

Le Doppler transcrânien

**Journée
Echographie en
Réanimation
SRLF**

17 septembre 2020



Fondation A. de Rothschild
De l'œil au cerveau

Nicolas Engrand



Pas de conflit d'intérêt

RÉFÉRENCES
EN MÉDECINE
d'urgence



Échographie clinique en situation d'urgence

Xavier Bobbia, Pierre-Géraud Claret
coordonnateurs



Lavoisier
Médecine
SCIENCES

Pré-test - 1

En doppler transcrânien :

- On examine essentiellement les artères sylviennes
- Le paramètre le plus pertinent est la vélocité systolique
- On mesure un débit artériel
- La meilleure fenêtre acoustique est l'écaille temporale
- La correction angulaire n'est pas nécessaire

Pré-test - 2

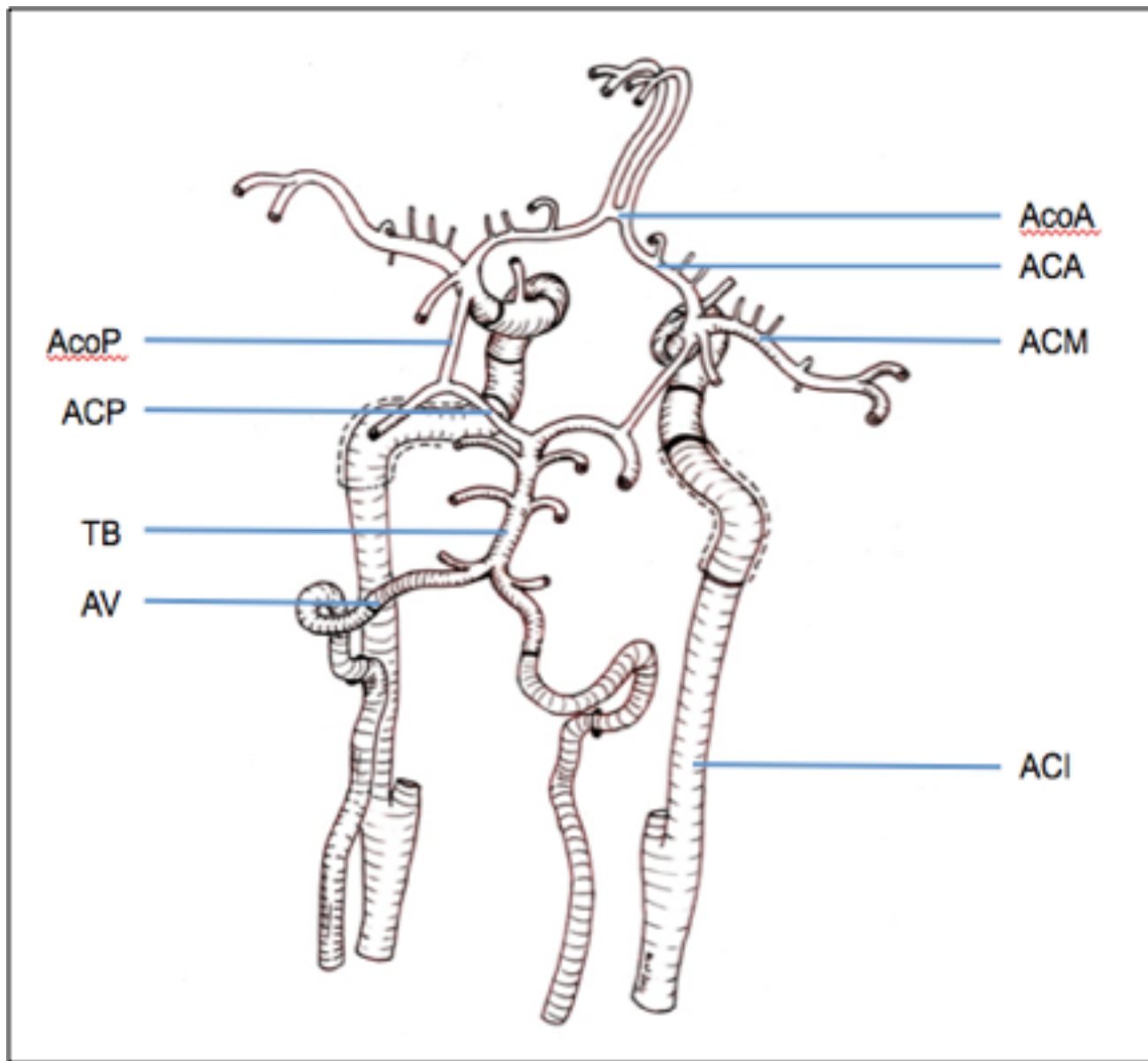
Sont en faveur d'une hypertension intracrânienne :

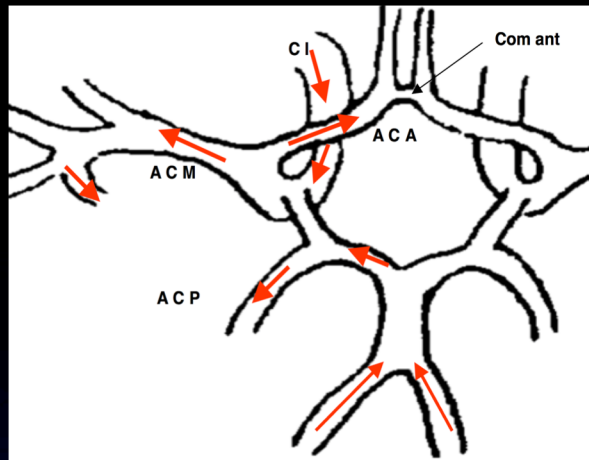
- Une vélocité diastolique élevée
- Un index de pulsatilité élevé
- Une vélocité moyenne basse
- Une asymétrie droite / gauche
- Toutes les vélocités sont basses

Pré-test - 3

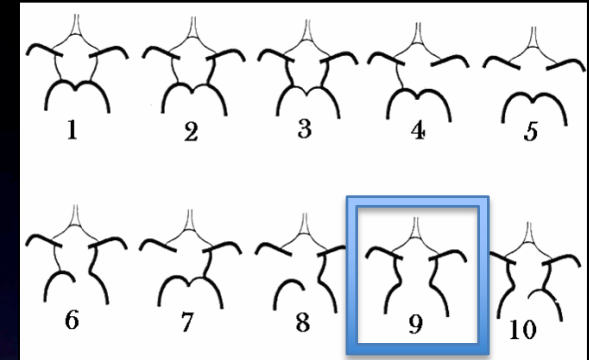
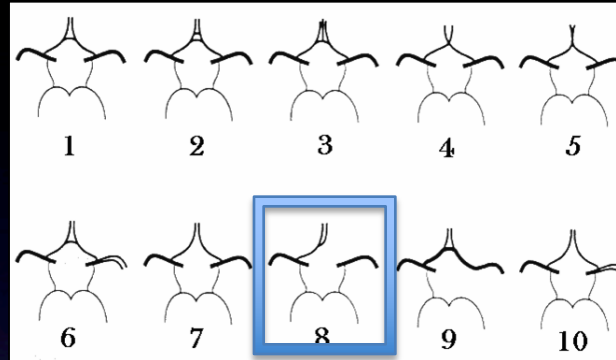
Sont en faveur d'une sténose artérielle (athérome, vasospasme) :

- Une vitesse moyenne élevée au niveau de la sténose
- Une vitesse systolique « rabotée » en distalité de la sténose
- Un index de pulsatilité élevé
- Une asymétrie droite / gauche
- Toutes les vitesses sont élevées au niveau de la sténose





Variantes

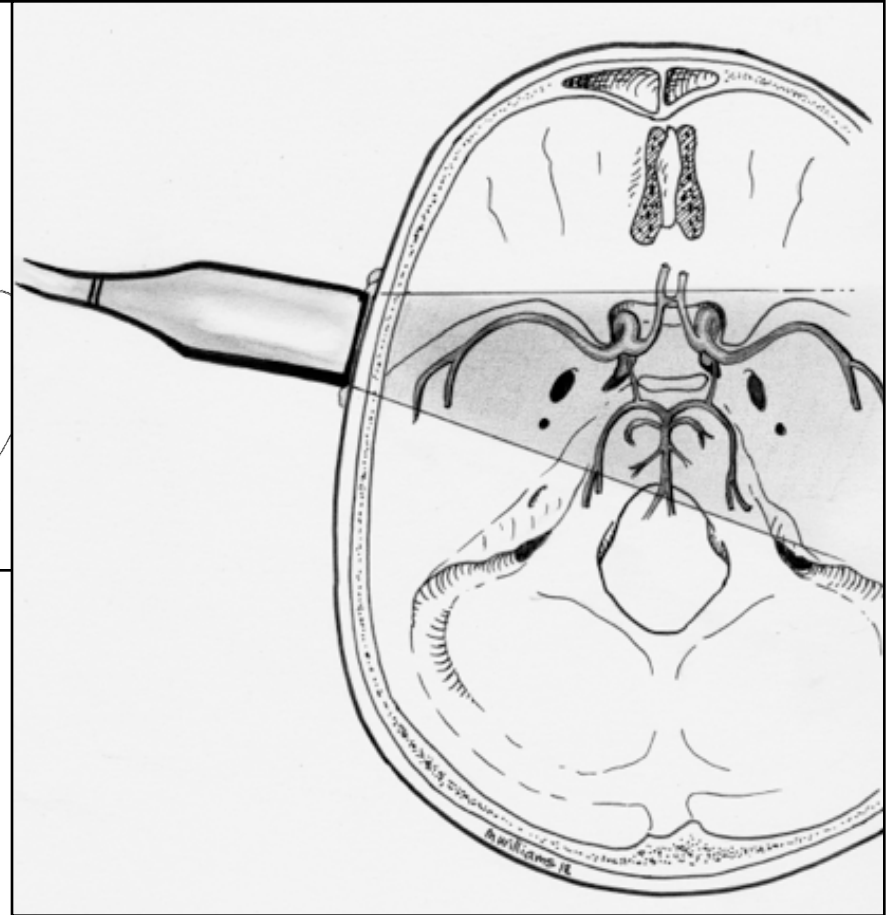
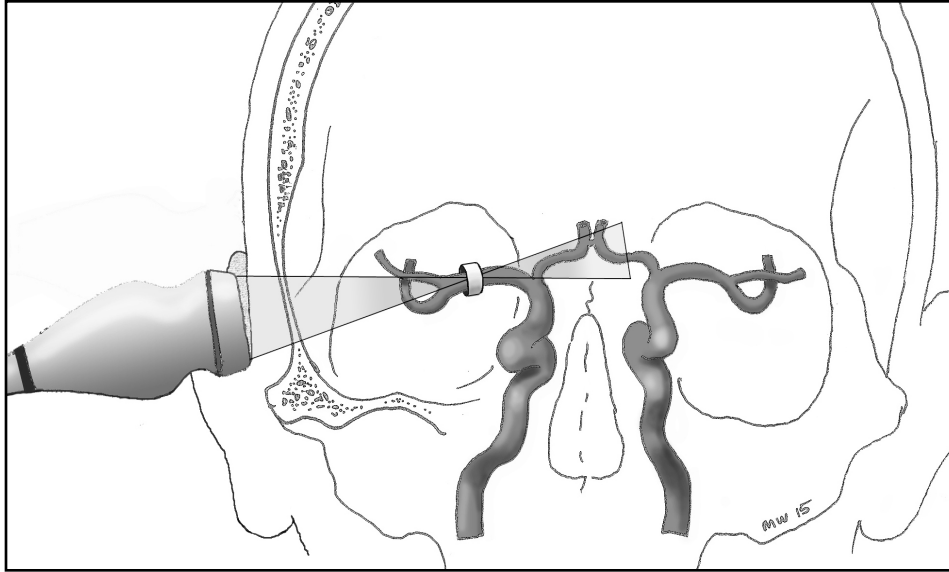


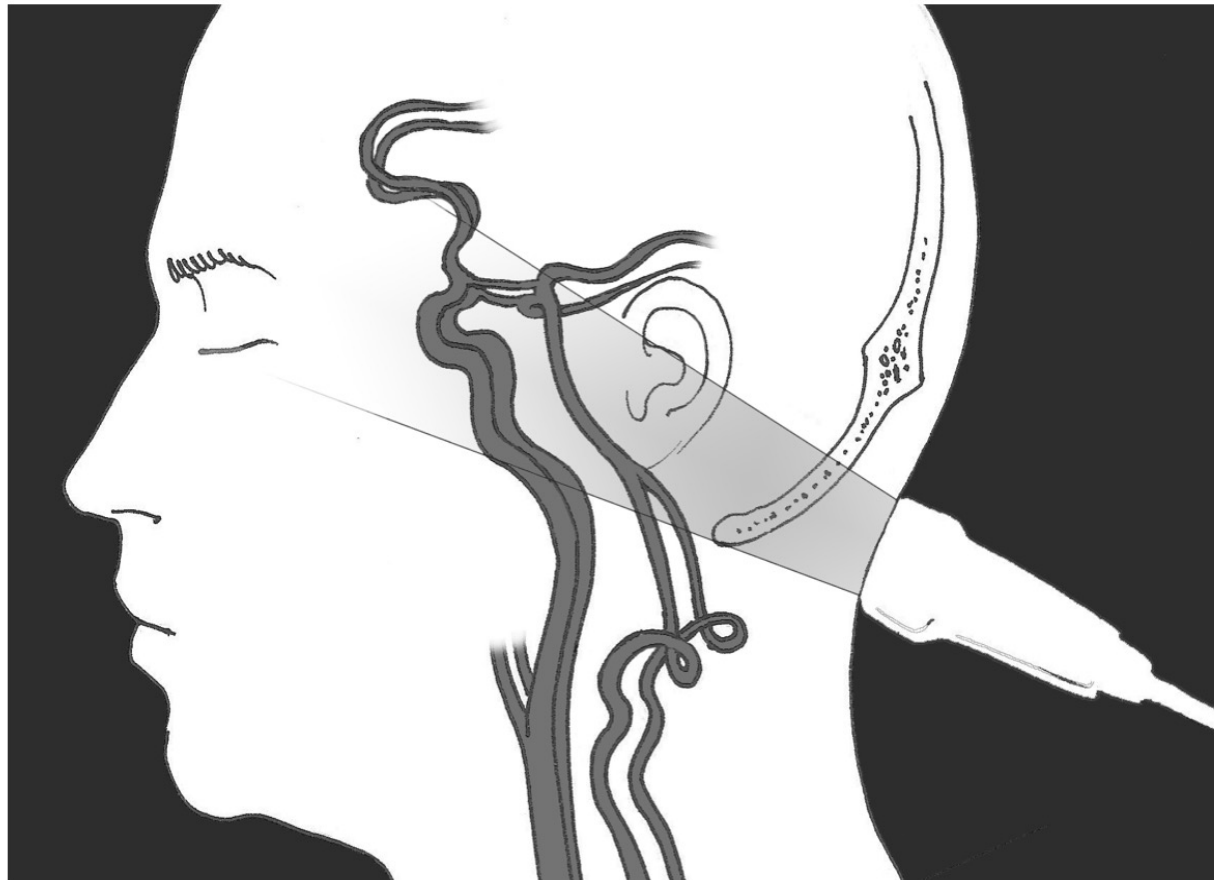
Conséquences

- Tolérance variable à l'ischémie
- Facteur favorisant / anévrismes (circulation antérieure)

