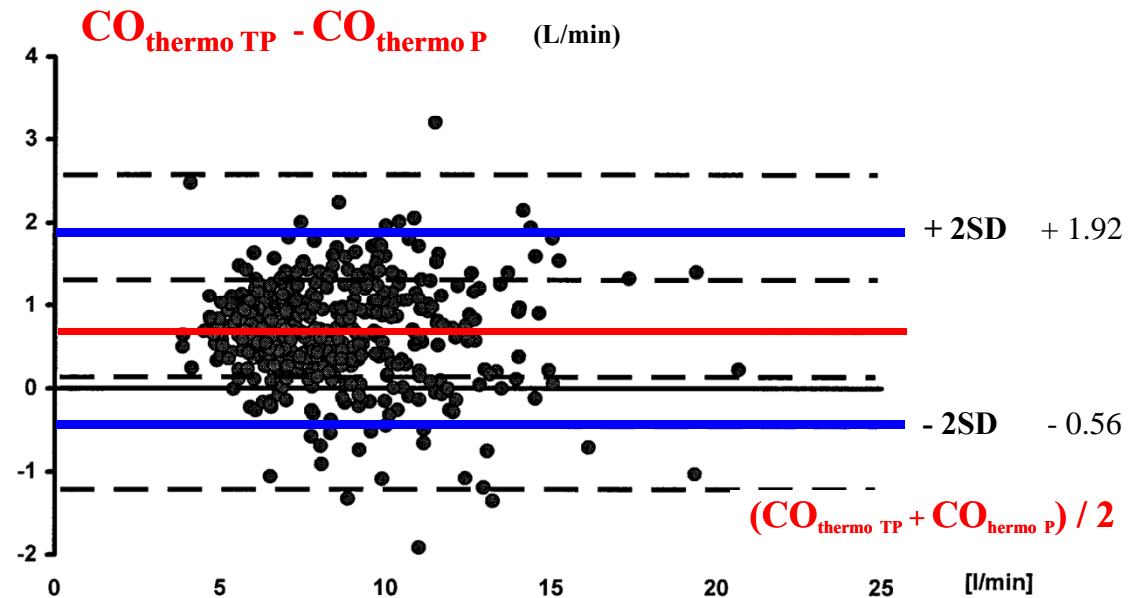
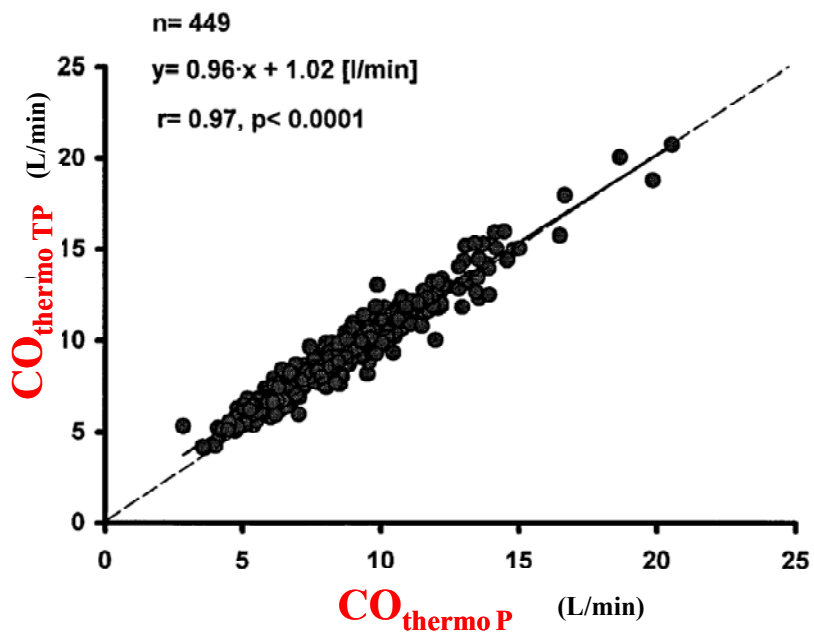
Accès artériel fémoral
détection température



S.G. Sakka
K. Reinhart
A. Meier-Hellmann

Comparison of pulmonary artery and arterial thermodilution cardiac output in critically ill patients

Pourcentage d'erreur = $2SD/moyenne \approx 16\%$, donc $< 30\%$ limite sup d'acceptabilité



Méthodes de mesure du DC disponibles

- Thermodilution pulmonaire
 - Intermittente (manuelle)
 - Continue (automatique)

- Thermodilution transpulmonaire

- **Techniques de « pulse contour »**

→ **moniteur PiCCO**

→ **moniteur FloTrac/Vigileo**



Méthodes de mesure du DC disponibles

- **Thermodilution pulmonaire**
 - Intermittente (manuelle)
 - Continue (automatique)

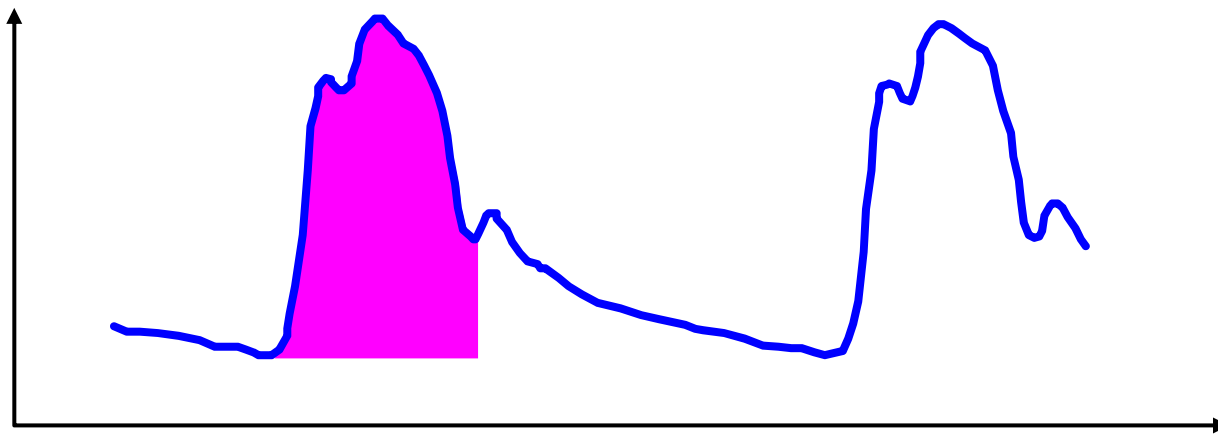
- **Thermodilution transpulmonaire**

- **Techniques de « pulse contour »**

→ **moniteur PiCCO**

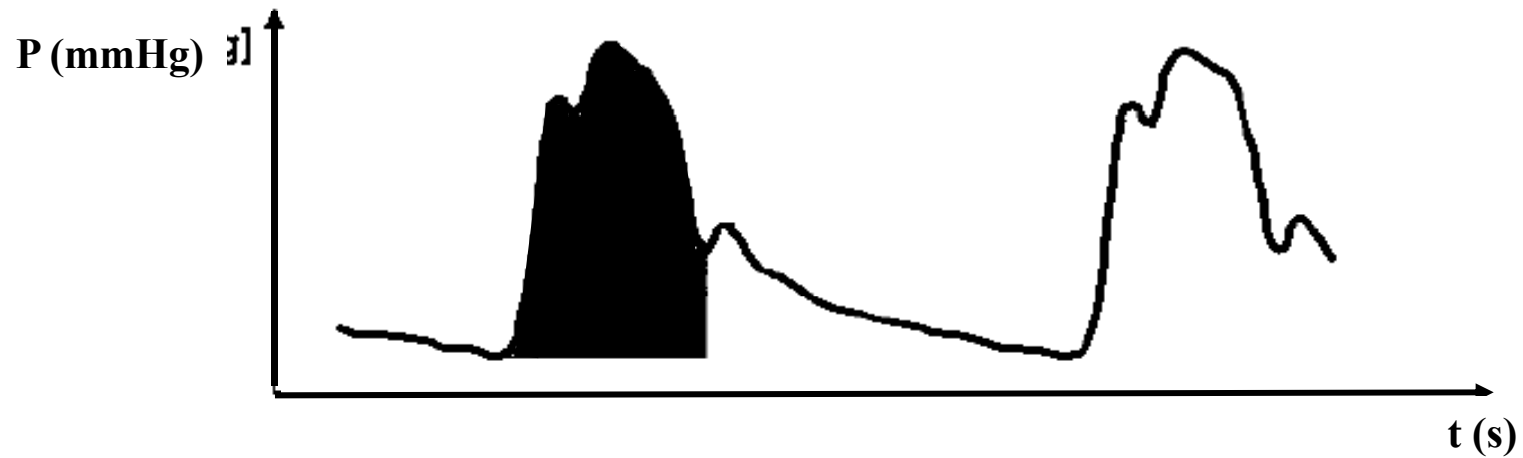
→ **moniteur FloTrac/Vigileo**





$$\text{Surface} = \text{Cal.} \times \text{Volume d'éjection}$$

Cal = Facteur de « calibration » obtenu par **thermodilution transpulmonaire**



$$\text{PCCO} = \underbrace{\text{cal}} \cdot \text{HR} \cdot \int_{\text{systole}} \underbrace{\left(\frac{P(t)}{\text{SVR}} + \underbrace{C(p)} \cdot \frac{dP}{dt} \right)}_{\text{La forme de la courbe De pression}} dt$$

