

---

# APPORT DES DOPPLERS TRANSCRANIENS DANS L'HYPERTENSION INTRA CRÂNIENNE

**DR CHAPALAIN XAVIER**

CHU BREST

DÉPARTEMENT D'ANESTHÉSIE-RÉANIMATION

SERVICE DE RÉANIMATION CHIRURGICALE - SOINS INTENSIFS DE NEUROCHIRURGIE

# PLAN

Principes  
des DTC

HTIC et  
DTC

Exemples  
pratiques



# DOPPLERS TRANSCRANIENS

# PRINCIPES US

- US = ondes mécaniques longitudinales créant des variations de pression le long d'un axe en fonction des propriétés élastiques du milieu.
- Doppler spectral :
  - Mesure de la vitesse et du sens du flux à partir d'un décalage de fréquence lié au déplacement d'un élément mobile ( $\Delta F = F_e - F_r$ )

$$\Delta F = 2 F_e V \cos \theta / c$$

$\theta$  = angle entre axe flux élément mobile et axe US

V : vitesse circulatoire élément mobile

C : célérité/ vitesse de propagation US dans tissu mou (1540m/sec)

$\cos 90^\circ = 0$  /  $\cos 0^\circ = 1$  ----- angle insonation / sous-estimation des vitesses

# POLYGONE DE WILLIS

- Circulation **antérieure** :

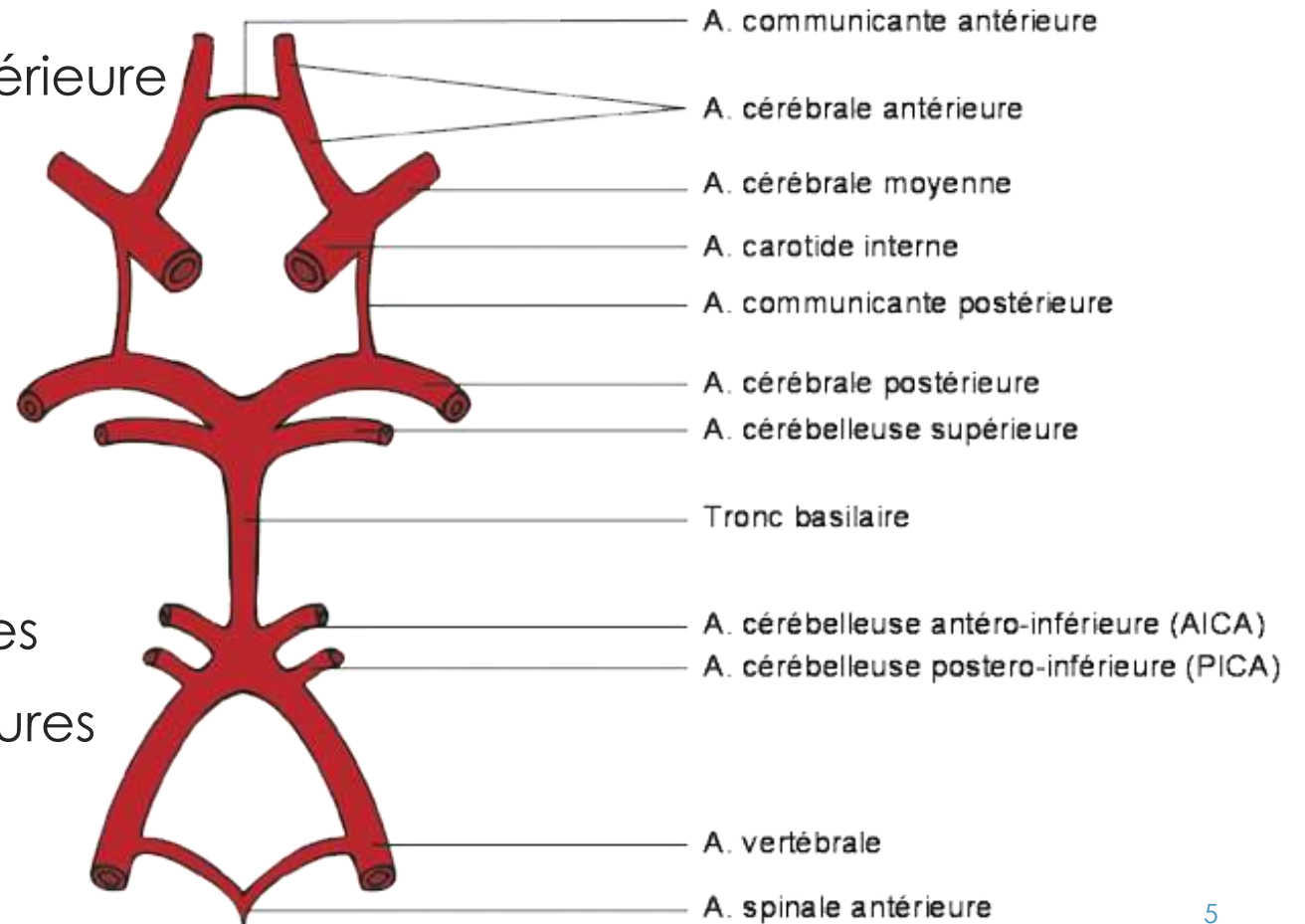
- Artères carotides internes
- Artères cérébrales : moyenne et antérieure

- Circulation **postérieure** :

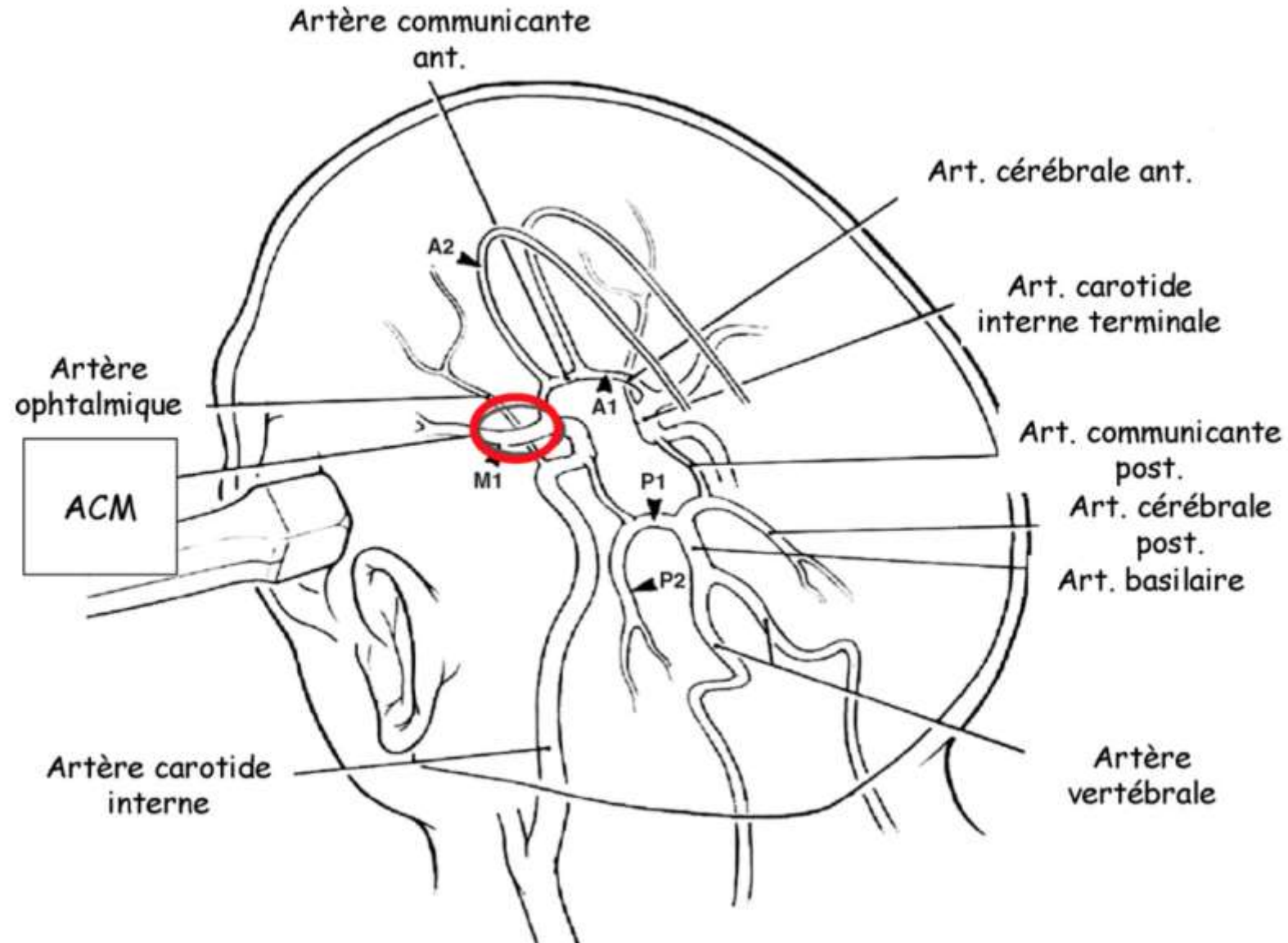
- Artères vertébrales -> artère Basilaire
- Artères cérébrales postérieures