Willis complet : 45 % des cas

Mesure la vitesse des hématies dans l'artère sylvienne





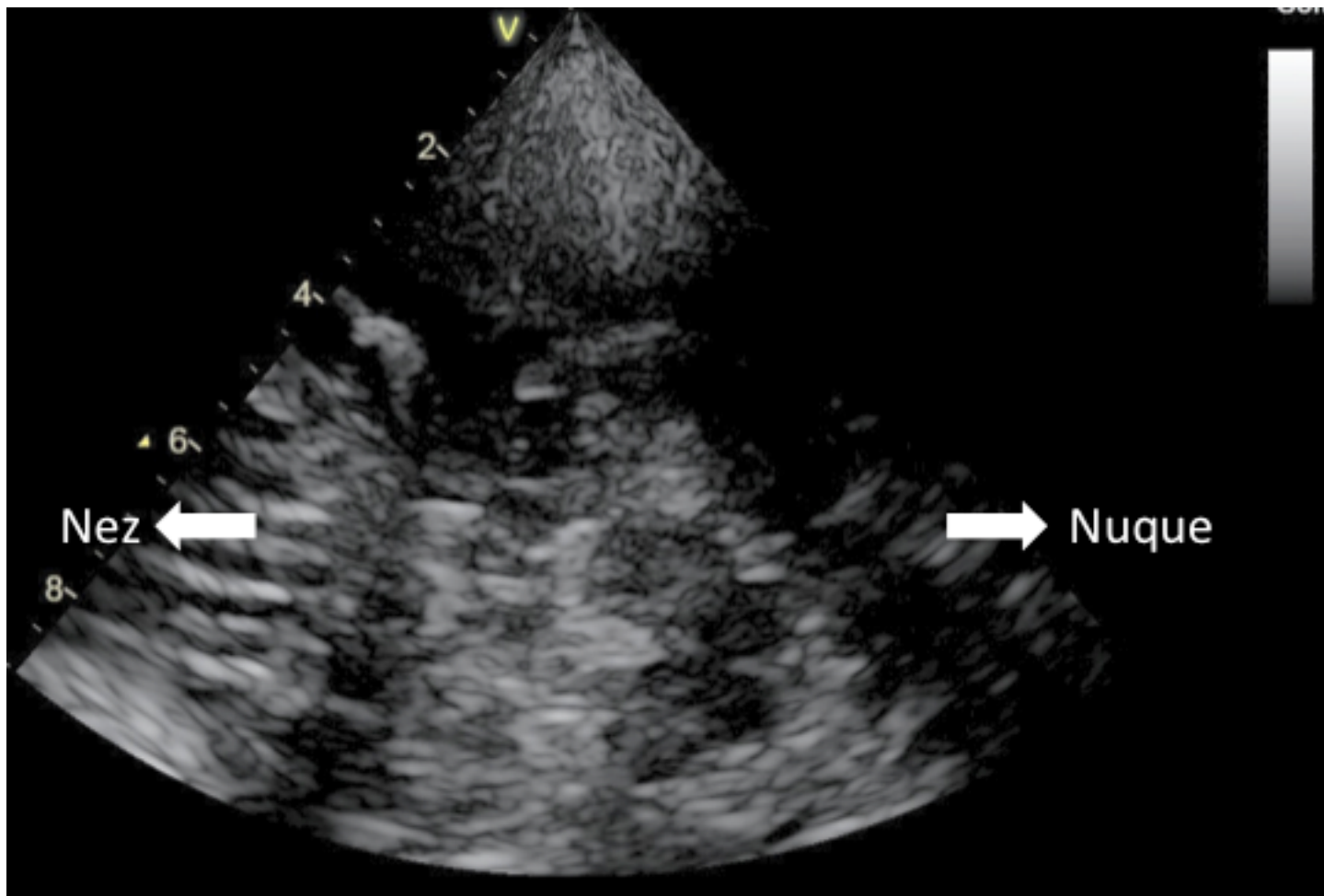


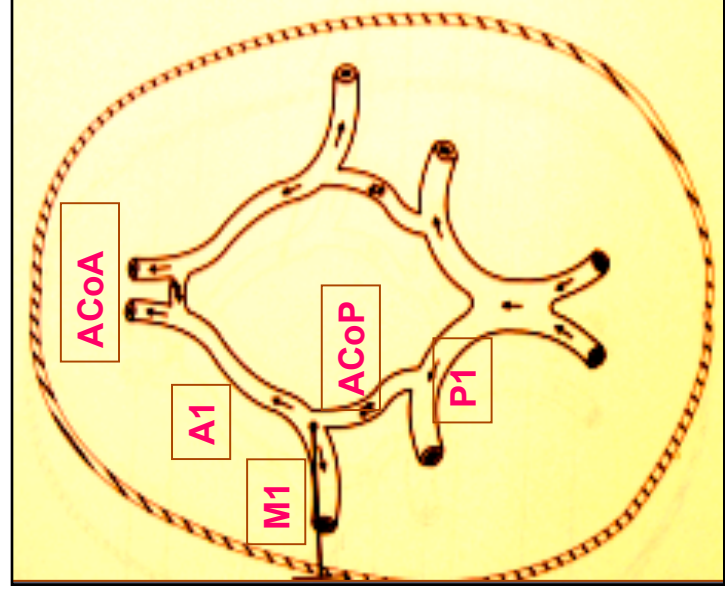
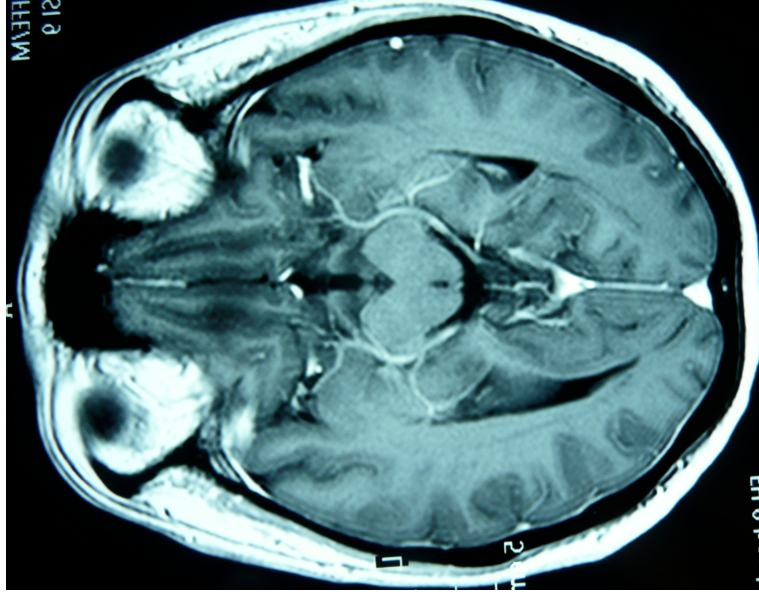
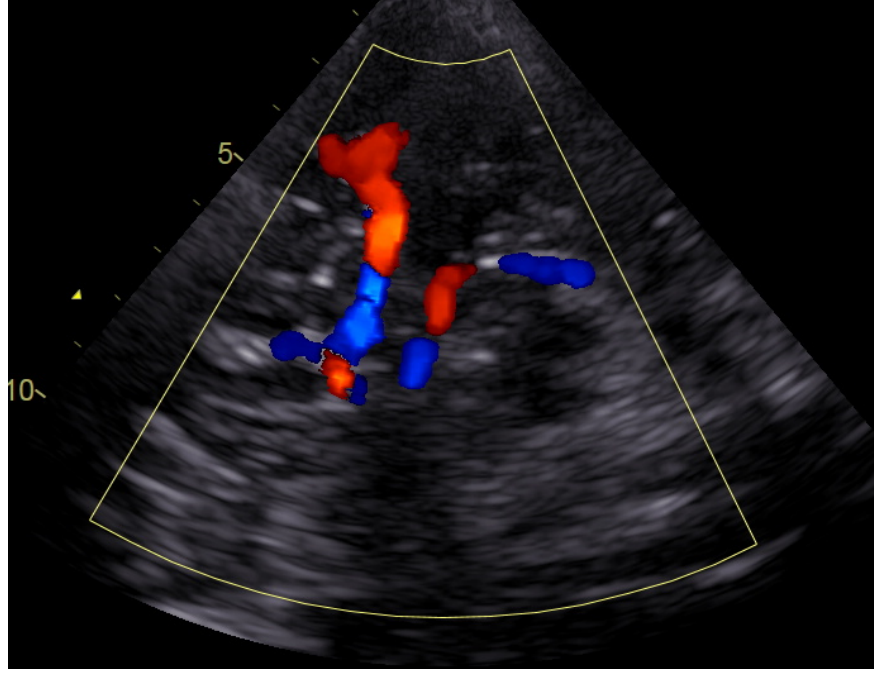
Absence de fenêtre temporale :

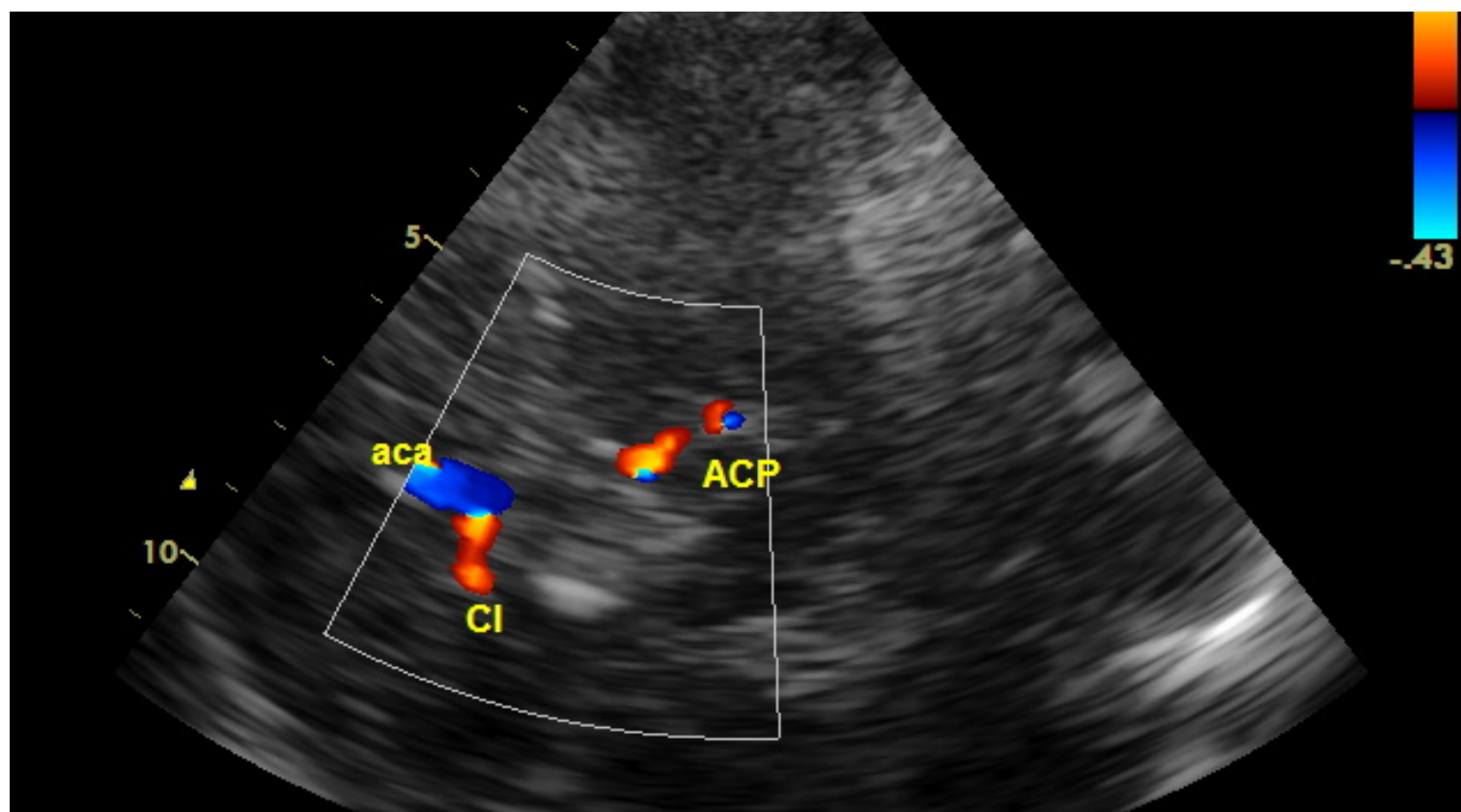
- écaïlle temporale hétérogène
- écaïlle temporale $\geq 2,7$ mm
- âge
- sexe féminin

Kwon. J Neuroimaging 2006;16:347-52

Engrand. Doppler Trans-Crânien. In Urgences AVC, Collection SFMU 2018







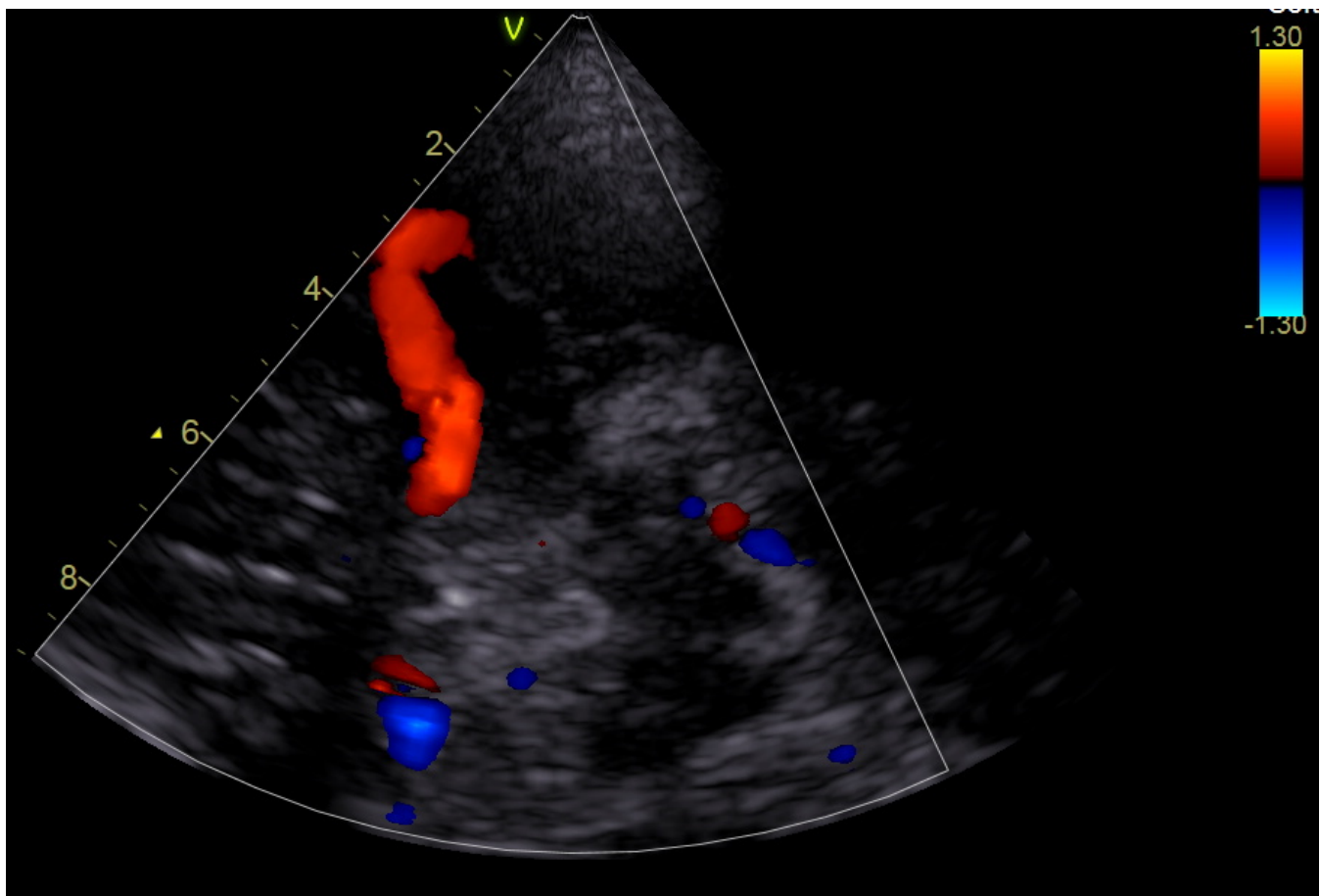
Toxicité des US

Effets des US

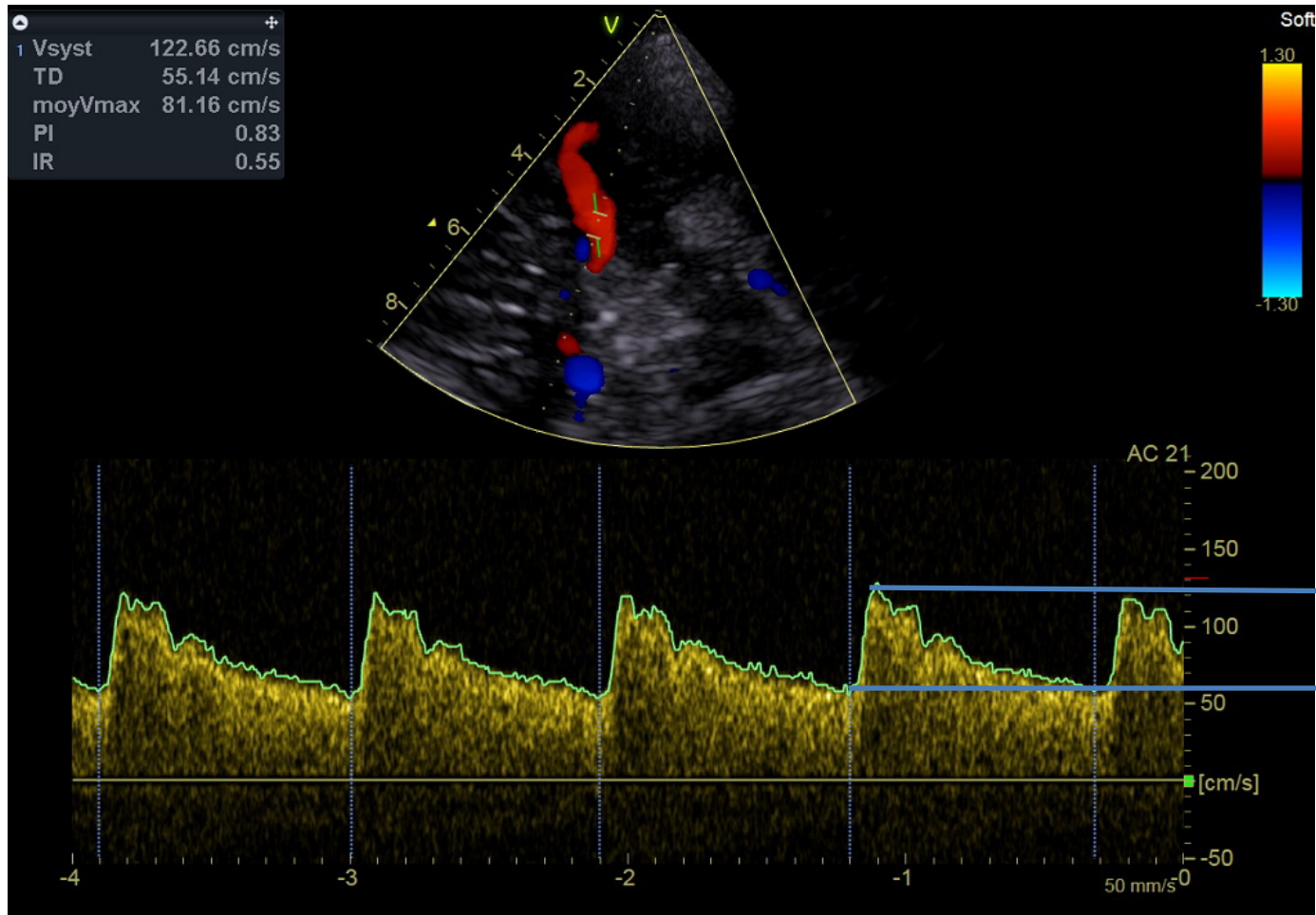
- Augmentation T° locale : + 1 à 3 ° C
- Effet de cavitation (présence de gaz)
- Aggravation par PRF élevée
- Apoptose neuronale, micro-pétéchies ...

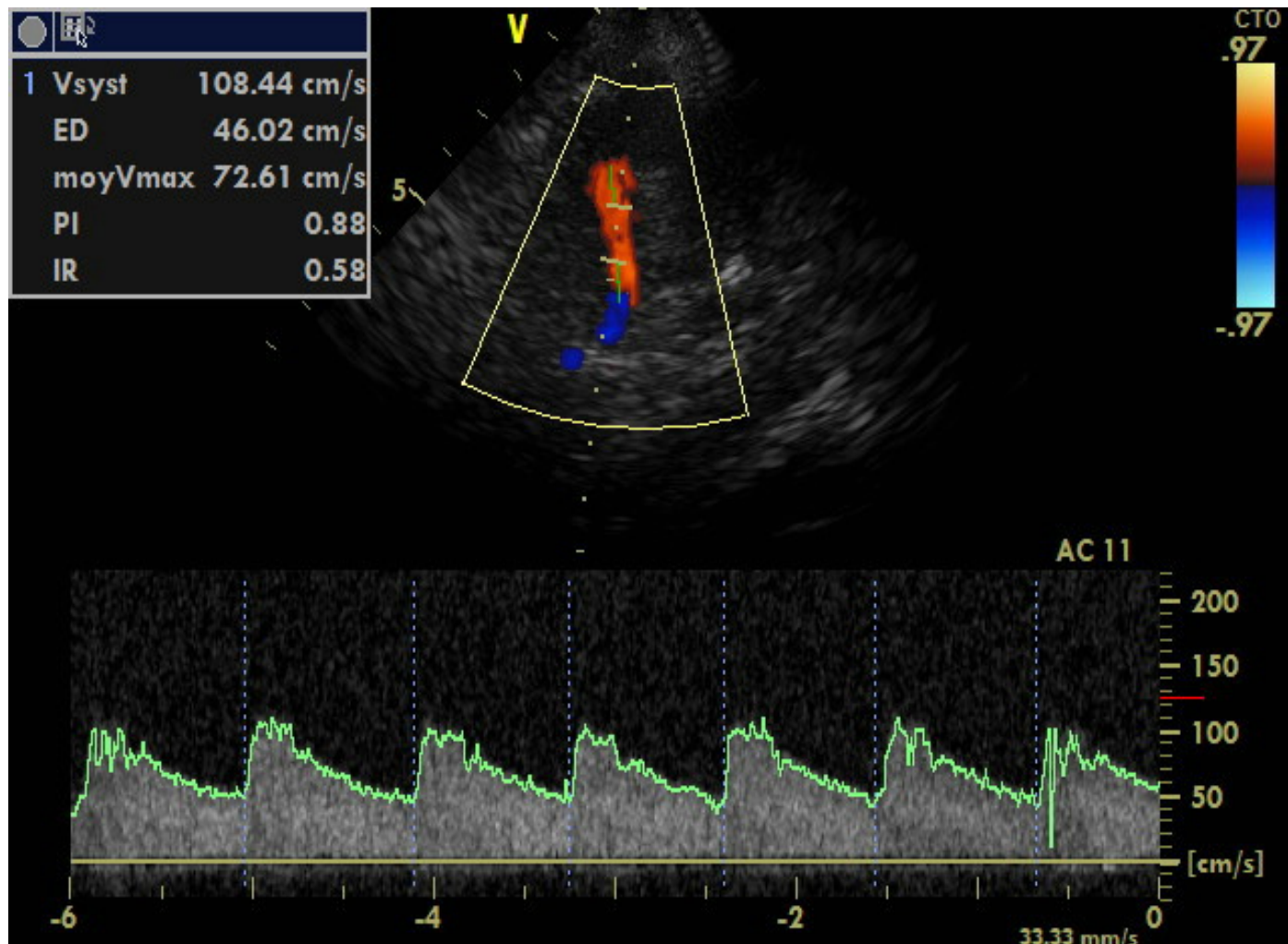
CAT

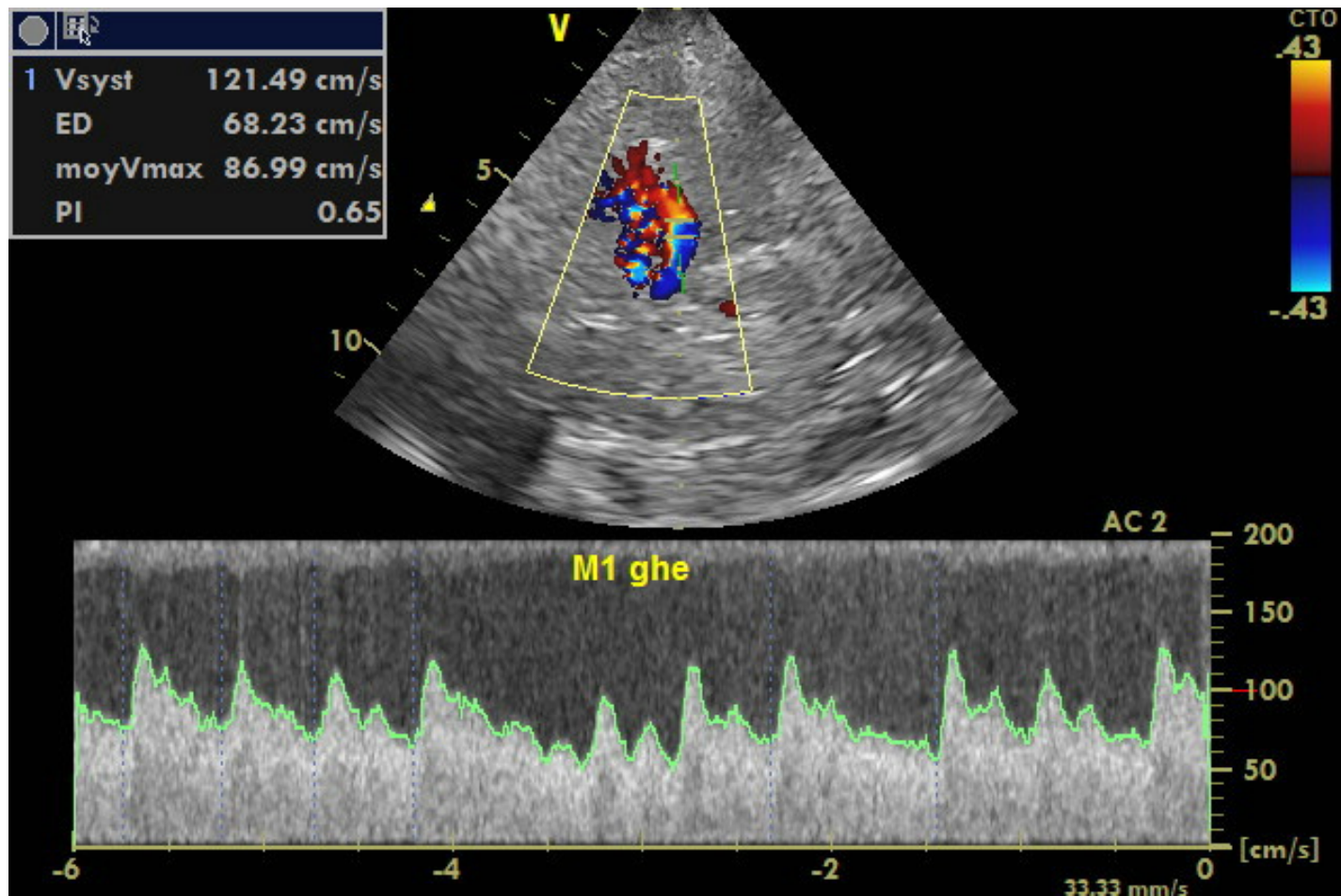
- Index thermique (IT) < 1
- Index mécanique (IM) < 0,3
- PRF minimale nécessaire



