Optimisation du remplissage

Les nouveaux moyens de monitorage

F. Rabechault - Dr F. Bart

Monitorage habituel

- Fréquence cardiaque
- SpO2
- Pression artérielle
  - Non Invasive
  - Invasive
- CO2

- Situation caricaturale ou extrême
  - Situation de choc
    - SpO2 ne capte plus
    - Tachycardie
    - Hypotension artérielle voire imprenable
    - EtCO2 bas
- Mais il vaut mieux ajuster les choses avant
- Prévenir mieux que Guérir

Objectif = améliorer le transport

$$TaO2 = \mathbf{DC} \times CaO2$$

$$CaO2 = \underbrace{\mathbf{SaO2} \times 1.34 \times \mathbf{Hb}}_{\text{Fraction combinée}} + \underbrace{PaO2 \times 0.003}_{\text{Fraction dissoute}}$$

- Effet du remplissage ➔ Variation de Qc
- Qc ≠ Pression artérielle
- Le plus important = transport

RESTRICTIF OU LIBERAL

Effects of Intravenous Fluid Restriction on Postoperative Complications: Comparison of Two Perioperative Fluid Regimens

ANNALS OF SURGERY

A Randomized Assessor-Blinded Multicenter Trial

Birgitte Brandstrup, MD, PhD,

Annals of Surgery • Volume 238, Number 5, November 2003

172 patients, résection colorectale

Groupe standard : 500 mL HEA puis 7, 5 et 3 ml/kg/h + compensation saignement

Groupe restrictif : compensation saignement

	Restricted Group	Standard Group	*P* value
Overall complications	21	40	0.003
Major complications†	8	18	0.040
Minor complications†	15	36	0.000
Tissue-healing complications†	11	22	0.040
Cardiopulmonary complications†	5	17	0.007

Attitude libérale : augmentation des complications majeures et mineures

Research

Open Access

Intravenous fluid restriction after major abdominal surgery: a randomized blinded clinical trial

Hester Vermeulen*[1], Jan Hofland†[2], Dink A Legemate†[3] and Dirk T Ubbink†[1,3]

Trials 2009, **10**:50

62 patients, chirurgie abdominale majeure

Groupe standard : 2.5 L/24h

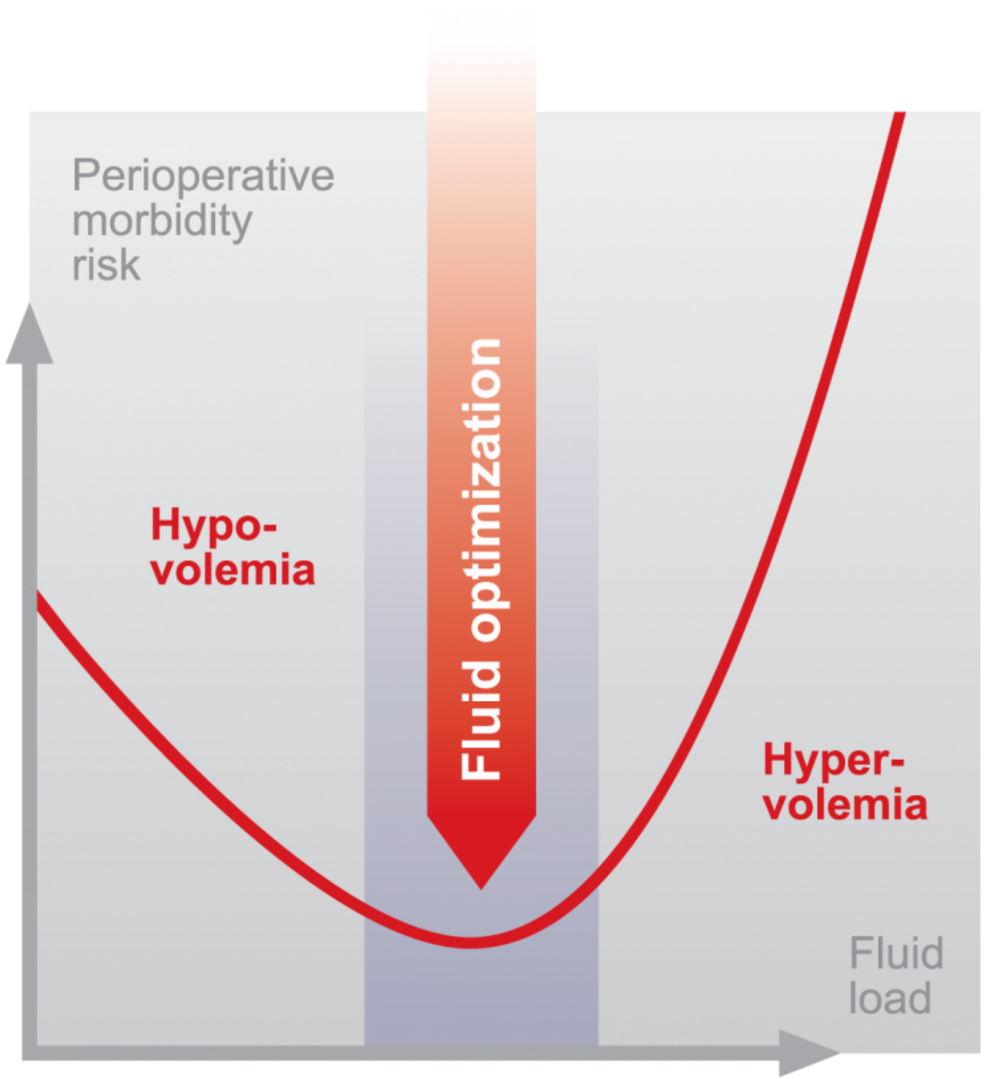
Groupe restrictif : 1.5 L/24h

	Restricted (n = 30)	Standard (n = 32)	Absolute Risk Reduction (95% confidence interval)
Postoperative hospital stay (days), mean (SD)	12.3 (12.7)	8.3 (4.5)	
Median (IQR)	9.0 (6.8–11.3)	7.0 (6.0–9.8)	0.049*
SECONDARY ENDPOINTS			
Postoperative complications	23	13	0.360 (0.133 to 0.588)
- Major complications	12	5	0.244 (0.028 to 0.460)
- Death	1	0	
- Cardiac	2	0	
- Leakage of anastomosis	6	1	0.135 (-0.011 to 0.282)
- Re-admission	3	4	
- Minor complications	11	8	0.117 (-0.112 to 0.345)

Attitude restrictive : augmentation des complications majeures et mineures

ADAPTE

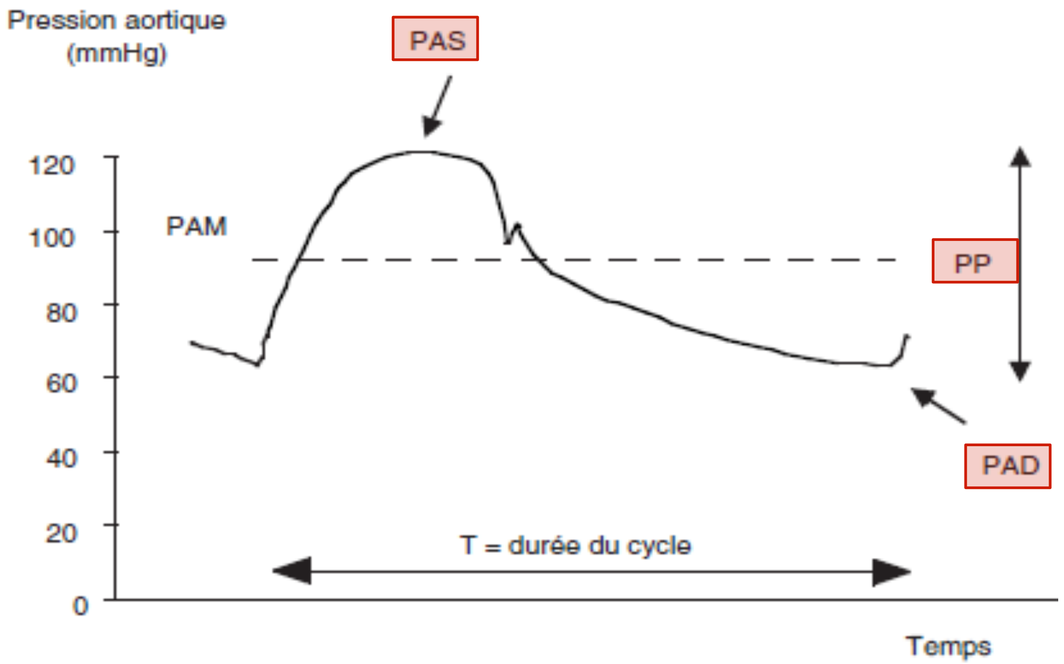
Optimisation



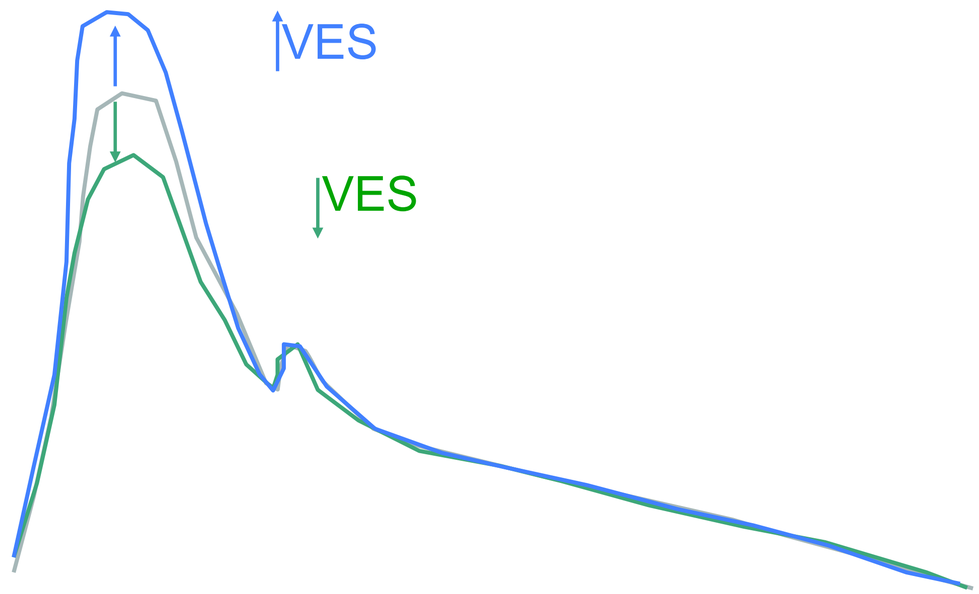
Bellamy. Wet, dry or something else?. British journal of anaesthesia (2006) vol. 97 (6) pp. 755-7

Déterminants

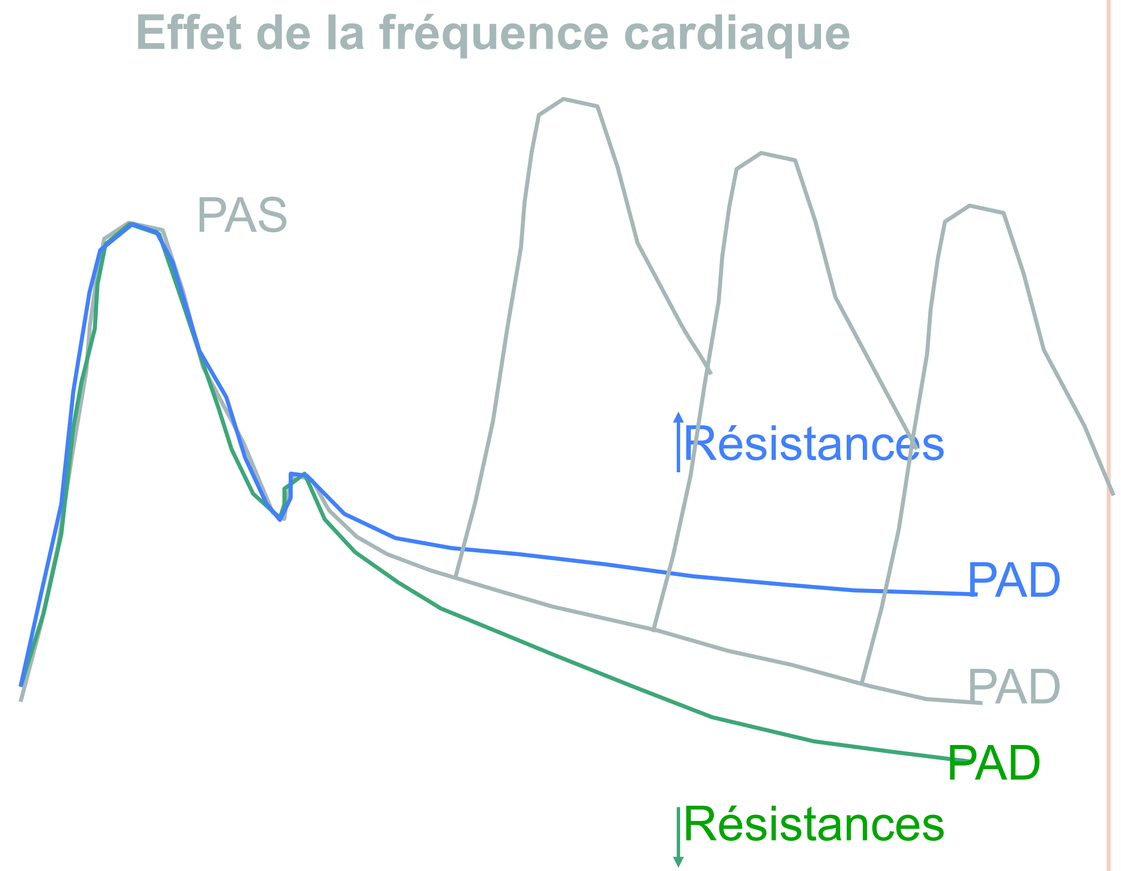
- PAS
  - Compliance aortique
  - Volume éjection systolique
  - Vitesse éjection
  - PAD
- PAD
  - Résistances vasculaires systémiques
  - Fréquence cardiaque
  - Compliance artérielle
- Pression pulsée
  - Volume éjection systolique