- Réseau de suppléance : Communicantes

- Antérieure : entre Cérébrales Antérieures
- Postérieures : entre ACI et ACP



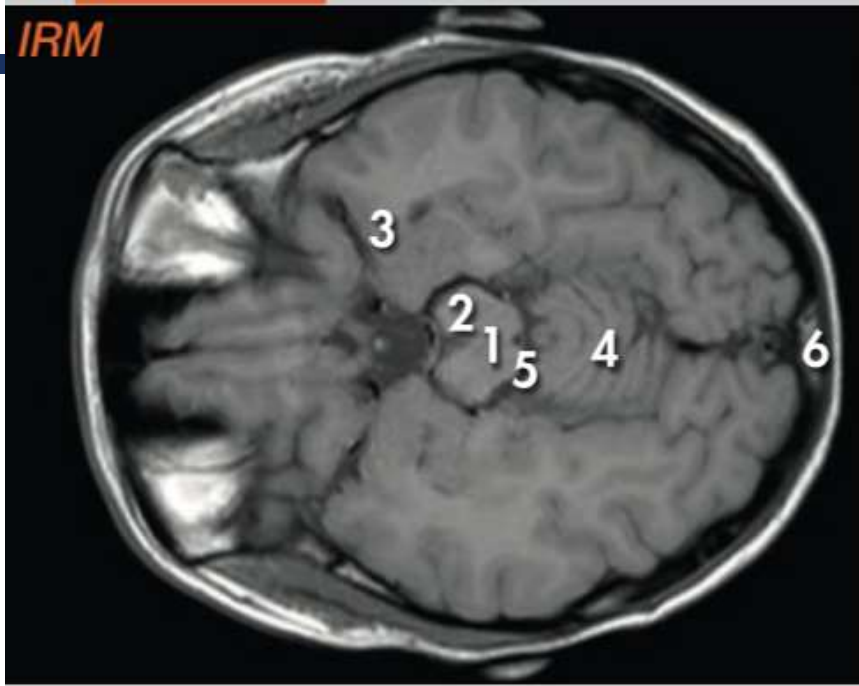
# VASCULARISATION CÉRÉBRALE



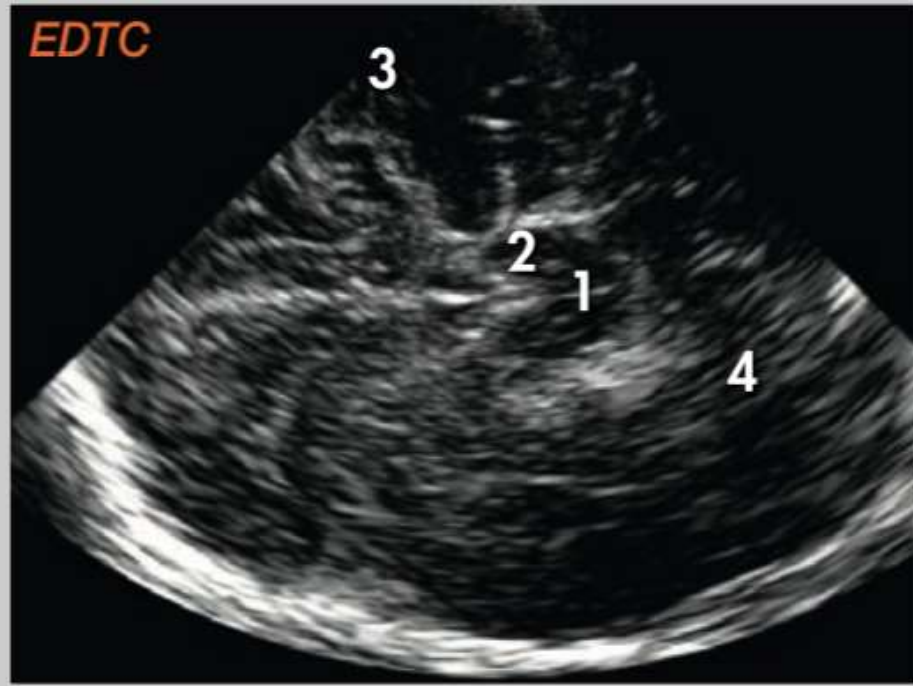
# SONO ANATOMIE

- Fenêtre *temporale* : ligne reliant le tragus au canthus externe, au dessus de l'apophyse zygomatique
- Sonde perpendiculaire au plan cutané + angulation vers le haut (5-10°) + curseur vers le canthus externe
- Disparition de la fenêtre avec âge (F>H), épaisseur de la diploé (>5mm)
- Fenêtre orbitaire
- Fenêtre sous occipitale (foraminale) : exploration Art vertébrales et basilaire