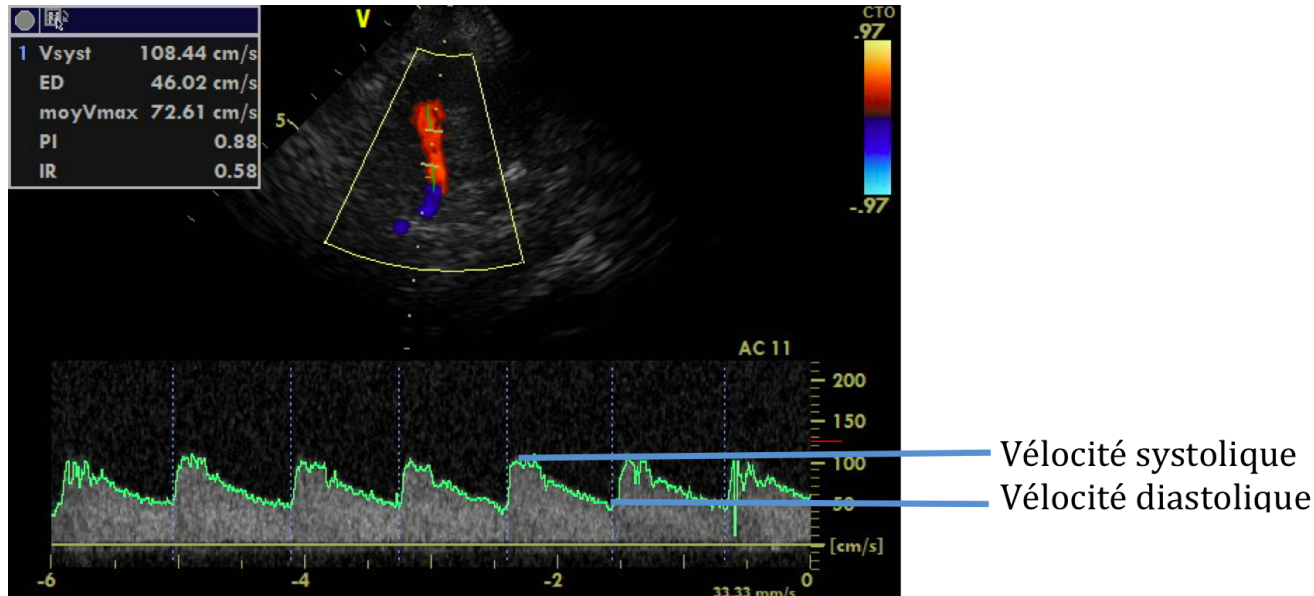
Engrand. Doppler Trans-Crânien. In *Echographie en situation d'urgence*, Collection SFMU 2019







Spectre DTC



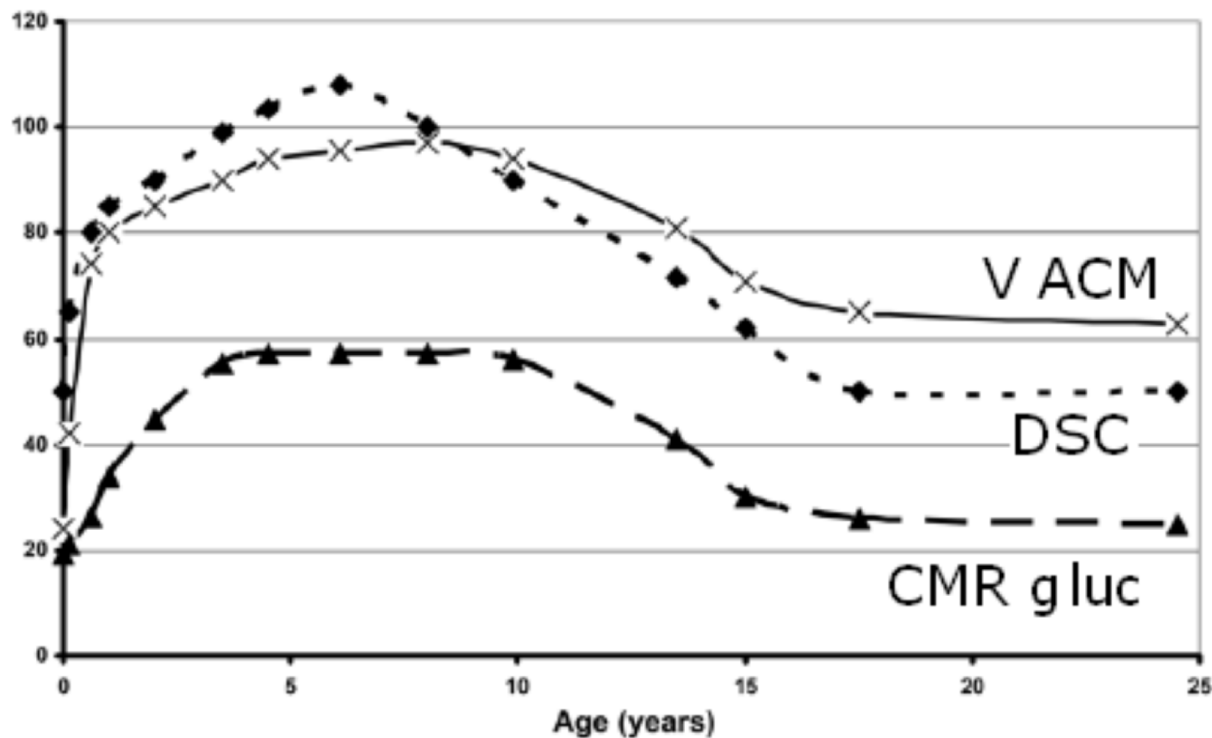
Normales : Vs = 75-115 cm/s
(ACM) Vm = 50-75 cm/s
Vd = 35-55 cm/s

Femme/homme : +10 à 15 %

Sommeil : -10 à 15 %

Δ Variations physiologiques (-30 à +75 %)

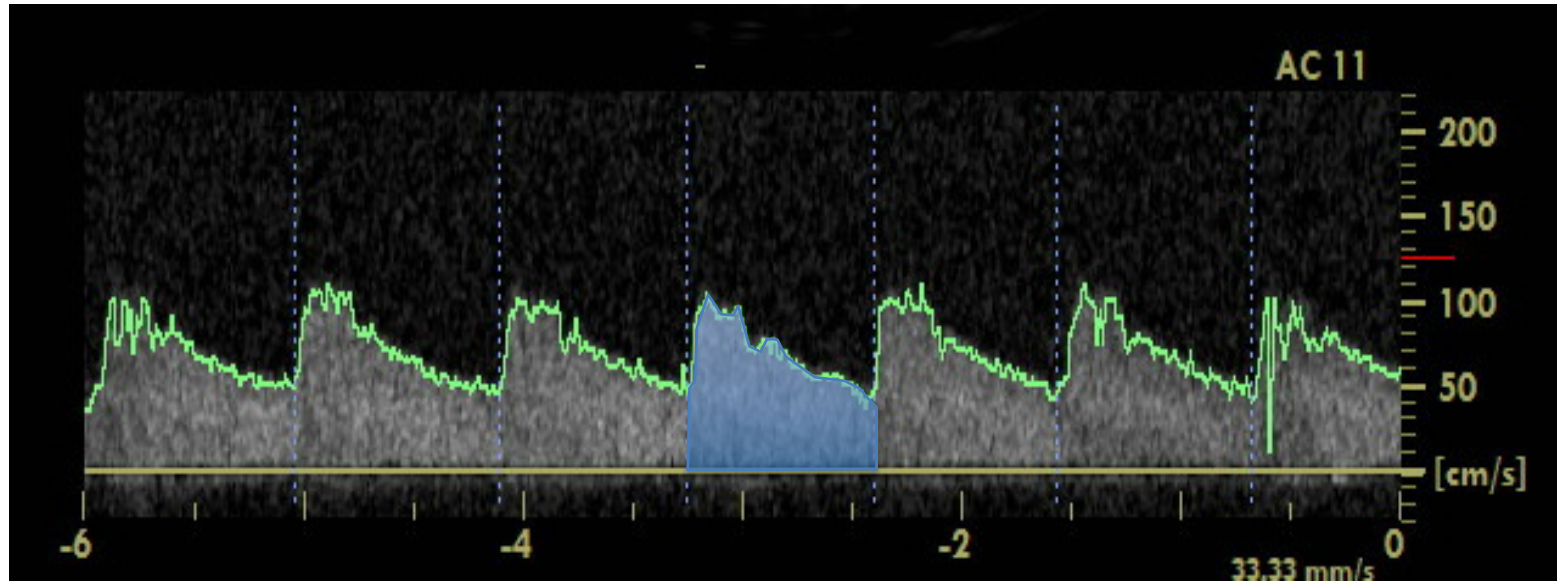
Variabilité avec l'âge



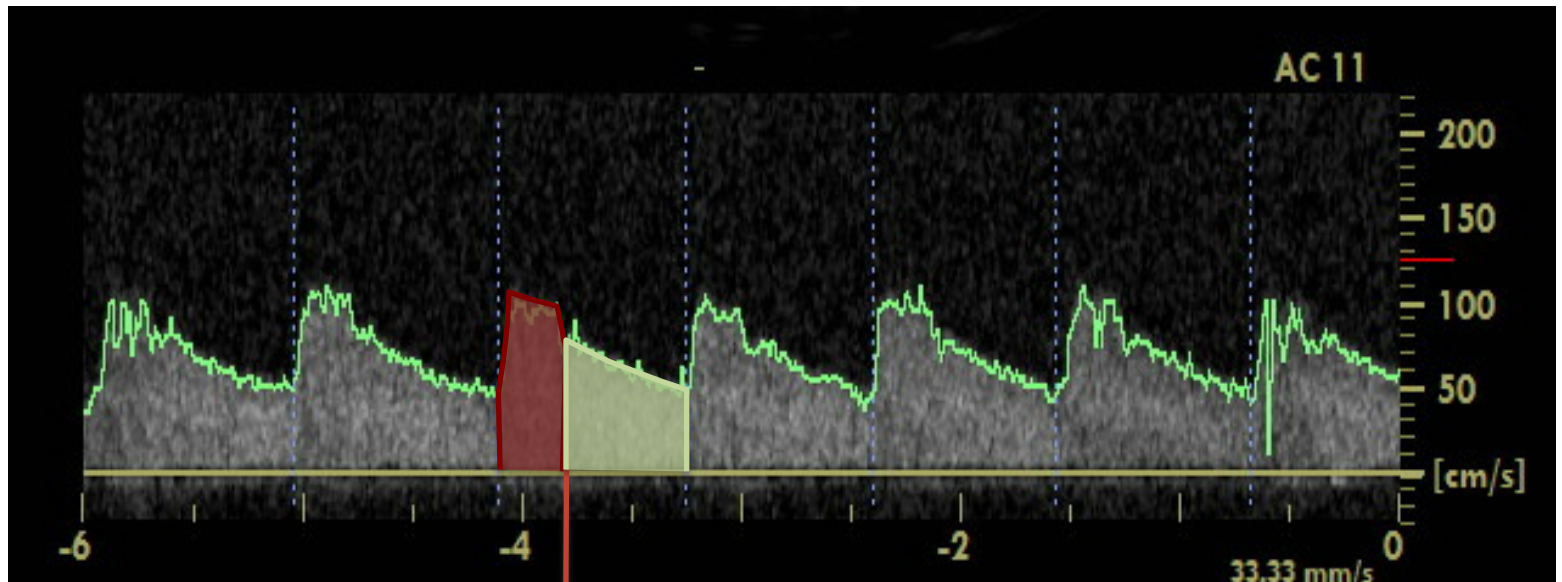
Age $\approx$ -1cm/s/an

Udomphorn Y. *Pediatr neurol* 2008

Vélocité moyenne

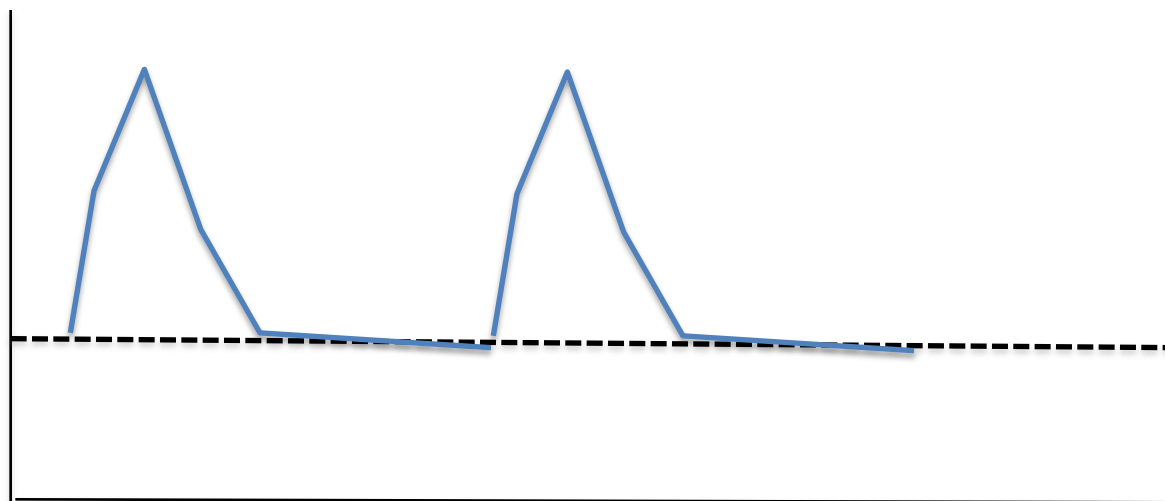


$$Q = V_m \cdot \text{Surf}$$



Systole :
conditions de charges
inotropisme, PA, DC

Diastole : résistance d'aval, (PAD)



DTO
(Flux résistif)

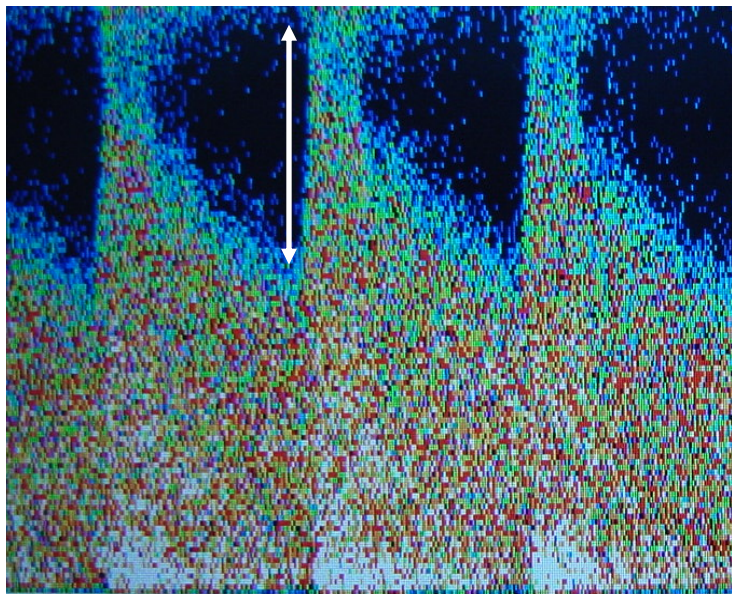
DTC
(Flux capacitif)