Déterminants



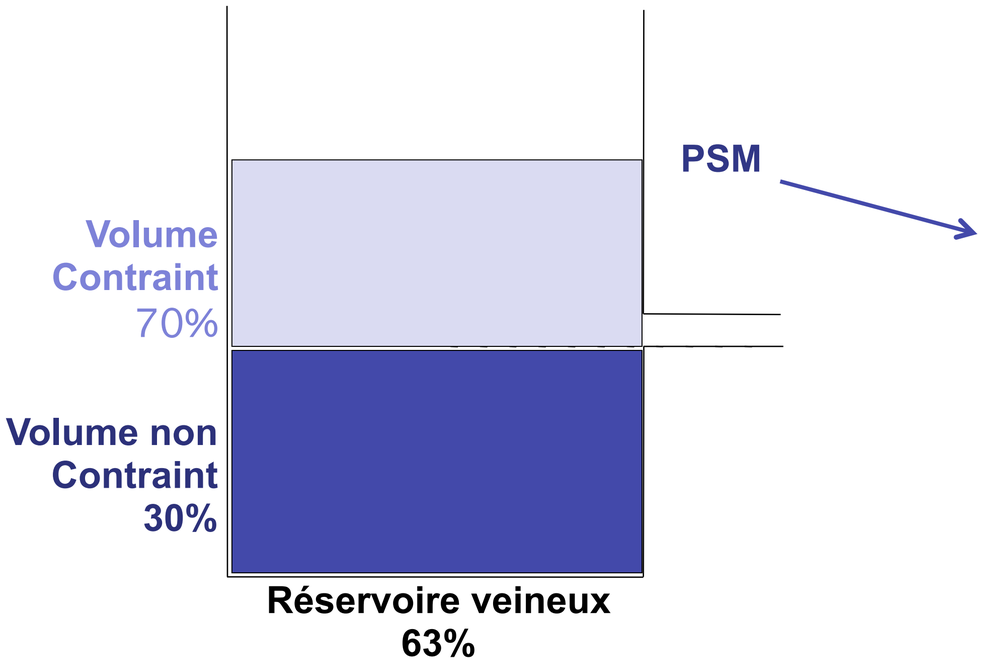
Systole

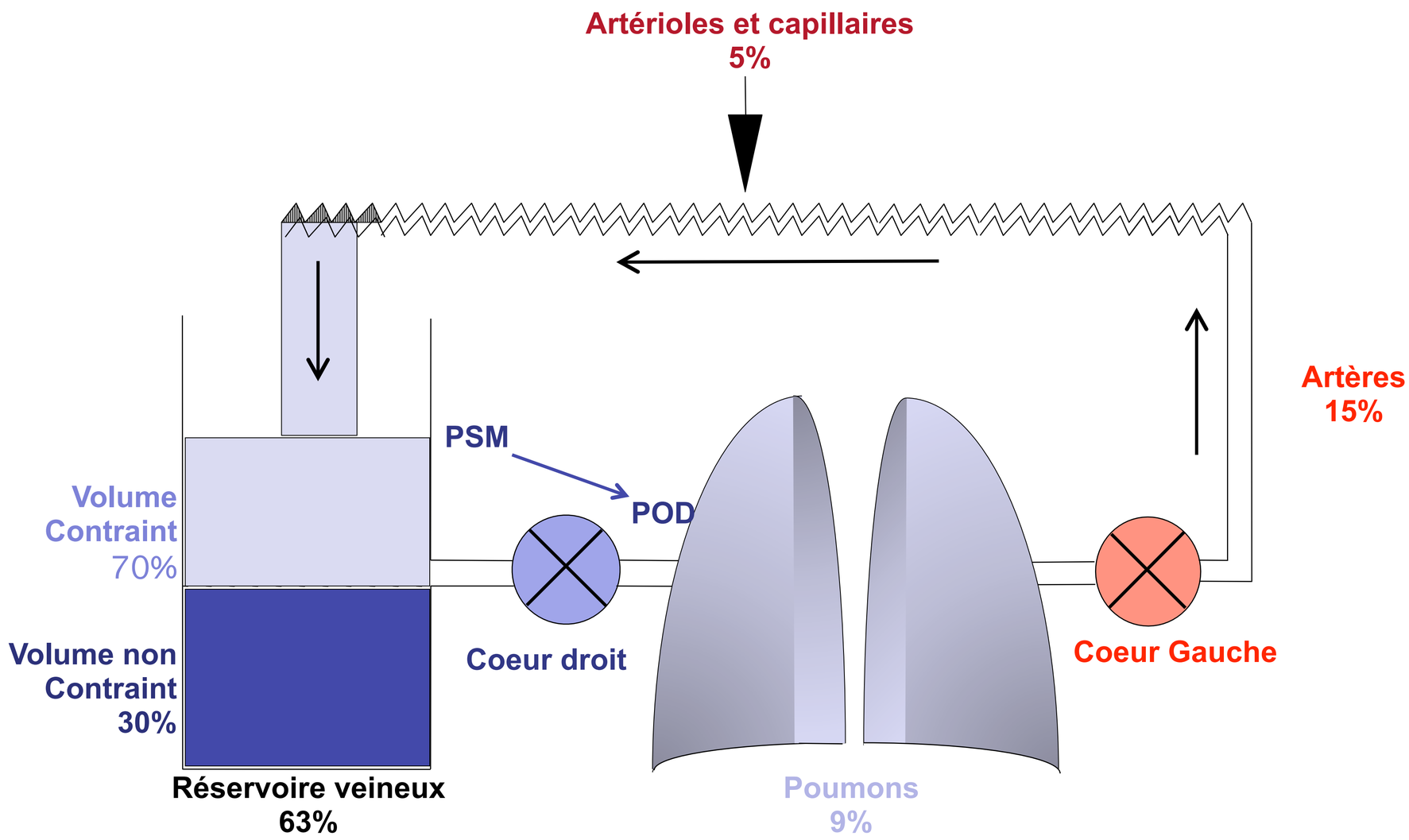


Diastole

Déterminants Retour veineux

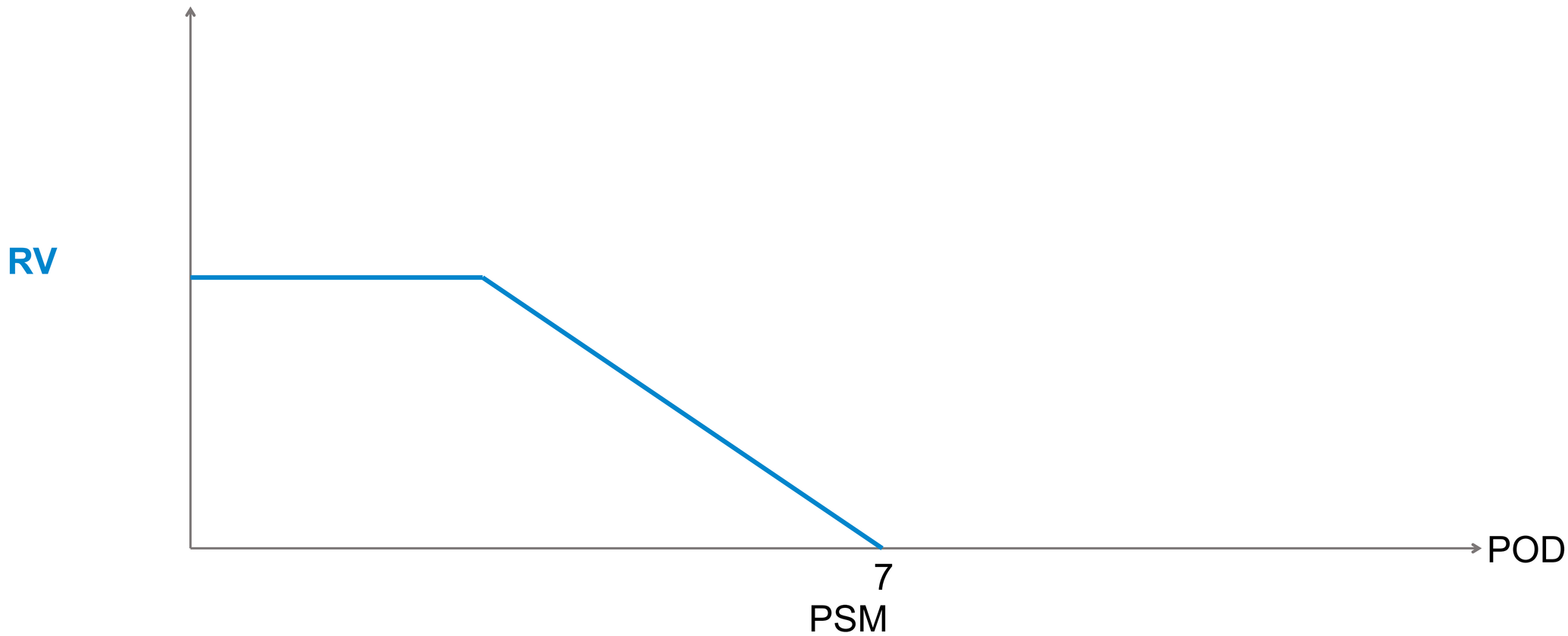
- Pompe cardiaque
- Pompe respiratoire et ventilation mécanique (PEEP / P° Plateau)
- Pompe musculaire
- Valvules