Facteur de calibration
Déterminée lors de la
Calibration initiale

Surface de la courbe
De la pression
artérielle

compliance

La forme de
la courbe
De pression

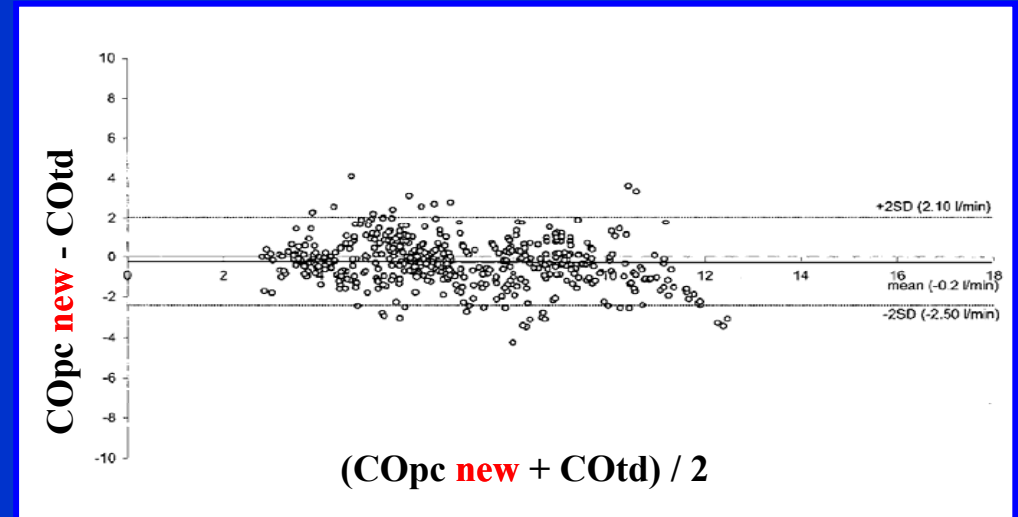
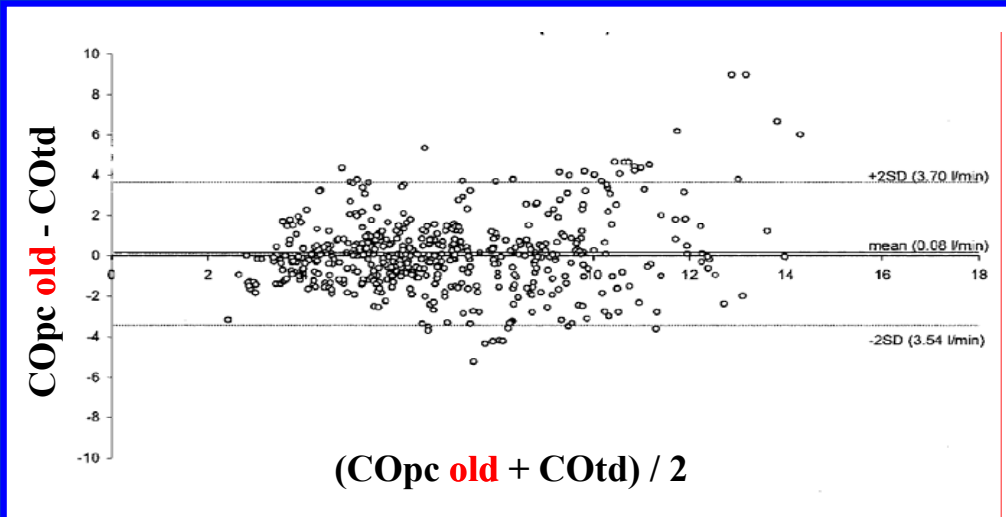
Reliability of a new algorithm for continuous cardiac output determination by pulse-contour analysis during hemodynamic instability

Oliver Gődje, MD, PhD; Kerstin Höke, MD; Alwin E. Goetz, MD, PhD; Thomas W. Felbinger, MD; Daniel A. Reuter, MD; Bruno Reichart, MD, PhD; Reinhard Friedl, MD; Andreas Hannekum, MD, PhD; Ulrich J. Pfeiffer, MD, PhD

Crit Care Med 2002, 30:52-58

Percentage error = $2 \text{ SD}/\text{mean} \approx 46 \%$
 (> 30 % limite sup de l'acceptabilité)

Percentage error = $2 \text{ SD}/\text{mean} \approx 28 \%$
 (< 30 % limite sup de l'acceptabilité)



$$\text{PCCO} = \text{cal} \times \text{FC} \times \text{Surface}$$

$$\text{PCCO} = \text{cal} \cdot \text{FC} \cdot \int (\text{P}(t)/\text{SVR} + \text{C}(p) \cdot d\text{P}/dt) dt$$

Deux questions fréquemment posées

1) au bout de combien de temps, vaut-il mieux recalibrer ?

2) faut-il recalibrer en présence de variations du tonus vasculaire ?

Deux questions fréquemment posées

1) au bout de combien de temps, vaut-il mieux recalibrer ?

2) faut-il recalibrer en présence de variations du tonus vasculaire ?

Effects of changes in vascular tone on the agreement between pulse contour and transpulmonary thermodilution cardiac output measurements within an up to 6-hour calibration-free period*

Oifa Hamzaoui, MD; Xavier Monnet, MD, PhD; Christian Richard, MD; David Osman, MD; Denis Chemla, MD, PhD; Jean-Louis Teboul, MD, PhD

Crit Care Med 2008; 36:434-440

totalité des mesures (n = 400)

4 }
3 }

Percentage error = 2 SD/mean \approx 35 % ... > 30 %

Intervals of Time

Bias \pm SD,

Percentage

Nous recommandons donc de recalibrer le système si la dernière calibration remonte à plus d'une heure

Between 5 and 6 hrs

51

.62

<.001

0.13 \pm 0.66

36

Deux questions fréquemment posées

1) au bout de combien de temps, vaut-il mieux recalibrer ?

2) faut-il recalibrer en présence de variations du tonus vasculaire ?