Index de pulsatilité

$$IP = \frac{Vs - Vd}{Vm}$$

$$IP = (200 - 120) / 150 = 0,53$$

$$IP = (100 - 20) / 45 = 1,78$$

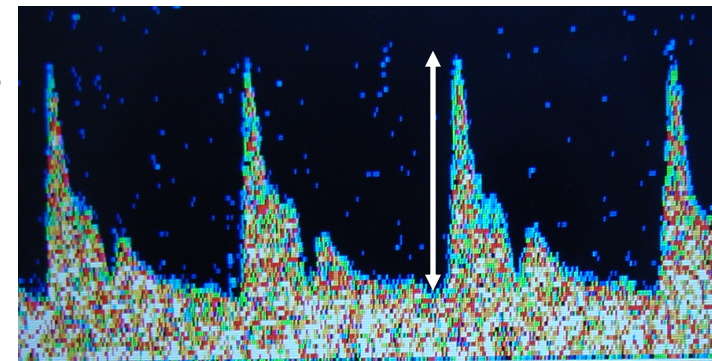


200

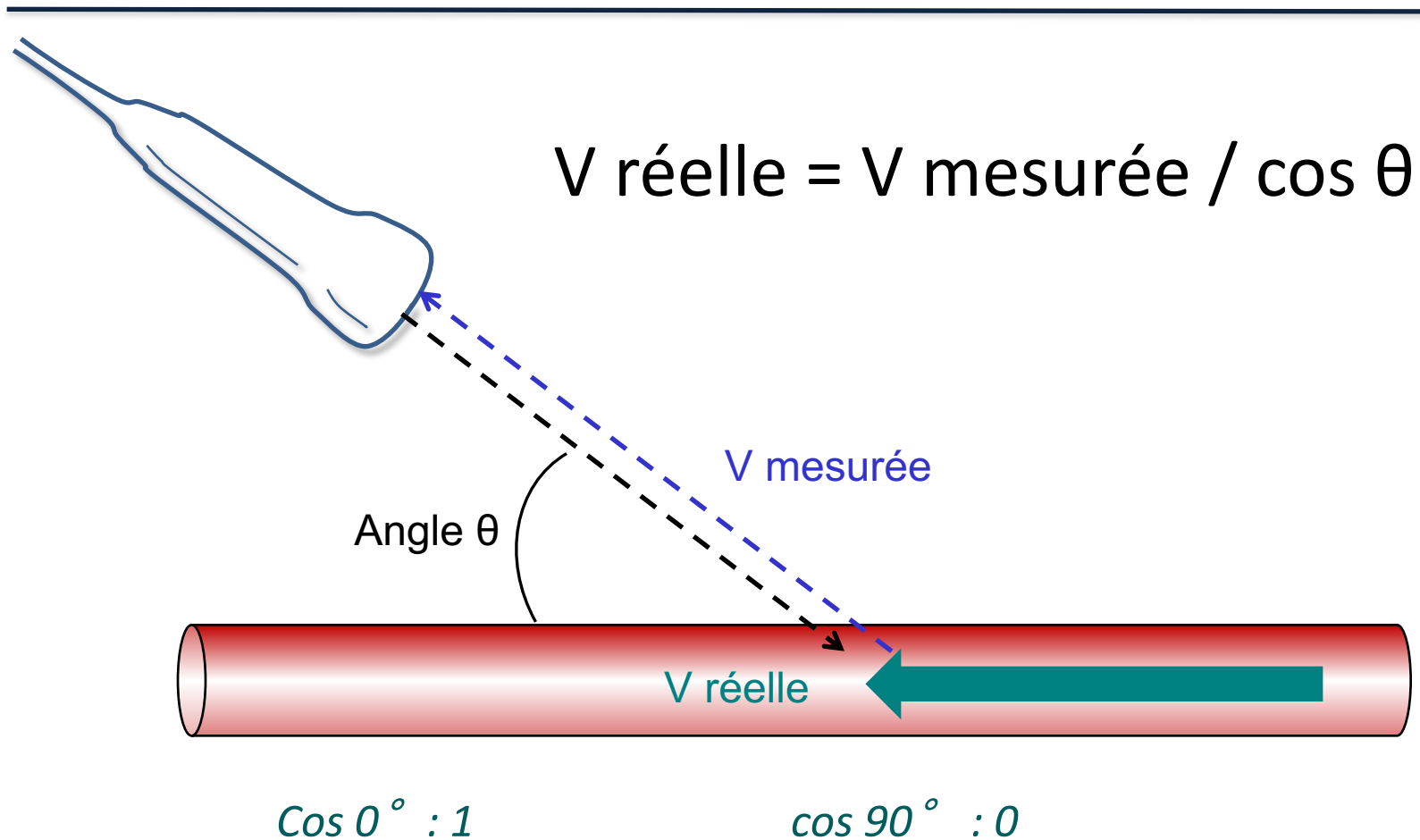
100

20

0



Angle d'insonation



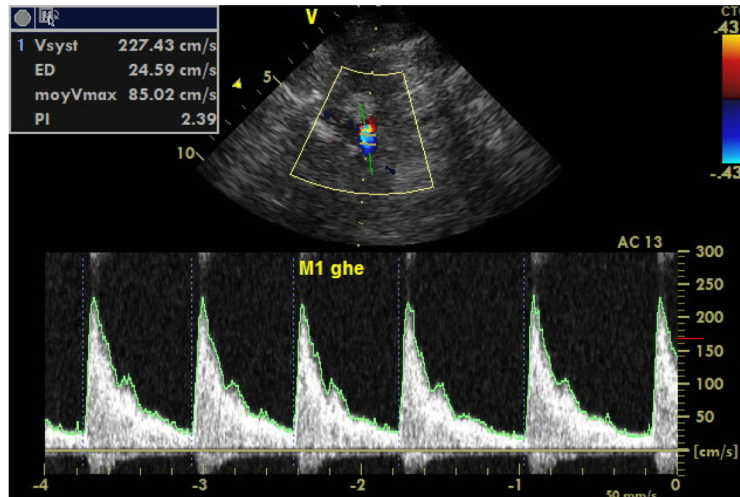
$$\text{IP réel} = \frac{(V_{s_{\text{mes}}}/\cancel{\cos\theta}) - (V_{d_{\text{mes}}}/\cancel{\cos\theta})}{(V_{m_{\text{mes}}}/\cancel{\cos\theta})}$$

Donc IP indépendant de l'angle d'insonation

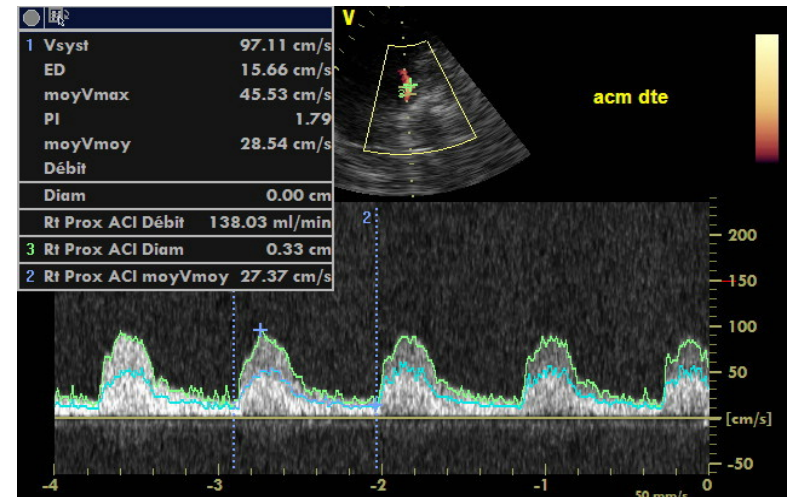
Quelques profils de DTC à (re)connaître

HTIC

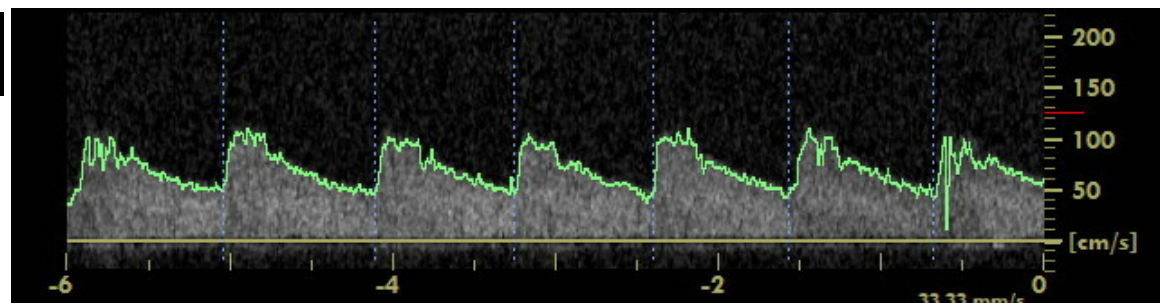
Vd 25 cm/s
IP 2,4



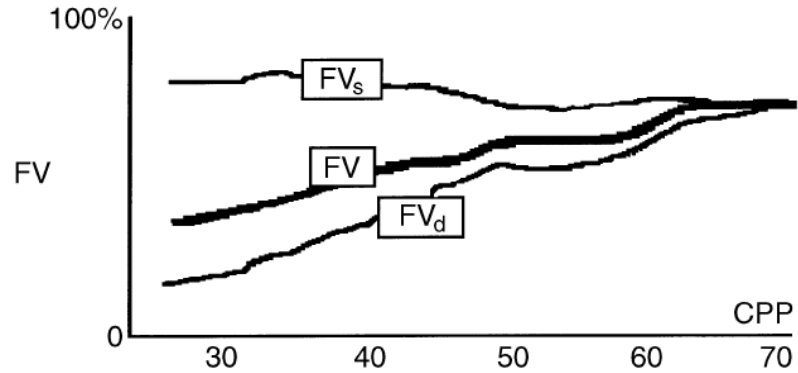
Vd 16 cm/s
IP 1,8



NORMAL



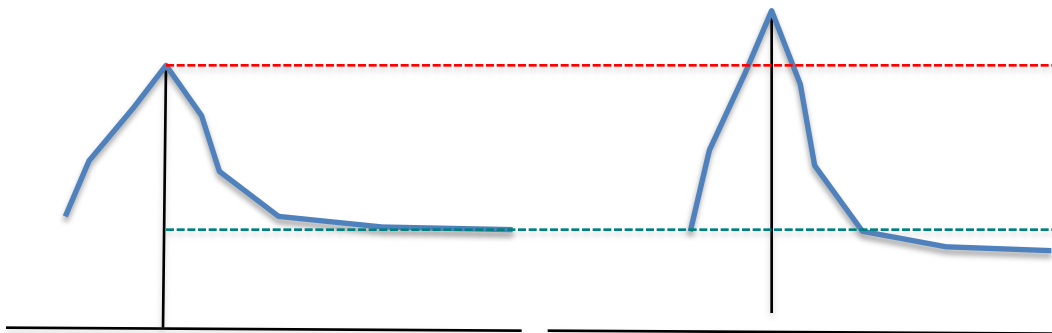
HTIC



$$IP = \frac{V_s - V_d}{V_m}$$

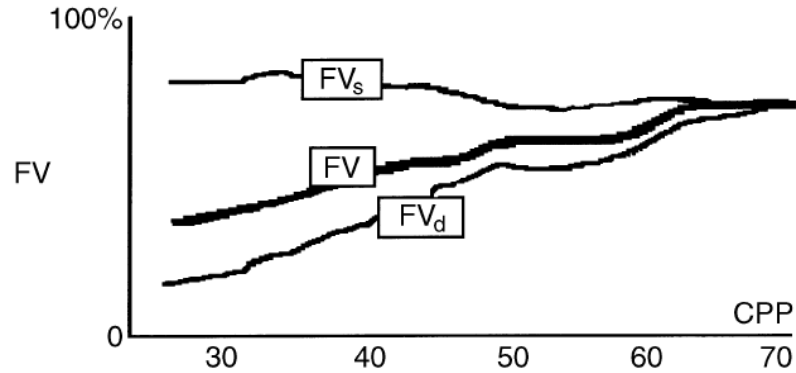
Flux normal

Hyperpulsatilité



Czosnyka, Neurosurgery 1994
Kirkpatrick, in Head injury 1997

HTIC

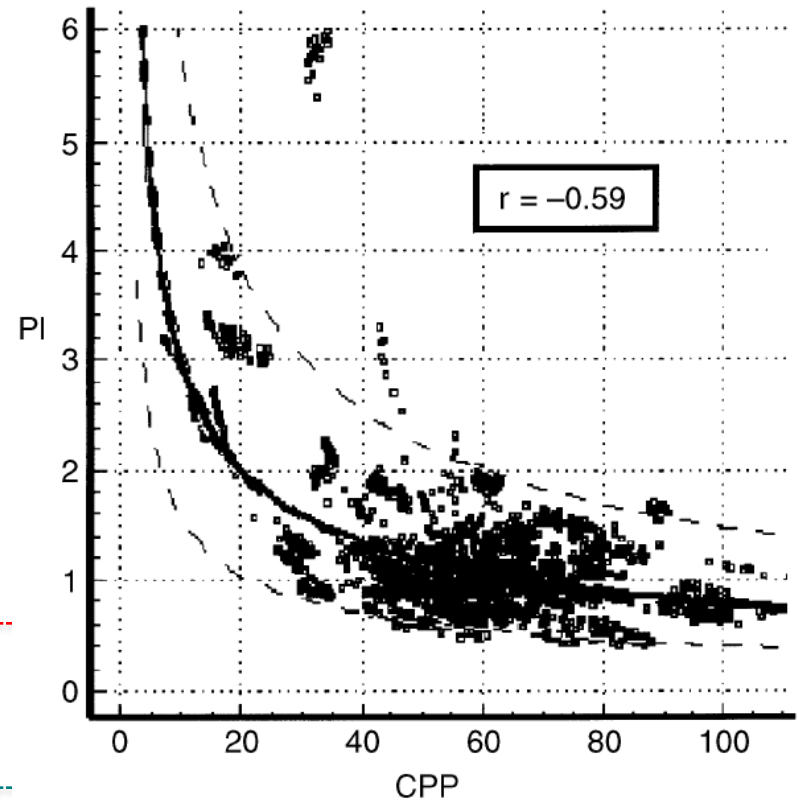
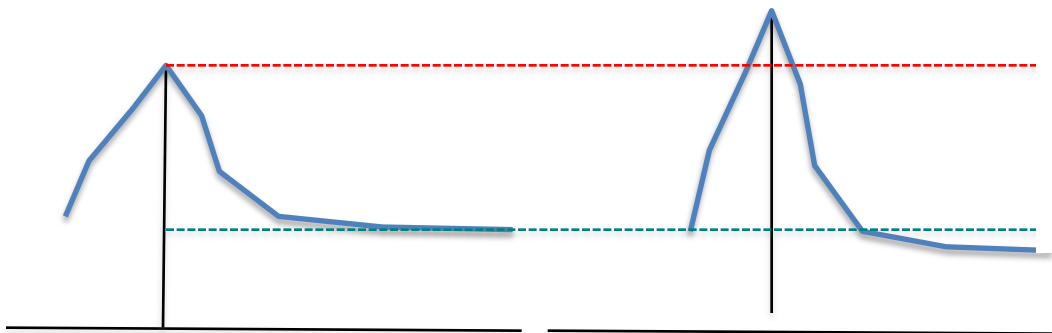


$$IP = \frac{V_s - V_d}{V_m}$$

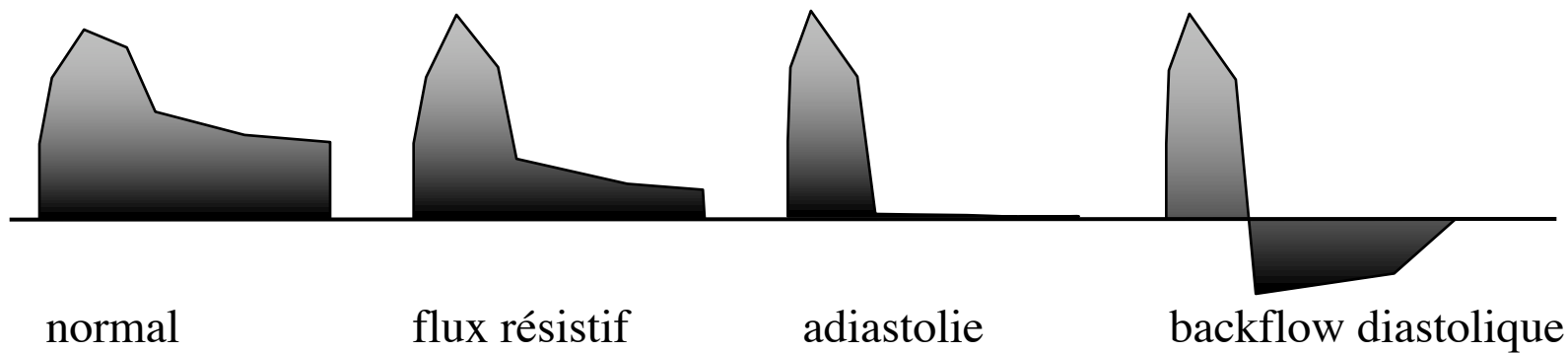
Blue arrows point to the variables: V_s (suprasystolic velocity), V_d (diastolic velocity), and V_m (mean velocity).

Flux normal

Hyperpulsatilité



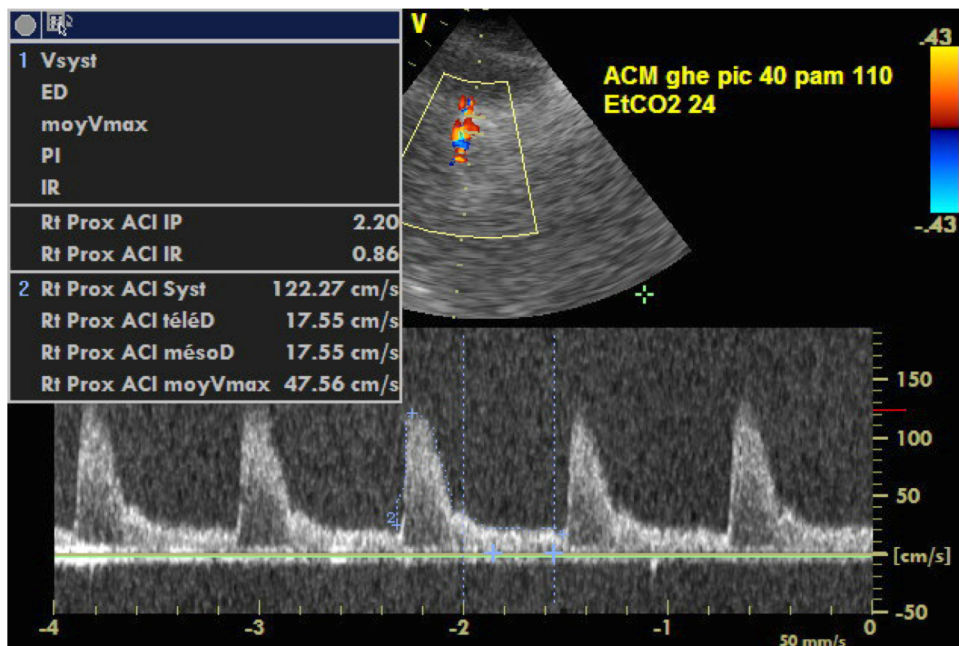
Czosnyka, Neurosurgery 1994
Kirkpatrick, in Head injury 1997



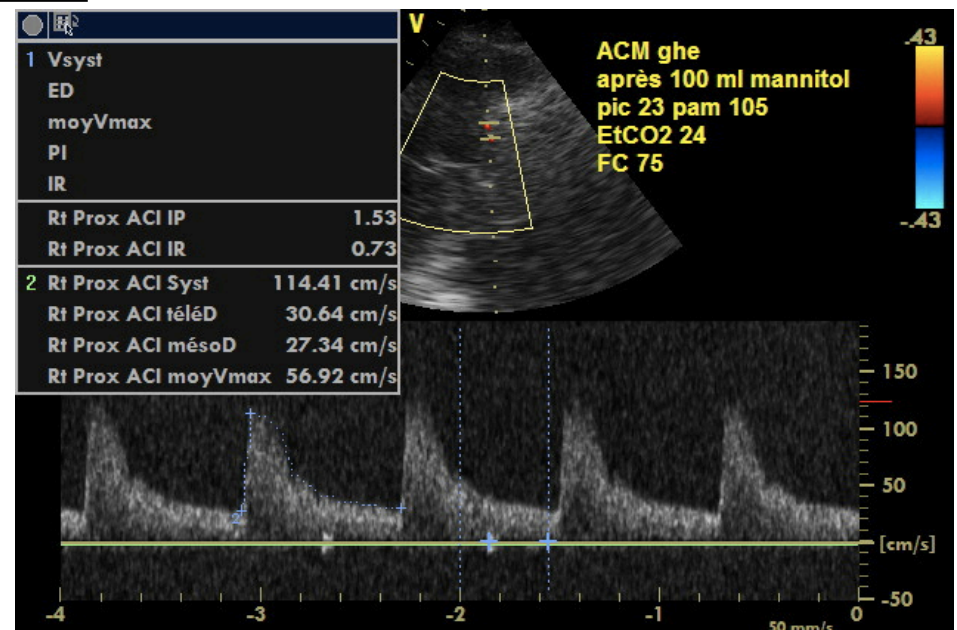
PPC

PAM

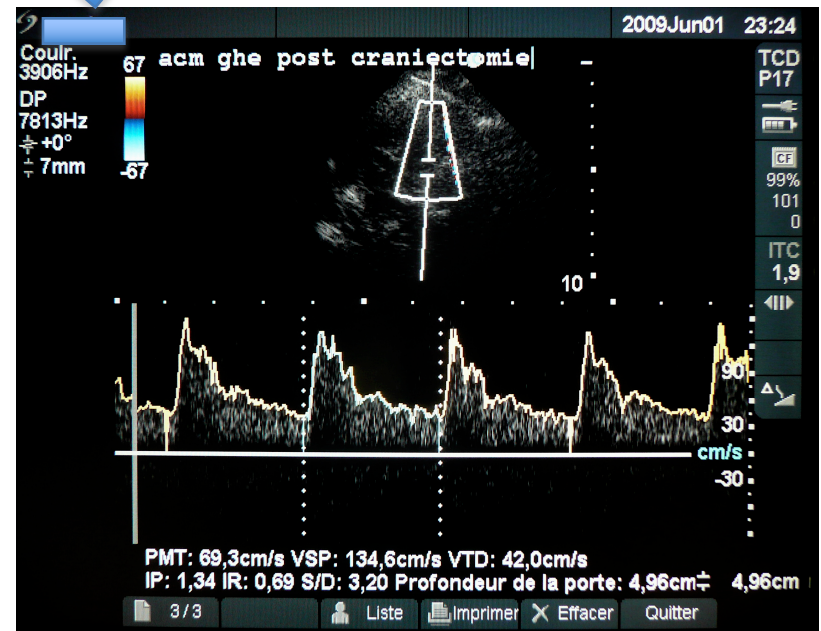
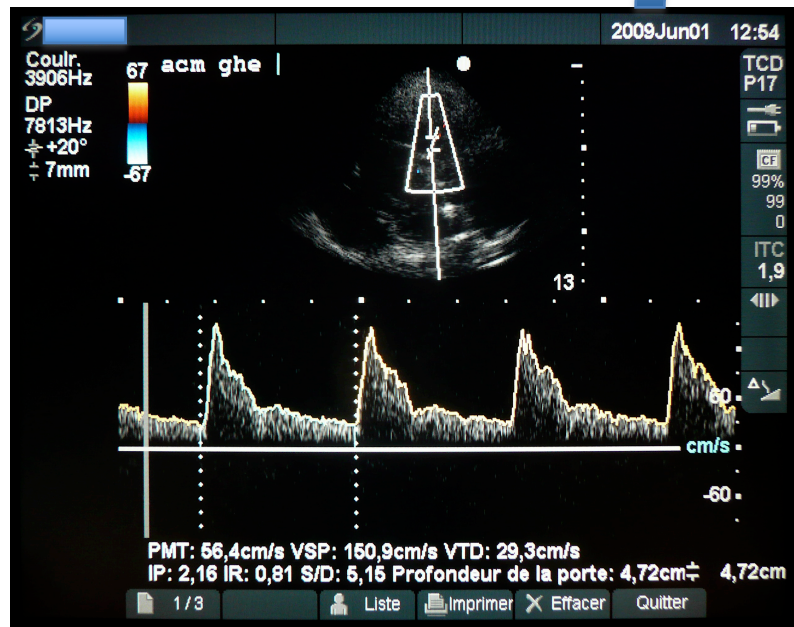
PIC