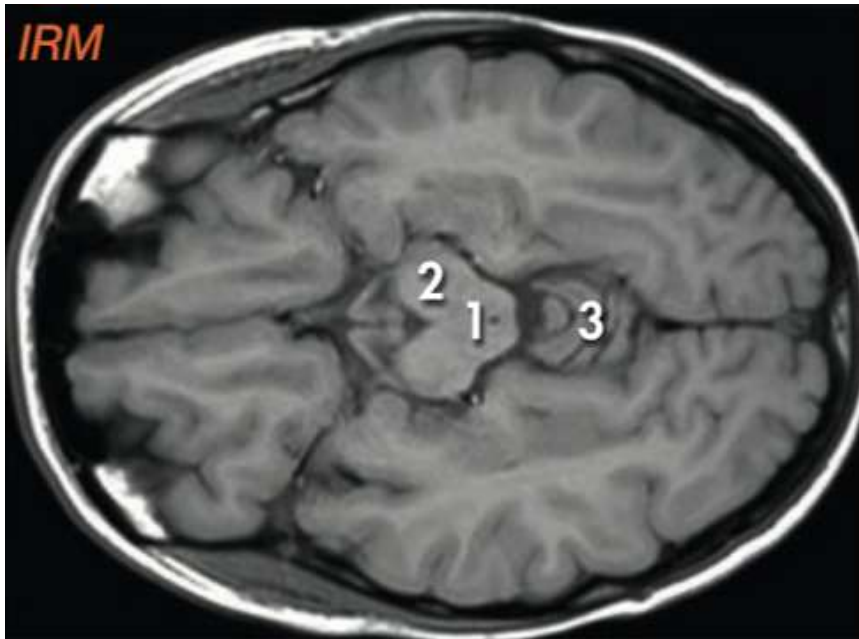
IRM



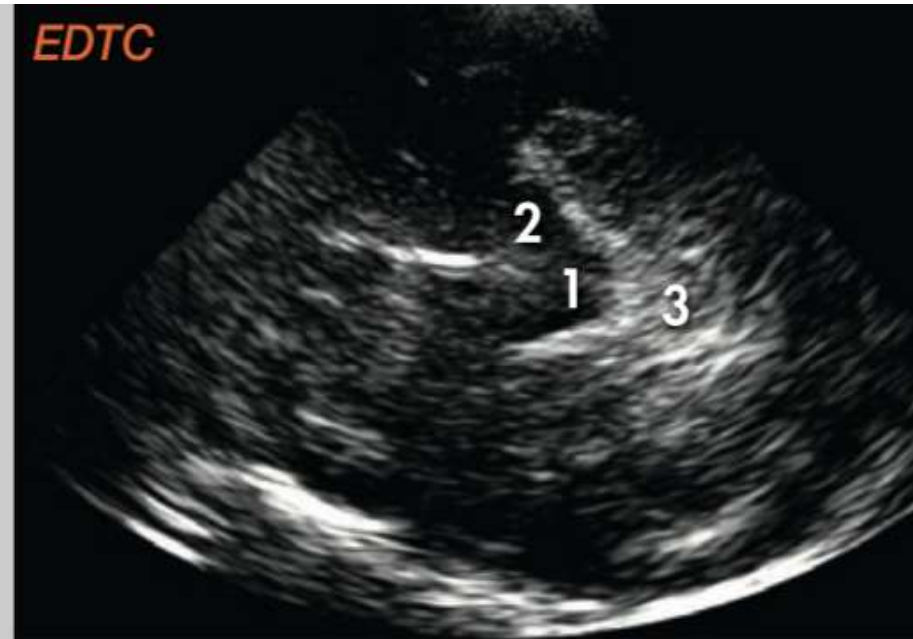
EDTC



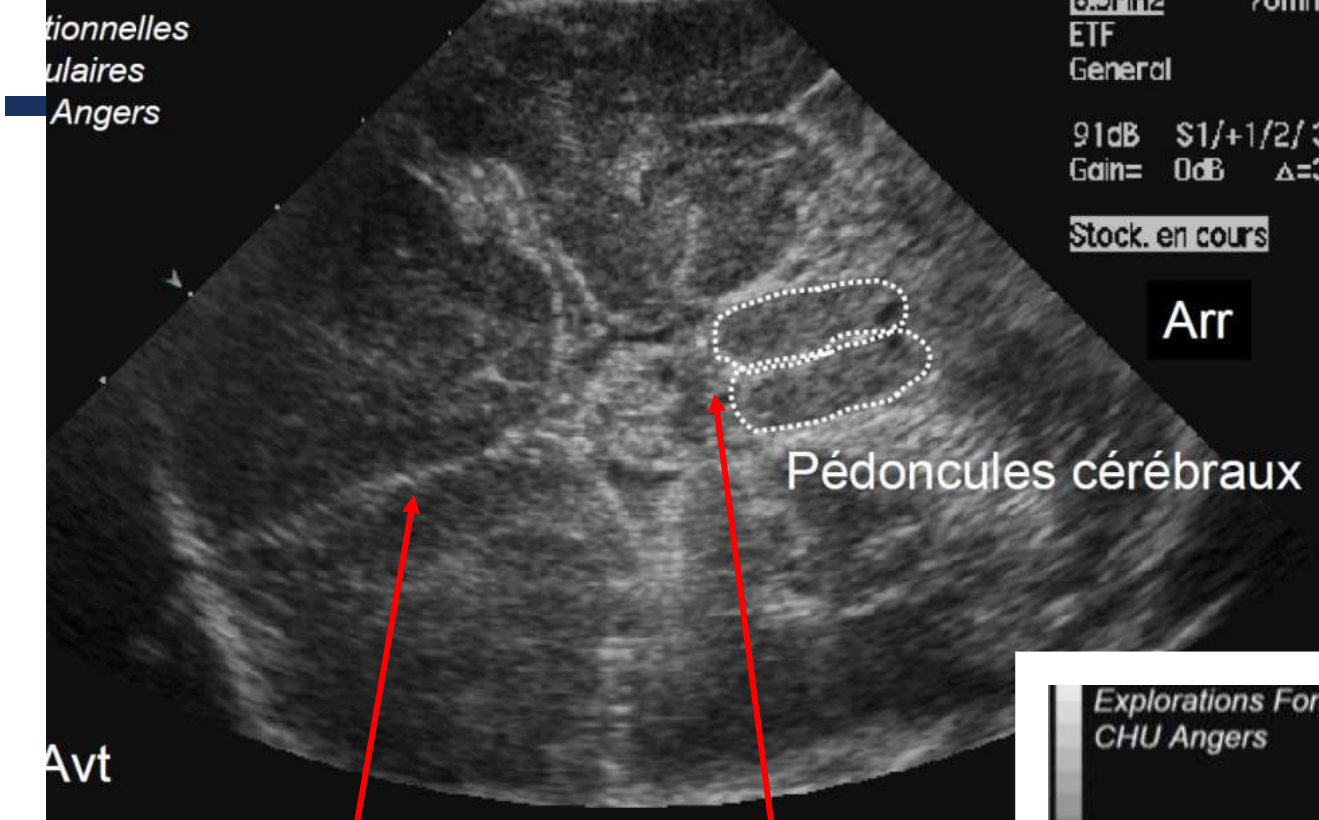
IRM



EDTC

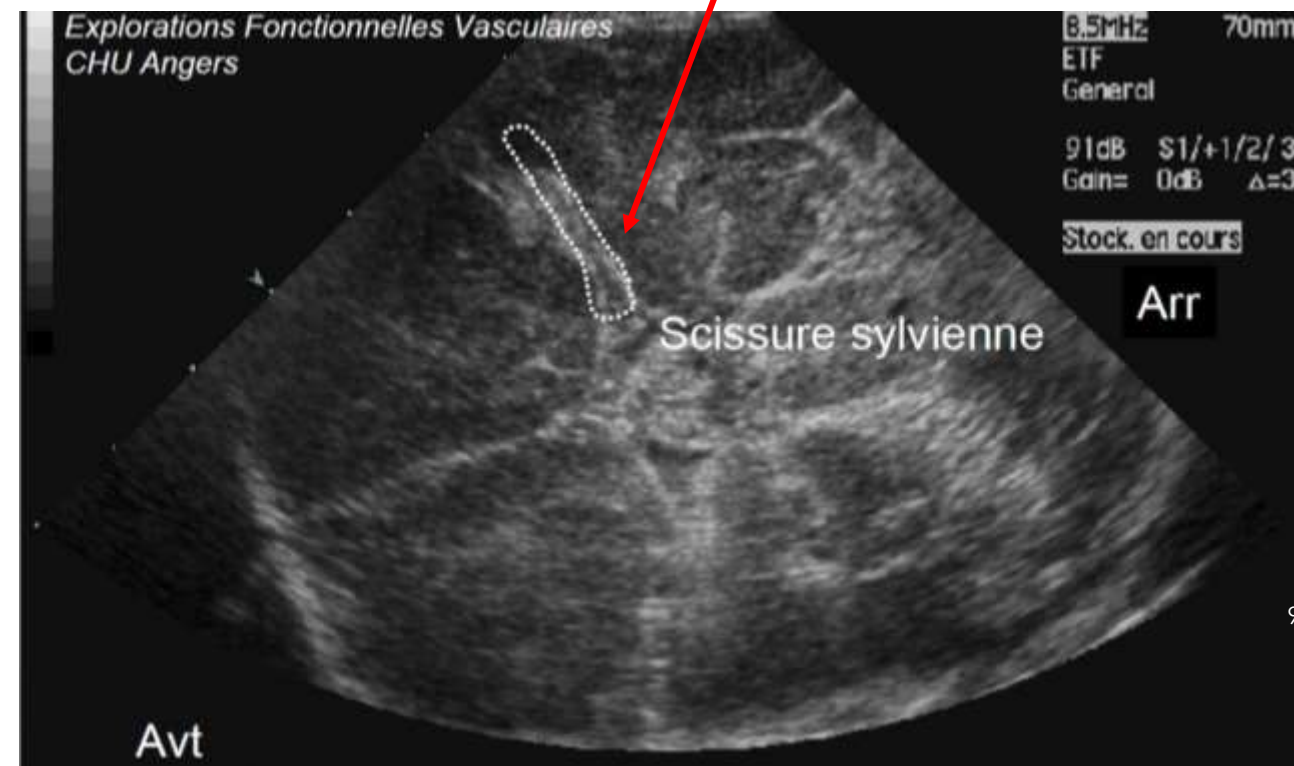






Faux du cerveau

Tronc basilaire



## EN PRATIQUE

---

Sonde basse fréquence, petite surface de contact (type sonde ETT)

---

Fenêtre temporelle

---

Repérage en 2D

---

Angulation (max 10°) pour repérer branche de division (ACM)

---

Doppler couleur (flux centrifuge et centripète)

---

Doppler pulsé (angle insonation <30°)

---

Mesure sur ACM (profondeur 35-45mm)

---

Segment M1 horizontal puis division (bi ou trifurcation) en M2 horizontal

---



# HYPERTENSION INTRACRÂNIENNE

# DÉFINITION HTIC



Pression intra crânienne  $> 20$  mmHg pendant 15min



Loi de Monroe-Kellie : le volume intra crânien (contenu) est constant, 3 compartiments

Parenchyme 80%

LCR 10-15%

Volume sanguin cérébral 5-10%

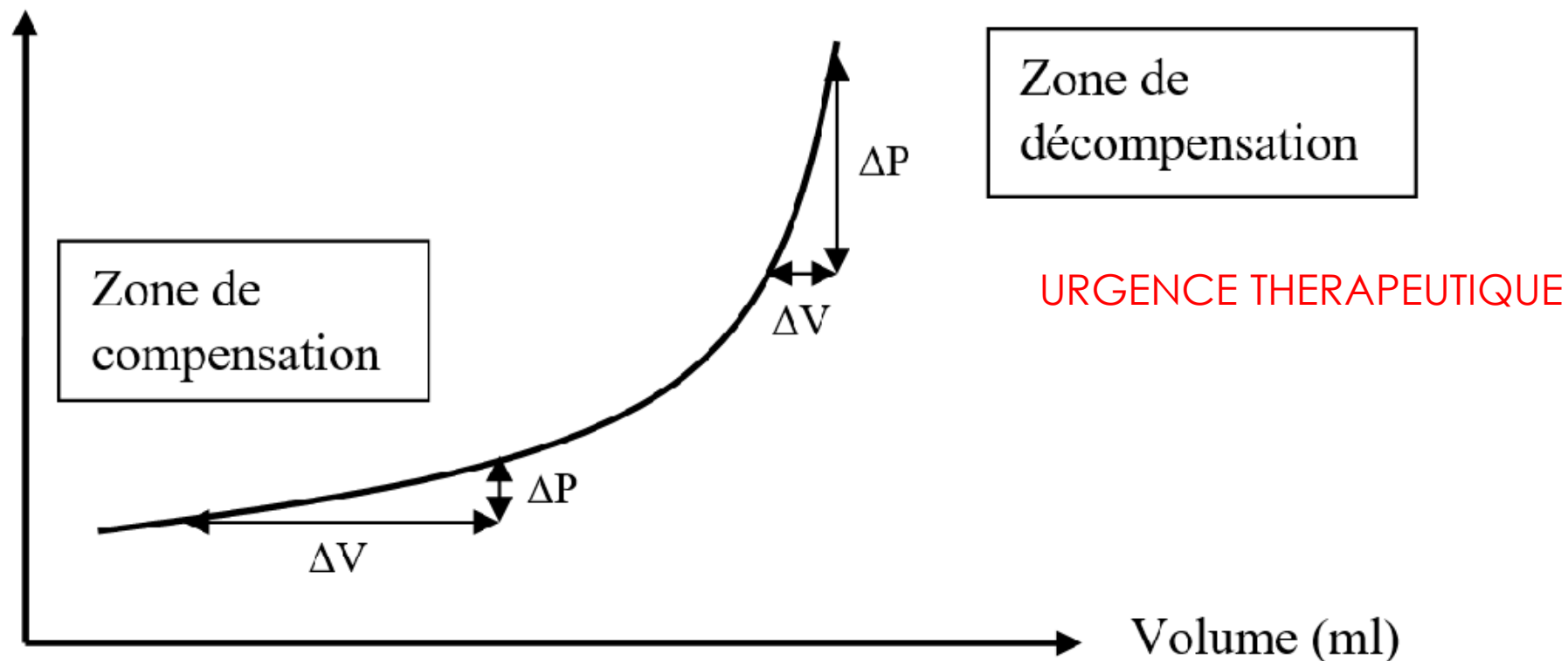


L'augmentation de l'un doit entrainer la diminution d'un/des autres en compensation pour maintenir la PIC à l'équilibre.