Effects of changes in vascular tone on the agreement between pulse contour and transpulmonary thermodilution cardiac output measurements within an up to 6-hour calibration-free period*

Oifa Hamzaoui, MD; Xavier Monnet, MD, PhD; Christian Richard, MD; David Osman, MD; Denis Chemla, MD, PhD; Jean-Louis Teboul, MD, PhD

Crit Care Med 2008; 36:434-440

In the subset of CI pairs recorded within the 1-hr calibration-free period ($n = 32$), the mean change in SVR was $29\% \pm 23\%$, the bias \pm SD was 0.04 ± 0.47 , and the percentage error was **29%**.

$$(CI_T + CI_{PC}) / 2 \text{ (L/min/m}^2\text{)}$$

Méthodes de mesure du DC disponibles

- Thermodilution pulmonaire
 - Intermittente (manuelle)
 - Continue (automatique)

- Thermodilution transpulmonaire

- **Techniques de « pulse contour »**

→ moniteur PiCCO



→ **moniteur FloTrac/Vigileo**



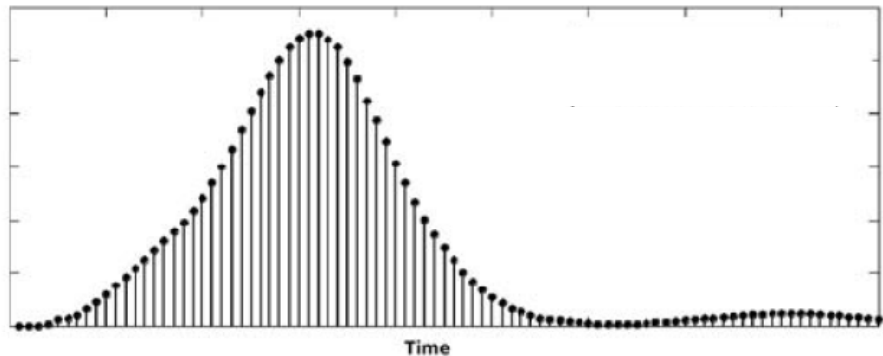
Technologie FloTrac/Vigileo



- Monitoring **continu DC** à partir du **signal de PA**
- Algorithme **complexe**

Traditional: $CO = HR * SV$

$VES = K \times \text{Pulsatilité}$



K: Compliance/Résistance

Déterminé initialement en intégrant les données démographiques du patient
Puis recalculé selon la forme de la courbe de PA (10mins/1min)

Pulsatilité: les écarts types de la pression pulsée sur un intervalle de temps de 20s

Technologie FloTrac/Vigileo



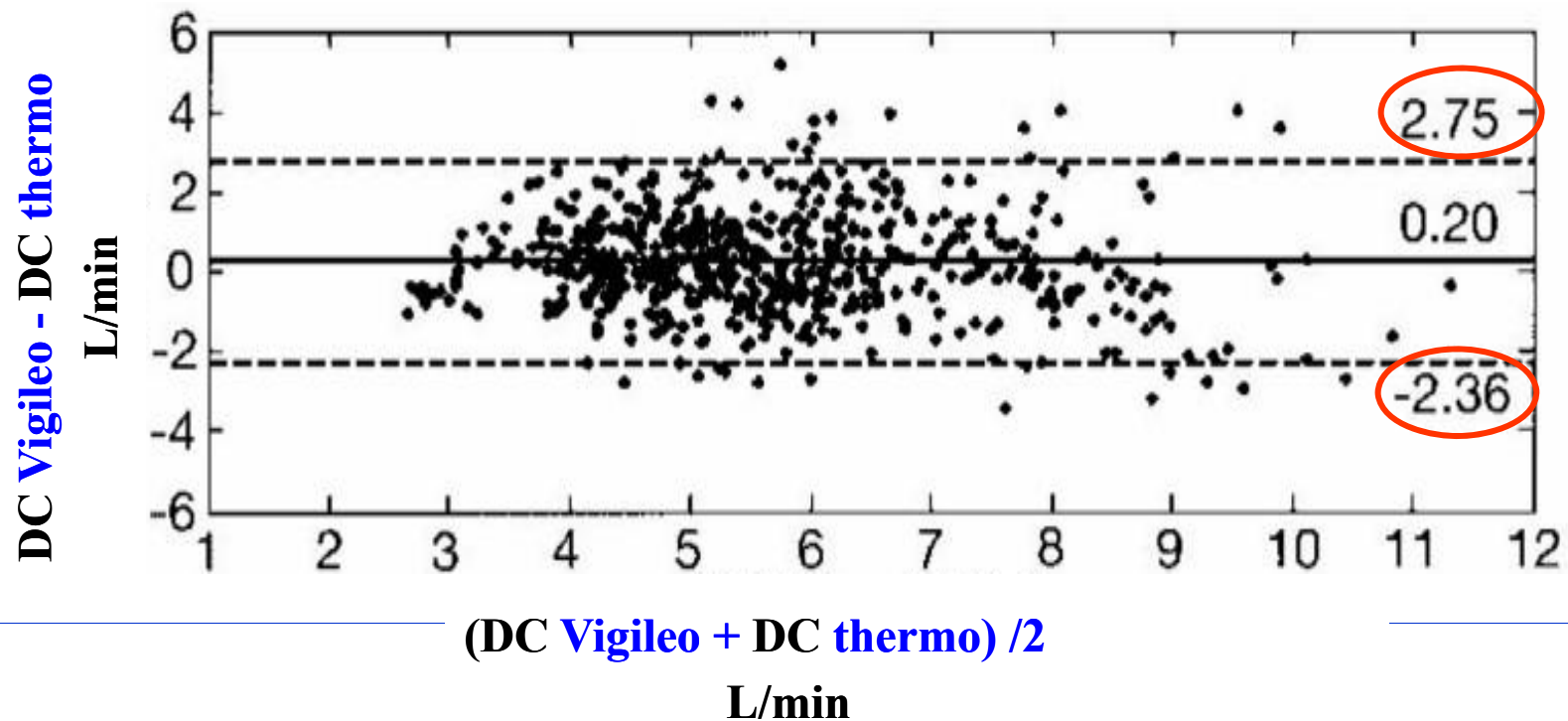
- Monitoring **continu DC** à partir du **signal de PA**
- Algorithme **complexe**
- **Pas de calibration** requise
- Cathéter artériel **radial** possible

Validation of a continuous, arterial pressure-based cardiac output measurement: a multicenter, prospective clinical trial

William T McGee¹, Jeffrey L Horswell², Joachim Calderon³, Gerard Janvier³, Tom Van Severen⁴, Greet Van den Berghe⁴ and Lori Kozikowski¹

Critical Care 2007, 11:R105

Percentage error = $2 \text{ SD}/\text{mean} \approx 43 \% \dots\dots\dots > 30 \% \text{ limite sup de l'acceptabilité}$



Cardiac Output Derived from Arterial Pressure Waveform Analysis in Patients Undergoing Cardiac Surgery: Validity of a Second Generation Device

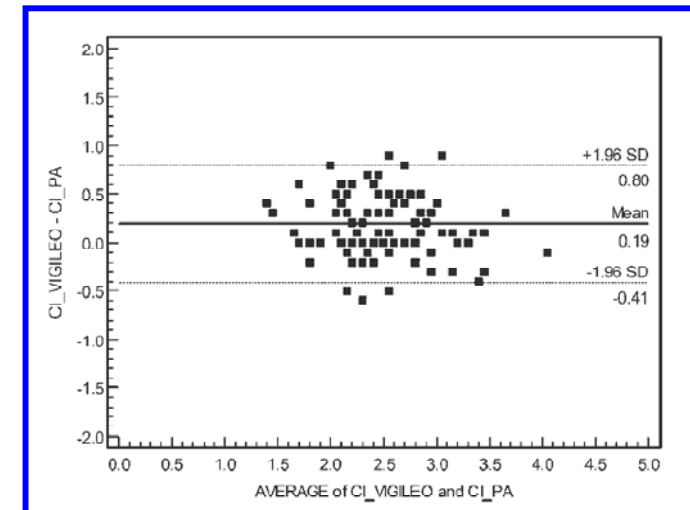
Jochen Mayer, MD

Joachim Boldt, MD

Michael W. Wolf, MD

Johannes Lang, MD

Stefan Suttner, MD



Anesth Analg 2008;106:867-72

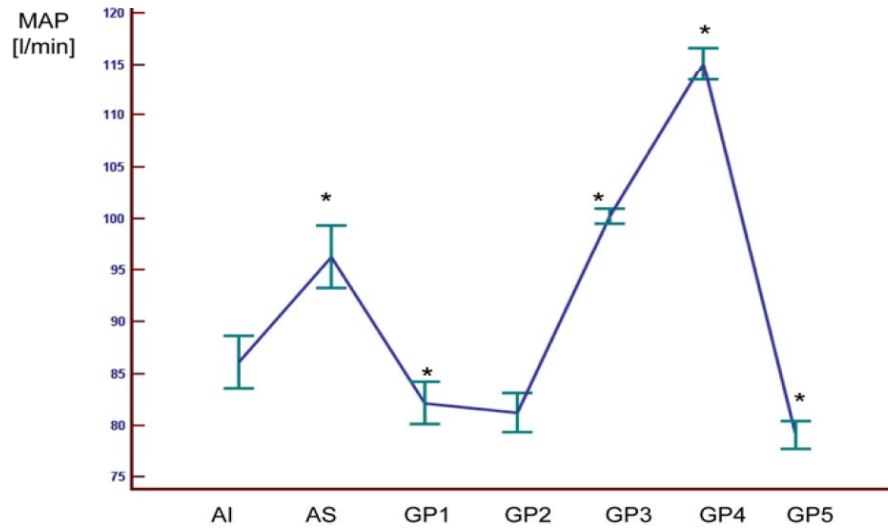
Percentage error = $2 \text{ SD}/\text{mean} \approx 25 \% \dots\dots\dots < 30 \% \text{ limite sup de l'acceptabilité}$