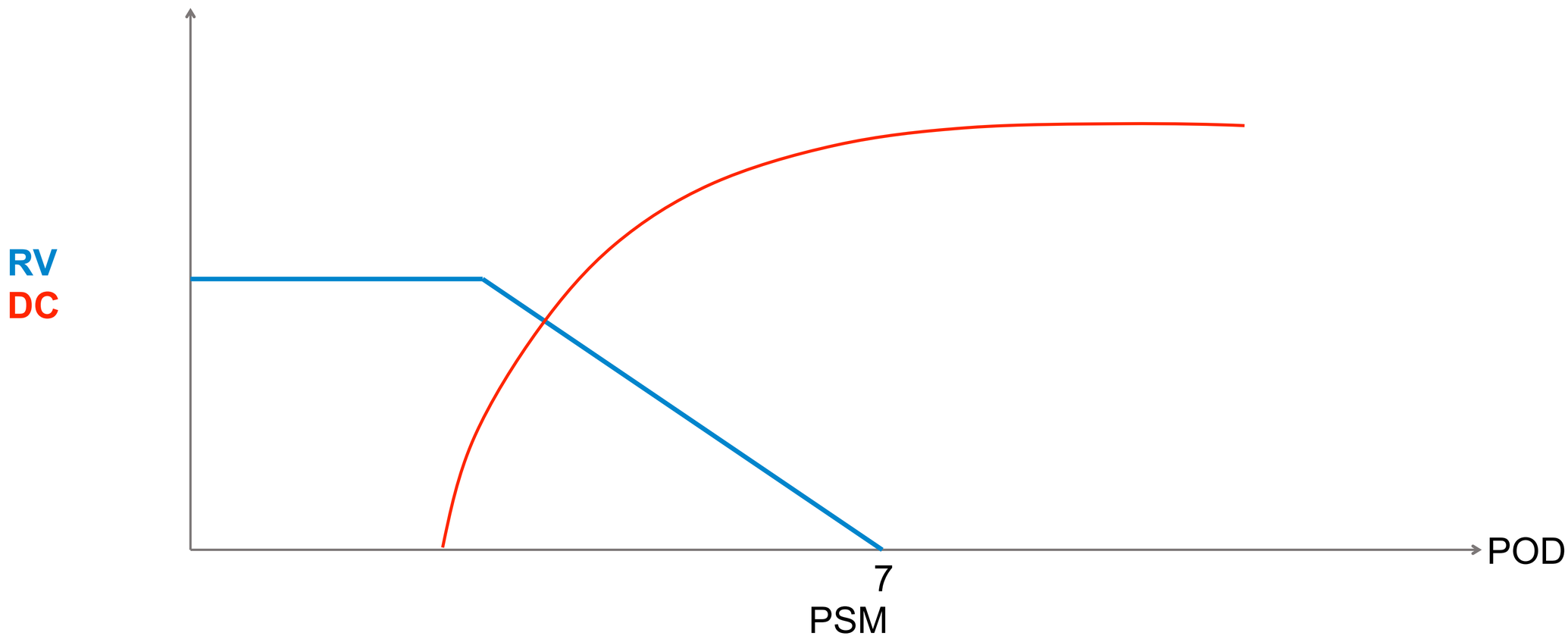


Coeur 8% en diastole

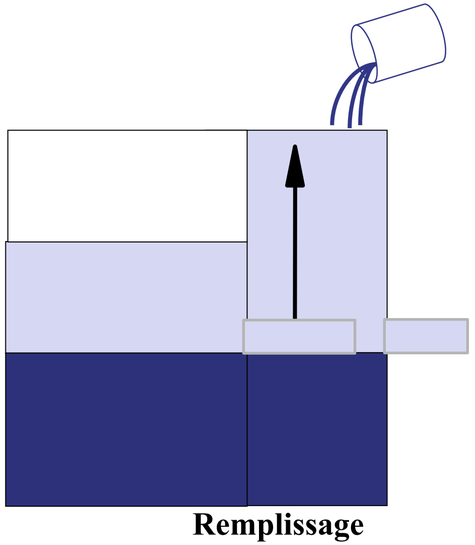
Retour veineux

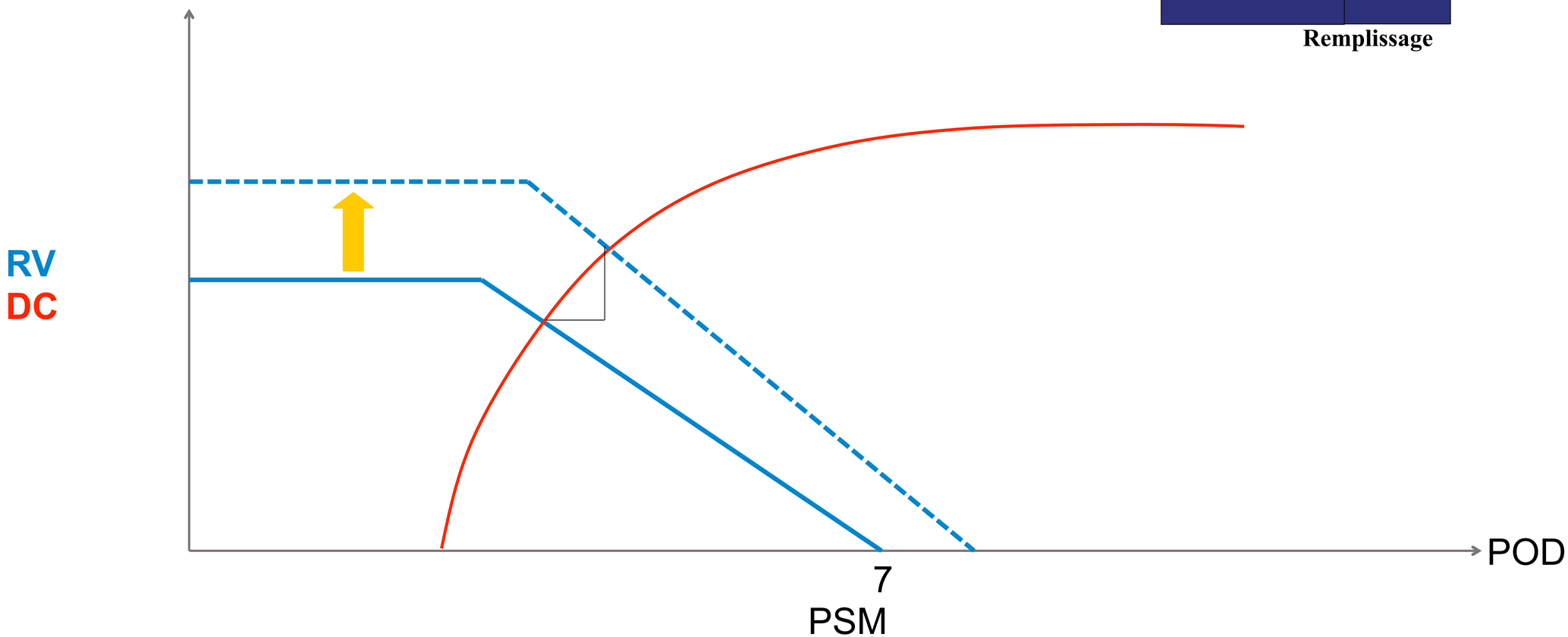


Relation Retour veineux / débit cardiaque

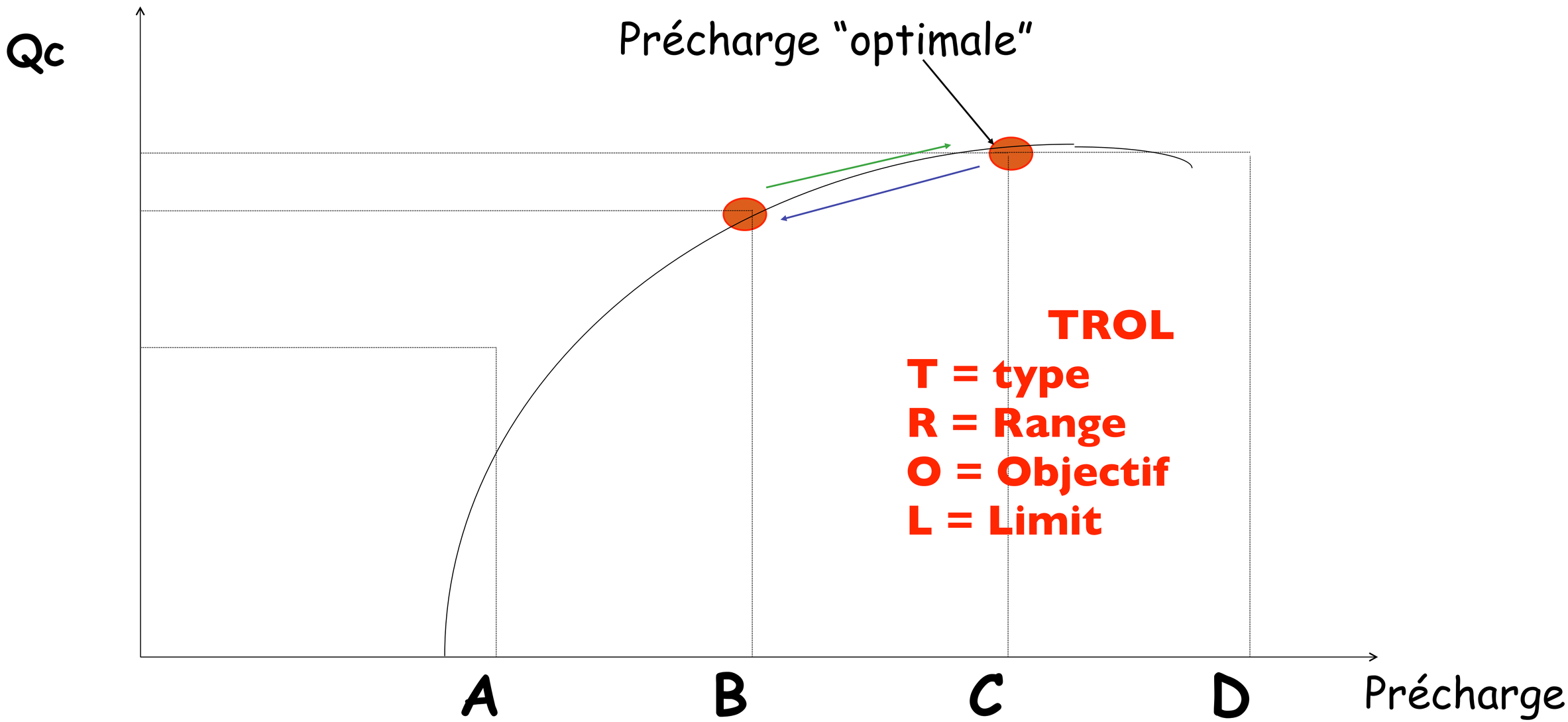


EFFET DU REMPLISSAGE

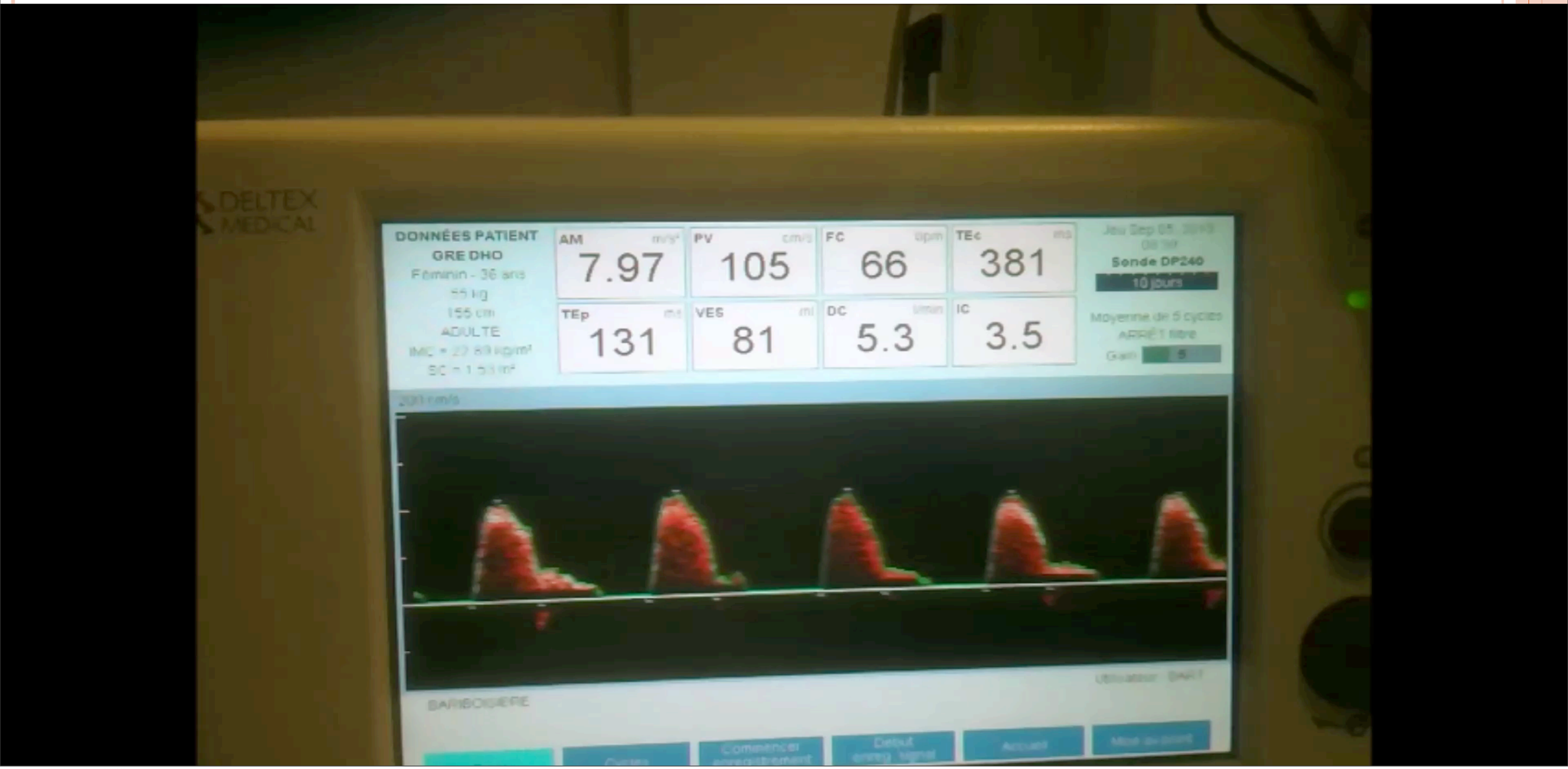




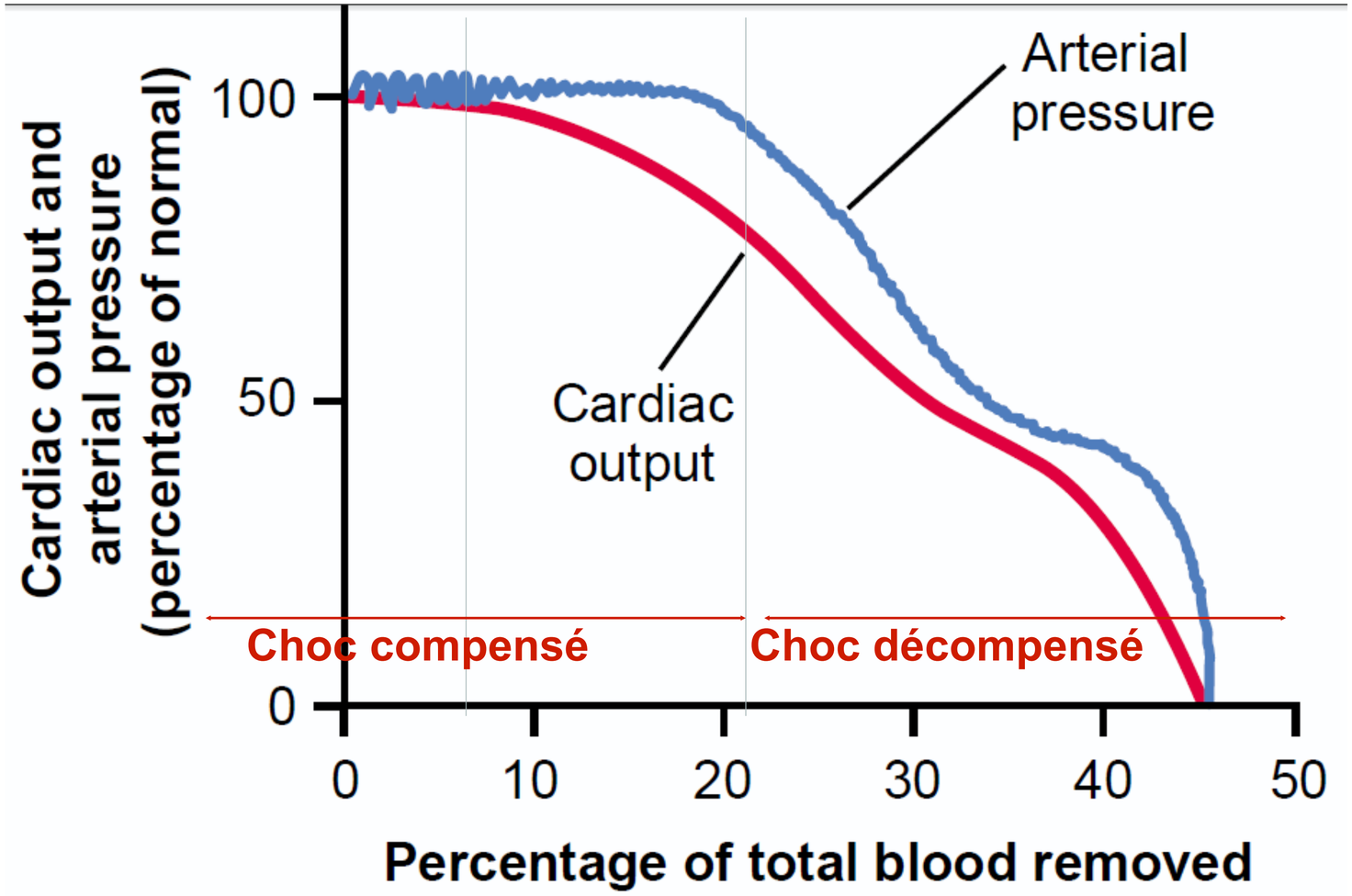
Relation Précharge - Débit



Pression arterielle ≠ Débit



Pression et débit cardiaque



Stratégie du remplissage vasculaire périopératoire

Guidelines for perioperative haemodynamic optimization

Validation par le conseil d'administration de la Sfar du 19 octobre 2012.