## COURBE P/V DE LANGFITT

Dépassement mécanismes adaptatifs

- l'augmentation de la PIC va diminuer le DSC, risque engagement cérébral et décès.



# PERFUSION CÉRÉBRALE SUFFISANTE ?

- Question : le débit sanguin cérébral en situation d'augmentation de la pression (neurolésion) est-il suffisant pour assurer la perfusion cérébrale ?
- Insuffisant : risque ischémique et donc majoration des lésions / altération neuropronostique
- En l'absence de perfusion : réserves énergétiques 3min (inadéquation D/M)

## Outcomes :

Journal of trauma and acute care surgery 2022 bundle mortalité à J7 : utilisation DTC en neurotraumatologie (1/7) diminue la mortalité

Bénéfice neuro fonctionnel non déterminé ...

# EVALUATION DE LA PIC PAR DTC

- Evaluation de la PIC par DTC en valeur absolue : mauvaise (*Canac et al, Fluids Barriers CNS 2020, revue littérature*)

## **Etude IMPRESSIT 2 (2022) : prospective multicentrique (16) internationale, n= 262 patients / 687 mesures**

- Mesure PIC directe par capteur intra parenchymateux
- Calcul PIC via équation Czosnyka (1988) avec  $PPC = PAM - PIC$
- 3 temps : avant PIC / directement après / H2-H3
- Excellente VPN (>90%) pour 3 seuils (PIC 20, 22 et 25)
- Seuil optimal à 20,5 ICPTcd pour exclure HTIC avec Se 70% et Sp 72% , ROC auc 76%
- Applicable chez patient neurolésé sans PIC ?

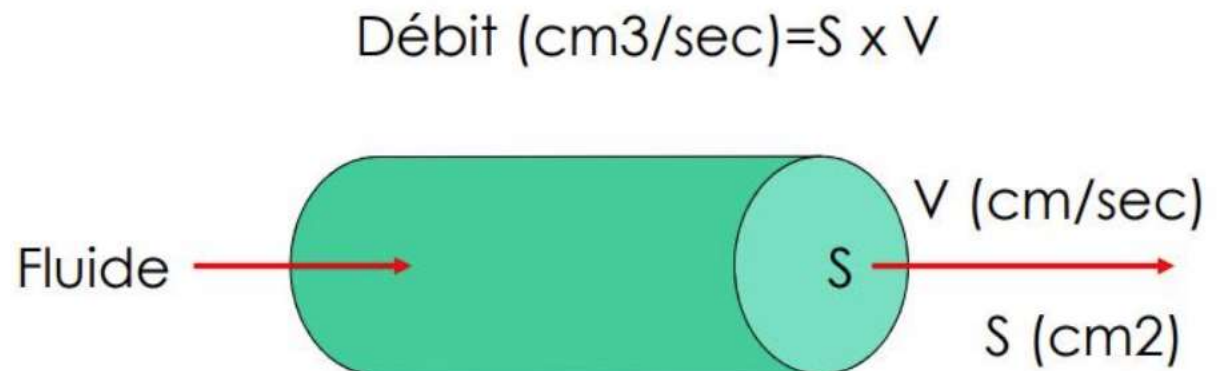
# EVALUATION DE LA PPC PAR DTC

- *PIC n'est pas un reflet fiable de la perfusion cérébrale*
- Nécessité d'un monitoring macro circulatoire par **les dopplers transcraniens**  
Corrélation entre Vitesses circulatoires et PPC
  - Czosnyka et al, J Neurosurg 1988 :  $PPCe = (PAM \times VD) / Vm + 14$
  - Bellner et al, Surg Neurology 2004 :  $PPCe = 89,646 - 8,258 \times IP$
  - Edouard et al, BJA 2005 :  $PPCe = (Vm / (Vm - VD)) \times (PAM - PAD)$

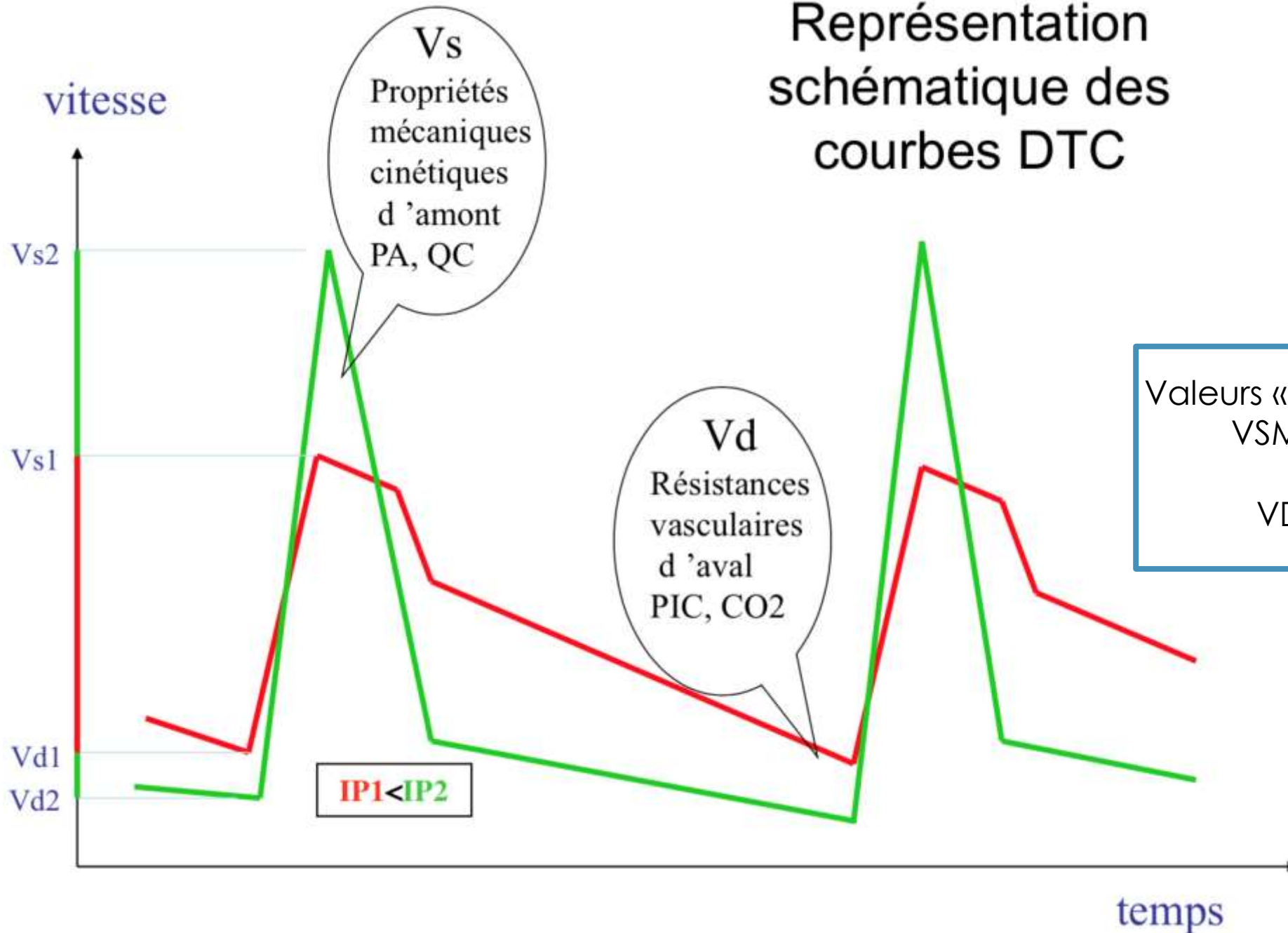


# MESURE DU DSC PAR DTC

- Mesure des vitesses corrélée au débit sanguin cérébral
  - Vitesses systoliques : propriétés cinétiques d'amont (PA, Qc)
  - Vitesses diastoliques : PIC / CO2 / Résistances d'aval
- Risque de sous-estimer vitesses (s'affranchir de l'angle d'insonation) :
  - Mesure de l'index de pulsatilité (IP)
  - $IP = V_{syst} - V_{diast} / V_{moy}$
  - Reflet de la compliance cérébrale



# Représentation schématique des courbes DTC



Valeurs « normales » ACM en M1  
VSM 110 +/- 20cm/sec  
VD 50 +/- 10cm/sec

# MÉCANISMES DE MAINTIEN DU DÉBIT SANGUIN CÉRÉBRAL

- ✓ Théorie **myogène** : « *autorégulation* »
  - Réactivité de la cellule musculaire lisse à une variation de pression dépendante de la PPC
- ✓ Théorie **métabolique, chimique, humorale**
  - Capnie / hypoxie /  $H^+$  /  $K^+$  et  $Ca^{2+}$
- ✓ Théorie **neurogène**
  - Innervation extrinsèque orthosympathique
- ✓ Théorie **endothéliale**
  - Forces de cisaillement / libération NO, PG, TXA
- Facteur rhéologique : Hématocrite

## Importance majeure de l'hémodynamique systémique

- Dans le maintien du DSC
- Dans le maintien de la perfusion cérébrale

# ALTÉRATION DE L'AUTORÉGULATION

- Agression cérébrale aigue (AVC coté lésé, HSA ...)
- Diabète
- HTA maligne
- SAOS
- HTA « chronique » -> plateau dévié vers la droite