Variations in arterial blood pressure are associated with parallel changes in FlowTrac/Vigileo[®]-derived cardiac output measurements: a prospective comparison study

Savvas Eleftheriadis¹, Zisis Galatoudis¹, Vasilios Didilis², Ioannis Bougioukas², Julika Schön¹, Hermann Heinze¹, Klaus-Ulrich Berger¹ and Matthias Heringlake¹

Critical Care 2009, **13**:R179

2^{ème} génération



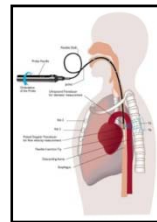
Technologie FloTrac/Vigileo

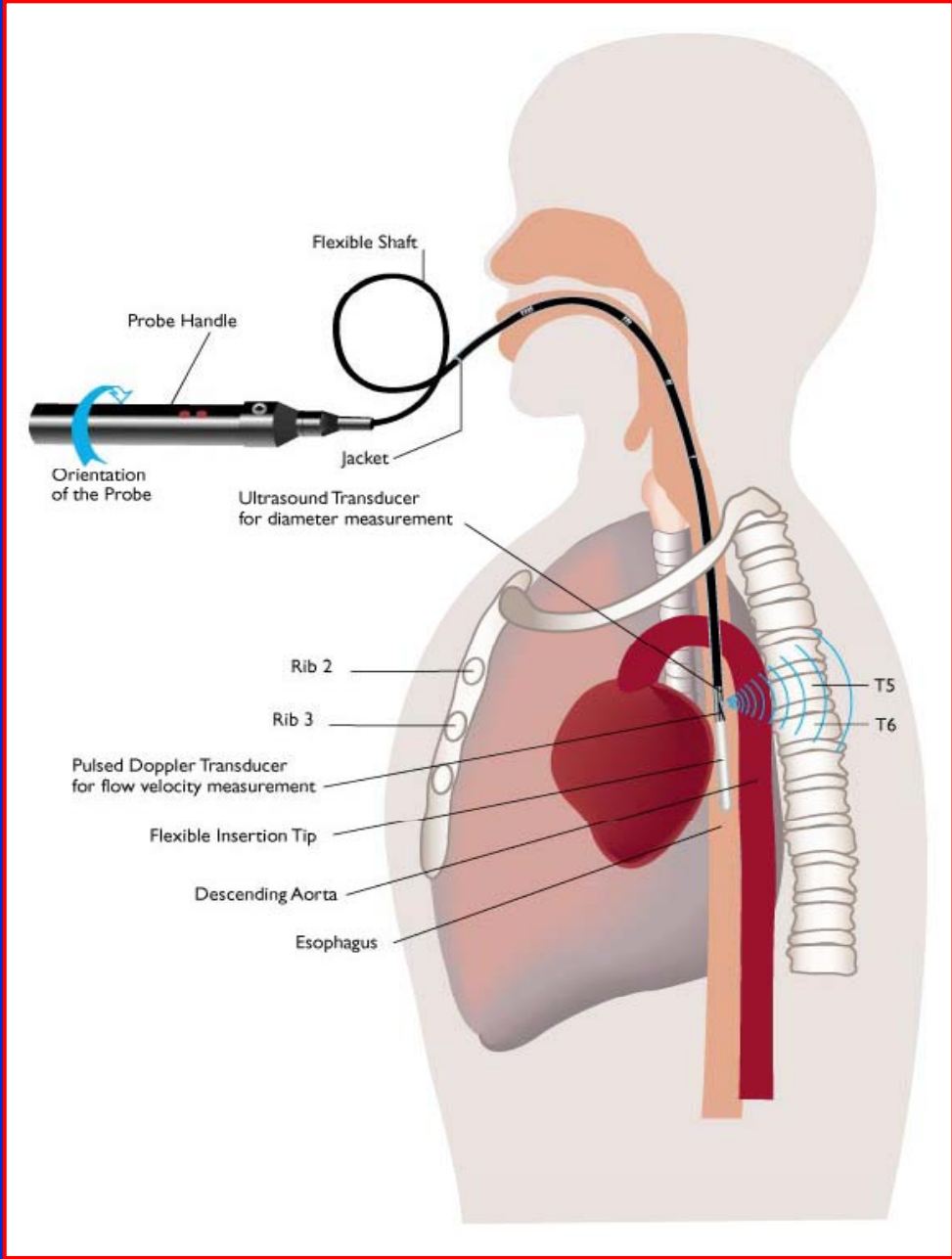


- **Monitoring continu DC** à partir du **signal de PA**
- **Algorithme complexe**
- **Pas de calibration** requise
- **Cathéter artériel radial** possible
- **Validation** encore **nécessaire**
- **Fiabilité** dans **choc septique hyperkinétique?**

Méthodes de mesure du DC disponibles

- **Thermodilution pulmonaire**
 - Intermittente (manuelle)
 - Continue (automatique)
- **Thermodilution transpulmonaire**
- **Techniques de « pulse contour »**
 - moniteur PiCCO
 - moniteur FloTrac/Vigileo
- **Méthodes Doppler**
 - **Doppler œsophagien**