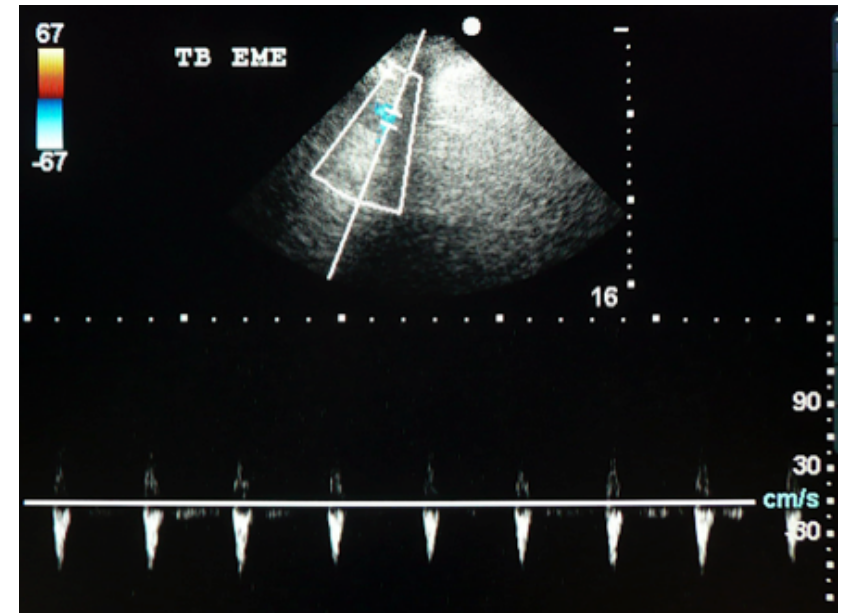
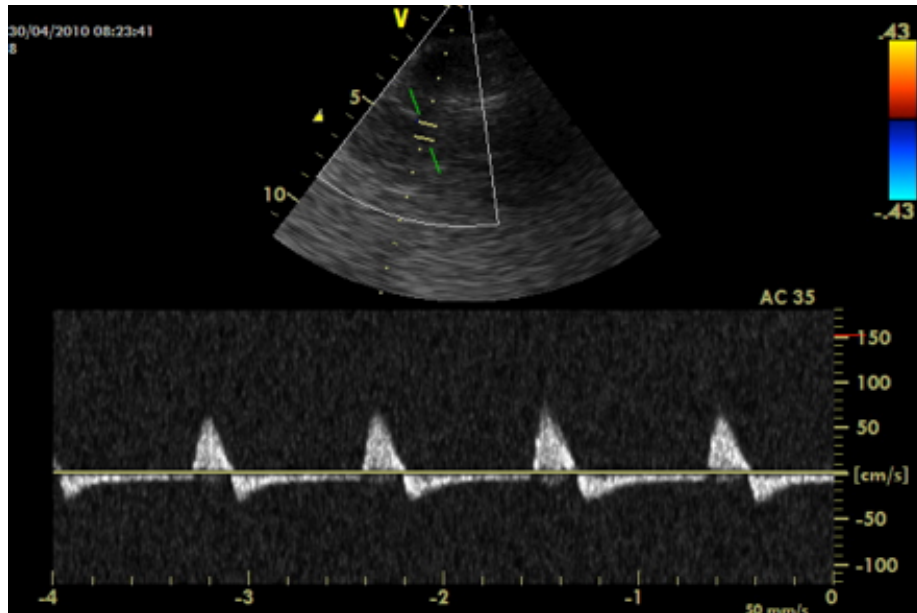
Après 100 ml de mannitol



crâniectomie



Mort encéphalique

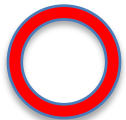
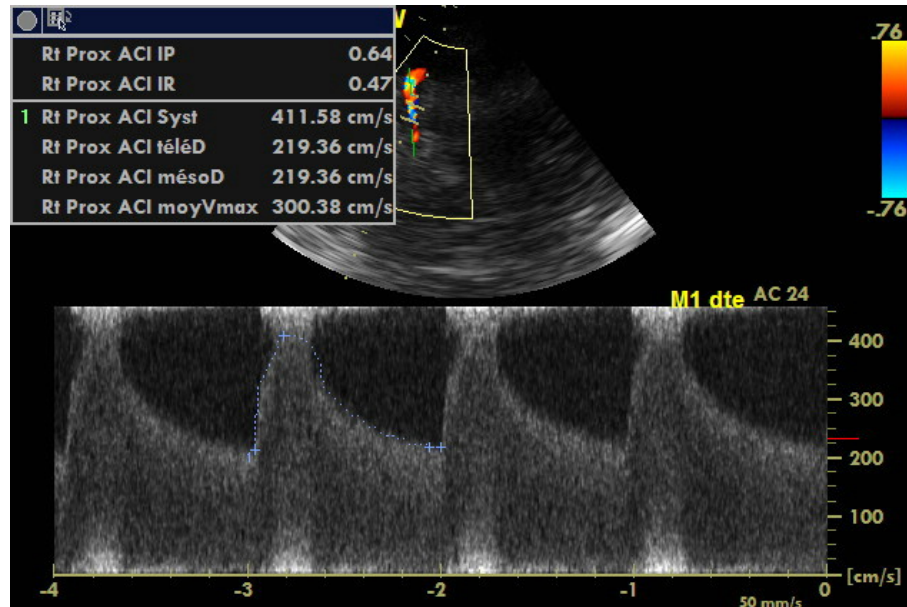


Mort encéphalique : recommandations espagnoles

- Mort encéphalique clinique et :
 - Backflow ou spikes systoliques
 - 2 ACM et TB
 - Reproductible à 30 minutes

△ Arrêt circulatoire cérébral ≠ mort encéphalique

Vélocités élevées



Hyperhémie

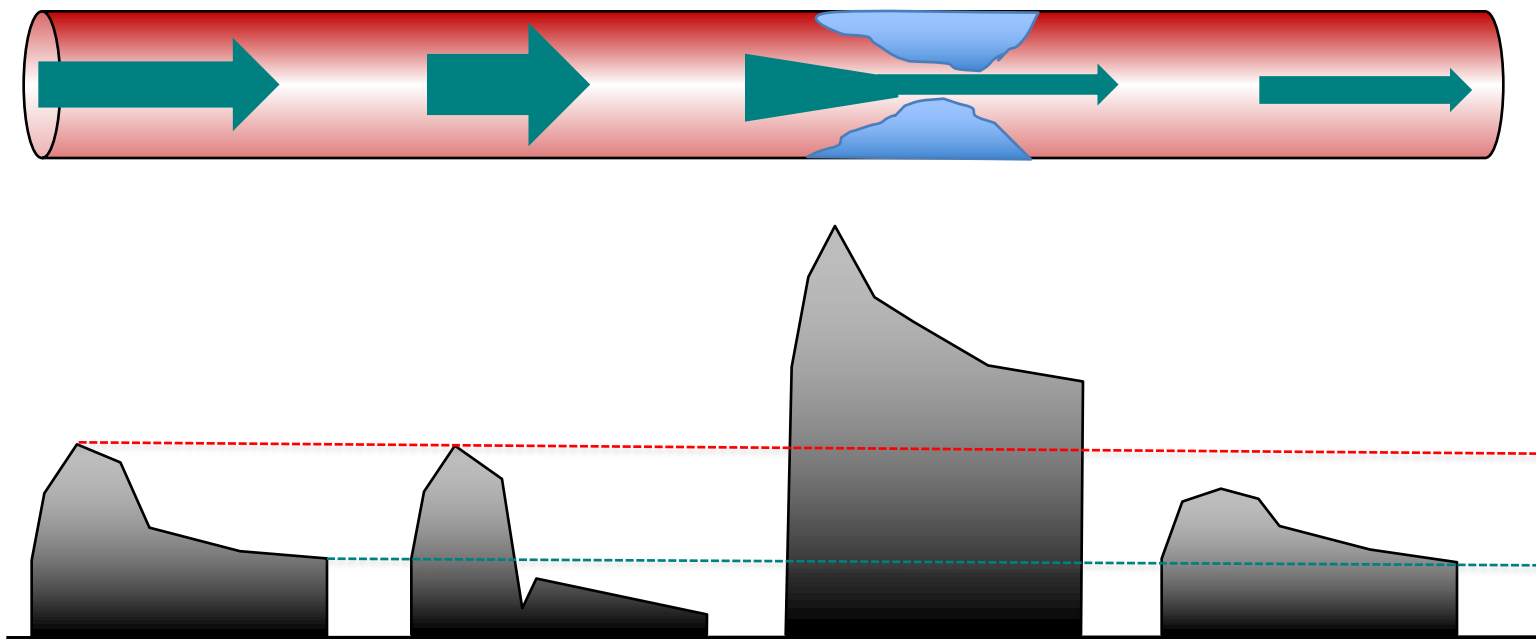
- perfusion de luxe
- reperfusion post-IC
- s'observe aussi sur la CI

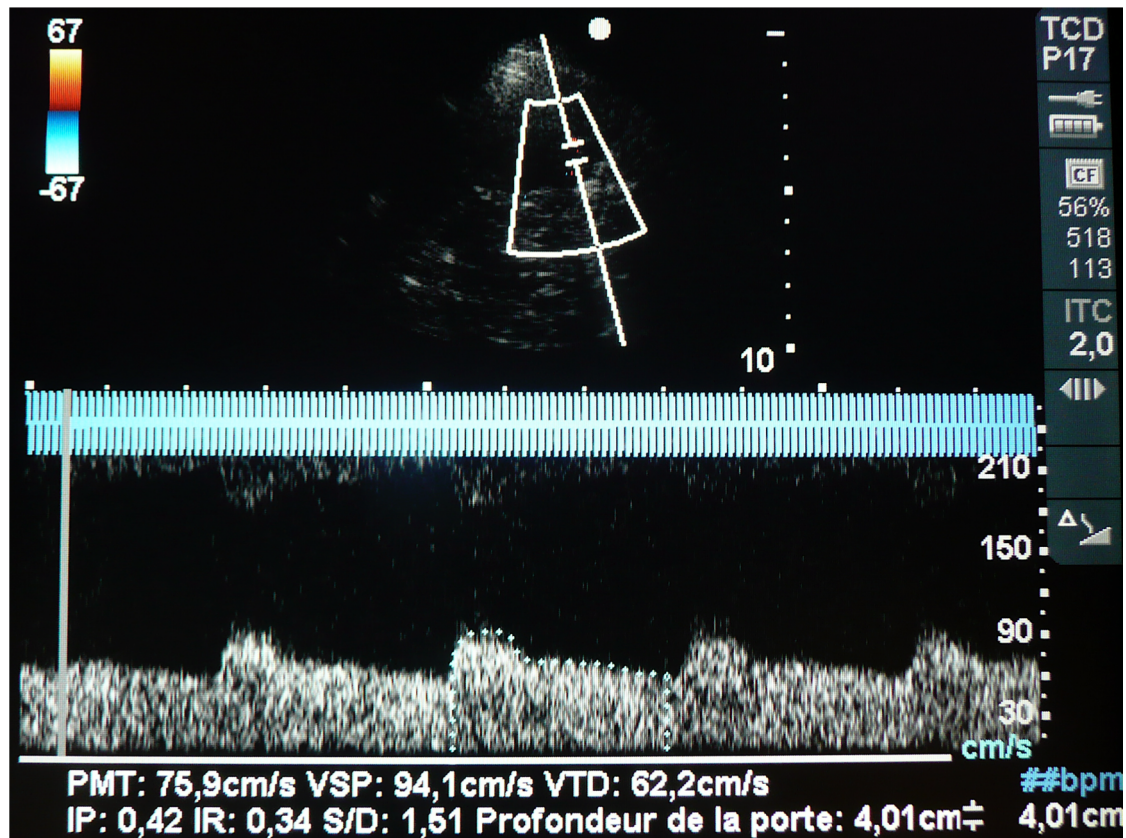
Calibre artériel ?



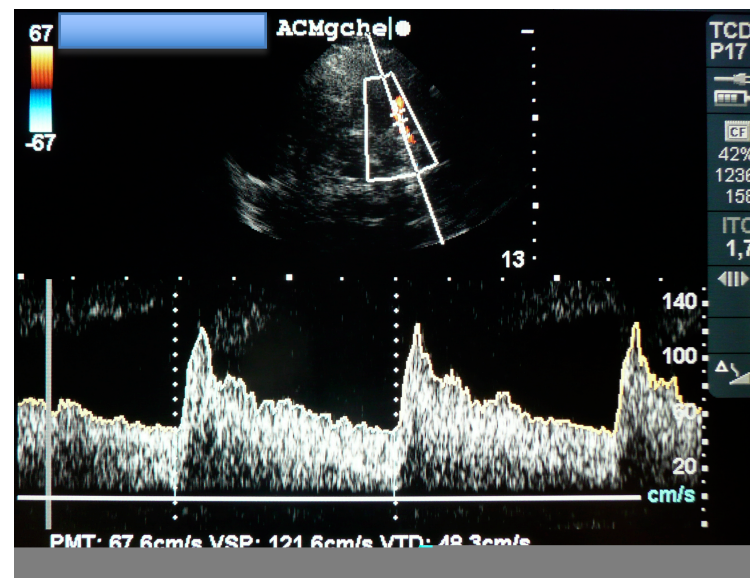
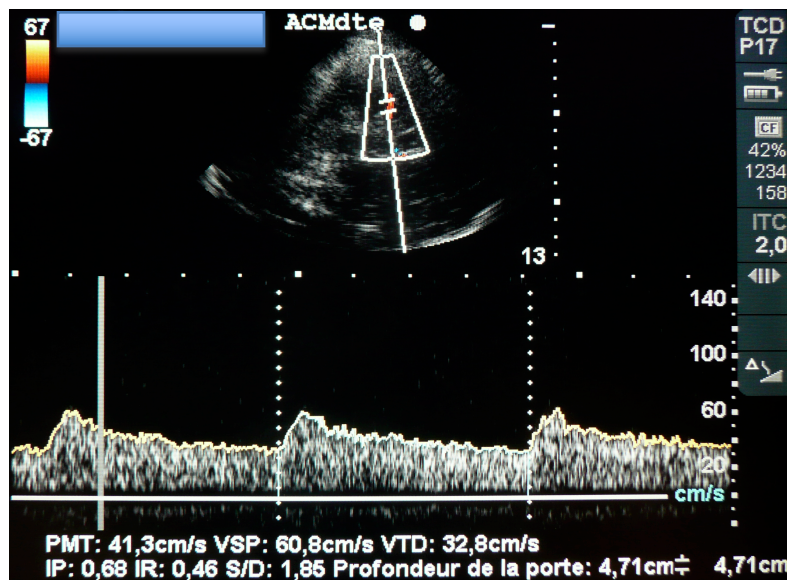
Vasospasme

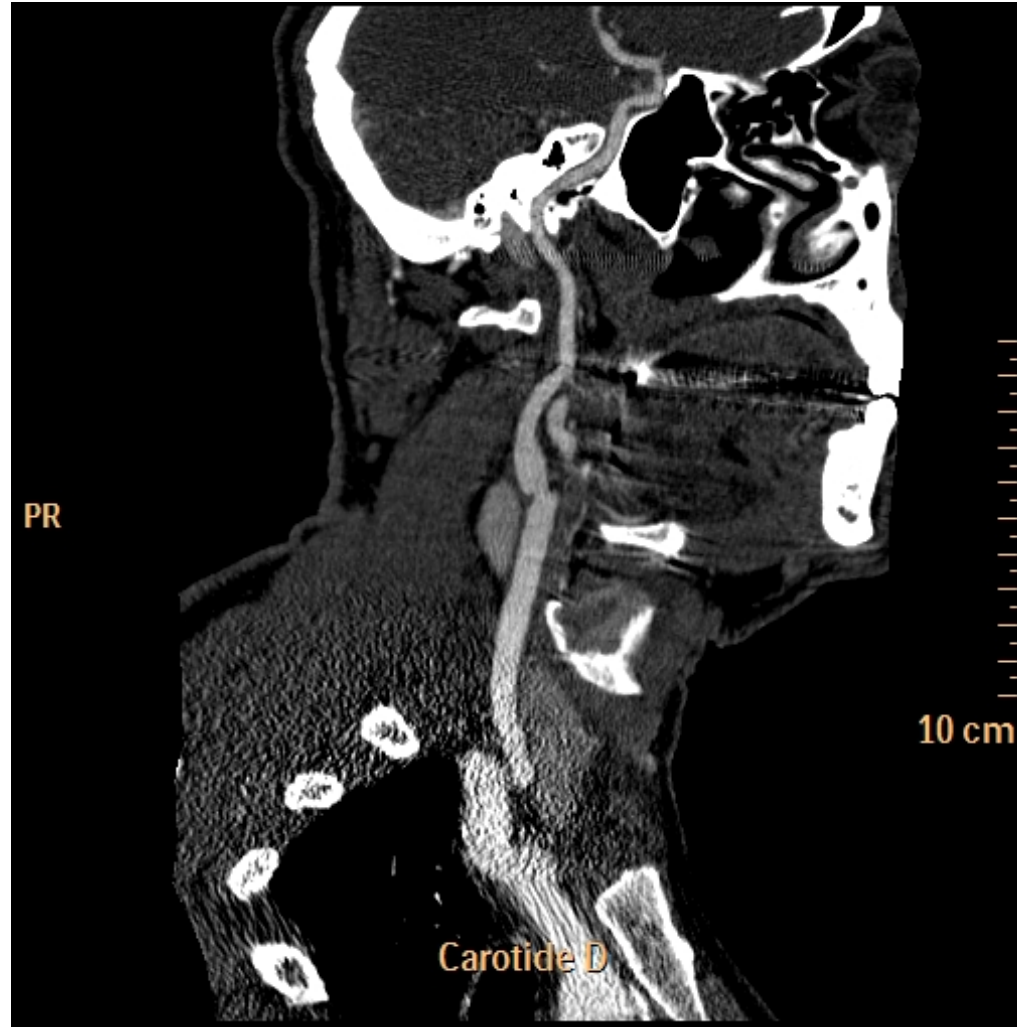
- perfusion de misère
- souvent + tardive
- accélération localisée
- $V_{m_{ACM}} / V_{m_{CI}} > 3$