*Immink, Stroke 2005*  
*Czosnyka, anesth anal 2003*

*Typell, Clin sci 2008*

*Immink, Circulation 2004*

*Nars, Eur J Neuro 2009*

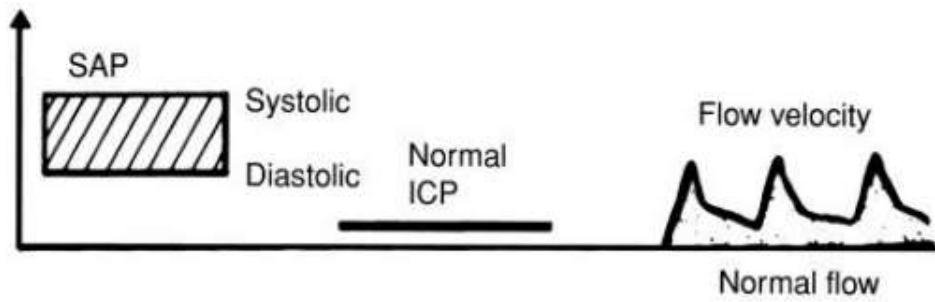
*Traon, J neuro Sci 2002*

# HTIC AU DTC

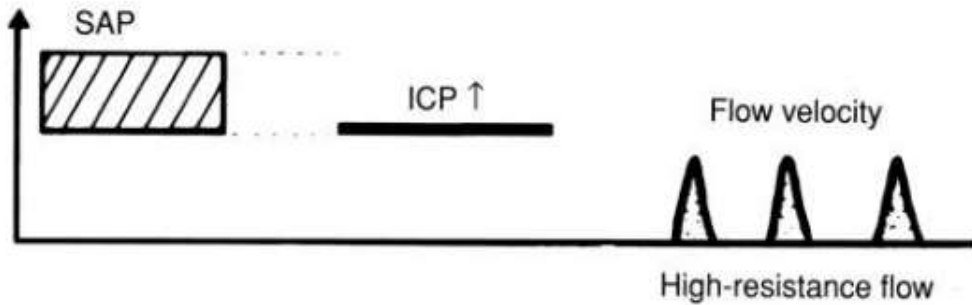
## RETENTISSEMENT PERFUSIONNEL

$IP > 1,4$  ( $>1,2$  : trouble de la compliance)  
 $VTD < 20 \text{ cm/sec}$

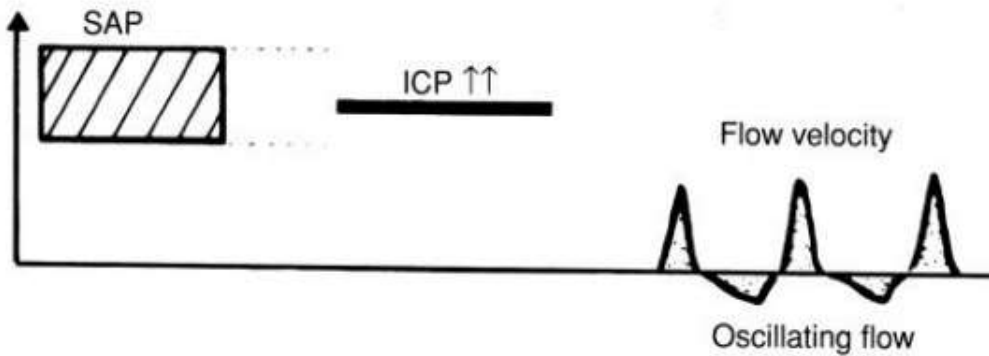
- PTM augmentée = augmentation RVC : diminution DSC
  - D'abord sur basses pressions (VD) puis si PIC très élevée : arrêt circulatoire total
- si VTD basses :
  - bradycardie ? Temps diastolique augmenté
  - Oligémie systémique ? VSM basses et IP normal (Résistances vasculaires cérébrales normales)
- IP augmentés chez patient hypertendu



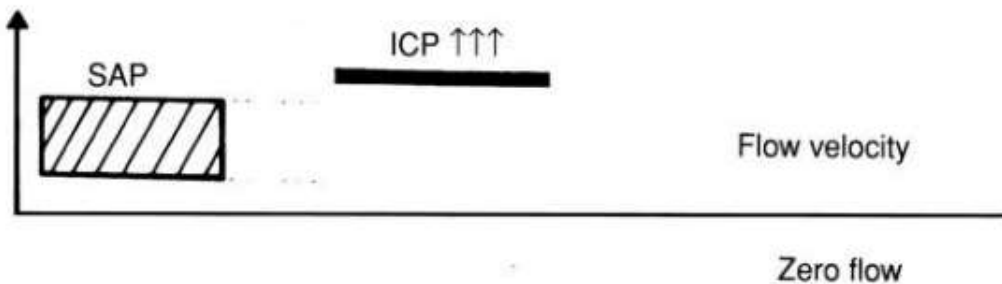
$PIC < P_{perfu\ diasto}$



$PIC = P_{perfu\ diasto}$



$PIC > P_{perfu\ diasto}$   
Flux pendulaire




$PIC > P_{perfu\ systo}$   
Arrêt circulatoire

# QUE FAIRE SI DTC PATHOLOGIQUES

- Gestion des ACSOS
  - Hémodynamique systémique : ETT (dysfonction systolique, hypovolémie), bradycardie (dobutamine, isoprénaline)
  - Monitoring du CO<sub>2</sub> expiré et artériel : modification de la ventilation minute
  - Hyperthermie ? ( $1^{\circ}\text{C} = 3\text{mmHg}$  de CO<sub>2</sub>)
- Insuffisant ? Douteux ?
  - TDM cérébrale : recherche nouvelle lésion (TDM précoce)
- Préhospitalier : osmothérapie
  - Sérum salé hypertonique (6-8g/20min) conditionnement 2g/10mL
  - Mannitol ? Effets adverses sur diurèse osmotique et risque hypovolémique
  - Effet rebond ! Traitement symptomatique de courte durée : permet de gagner du temps pour TDM / BO