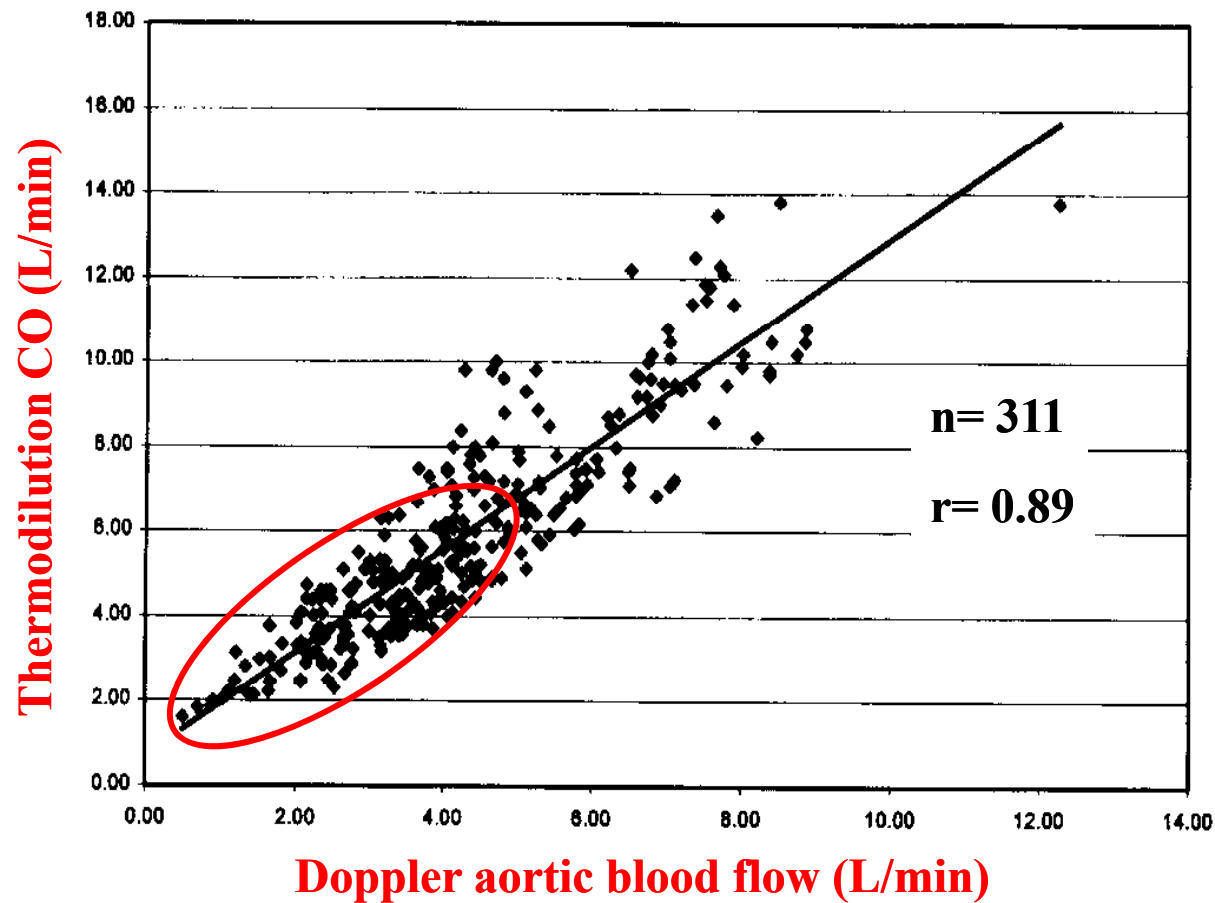




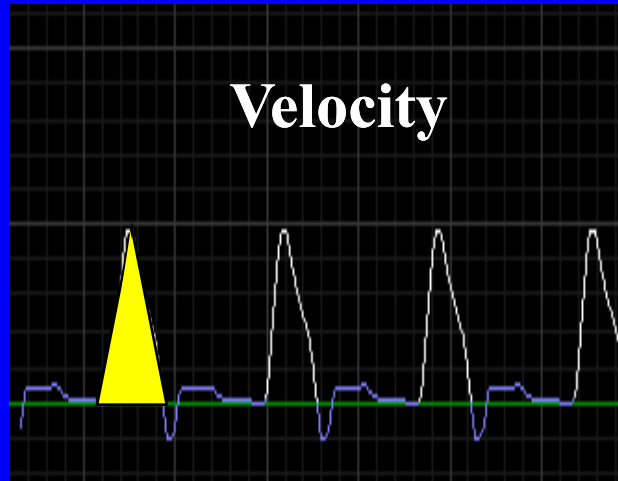
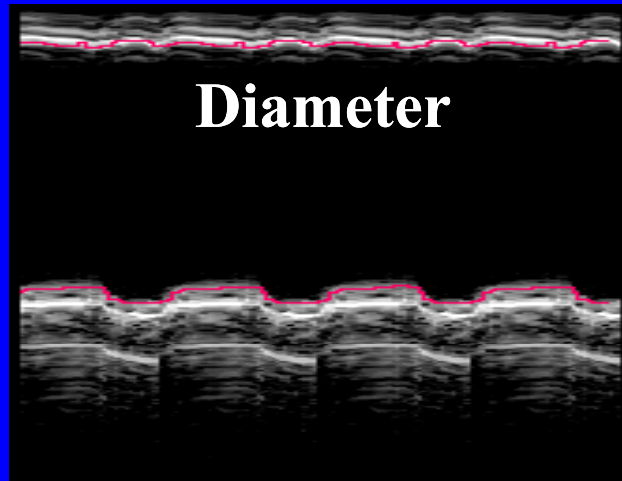
Correlation between doppler aortic blood flow and thermodilution cardiac output

JL Boulnois, T Pechoux

J Clin Monitor 2000; 16:127-140



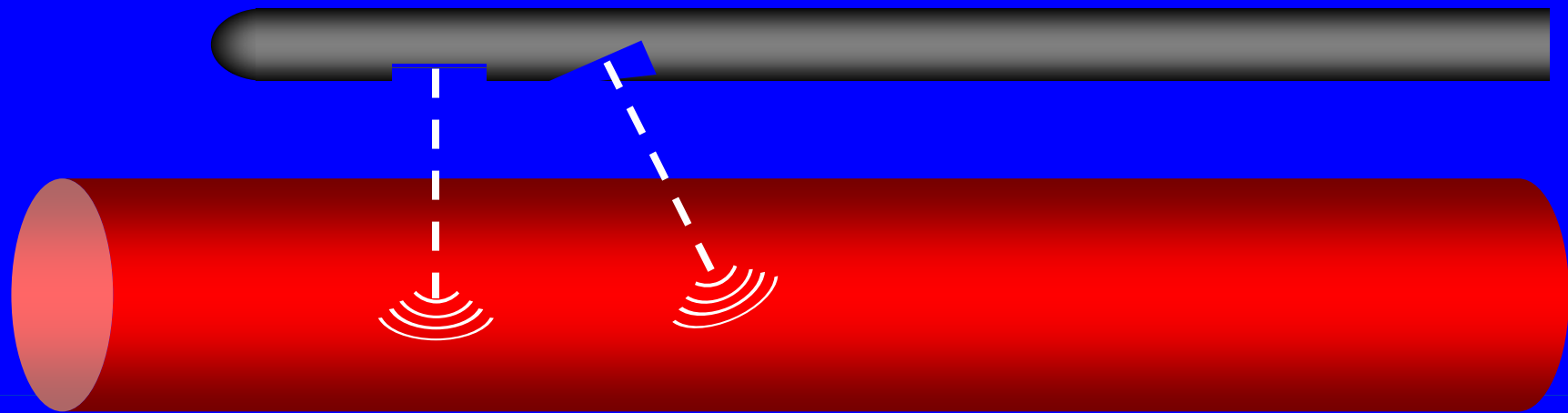
Aortic blood flow : **0.73**
Cardiac output