En collaboration avec l'Adarpef

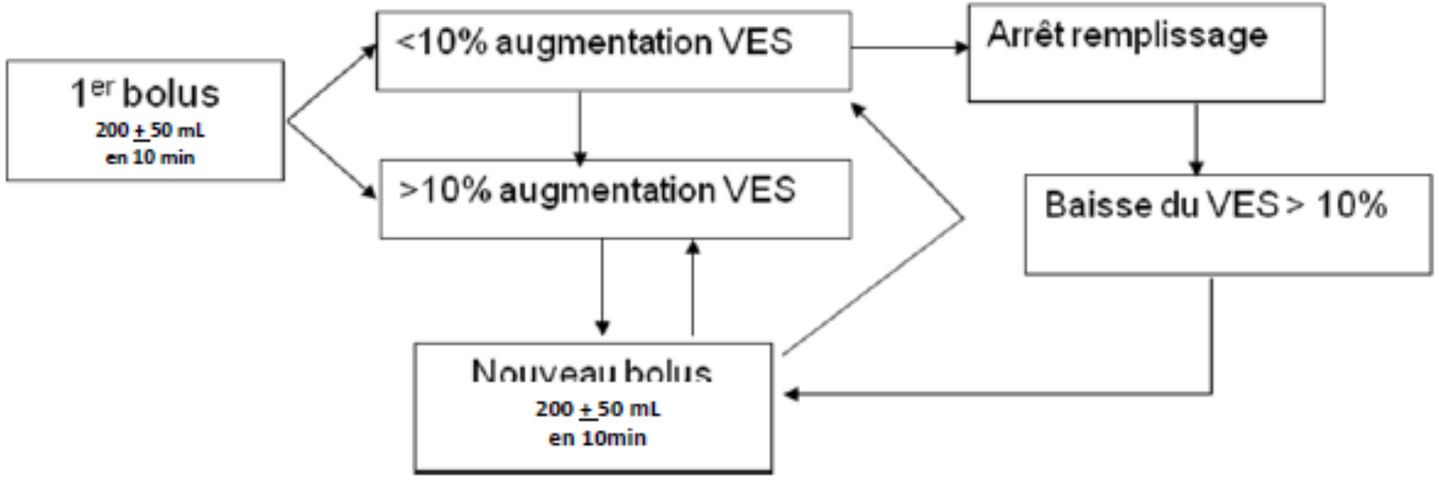
B. Vallet[a,*], Y. Blanloeil[b], B. Cholley[c], G. Orliaguet[d], S. Pierre[e], B. Tavernier[f]

SFAR Société Française d'Anesthésie et de Réanimation

Chirurgie à haut risque

- « **titrer le RV peropératoire** en se guidant sur une **mesure du volume d'éjection systolique (VES)** dans le but de **réduire la morbidité postopératoire**, la **durée de séjour hospitalier**, et le **délai de reprise d'une alimentation orale des patients de chirurgie digestive** »

- « **réévaluer régulièrement le VES** et son augmentation (ou non) en réponse à une épreuve de RV, **en particulier lors des séquences d'instabilité hémodynamique** afin de s'assurer de la pertinence de cette thérapeutique »



Stratégie du remplissage vasculaire périopératoire

Guidelines for perioperative haemodynamic optimization

Validation par le conseil d'administration de la Sfar du 19 octobre 2012.

En collaboration avec l'Adarpef

B. Vallet[a,*], Y. Blanloeil[b], B. Cholley[c], G. Orliaguet[d], S. Pierre[e], B. Tavernier[f]

SFAR
Société Française d'Anesthésie et de Réanimation

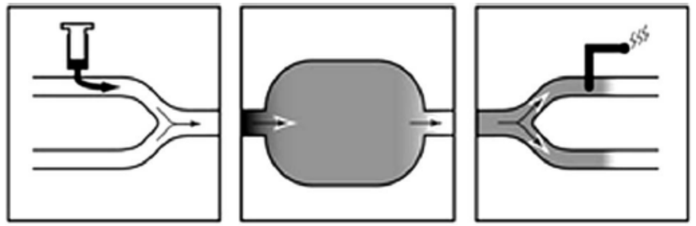
Chirurgie mineure

- « **probablement recommandé** d'administrer au moins **15 mL/kg de cristalloïdes** pour les gestes les plus courts, et de **20 à 30 mL/kg** pour les gestes de une à deux heures, pour diminuer **l'incidence des nausées, des vomissements, le recours aux antiémétiques et la prescription de morphine postopératoire** »

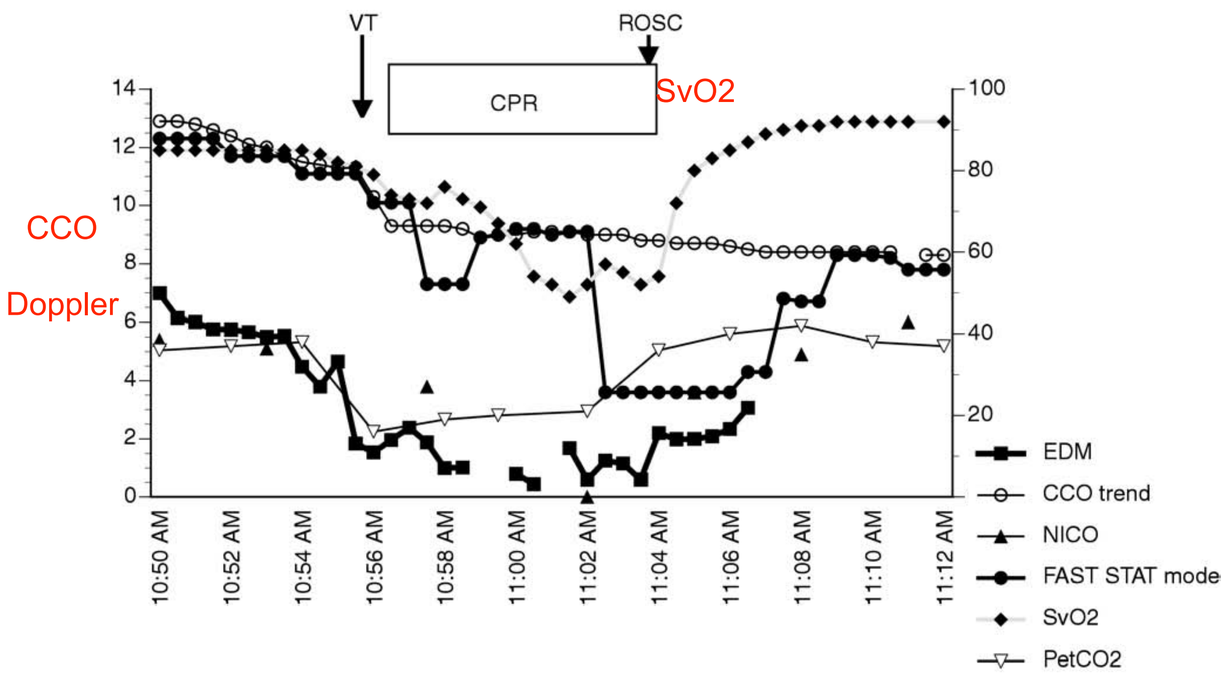
Les moyens

- Thermodilution
  - Pulmonaire ➔ Swan Ganz
  - Transpulmonaire
- Doppler
  - Doppler œsophagien
  - Echographie Doppler cardiaque trans-thoracique ou trans-oesophagienne
- Pulse contour
  - Avec calibration
  - Avec paramètres anthropométriques
  - Sans calibration
  - Pulse contour non invasif
- EsCCO
- Bio Impédance / Bio Réactance
- VPP

THERMODILUTION



- Débit cardiaque est inversement proportionnel à l'aire sous la courbe de la thermodilution
- Technique de référence = thermodilution pulmonaire
- Mais délai de réponse peut atteindre 10 min



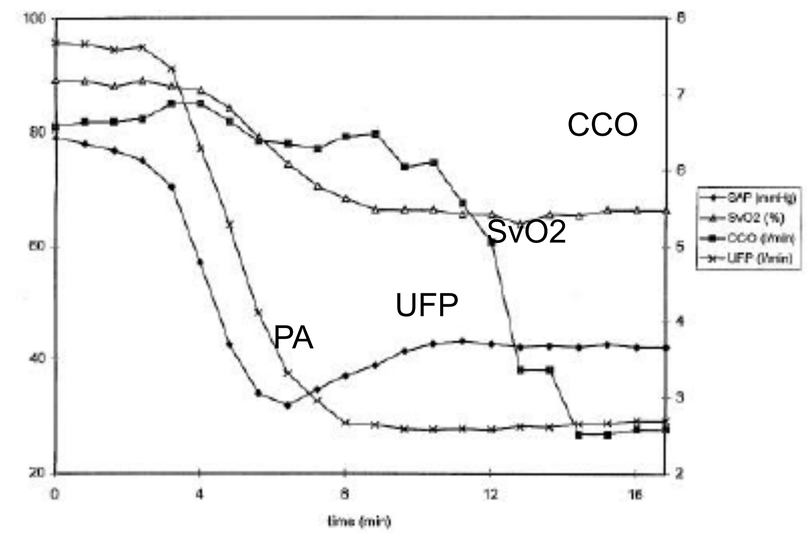
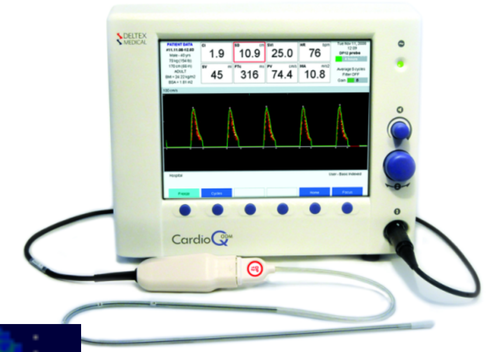
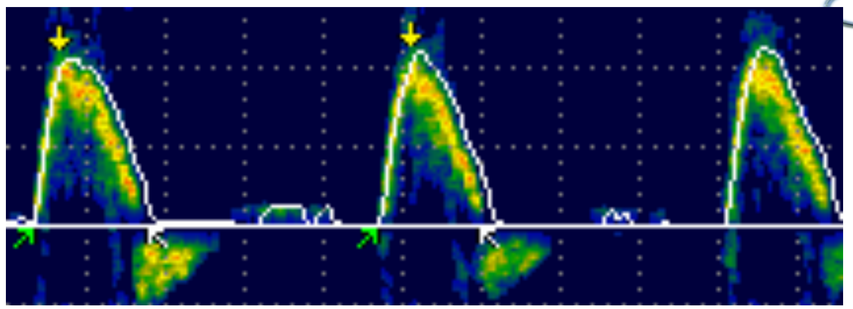


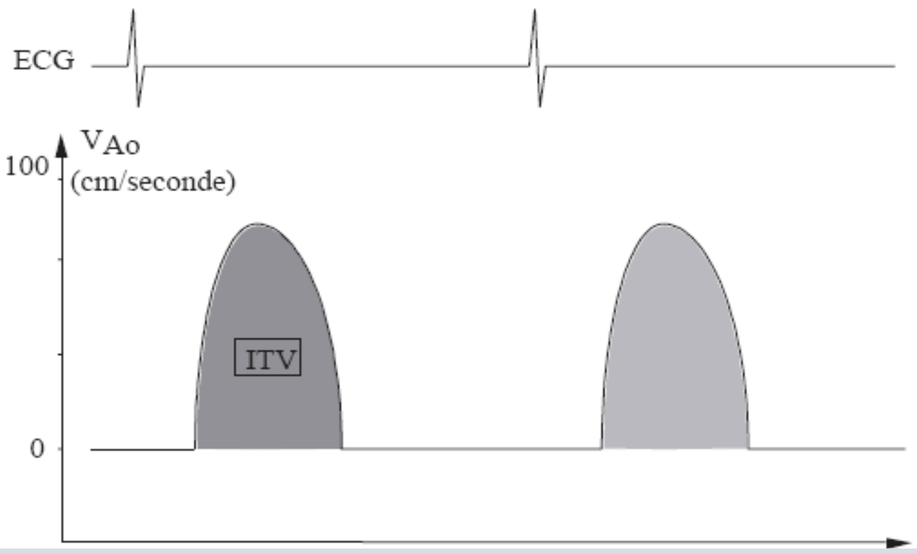
Figure 2. Example of measurements using continuous cardiac output (CCO), ultrasonic flow probe (UFP), systemic arterial pressure (SAP), and mixed venous oxygen saturation (Svo_2) during hemorrhage in one sheep. The change in Svo_2 occurred before the change in CCO. Left axis, SAP and Svo_2; right axis, CCO and UFP.