En aval du spasme / sténose

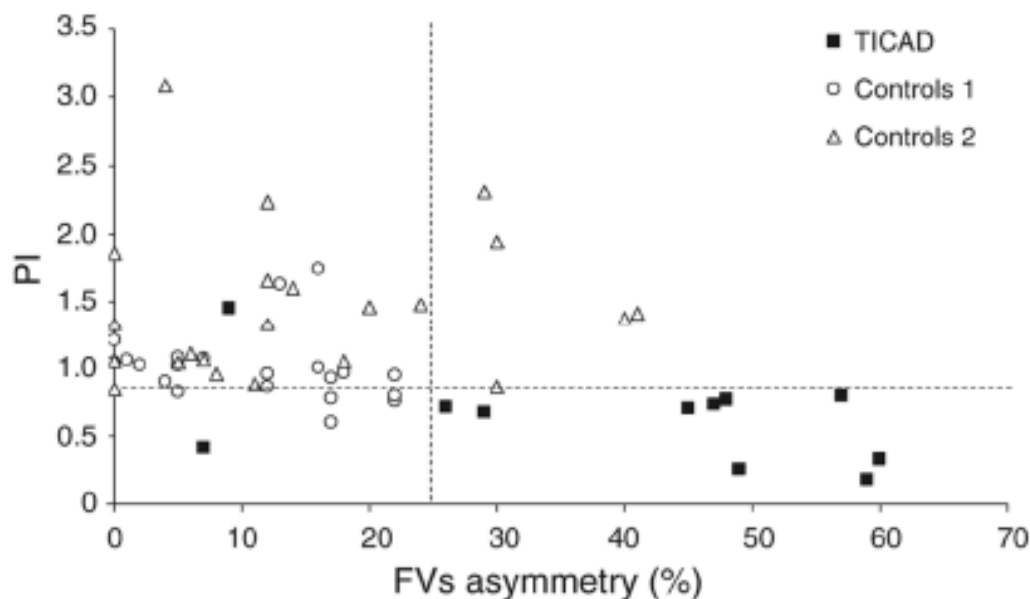




Pierre Bouzat
Gilles Francony
Julien Brun
Pierre Lavagne
Julien Picard
Christophe Broux
Philippe Decléty
Claude Jacquot
Pierre Albaladejo
Jean-François Payen

Detecting traumatic internal carotid artery dissection using transcranial Doppler in head-injured patients

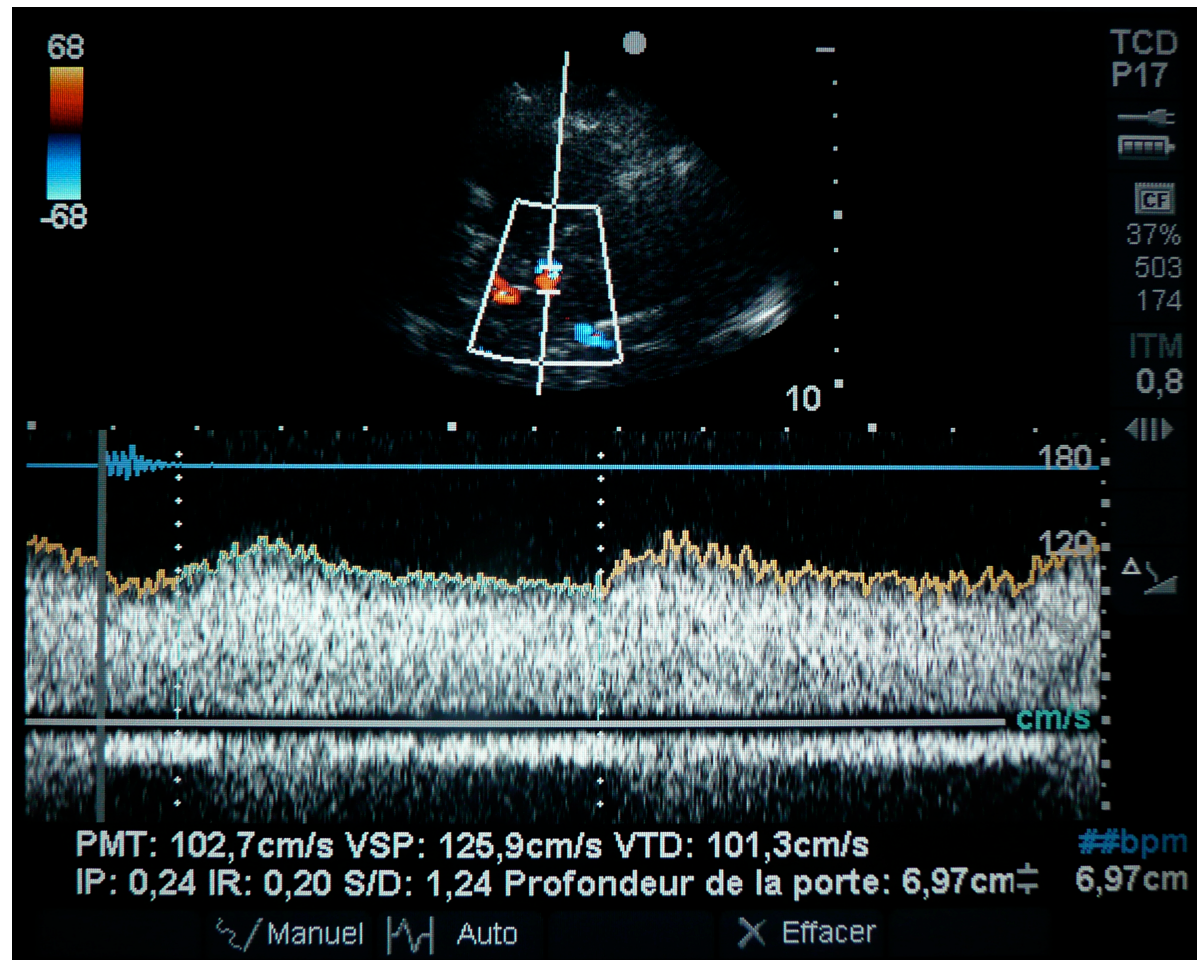
Intensive Care Med 2010



>25% asymétrie de Vs
IP <0.8

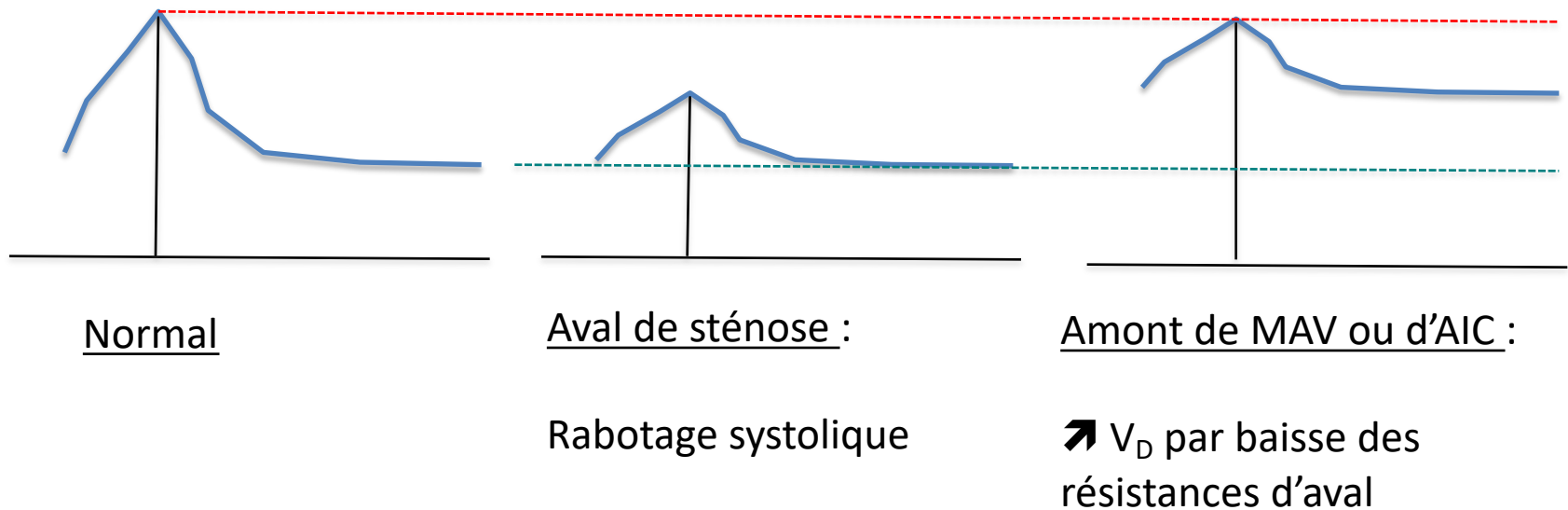


AngioTDM



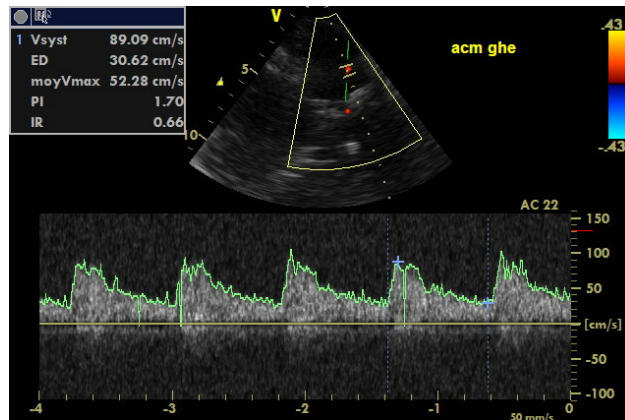
MAV

Aspect de flux démodulé

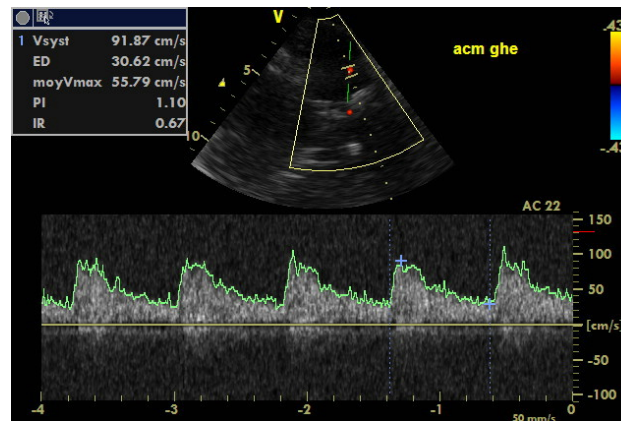


Interprétation du signal

Limites et interprétation du DTC : pièges dans la mesure. reproductibilité de la mesure des vitesses

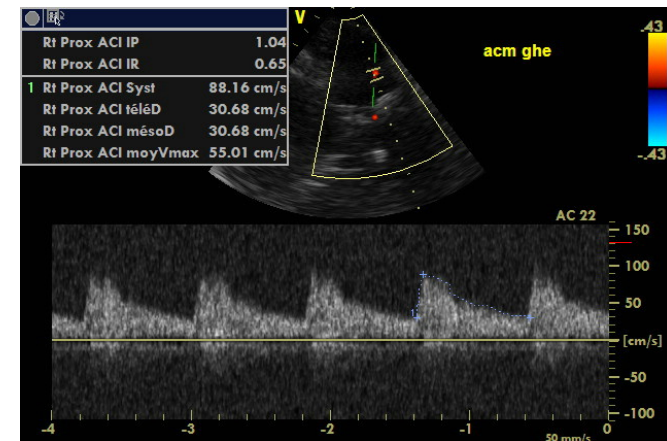


Auto IP 1,7



Auto IP 1,10

Manuel IP 1,04



Vélocité ≠ débit

$$Q = \frac{\pi \cdot V \cdot D^2}{4} = S \cdot V_m$$

Q=débit

D=diamètre du vaisseau

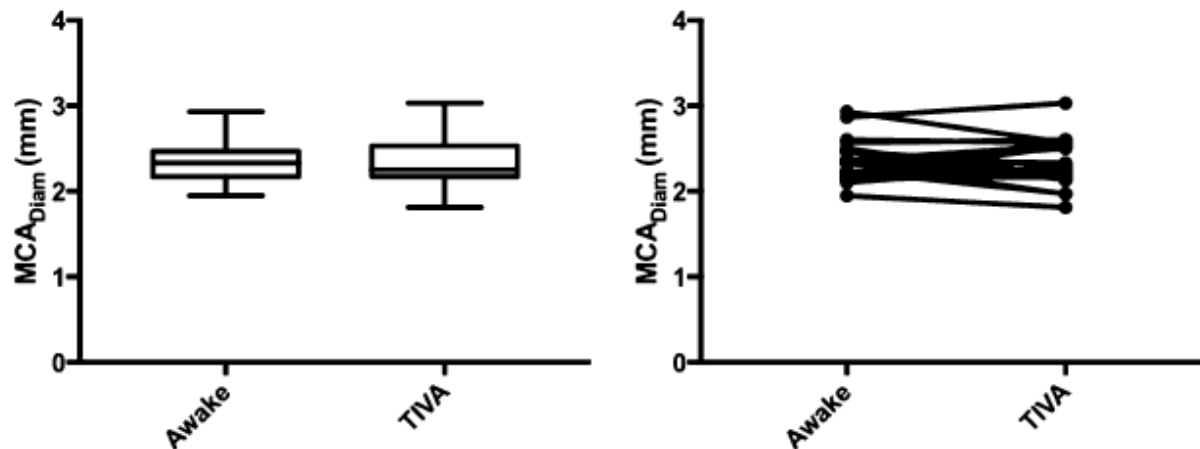
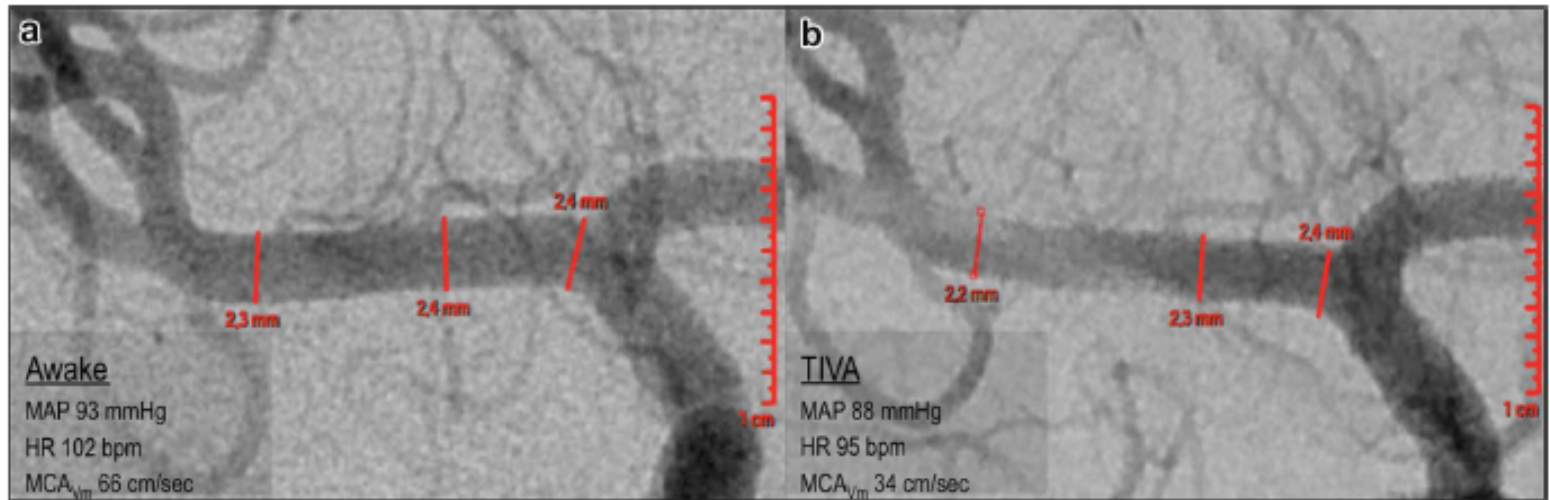
V=vitesse moyenne

Propofol/Remifentanyl Anesthesia Might Not Alter the Middle Cerebral Artery Diameter by Digital Subtraction Angiography



NEUROCRITICAL
CARE SOCIETY

Stefano Arrigoni-Marocco^{1*}, Nicolas Engrand³, Vittorio Civelli⁴, Joaquim Mateo^{1,2}, Marc-Antoine Labeyrie⁴, Jean-Pierre Saint-Maurice⁴, Alexandre Mebazaa^{1,2,5}, Etienne Gayat^{1,2,5}, Emmanuel Houdart^{2,4} and Fabrice Vallée^{1,2,5,6}



MCA_{Diam} before and after the induction of TIVA (n = 24)

Propofol/Remifentanyl Anesthesia Might Not Alter the Middle Cerebral Artery Diameter by Digital Subtraction Angiography



NEUROCRITICAL
CARE SOCIETY

Stefano Arrigoni-Marocco^{1*}, Nicolas Engrand³, Vittorio Civelli⁴, Joaquim Mateo^{1,2}, Marc-Antoine Labeyrie⁴, Jean-Pierre Saint-Maurice⁴, Alexandre Mebazaa^{1,2,5}, Etienne Gayat^{1,2,5}, Emmanuel Houdart^{2,4} and Fabrice Vallée^{1,2,5,6}

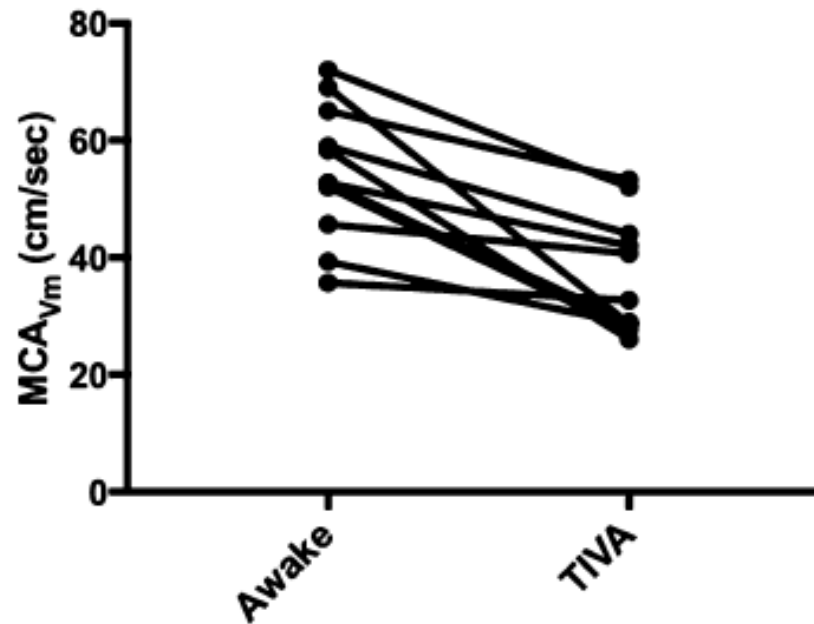
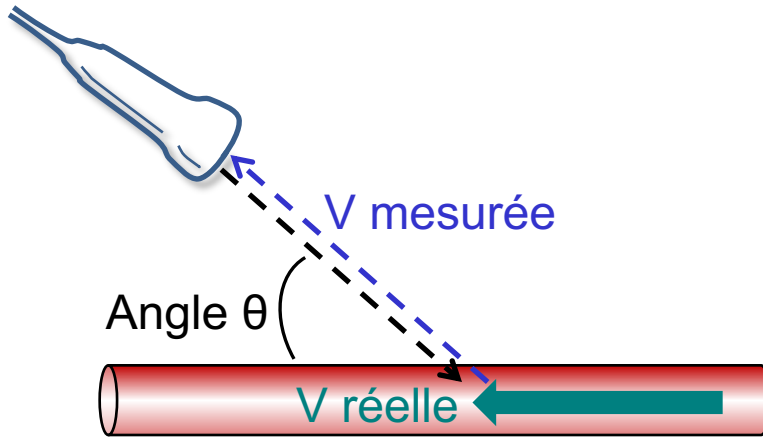
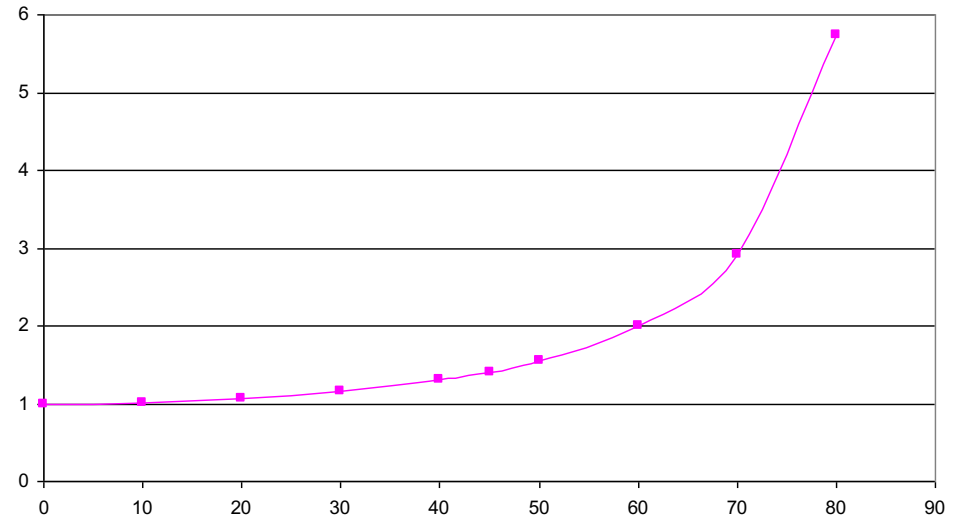