Aortic blood flow

$ABF = \Pi D^2/4 \times V$

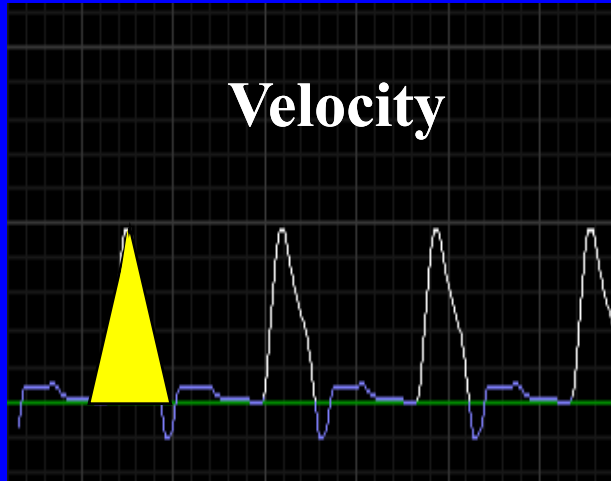
*HemoSonic 100 Arrow*TM



Diameter

from nomograms based
on patient's age, gender
and body surface

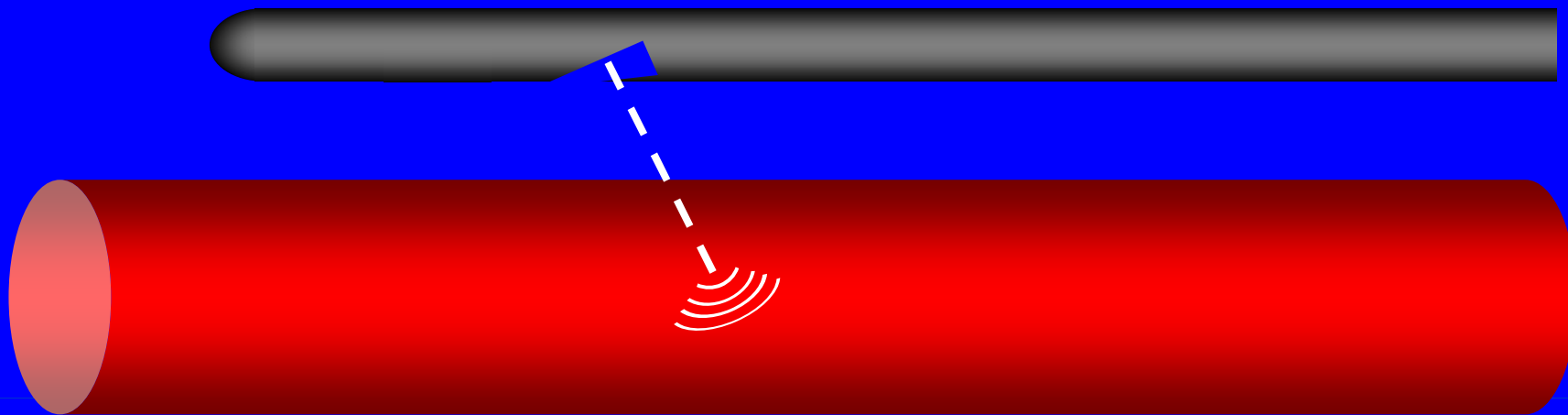
Velocity



Aortic blood flow

$$ABF = \Pi D^2/4 \times V$$

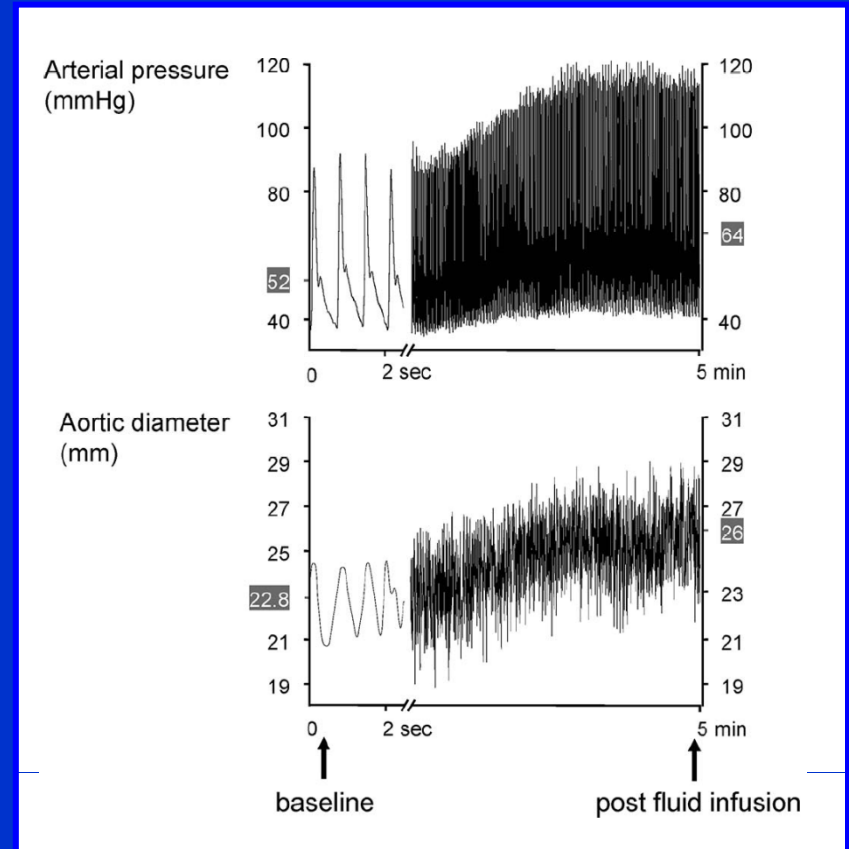
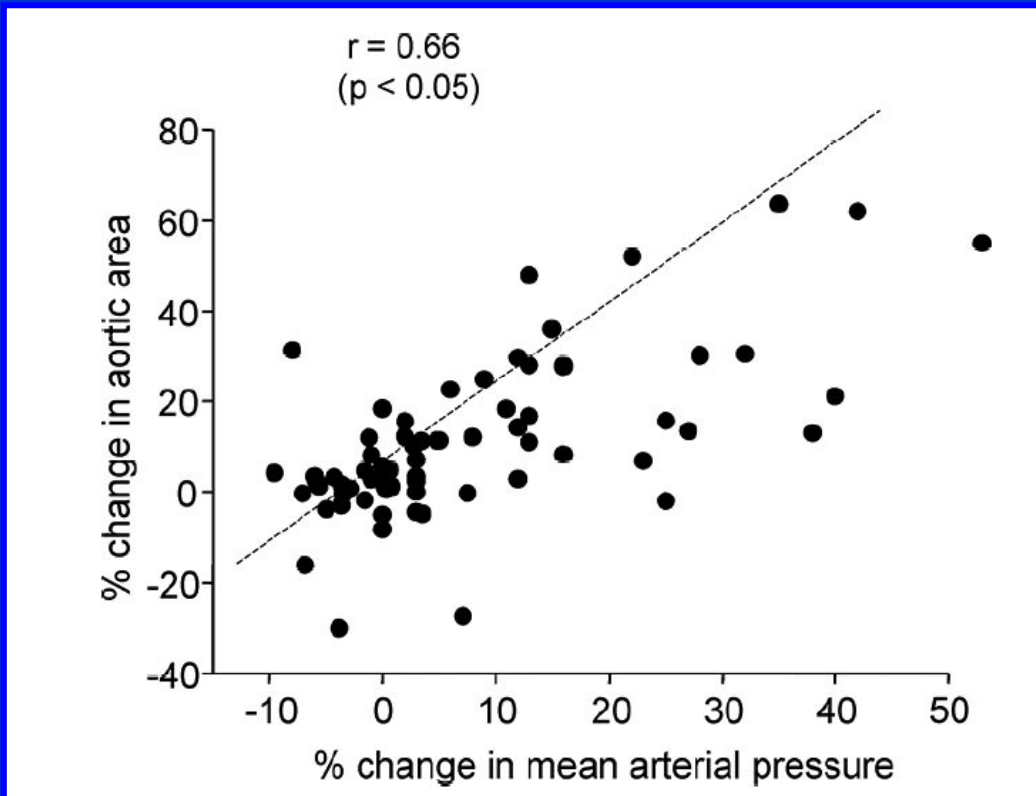
CardioQ Deltex™



Measuring aortic diameter improves accuracy of esophageal Doppler in assessing fluid responsiveness

Xavier Monnet, MD, PhD; Denis Chemla, MD, PhD; David Osman, MD; Nadia Anguel, MD; Christian Richard, MD; Michael R. Pinsky, MD, Dr hc, FCCM; Jean-Louis Teboul, MD, PhD