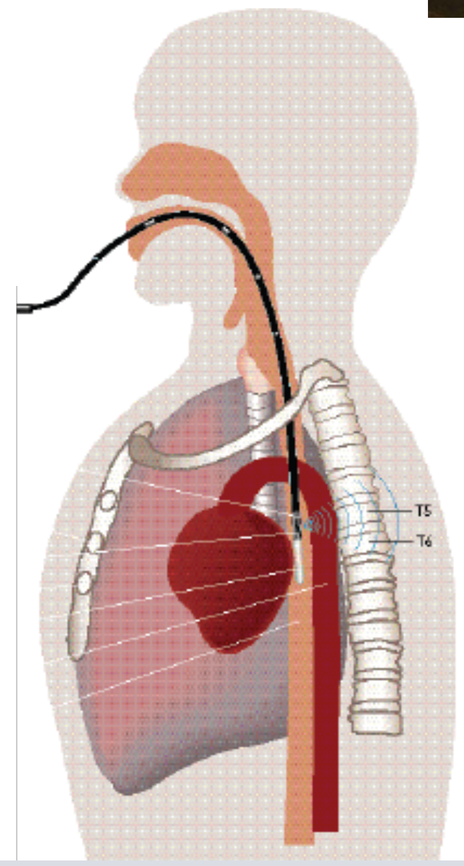
Doppler Œsophagien



Christian Doppler
(1803 – 1853)







ITV = intégrale temps x vitesse = s x cm/s = cm

= distance parcourue par la colonne de sang durant la systole

= distance parcourue par la colonne de sang durant la systole

Doppler œsophagien

- Valeur du débit cardiaque:
  - Biais moyen < 1l avec thermodilution pulmonaire
  - Pourcentage d'erreur ≈ 40%
  - 52% des études ont un agrément acceptable

- Reproductibilité < 10% d'erreur (Valtier, Lefrant 1998)
- Entrainement nécessaire = 12 essais (Lefrant 1998)

- Variation de débit cardiaque
  - Biais moyen = 0,6% d'erreur
  - 86% des études ont un agrément pour les variations de DC acceptables cliniquement (Singer 2004)

- Validation clinique en chirurgie à haut risque
- Recommandation anglaise pour toute chirurgie à haut risque (NICE 2011)

ETUDES

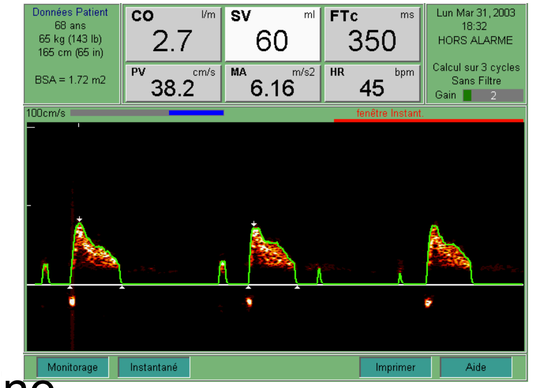
Les début du concept

- 1985: Schultz et al. (J Trauma)
- 1988: Schoemaker et al. (Chest)
- 1991: Berlauk et al. (Ann Surg)
- 1992: Flemming et al. (Arch Surg)
- 1993: Boyd et al. (JAMA)
- 1995: Bishop (J Trauma)
- 1995: Mythen (Arch Surg)
- 1997: Bender (Ann Surg)
- 1997: Sinclair (BMJ)
- 2002: Kern et Shoemacker (Crit Care Med)
- 2004: Price et Venn (Cochrane Library)

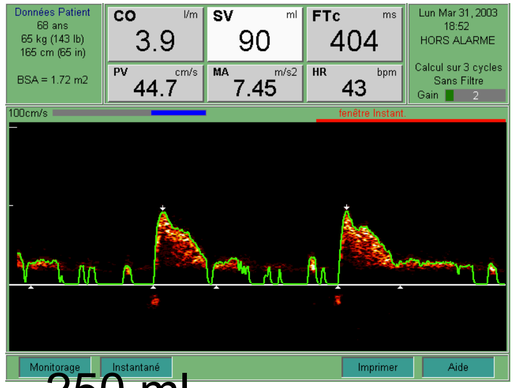
Effet optimisation hémodynamique

- Chirurgie haut risque digestive et orthopédique
  - **Réduction morbidité post opératoire**
  - **Réduction durée de séjour**
  - **Diminution des infections du site opératoire**
  - **Reprise précoce du transit en chirurgie digestive**
- Diminution de la durée de séjour en réanimation chez les polytraumatisés

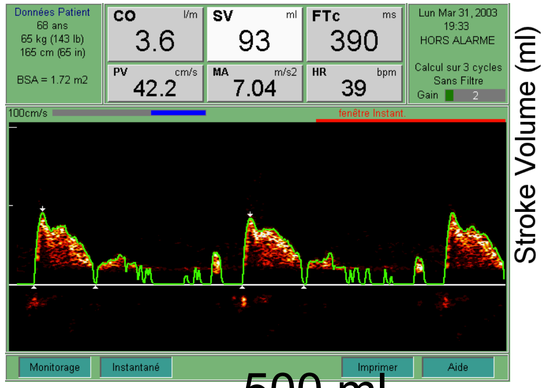
- Recommandation NICE puis RFE SFAR



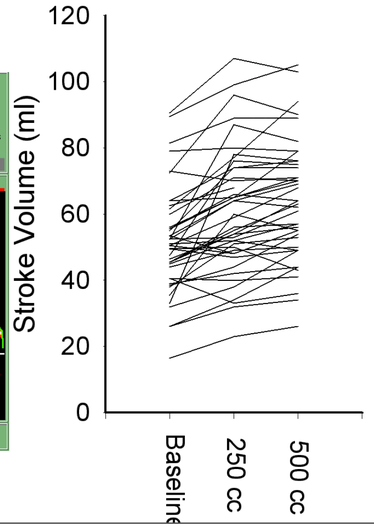
baseline



250 ml



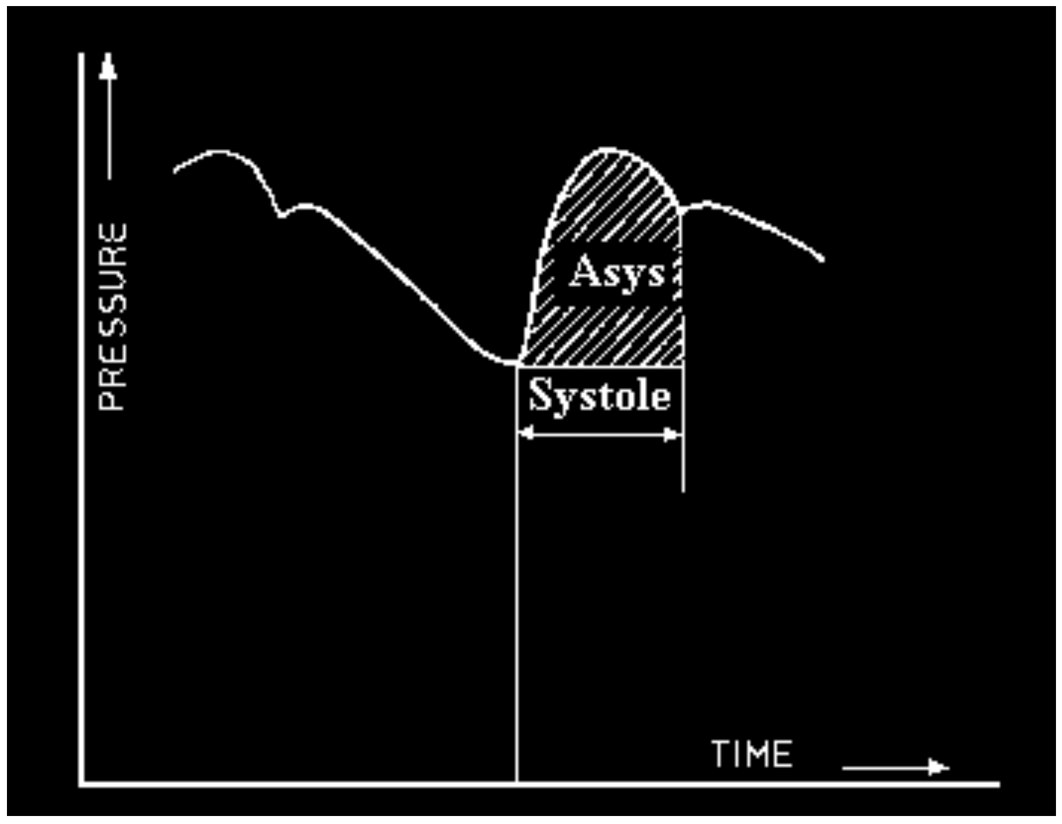
500 ml



PULSE CONTOUR

Otto Frank

Die Grundform des arteriellen Pulses. *Z Biol*. 1899; 37:483-526



1845-1944

SV = Asys / Z (t)

Z(t) = Propriétés physiques artérielles (compliance, resistance périphérique, etc)

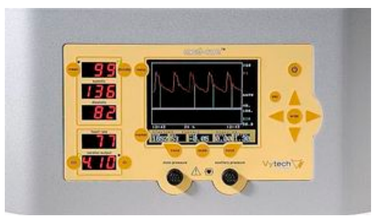
- Z = impédance dynamique
  - Relation entre le volume (V) et la pression(P) au cours du temps (t)
  - Correspond à l'ensemble des propriétés élastiques et mécaniques de la circulation artérielle:
    - **Impédance propre** ➔ opposition au flux aortique
    - **Compliance aortique** ➔ Q. dt / ΔP
      - distension de l'aorte en relation avec l'augmentation de volume
    - **Résistances périphériques** ➔
      - ensemble des résistance à l'écoulement du lit artériel
    - **Inertance** ➔ ΔP/ (ΔQ/dt)
      - Perte de charge due à l'accélération du flux
  - Ces composantes varient au cours du tps

Différents modèles

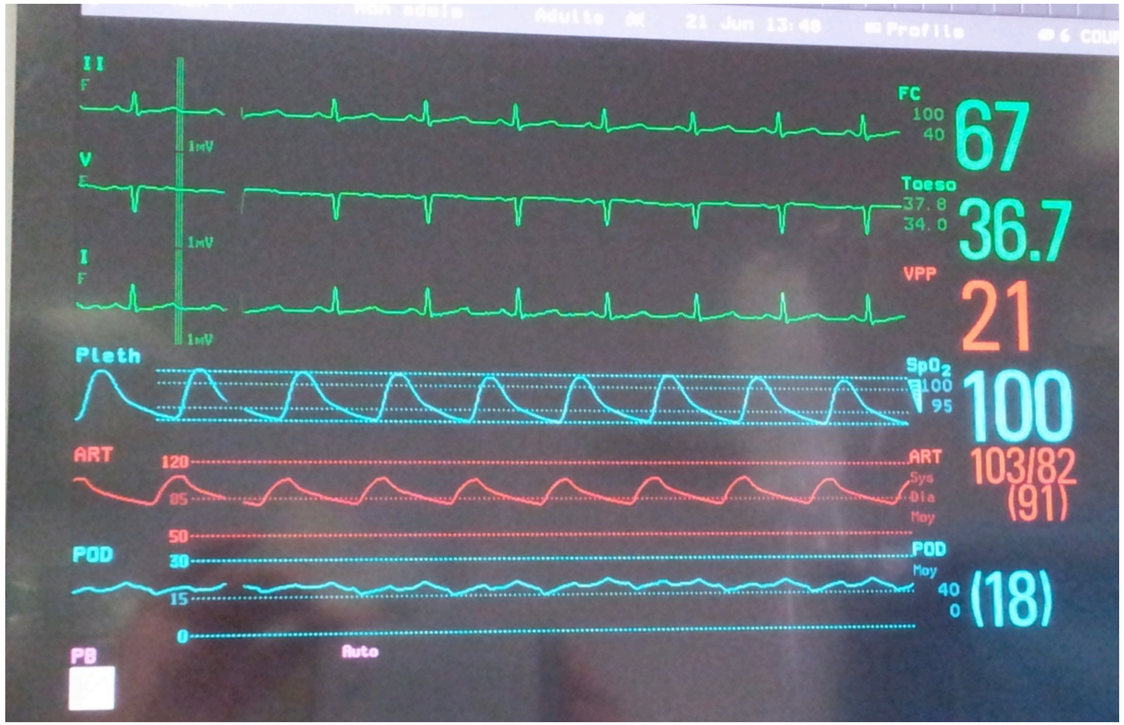
- **Méthode nécessitant une calibration** (thermodilution)
  - PiCCO™ (Pulsion Medical Systems)
  - EV1000® (Edwards Lifescience)
  - LiDCO ®