Fig. 3 MCA_{Vm} before and after the induction of TIVA (n = 12)

Correction angulaire



$1/\cos \theta$



$$V_r = V_m / \cos \theta$$

Correction de	10°	+ 1,5 %
	20°	+ 6 %
	30°	+ 15 %
	40°	+ 30 %
	50°	+ 55 %
	60°	+ 100 %
	70°	+ 200 %
	80°	+ 480 %

2009 Jun 29 22:16

Coulr.
3906Hz
DP
9259Hz
+60°
5mm



TCD
P17



CF

99%
230
0

ITC
2,0



350

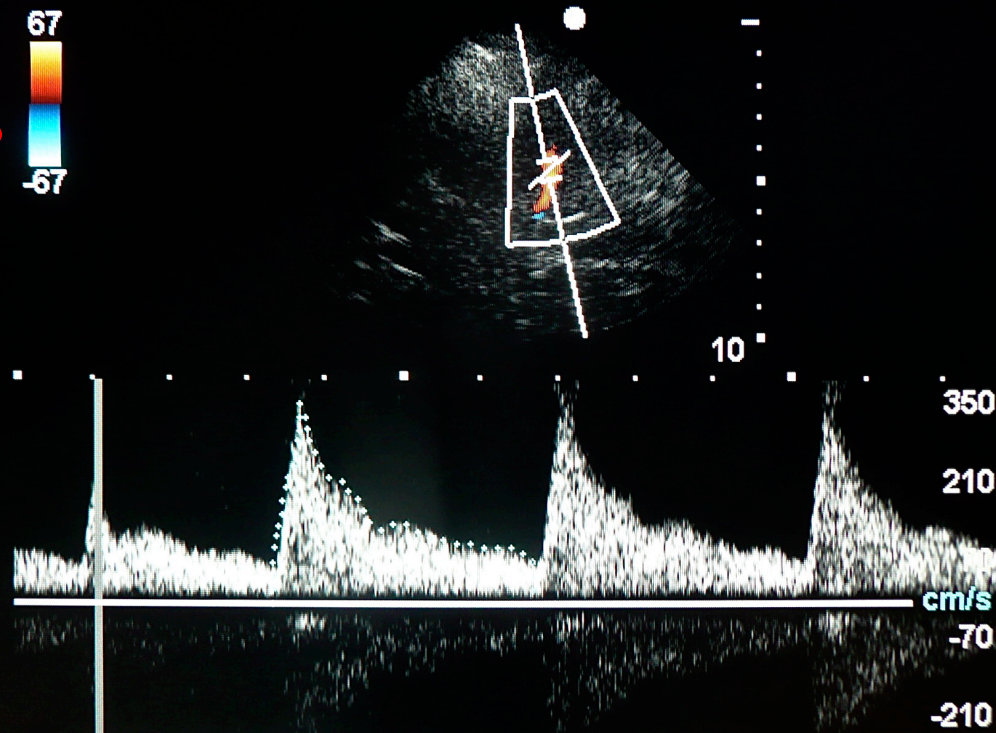
210

70

cm/s

-70

-210

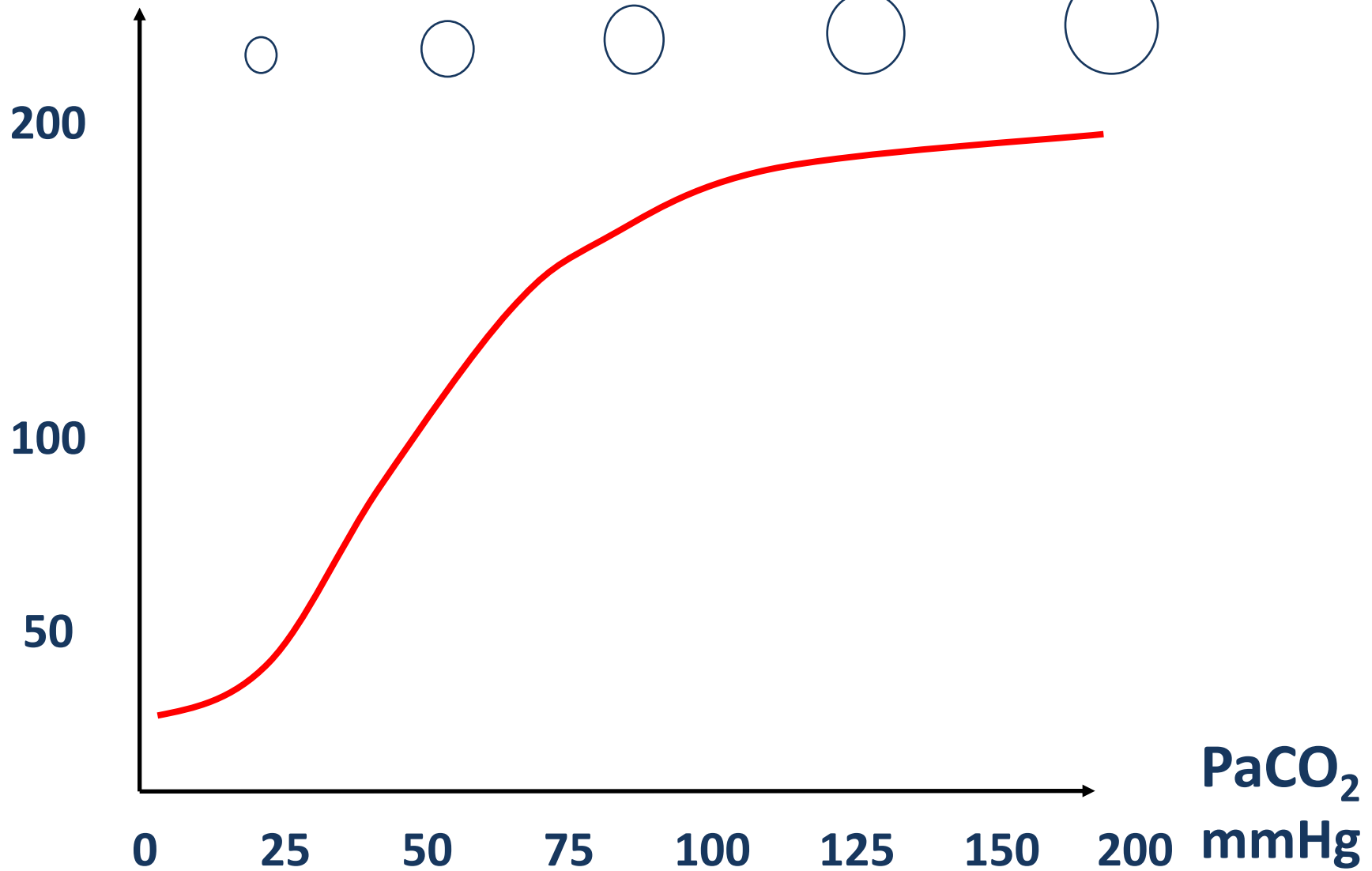


PMT: 153,5cm/s VSP: 353,3cm/s VTD: 75,5cm/s
IP: 1,81 IR: 0,79 S/D: 4,68 Profondeur de la porte: 4,82cm ± 4,82cm

4 / 7 Liste Imprimer Effacer Quitter

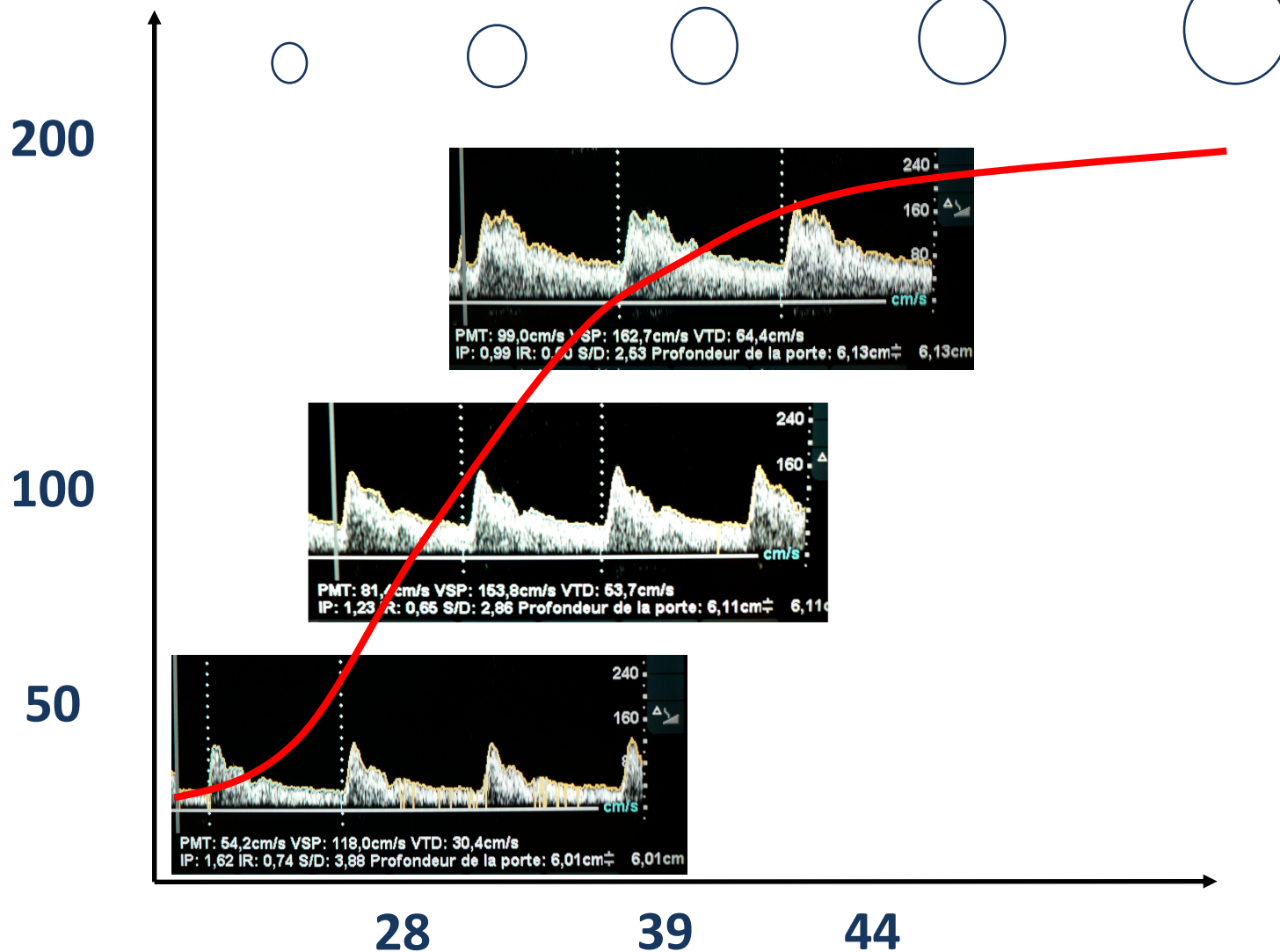
DSC

% valeur contrôle



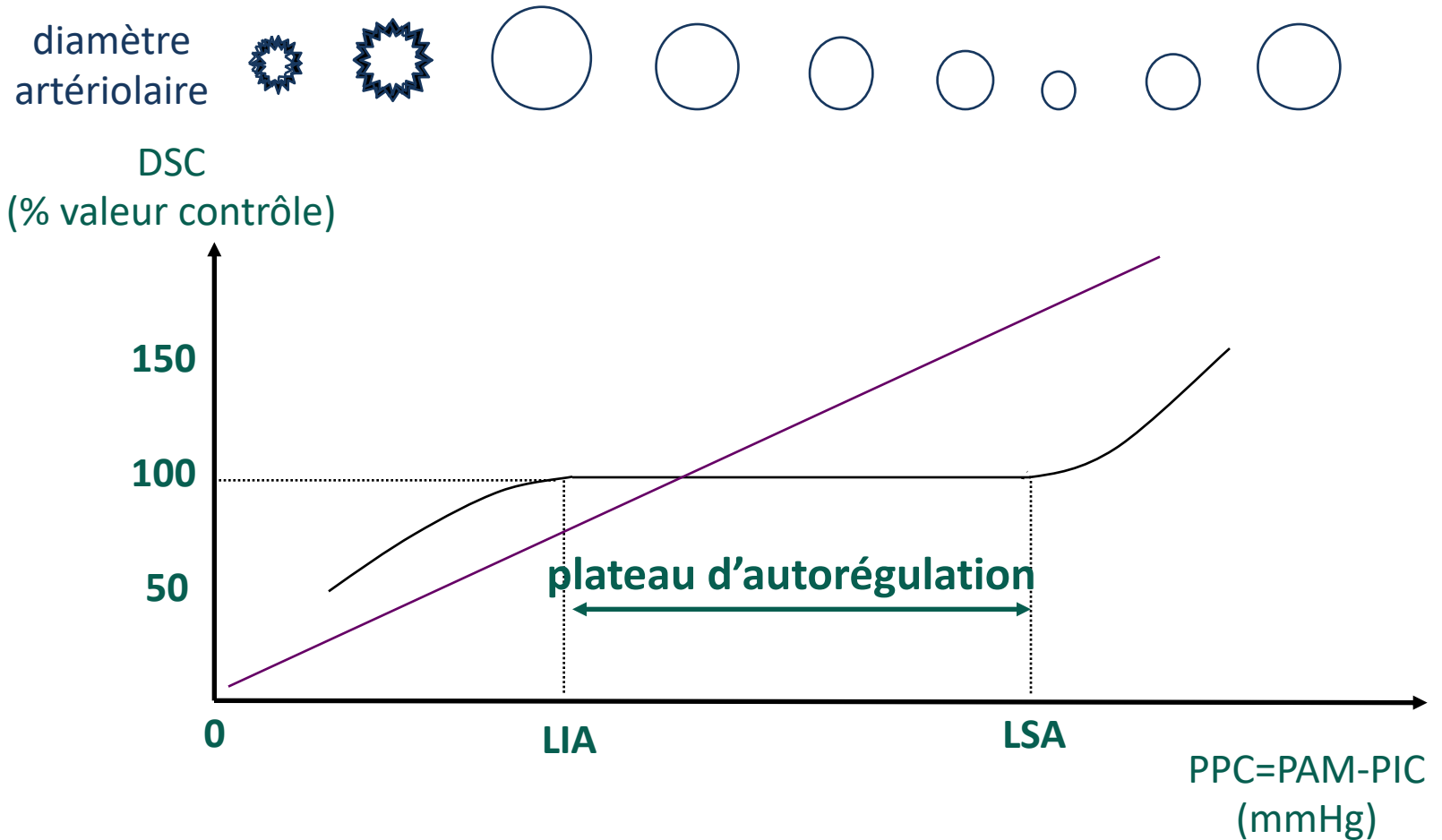
DSC

% valeur contrôle



PaCO₂
mmHg

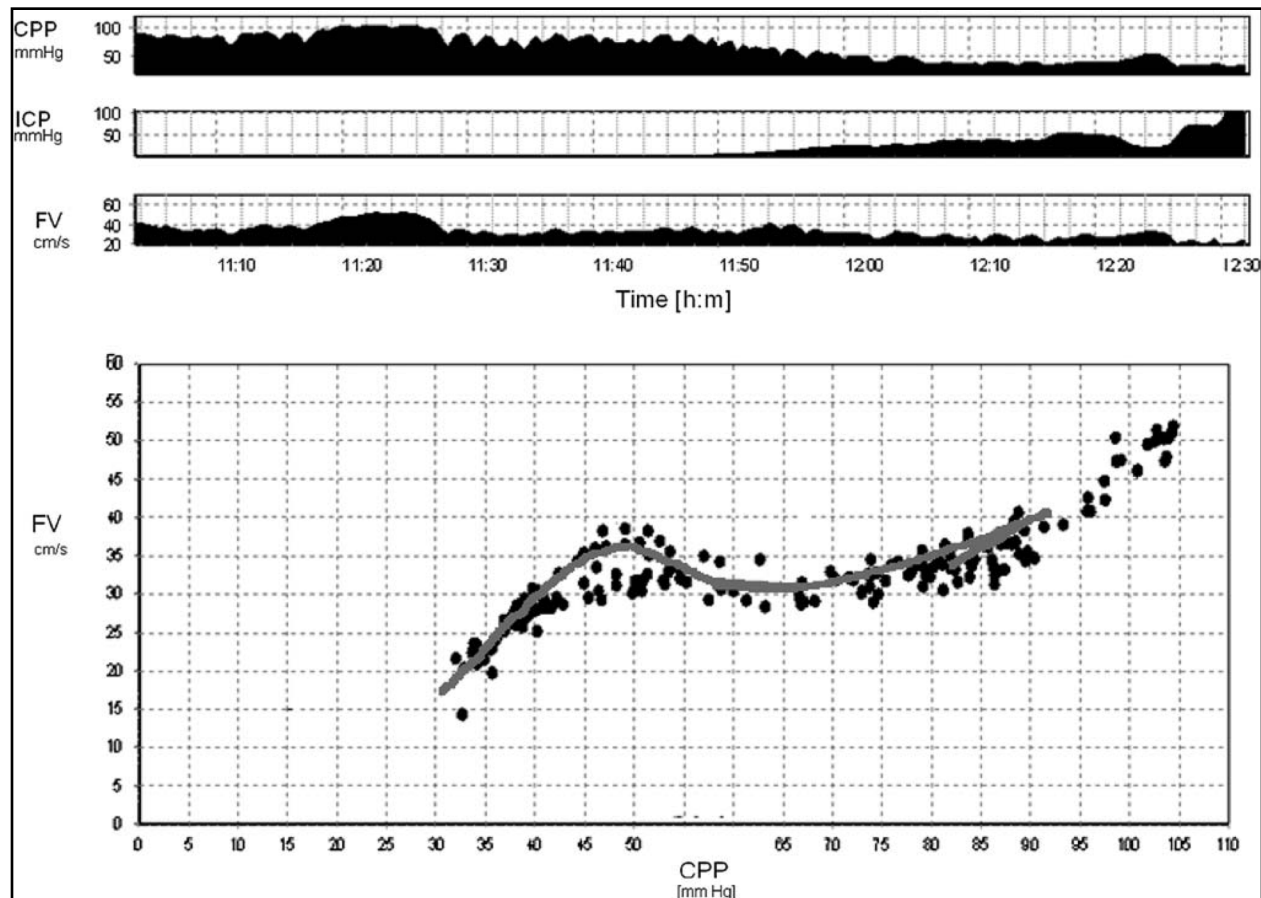
PA systémique / Autorégulation cérébrale



Autorégulation cérébrale

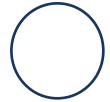
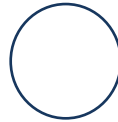
Doppler TB du lapin

HTIC : perfusion de S Phyl IT (lombaire)