Crit Care Med 2007; 35:477-482

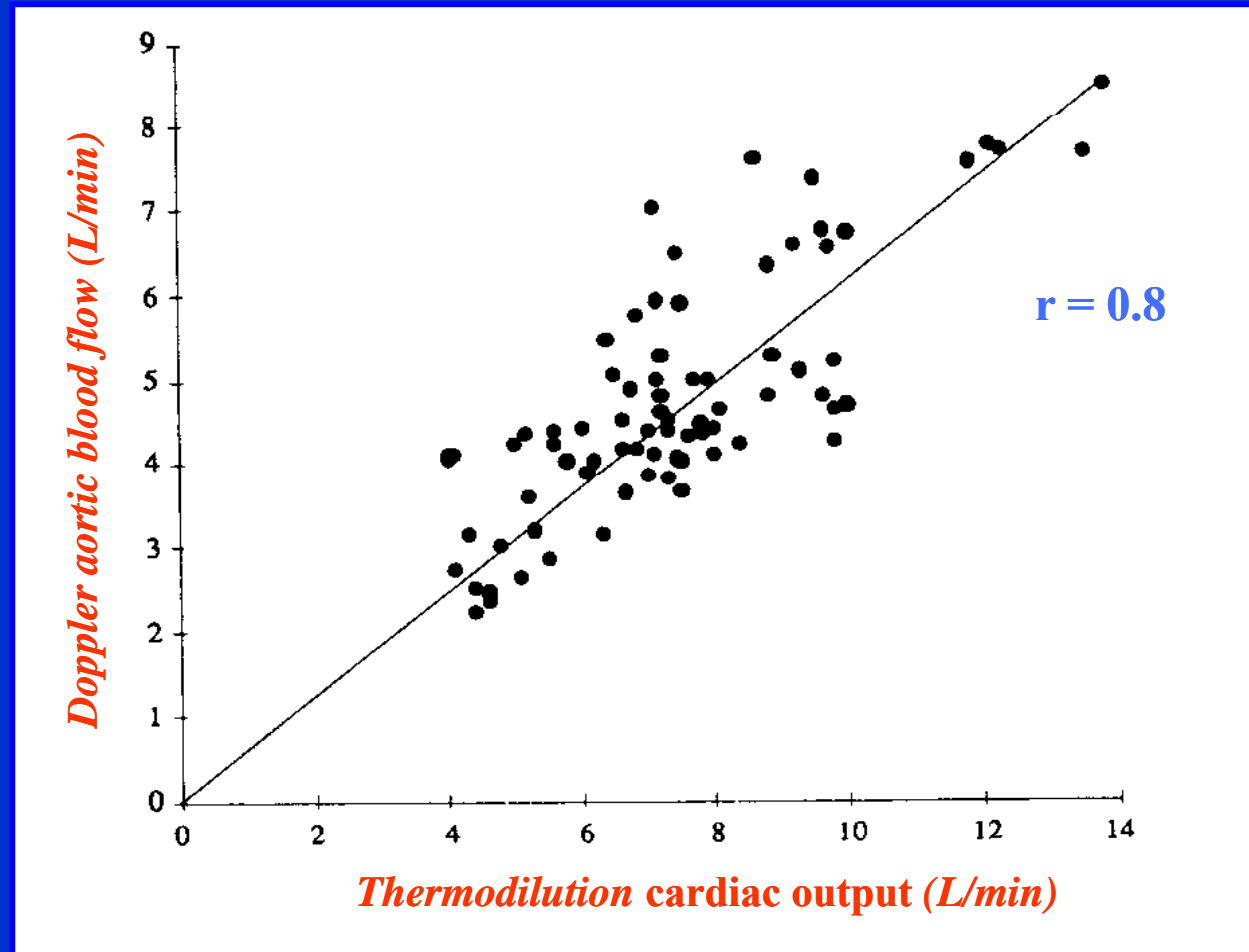




**Noninvasive cardiac output monitoring by aortic blood flow determination:
evaluation of the Sometec Dynemo-3000 system.**

Cariou A, Monchi M, Joly LM, Bellenfant F, Claessens YE, Thebert D, Brunet F, Dhainaut JF

Crit Care Med 1998; 26:2066-72



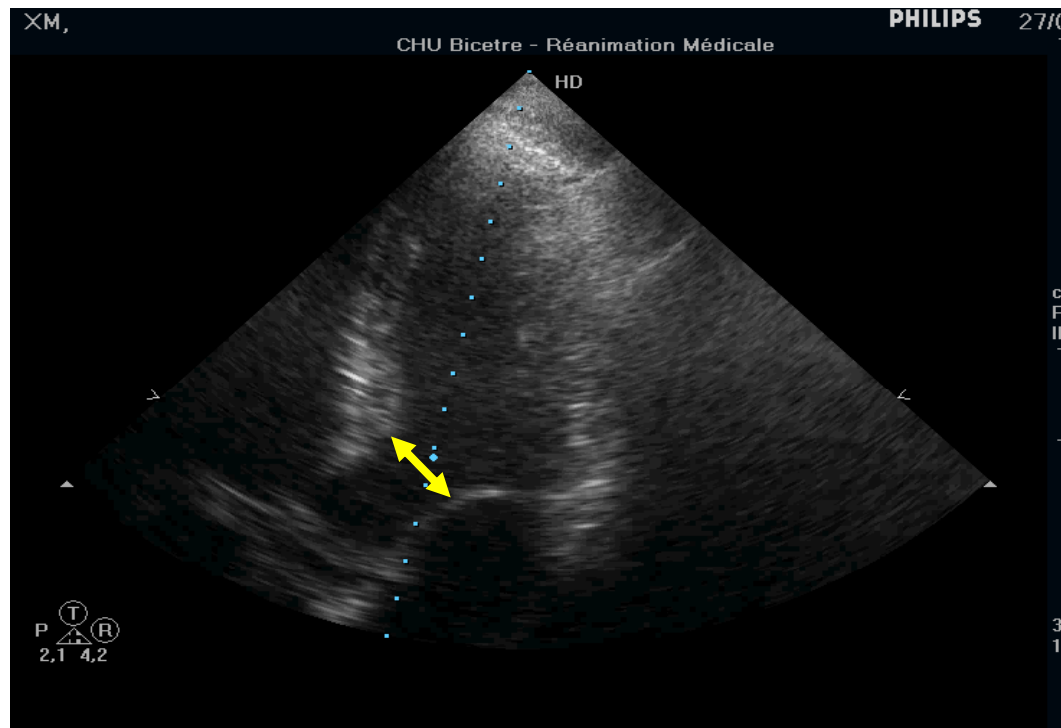
Méthodes de mesure du DC disponibles

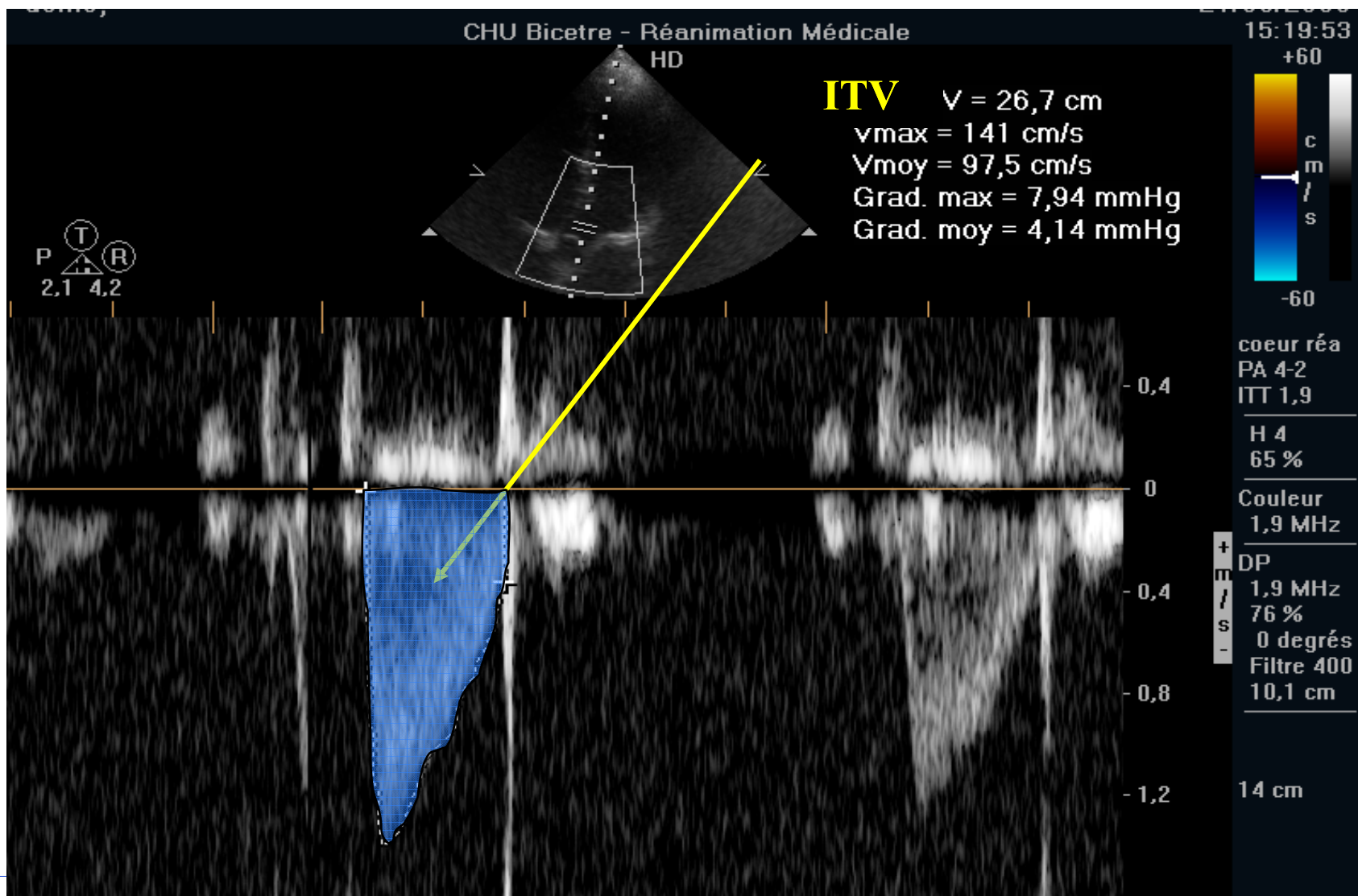
- **Thermodilution pulmonaire**
 - Intermittente (manuelle)
 - Continue (automatique)
- **Thermodilution transpulmonaire**
- **Techniques de « pulse contour »**
 - moniteur PiCCO
 - moniteur FloTrac/Vigileo
- **Méthodes Doppler**
 - Doppler œsophagien
 - **Echocardiographie Doppler conventionnelle**