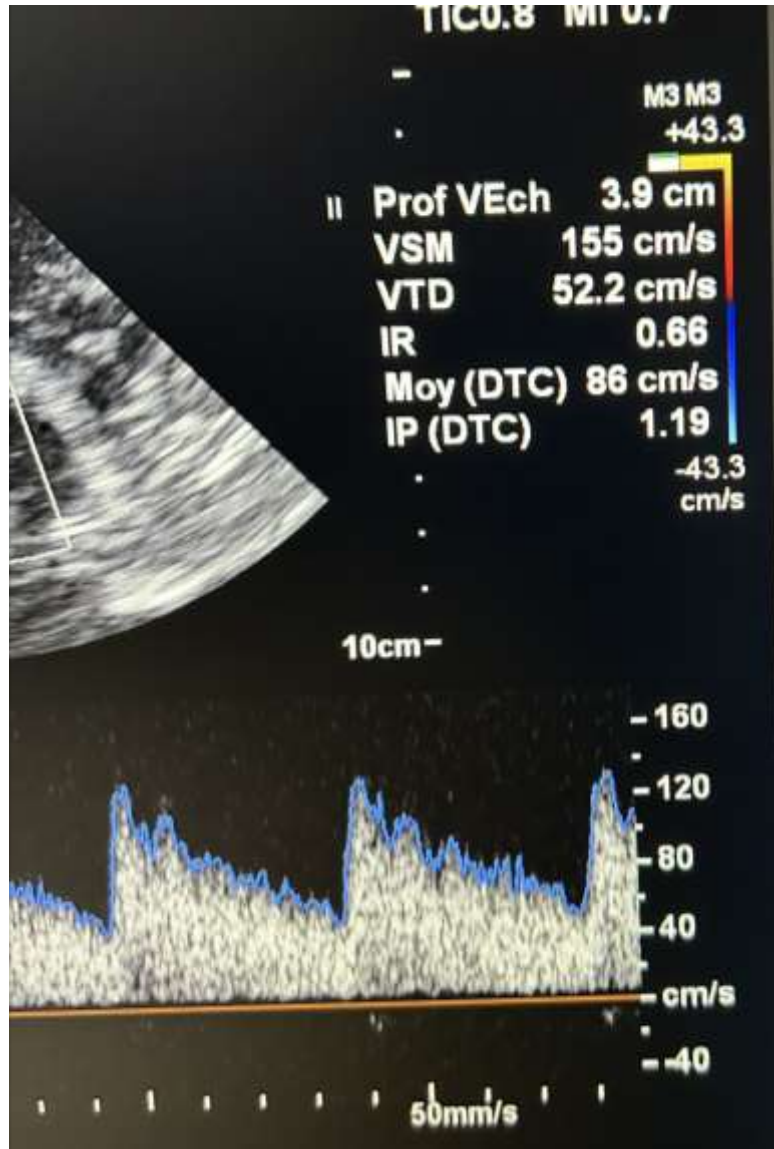


# EXEMPLES D'APPLICATION

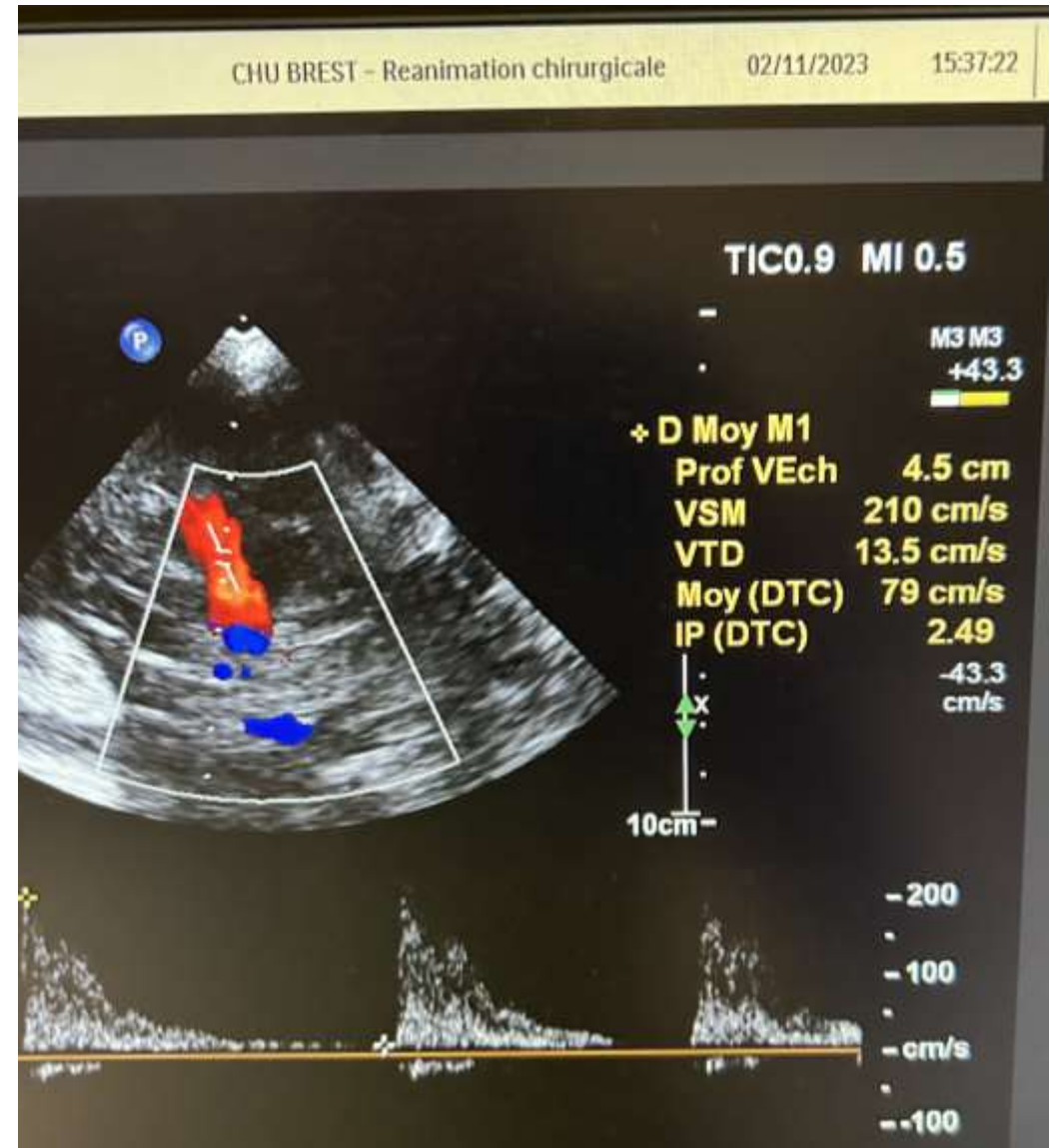




# EXEMPLE 1 : DVE BOUCHÉE HIV / HTIC PIC + DTC



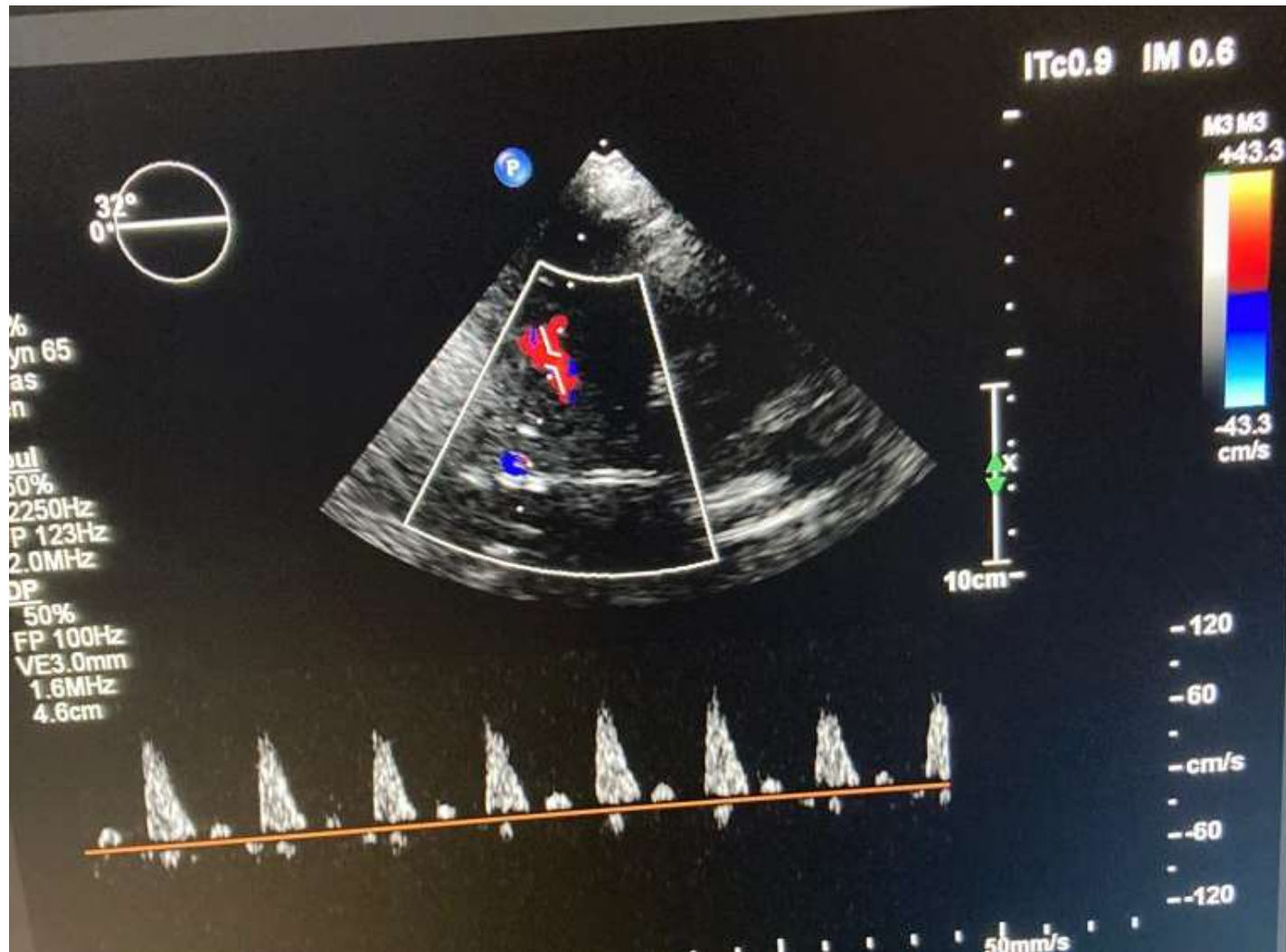
Actilyse



1h Après Actilyse

# EXEMPLE 2

- Homme 38 ans TCG / HTIC réfractaire sous neurosédation max/DVE/CCT 33°C
- PIC 18