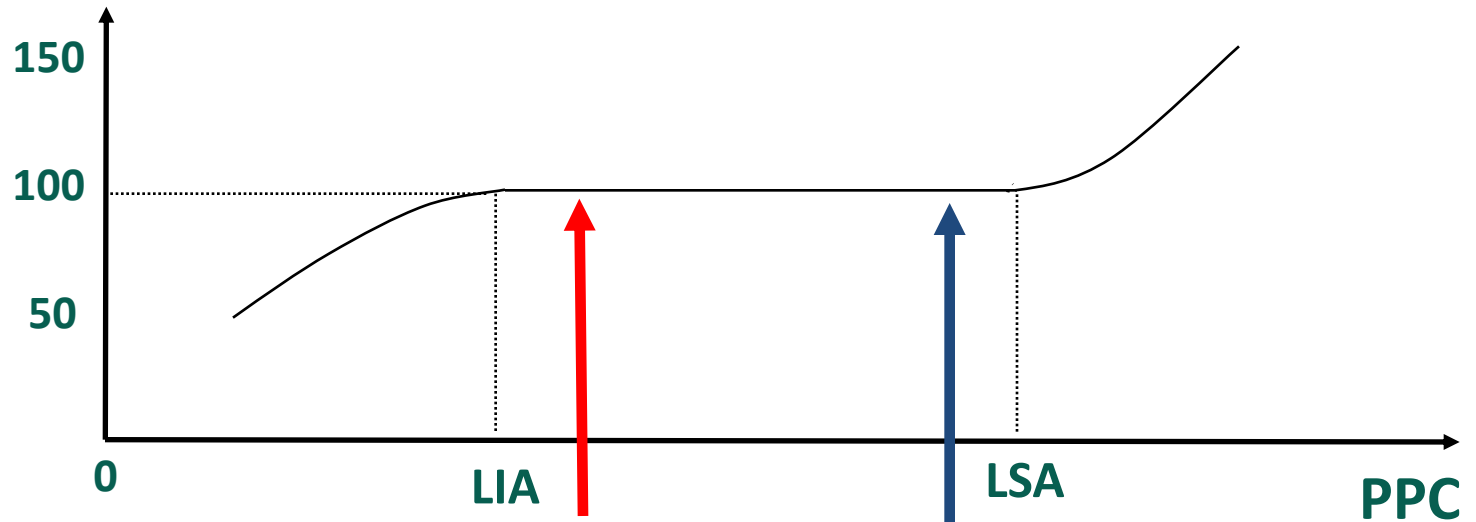


PPC optimale

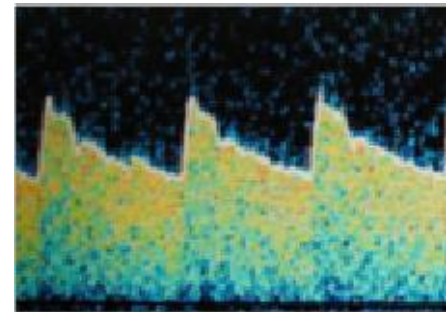
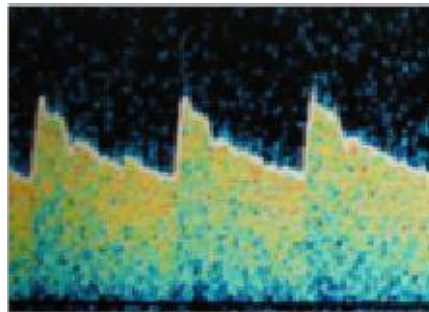
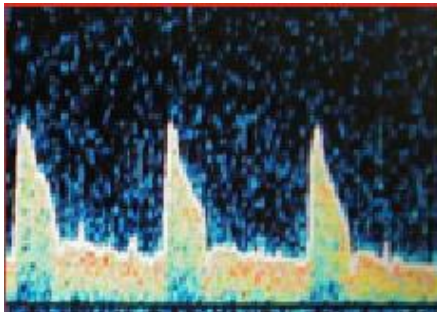
diamètre
artériolaire



DSC (% valeur contrôle)



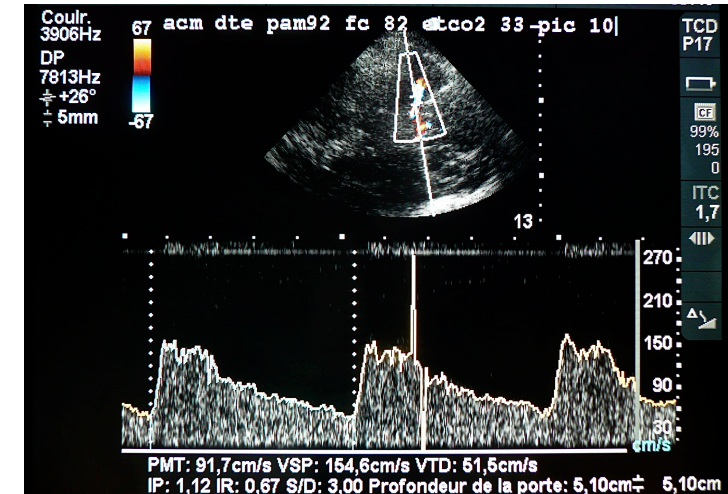
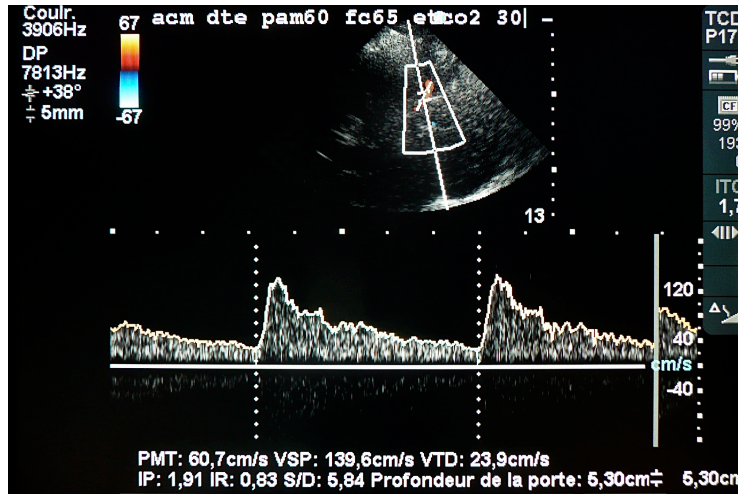
PPC optimale



Sous le plateau d'autorégulation

PIC 10 mmHg

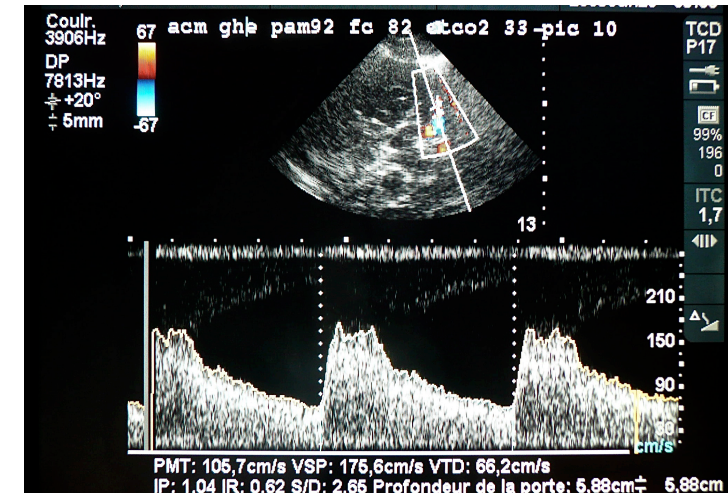
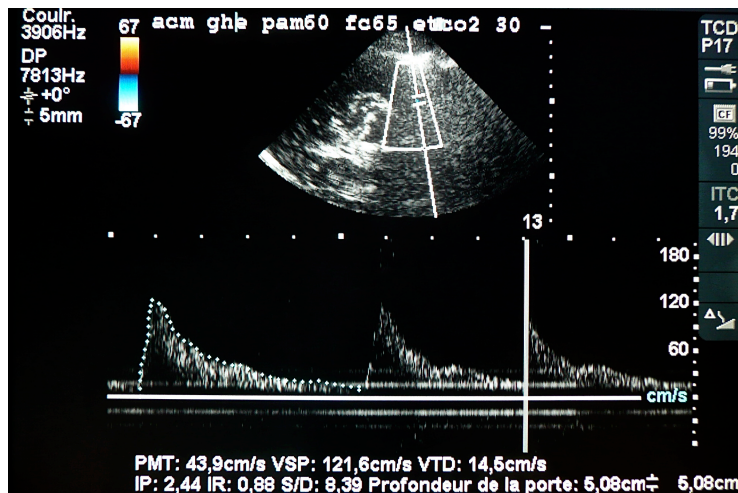
Dte



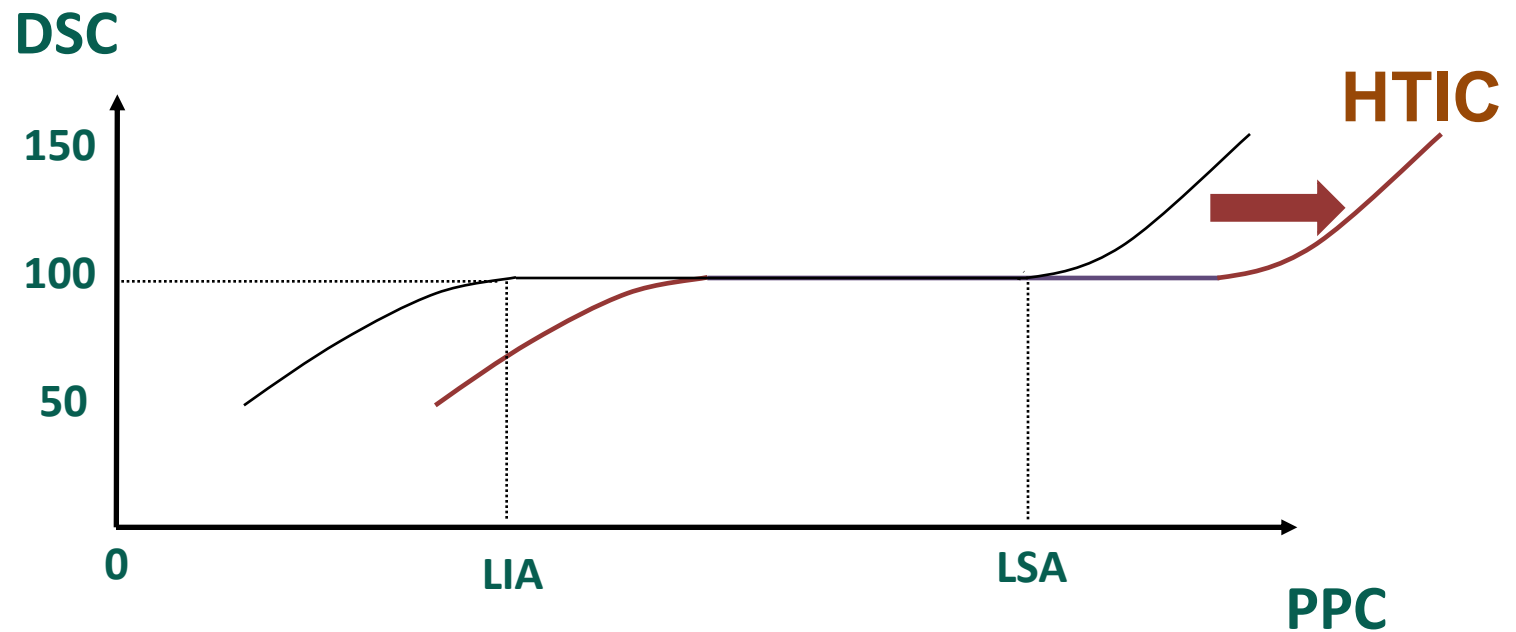
PAM 60 mmHg

PAM 92 mmHg

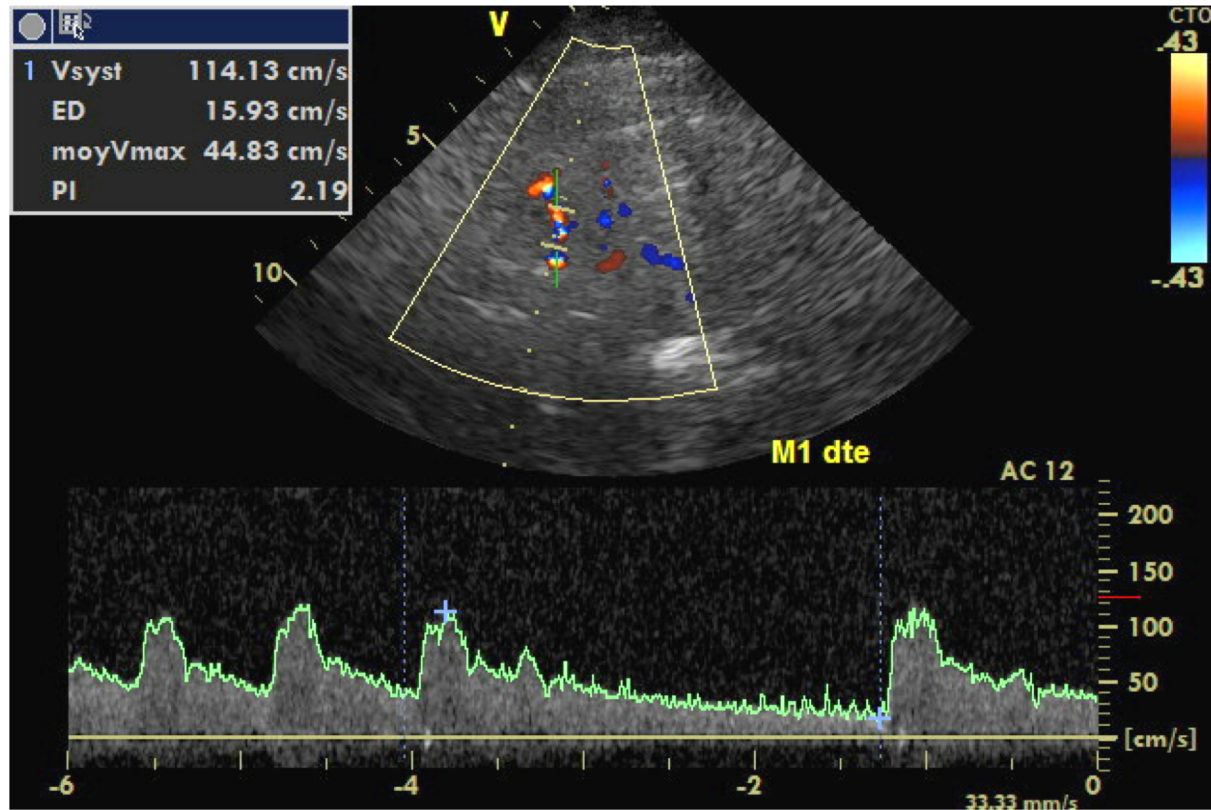
Ghe



Limite Inférieure de l'Autorégulation ?



Bradycardie



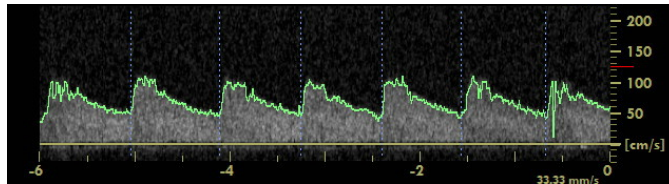
$$IP = \frac{Vs - Vd}{Vm}$$

Donc IP élevé : HTIC +++

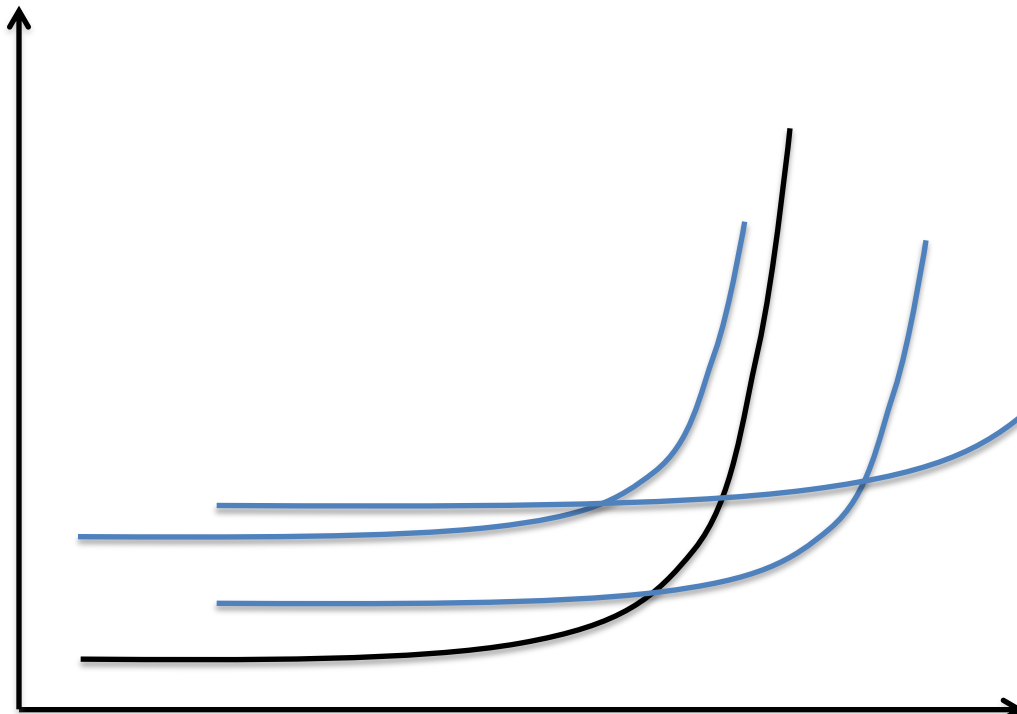
mais aussi

- hypoPA
- hypocapnie
- différentielle PA systémique élevée
- hypovolémie
- bradycardie

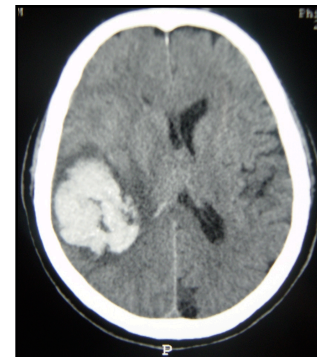
Conclusion



PIC
(mmHg)



Volume
(ml)



Post-test - 1

En doppler transcrânien :

- On examine essentiellement les artères sylviennes
- Le paramètre le plus pertinent est la vélocité systolique
- On mesure un débit artériel
- La meilleure fenêtre acoustique est l'écaille temporale
- La correction angulaire n'est pas nécessaire

Post-test - 1

En doppler transcrânien :

- **On examine essentiellement les artères sylviennes**
- Le paramètre le plus pertinent est la vélocité systolique
- On mesure un débit artériel
- **La meilleure fenêtre acoustique est l'écaille temporale**
- La correction angulaire n'est pas nécessaire

Post-test - 2

Sont en faveur d'une hypertension intracrânienne :

- Une vélocité diastolique élevée
- Un index de pulsatilité élevé
- Une vélocité moyenne basse
- Une asymétrie droite / gauche
- Toutes les vélocités sont basses

Post-test - 2

Sont en faveur d'une hypertension intracrânienne :

- Une vélocité diastolique élevée
- **Un index de pulsatilité élevé**
- **Une vélocité moyenne basse**
- Une asymétrie droite / gauche
- Toutes les vélocités sont basses

Post-test - 3

Sont en faveur d'une sténose artérielle (athérome, vasospasme) :

- Une vitesse moyenne élevée au niveau de la sténose
- Une vitesse systolique « rabotée » en distalité de la sténose
- Un index de pulsatilité élevé
- Une asymétrie droite / gauche
- Toutes les vitesses sont élevées au niveau de la sténose

Post-test - 3

Sont en faveur d'une sténose artérielle (athérome, vasospasme) :

- **Une vitesse moyenne élevée au niveau de la sténose**
- **Une vitesse systolique « rabotée » en distalité de la sténose**
- Un index de pulsatilité élevé
- **Une asymétrie droite / gauche**
- **Toutes les vitesses sont élevées au niveau de la sténose**