$$DC = FC \times \text{surface aortique} \times ITV$$

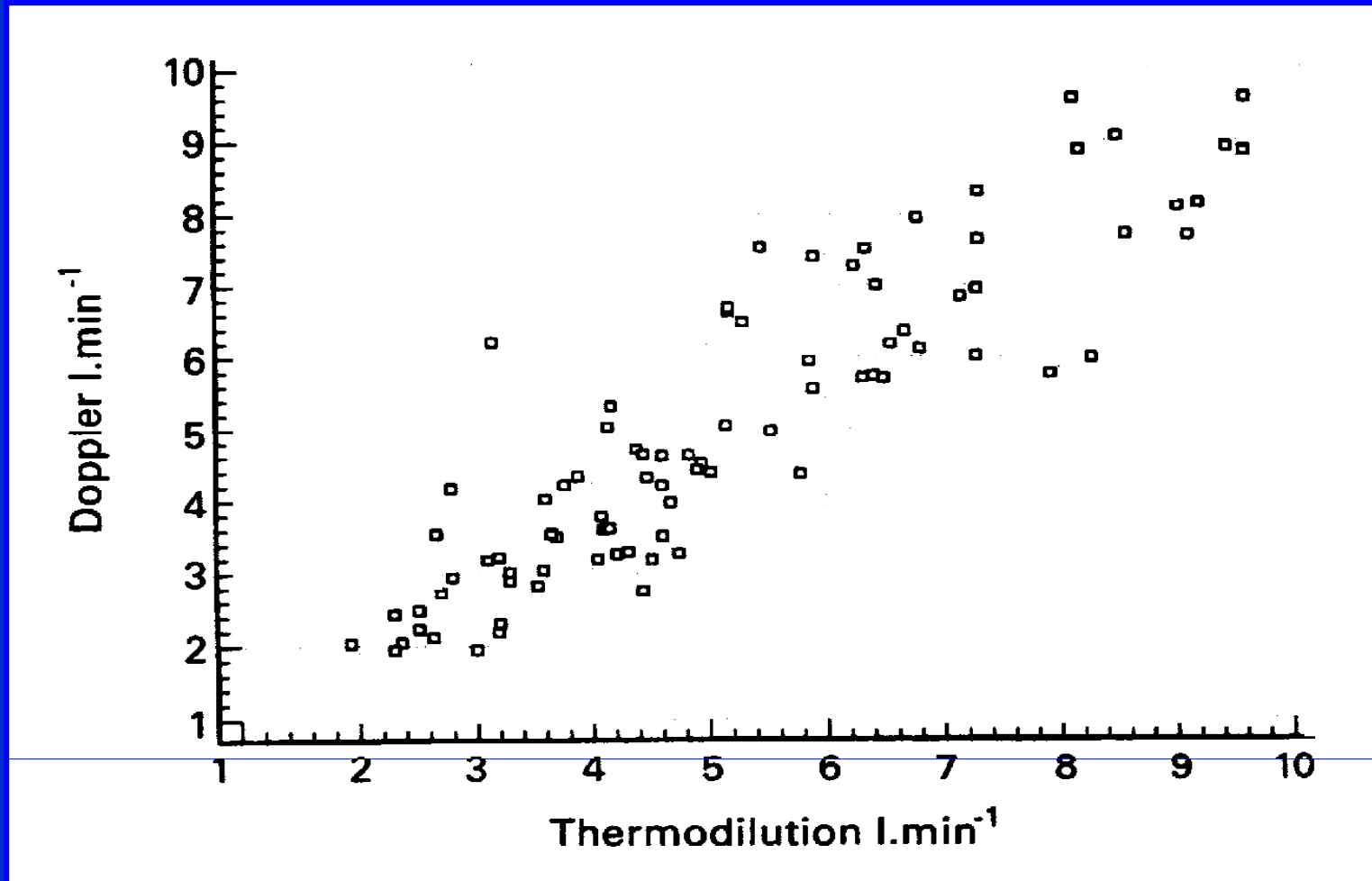
$$\underbrace{\hspace{10em}}_{\Pi D^2/4}$$





A comparison of transoesophageal echocardiographic Doppler across the aortic valve and the thermodilution technique for estimating cardiac output

J. Poelaert,¹ C. Schmidt,² H. Van Aken,³ F. Hinder,² T. Mollhoff² and H. M. Loick²



Le **choix** de la **méthode** de mesure du DC doit se fonder sur :

- les **caractéristiques** de la mesure du DC pour chaque méthode

fiable

automatique

continue

affichage tps réel

pas d'étalonnage

non « invasive »

facile à apprendre

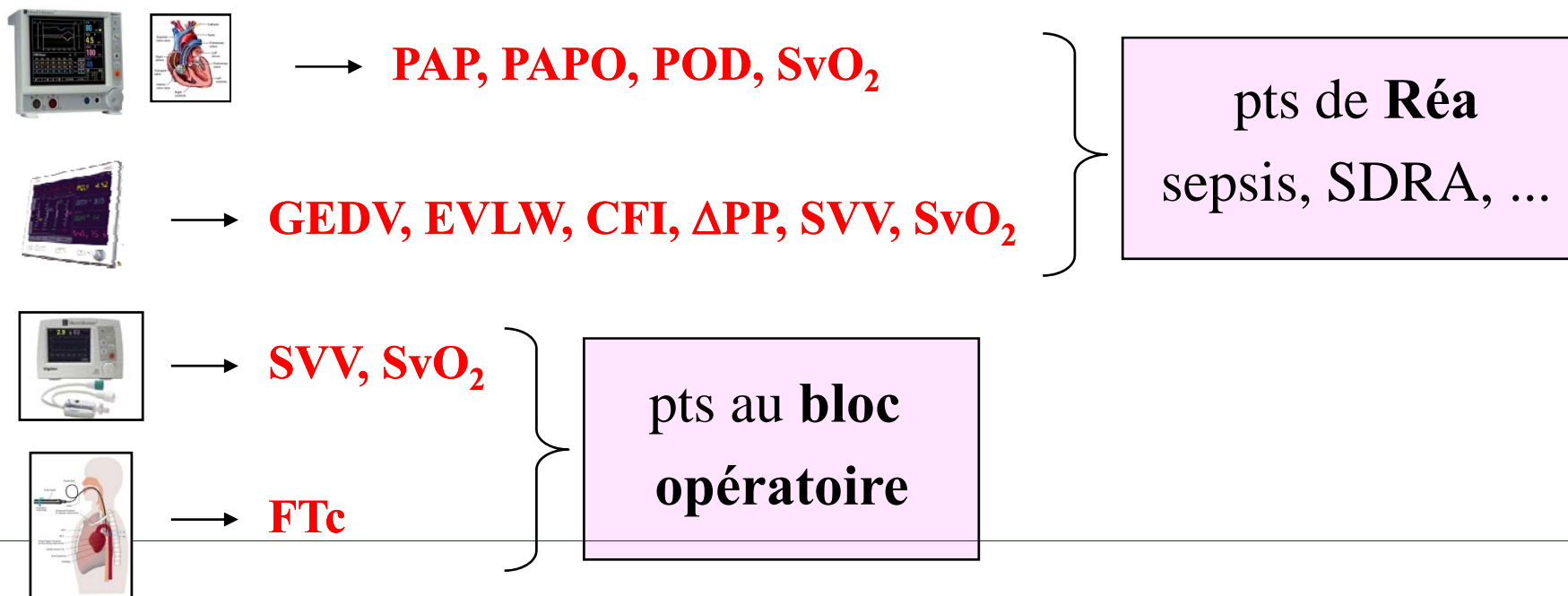
facile à utiliser

non op-dépendante

peu coûteuse

Le **choix** de la **méthode** de mesure du DC doit se fonder sur :

- les **caractéristiques** de la mesure du DC pour chaque méthode
- la **situation particulière** du patient exigeant ou non le recueil **d'informations supplémentaires** pour sa prise en charge



Le **choix** de la **méthode** de mesure du DC doit se fonder sur :



→ **fonction cardiaque** (droite et gauche, systolique et diastolique)

complémentaire aux autres méthodes

Merci de votre attention