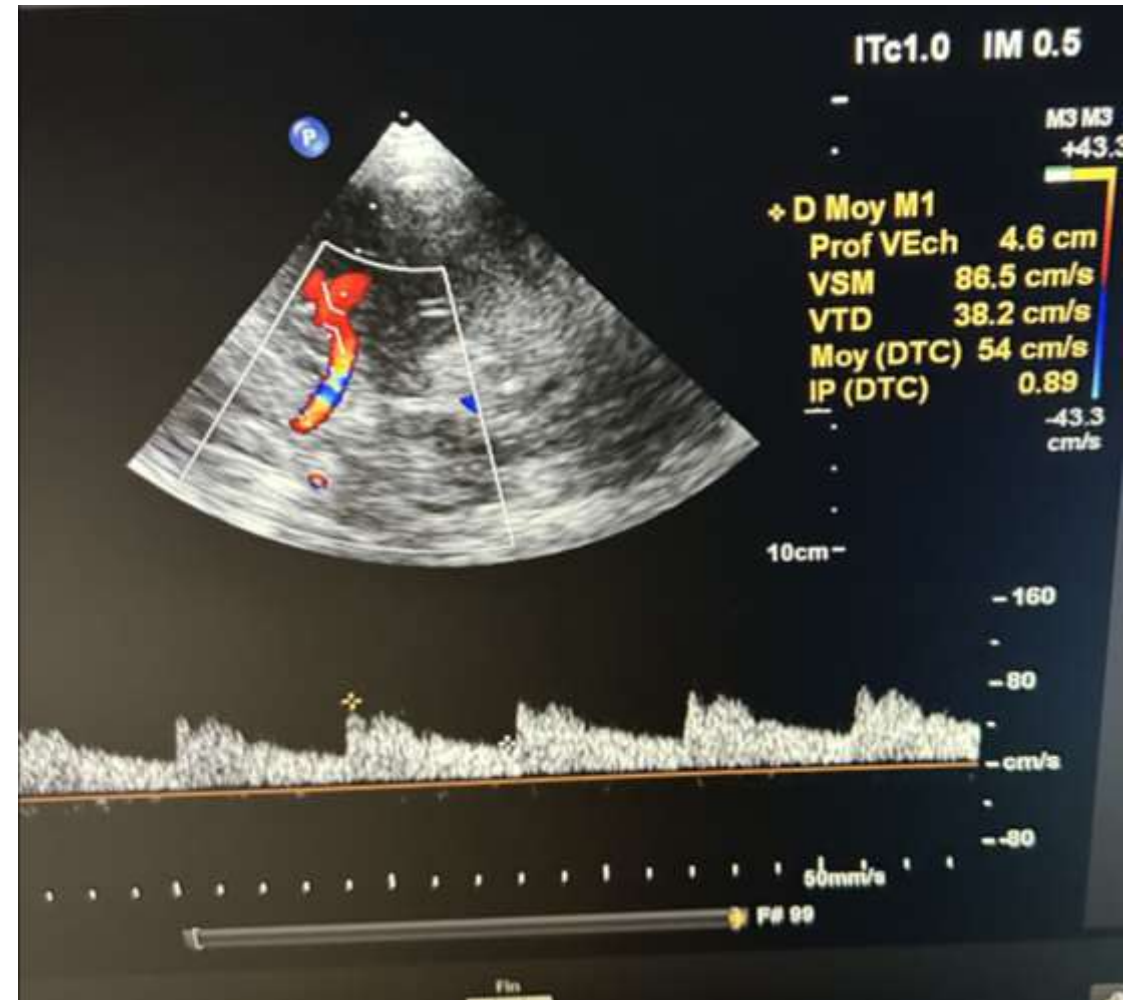


PAM 100  
PPC préservée  
PaCO<sub>2</sub> 35mmHg

Discordance DTC et PIC



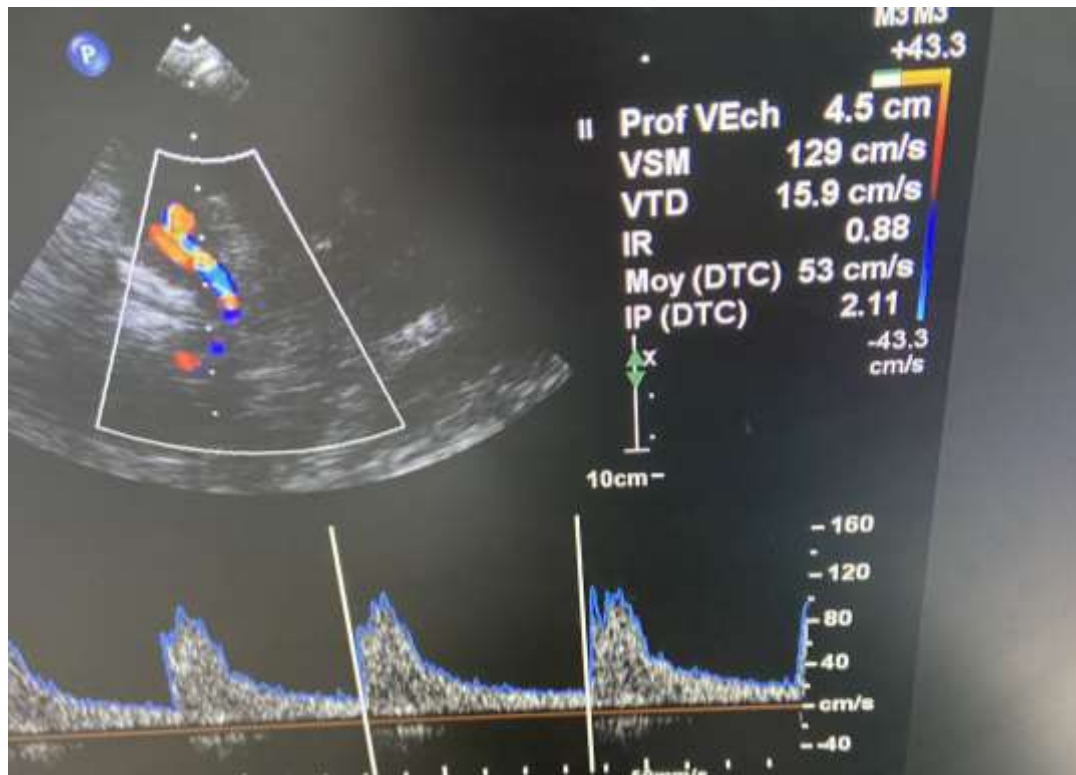
PIC extra parenchymateuse



PIC/DVE 60mmHg à la pose

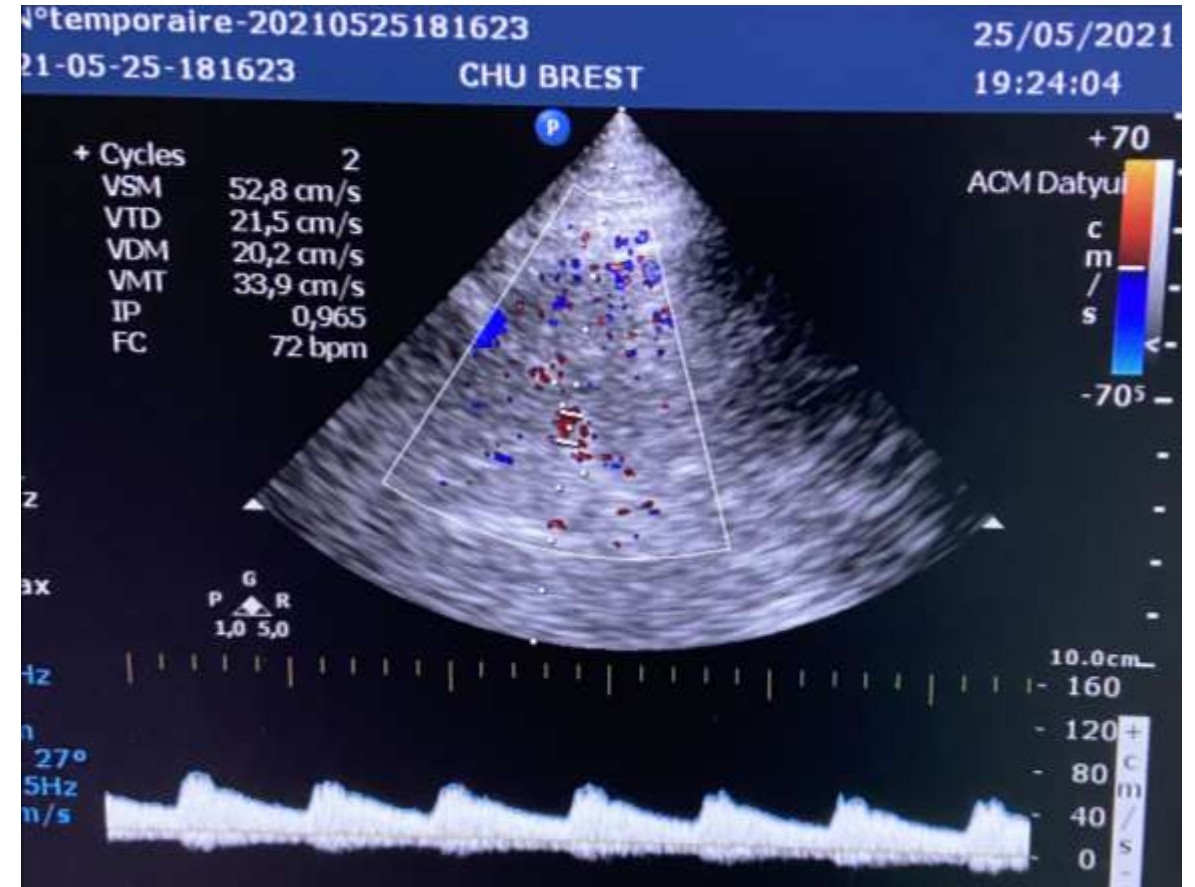


## AUTRES CAS...



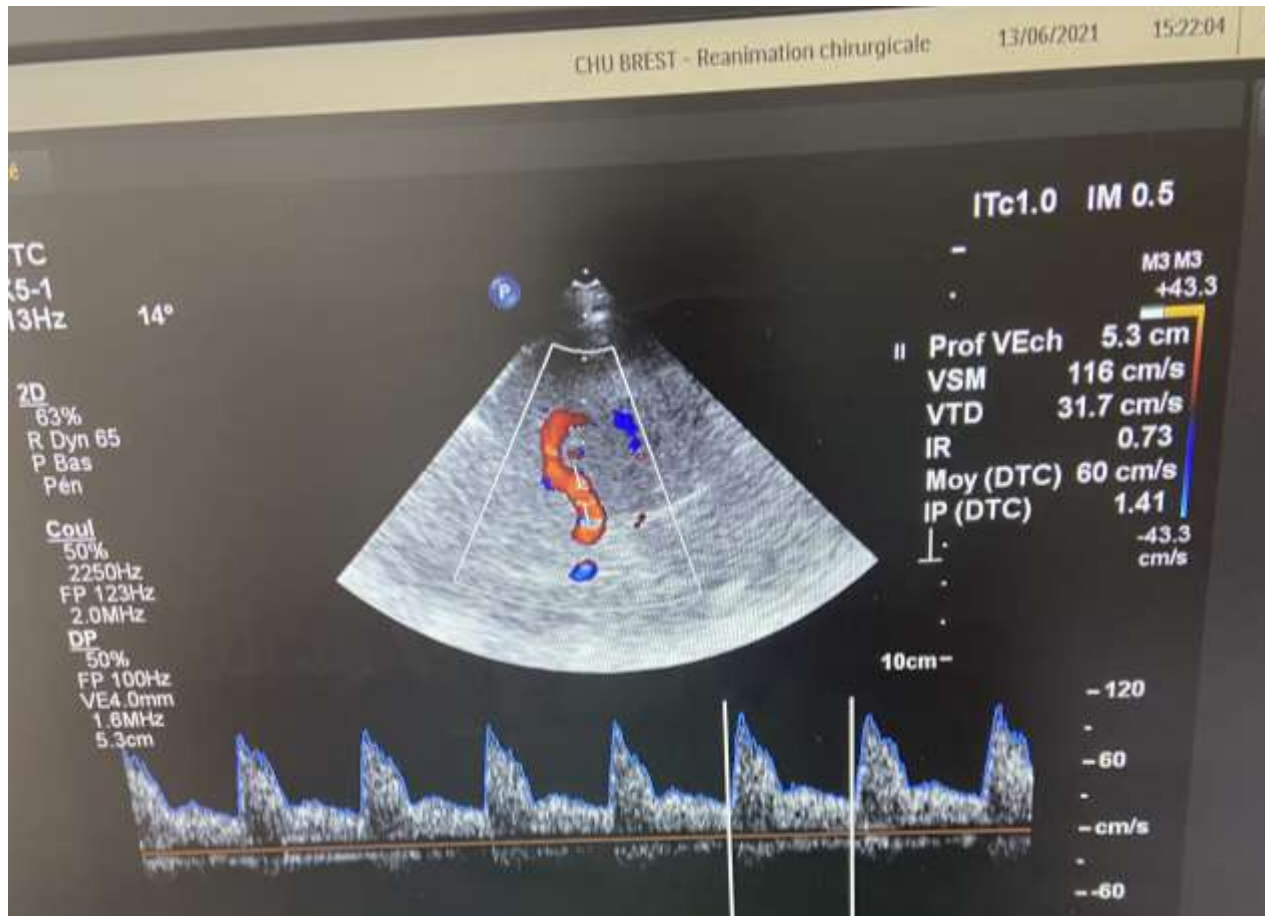
VTD < 20  
VSM maintenues  
IP > 1,4

} HTIC

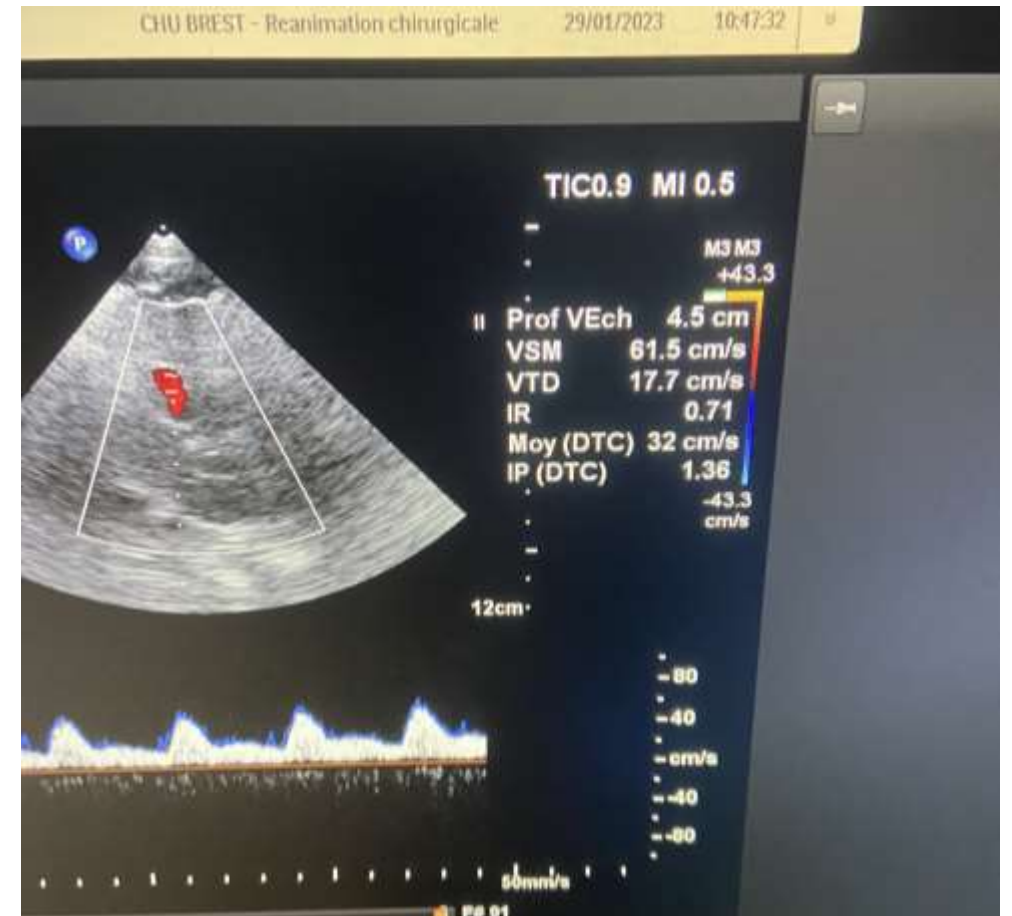


VTD abaissées  
VSM basses  
IP normal

} Oligémie systémique

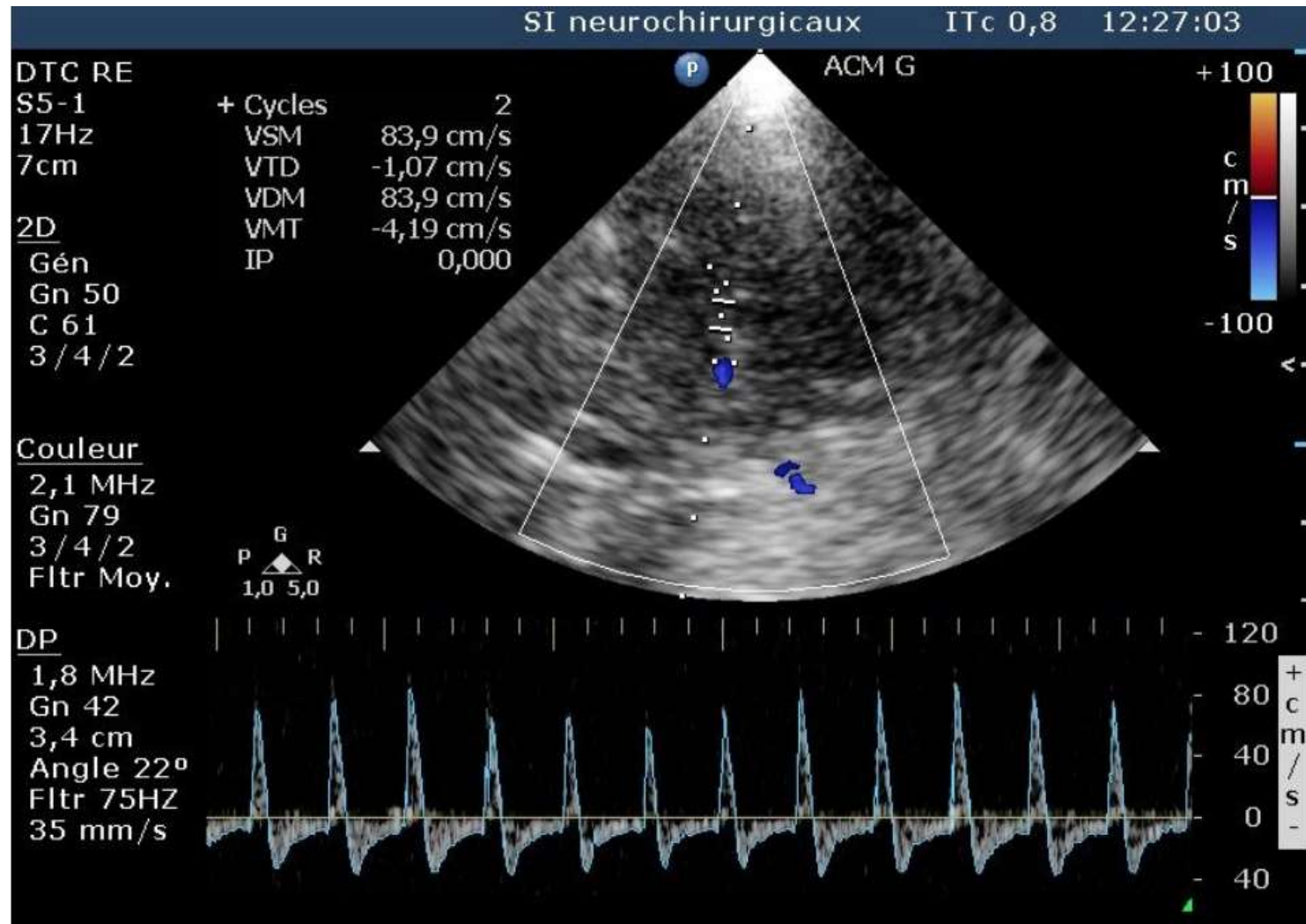


Trouble de compliance



Olighémie cérébrale  
VTD < 20cm/sec

# BACKFLOW / REVERSE FLOW



# MESURE DU DSC PAR DTC

## Intérêt en situation pathologique :

- Pré hospitalier et en réanimation/USC
- Adapter nos thérapeutiques
- Recherche du plateau d'autorégulation « optimal »
- Dépister une oligémie cérébrale
- Diagnostic positif du vasospasme dans HSA anévrysmale

## A interpréter en fonction des déterminants du DSC :

- CO<sub>2</sub> / PAM / FC (bradycardie augmente temps diastolique)

MERCI DE VOTRE ATTENTION

**Des questions ?**

contact  [xavier.chapalain@chu-brest.fr](mailto:xavier.chapalain@chu-brest.fr)