- **Méthode utilisant des données démographiques et anthropométriques**
  - FloTrac-Vigileo® (Edwards Lifescience)
  - Pulsioflex® (Pulsion Medical Systems)

- **Méthode ne nécessitant ni calibration ni données préalables**
  - Mostcare ® (Vygon)

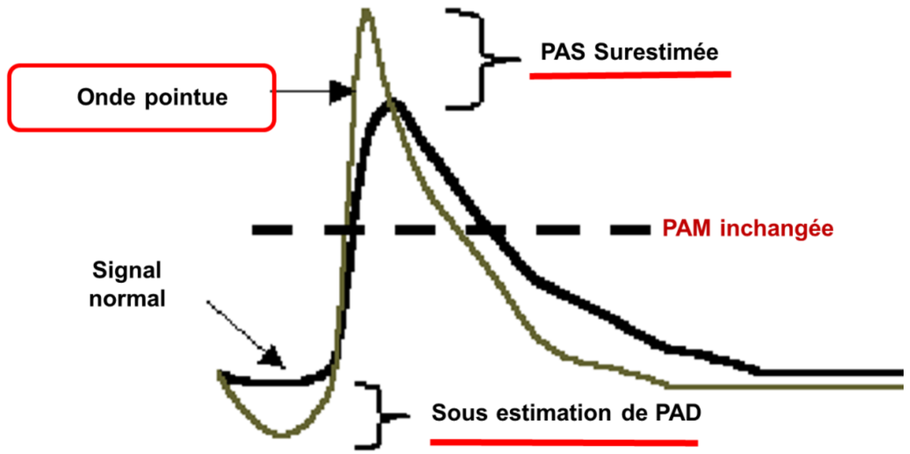


Qualité du signal de pression artérielle

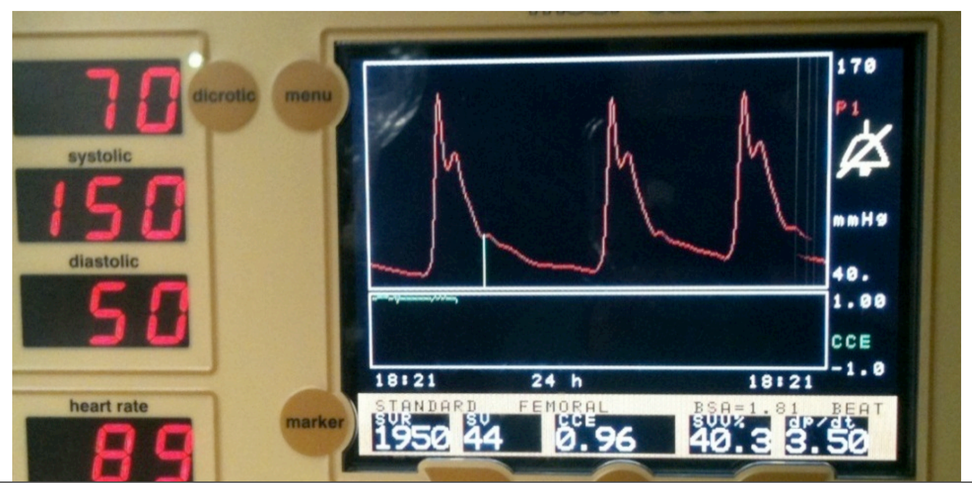


Purge du système

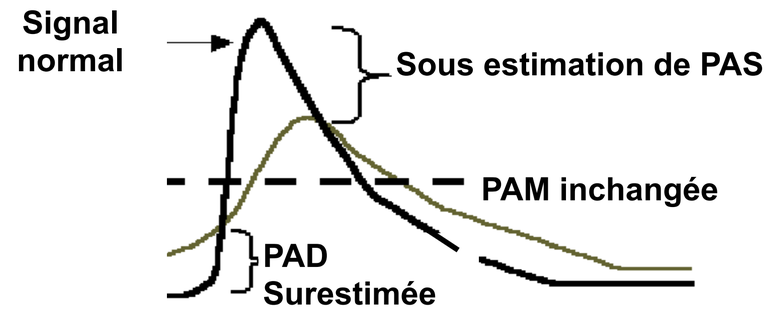
Résonance



Causes :
1) Tubulure longue
2) Augmentation des résistances vasculaires



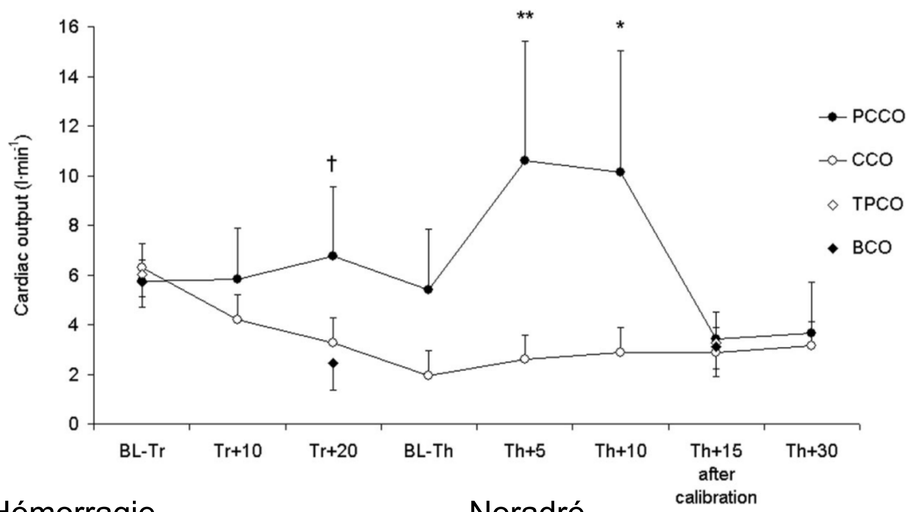
Amortissement



- Bulle d'air, caillot
- Ligne artérielle plicaturée
- Ligne artérielle trop compliante
- Contrepression dégonflée
- Poche de contrepression vide

PICCO® - PULSION

- Le pulse contour du PiCCO utilise la thermodilution transpulmonaire pour calibrer l'impédance.
- Kt artériel + KTC
- Peu de travaux en anesthésie
- Recalibration régulière nécessaire (horaire?)



Hémorragie

Noradré

Intervals of Time (Elapsed from the Previous Calibration)	n	r^2	p	Bias ± SD, L/min/m^2	Percentage Error
Within the first half hour	60	.79	<.001	0.04 ± 0.47	27
Between 30 mins and 1 hr	72	.74	<.001	0.07 ± 0.46	26
Between 1 and 2 hrs	66	.72	<.001	0.09 ± 0.58	32
Between 2 and 3 hrs	59	.65	<.001	0.16 ± 0.66	37
Between 3 and 4 hrs	45	.65	<.001	0.03 ± 0.63	35
Between 4 and 5 hrs	47	.62	<.001	0.14 ± 0.63	35
Between 5 and 6 hrs	51	.62	<.001	0.13 ± 0.66	36

VIGILEO® - EDWARDS

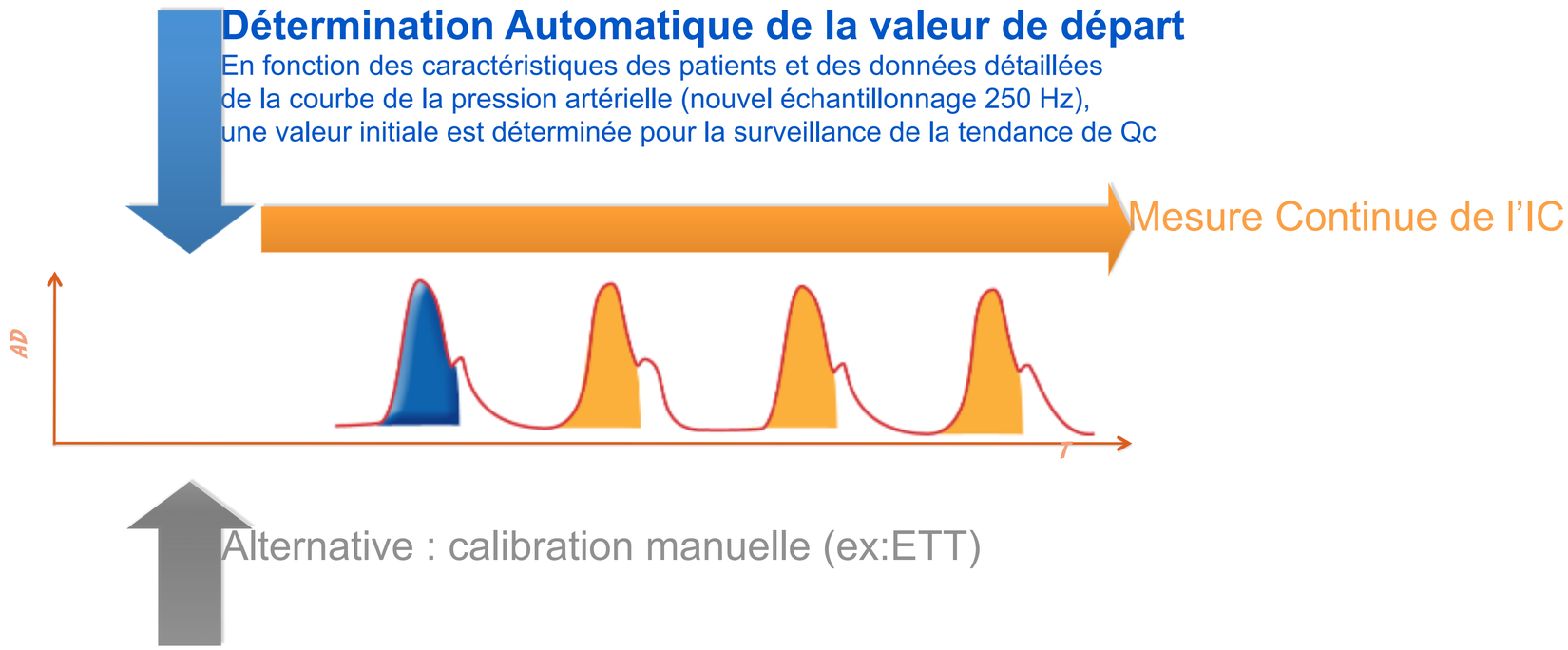
- Pas de calibration ➔ « Plug and Play »
- Données préalables démographiques
  - Age, Sexe, Poids et Taille
- 3ème version actuellement (3.02)
- Fréquence d'enregistrement 100Hz
- Mesure continue de la SvO2
- VES = K x Pulsatilité
  - K estime compliance et impédance, recalculée toutes les minutes
  - Dépend de PAM, démographie, dysymétrie de la courbe et la compliance aortique
  - Pulsatilité est évaluée toutes les 20 s

Table 2. Accuracy of the FloTrac/Vigileo System

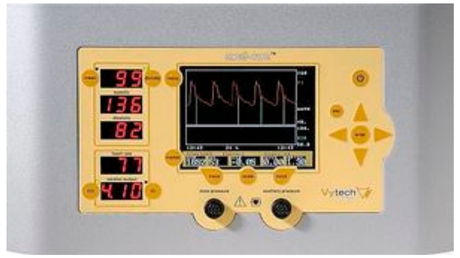
Author	Year	Version Setting	Reference Method		Data Points	Bias	LOA[21]	% Error[19]
Chakravarthy[54]	2007	1.01	Cardiac	PAC	438	0.15	0.66	13
De Waal[55]	2007	1.01	Cardiac	PAC	184	0	—	33*
Manecke[56]	2007	1.01	Cardiac	PAC	295	0.55	1.96	39*
McGee[57]	2007	1.01	Various-ICU	PAC	561	0.2	2.38	43
Zimmerman[58]	2008	1.01	Cardiac	PAC	192	0.1	2.90	48*
Marque[59]	2009	1.01	Cardiac	PAC-CCO	33	−0.1	1.68	31*
Ostergaard[60]	2009	1.01	Cardiac	PAC	50	−0.5	1.87	48
Monnet[61]	2010	1.01	Sepsis-ICU	PiCCO	160	−0.2	5.4	61
Opdam[62]	2006	1.03	Cardiac	PAC	218	0	2.28	45*
Sander[63]	2006	1.03	Cardiac	PAC	108	0.6	2.80	54
Breukers [64]	2007	1.03	Cardiac	PAC	56	−0.14	2.00	31
Mayer[65]	2007	1.03	Cardiac	PAC	244	0.46	1.15	46
Sander[66]	2008	1.03	Cardiac	PAC	84	0.1	2.20	46*
Cecconi[67]	2010	1.03	Various-ICU	PAC	203	−1.1	3.70	55
Button[68]	2007	1.07	Cardiac	PAC	150	0.25	2.27	54
Cannesson[69]	2007	1.07	Cardiac	PAC	166	−0.26	1.74	38
Sakka[70]	2007	1.07	Sepsis-ICU	PiCCO	72	0.5	4.60	68
Mehta[71]	2008	1.07	Cardiac	PAC	96	−0.27	0.44	29
Staier [72]	2008	1.07	Cardiac	PAC	120	0	1.42	36
Compton[73]	2008	1.07	Various-ICU	PiCCO	324	0.68	1.94	59
Bias[74]	2008	1.07	OTLTx	PAC	400	0.8	2.70	43
Eleftheriadis[75]	2009	1.07	Cardiac	PAC	96	0.4	1.70	34
Ham[76]	2010	1.07	Cardiac	PAC-CCO	6492	−0.1	4.40	46
Hofer[77]	2010	1.07	Cardiac	PAC	156	0.2	2.10	42*
Jo[78]	2010	1.07	Cardiac	PAC	250	−0.07	0.67	26
Slagt[79]	2010	1.07	Sepsis-ICU	PAC	86	−1.6	3.20	48
Junttila[80]	2011	1.07	ICH-ICU	PAC	407	1.5	3.90	58
Haenggi [81]	2011	1.07	Post-CA	PAC	395	0.23	1.28	34
Saraceni [82]	2011	1.07	Various-ICU	PAC	141	−0.18	4.72	67*
Vetrugno[83]	2011	1.07	Cardiac	PAC	360	−0.5	1.70	37
Prasser[84]	2007	1.1	Cardiac	PAC	158	0.01	1.63	26
Della Rocca [85]	2008	1.1	OTLTx	PAC	126	0.95	2.82	26
Mayer[86]	2008	1.1	Cardiac	PAC	282	0.19	0.60	24
Senn[87]	2009	1.1	Cardiac	PiCCO	200	−0.15	1.60	29
Biancofiore[88]	2009	1.1	OTLTx	PAC	290	1.3	2.80	54
Zimmerman[89]	2009	1.1	Cardiac	PAC	138	0.04	2.13	42*
Hadian[90]	2010	1.1	Cardiac	PAC	110	0.43	3.37	59
Krejci[91]	2010	1.1	OTLTx	PAC	97	−1.78	2.78	69
Slagt[79]	2010	1.1	Sepsis-ICU	PAC	73	−1.2	2.30	32
Mutoh[92]	2009	1.1	SAH-ICU	PiCCO	179	0.57	1.00	25
Biancofiore[93]	2011	3.02	OTLtx	PAC	200	0.38	2.33	52
De Backer[94]	2011	3.02	Sepsis-ICU	PAC	401	0	2.20	30
Metzelder [95]	2011	3.02	SAH-ICU	PiCCO	158	0.9	2.50	30
Phan[96]	2011	3.02	Cardiac	PAC	44-0.21	1.13	47	
Monnett[97]	2012	3.02	Various-ICU	PiCCO	60	0.5	3.7	54
Su[98]	2012	3.02	OTLx	PAC	3234	−0.8	4.8	75

PULSIOFLEX® - PULSION

- Algorithme du pulse contour du Picco
  - Données anthropométriques nécessaires
  - Possibilité de renseigner une valeur de référence de Qc.

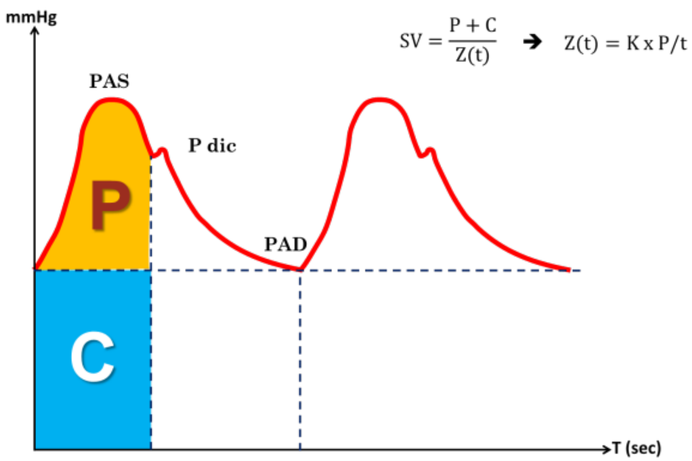


MOSTCARE® - VYGON



- Principe:
  - Pas de calibration
  - Pas de données anthropométriques nécessaires
  - Analyse simultanée de la courbe de pression artérielle au temps systolique et diastolique.
    - Aire sous la courbe pendant la systole ➔ VES
    - Calcul de l'impédance dynamique battement par battement (algorithme PRAM)
  - Signal enregistré à 1000Hz ➔ meilleure définition des points d'équilibre de pression artérielle (onde dicrote)

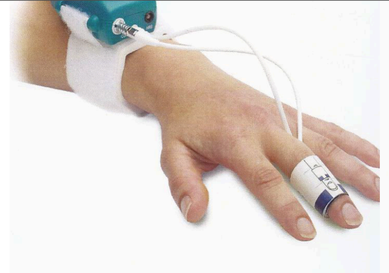
Romano. CCM 2002



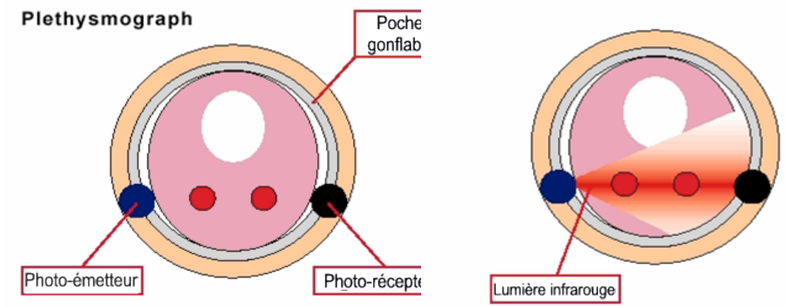
MOSTCARE® - VYGON

Study	date		Ref CO		bias	lower	Upper	CV	PE
Romano	2002		ThD	Right catetherization	-0,154m²	-0,8	0,584	3,6%	-
Romano	2006		ThD	Cardiac patients	-0,03m²	-0,87/m²	0,81/m²	3,9%	-
Scoletta	2005	BJA	ThD	Pigs	0,05	-0,67	0,57	-	-
Scoletta	2006	Eur J Cardio Thx Surg	ThD	Cardiac surgery	0,43	-0,83	0,89	NA	NA
Romagnoli	2009	Inter Card Thx Surg	TEE	Pigs	-0,007	-0,85	0,86	NA	22%
Scoletta	2011	A&A	ThD	Aortic Counterplusion	0,2	-1,31	0,91	NA	24%
Franchi	2011	BJA	ThD	Septic shock patients	-0,26	-2,2	1,7	NA	25%
Giulia Maj	2011	J Card Vasc Anesth	ThD	Atrial Fibrillation	0,136/m²	-1,665m²	1,94m²	NA	73%
Paarmann1	2011	BJA	ThD	Post Cardiac surgery	0	-4,54	4,53		87%
Bart / Payen	2012		TTE	Surgical ICU	0,24	-1,85	2,34	3,8%	38,8%
Saxena	2013	BJA	ThD	ICU Pediatric Post cardiac surgery	0,02	-2,19	2,23	5,7%	116%

NEXFIN® – BMEYE/EDWARDS



- Principe:
  - Mesure en continue de la PA digitale
  - Transformation de la courbe de la PA digitale en PA brachiale
  - Calcul du débit cardiaque continu à partir de le courbe de la PA brachiale (modèle de Windkessel)



- Pas de calibration
- Données anthropométriques nécessaires à l'évaluation de l'impédance aortique,

NEXFIN® – BMEYE/EDWARDS

- Non utilisable si le signal est insuffisant

- Validation fiable de la mesure de la pression artérielle non invasive VS PNI et KtArtériel dans les situations de stabilité hémodynamique,

- **Mesure de Qc:**
  - Acceptable dans les situations stables
  - Non fiables en cas d'instabilité

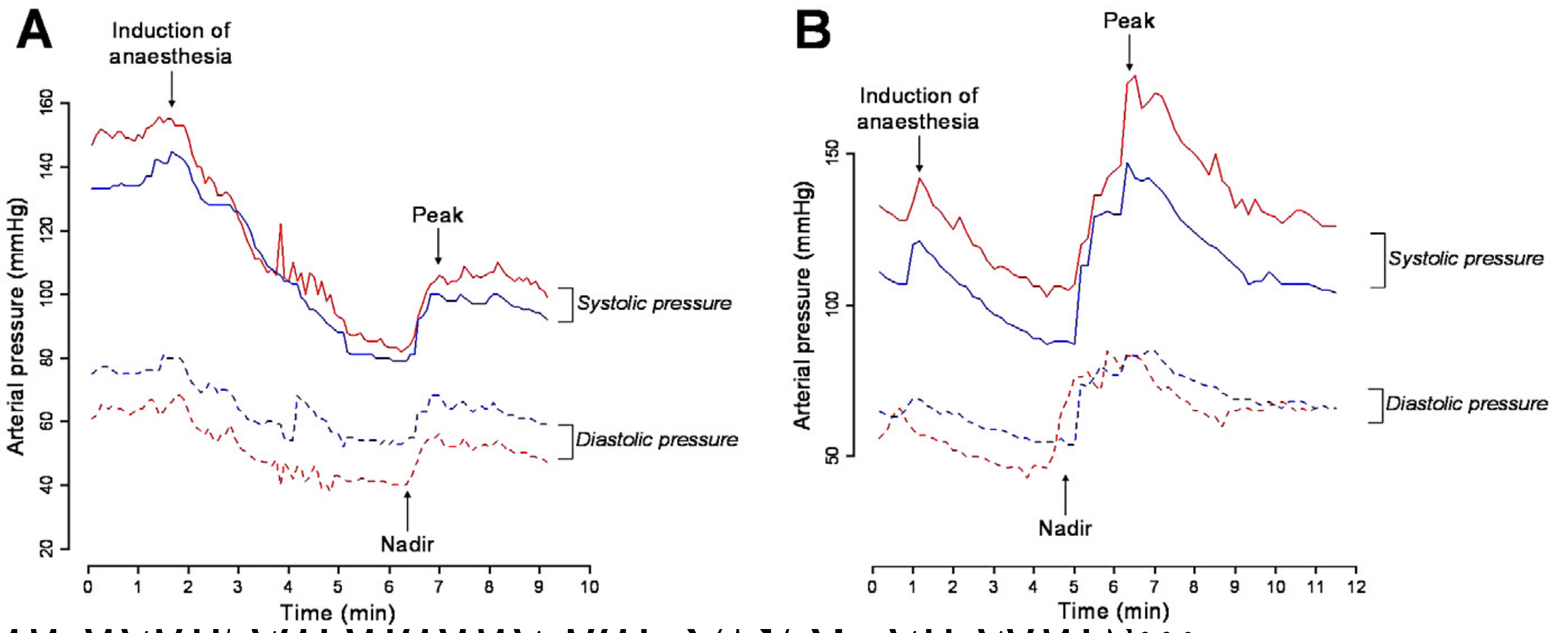
- **Variations de Qc:**
  - Direction des variations correctes pour les remplissages
  - Amplitude des variations manque de précision
  - Résultats contradictoires pour les injections de vasopresseurs

CNAP® - CNSYSTEMS

- Idem Nexfin
- Pour la PA ➔ valide dans les conditions de stabilité

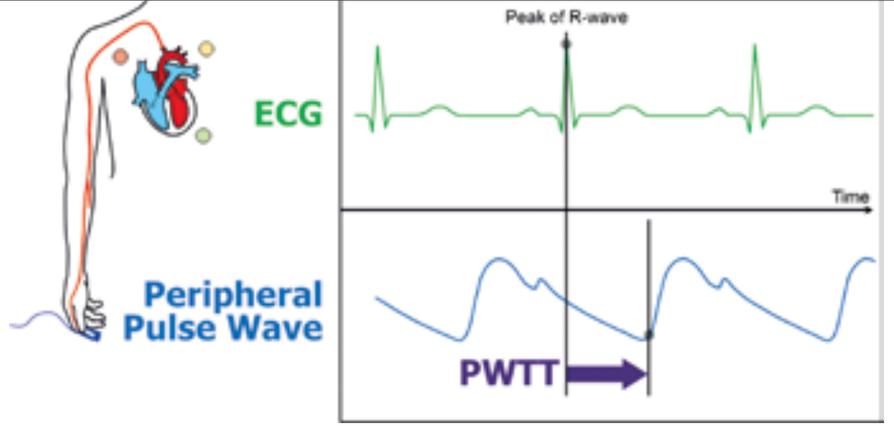
Ecart plus important lors de variations rapides de la pression artérielle

Pour césarienne ➔ pas mieux que PNI ttes les minutes



Evaluation du débit cardiaque par CNAP en cours…

esCCO – Nihon Kohden



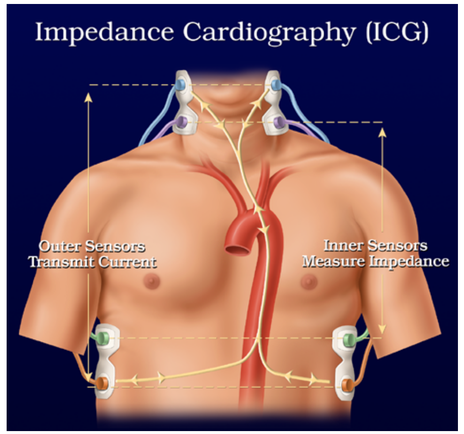
- Principe:
  - Estimation du VES par le Temps de transit
  - Qc = SV x HR = (K x PP) x HR
  - Or VES mieux corrélé au temps de transit de l'onde de pouls (PWTT)
  - ➔ Qc = SV x HR = K x ([illegible] x PWTT + β) x HR = EsCCO

- **Moniteur en cours de validation pour estimer les variations de Qc**
  - Validation de la mesure de Qc étude multicentrique japonnaise vs Swan Ganz en anesthésie / échec en Réa
  - Echec pour les variations en chir cardiaque vs ETT.

- Validation des variations à poursuivre

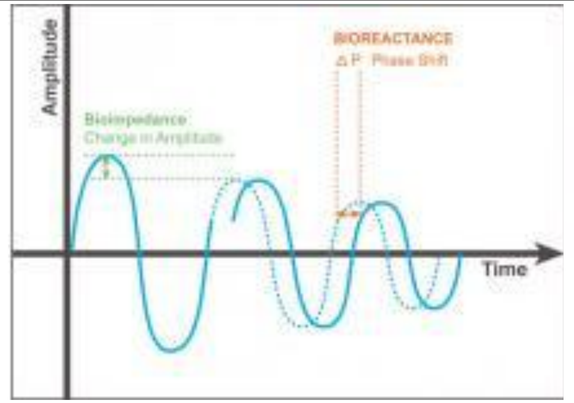
Bio-Impedance

- Principe:
  - Courant alternatif (faible intensité haute fréquence) appliqué à la base du thorax et récupérer au niveau du cou
  - enregistrement de l'impédance électrique et des variations qui sont liées au variations de volume sanguin intra-thoracique
- Plusieurs moniteurs depuis 1960
- Dernier moniteur Niccomo™



- Limites
  - Acquisition du signal (bistouri électrique, ventilation mécanique, troubles rythme cardiaque)
  - Situations modifiant impédance thoracique (obésité, grossesse, épanchements thoraciques, œdème pulmonaire, modif des propriétés de l'arbre artériel)
- Pas de validation clinique en Anesthésie Réanimation

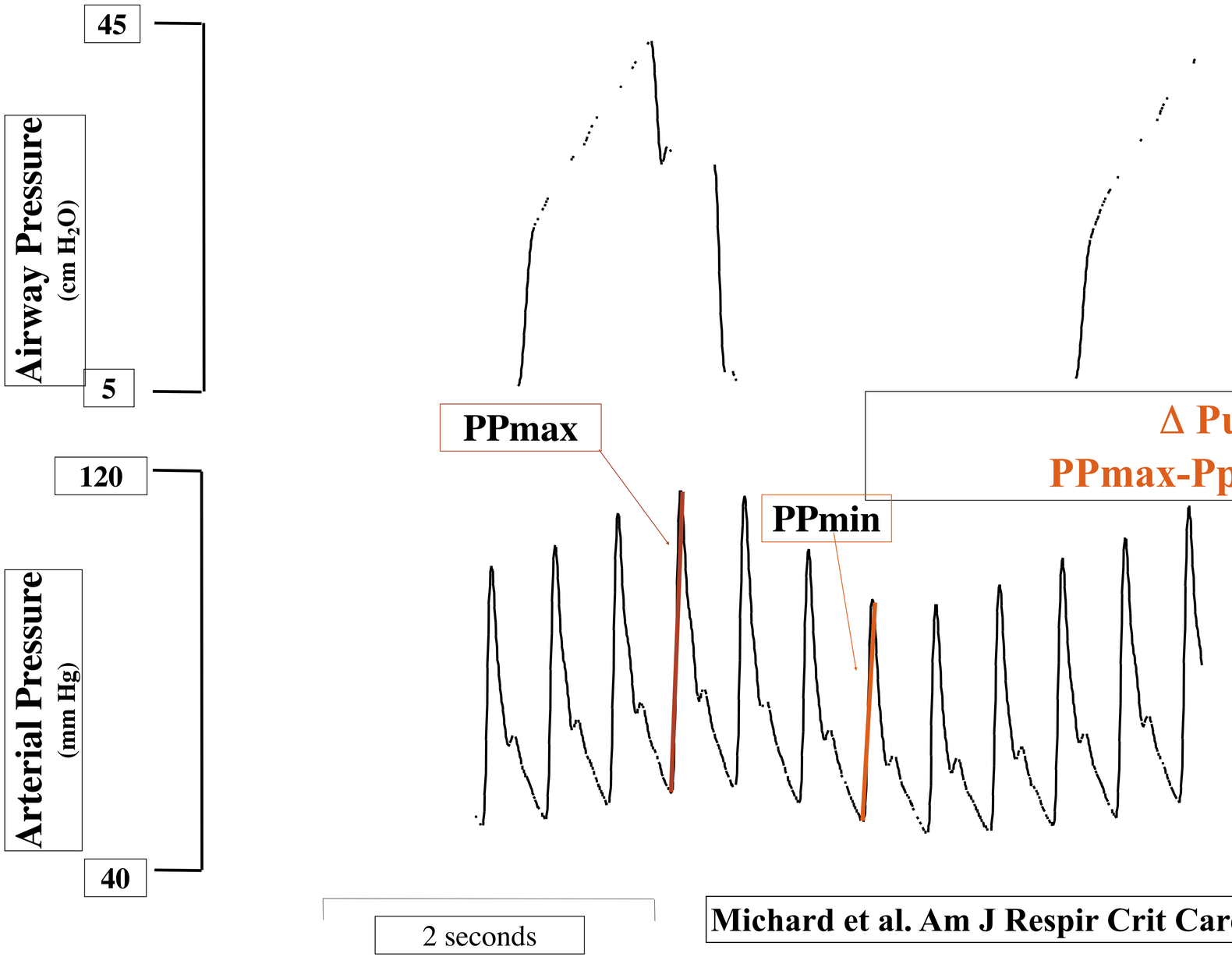
Bio-Réactance



- Idem bio impédance
- mesure du déphasage entre les courants appliqué et recueilli ➔ plus fiable et moins sensible aux interférences.

- Plus grande fiabilité pour la mesure du débit cardiaque et de ses variations
  - A confirmer plus largement pour une utilisation courante

VARIATION PRESSION PULSÉE



Δ Pulse Pressure (PP) =
PPmax-Ppmin/ ((PPmax+Ppmin)/2)

Michard et al. Am J Respir Crit Care Med 159:935-9, 1999

VARIATION PRESSION PULSÉE

- **Les limites d'utilisation**
  - Ventilation mécanique stricte
  - Volume courant > 8 ml/kg
  - Rythme sinusal régulier
  - Thorax fermé
  - Impact de la cœlioscopie (modification du retour veineux)
  - Rapport Fc/FR > 3,6
  - Compliance pulmonaire > 40ml/cmH2O
  - Absence de défaillance ventriculaire droite

Respiratory Variation in Pulse Pressure and Plethysmographic Waveforms: Intraoperative Applicability in a North American Academic Center

Sinead Maguire, MD, Joseph Rinehart, MD, Shermeen Vakharia, MD, and Maxime Cannesson, MD, PhD

- **Applicabilité en anesthésie** ➔ **23% patients** en 2011
  - 12308 interventions : 25% ALR, 39% non applicables
  - Recommandation de ventilation protectrice (Vt <8ml/kg)

“The discovery of a technically simple and nontraumatic way of estimating the output of the heart per beat is something of an El Dorado.”

Donald A. McDonald, 1960

Monitorage idéal

- moins invasif et iatrogénique possible
- fournir une information continue
- être automatique et ne pas nécessiter d'étalonnage
- Facile à utiliser
- permettant une adaptation thérapeutique
- Précis
- Reproductible
- Temps de réponse rapide
- Mesure fiables des variations
- Non opérateur dépendant
- N'engendrer qu'un surcoût tolérable pour l'utilisateur
- Bénéfique en terme de morbi-mortalité
  - ➔ impose qu'il y ait **une stratégie derrière le monitorage**

Il faudrait utiliser les outils mis à notre disposition

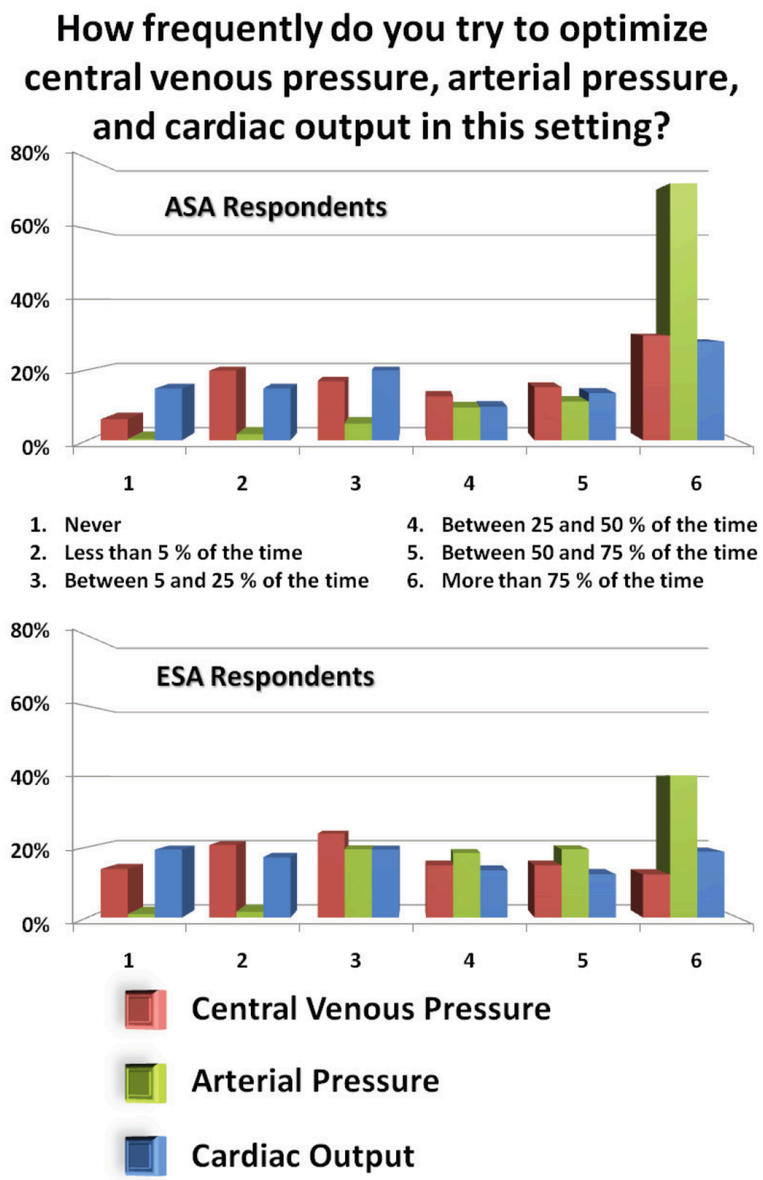


Figure 3 How frequently do you try to optimize central venous pressure, arterial pressure, and cardiac output in this setting?

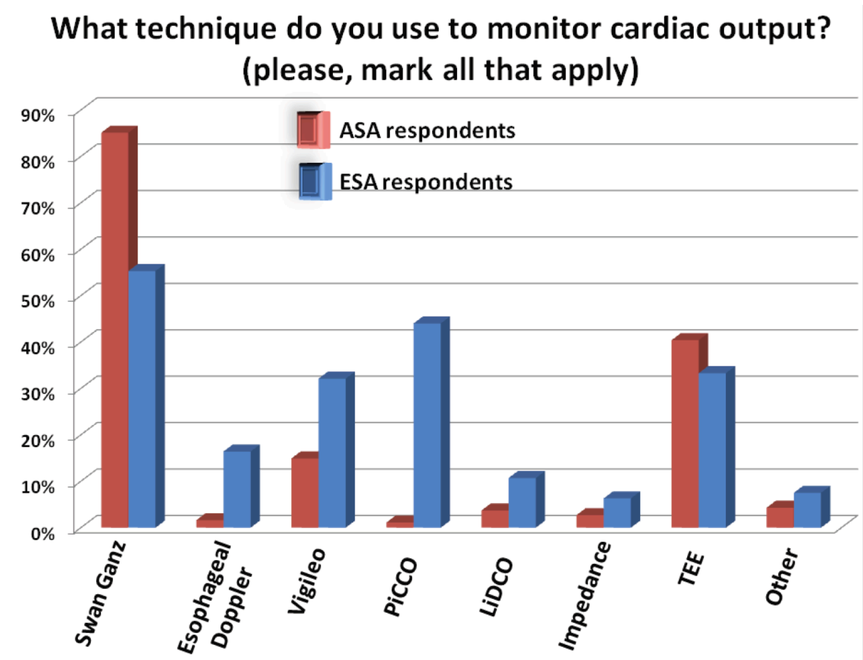


Figure 4 What technique do you use to monitor cardiac output? (Please, mark all that apply).

Cannesson *et al. Critical Care* 2011, **15**:R197
http://ccforum.com/content/15/4/R197

Conclusion

- Monitorage est désormais **indispensable** (RFE)
- Education pour **appliquer les RFE** ➔ bénéfice pour les patients
- Monitorage nécessite une **stratégie thérapeutique**
- Chaque méthode a des avantages et des inconvénients et ne s'adapte qu'à certaines situations

- Nouveaux monitorages
  - Développement du non invasif
  - Intérêt des pression artérielle continue non invasive
  - Validations des outils de Qc sont en cours
  - Connaissance des caractéristiques et limites des moniteurs est indispensable à leur bonne utilisation