
APPORT DES DOPPLERS TRANSCRANIENS DANS L'HYPERTENSION INTRA CRÂNIENNE

DR BELLEVILLE TONY

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 ($\Delta F = F_e - F_r$)

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

θ = angle entre axe flux élément mobile et axe US

V : vitesse circulaire 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** :

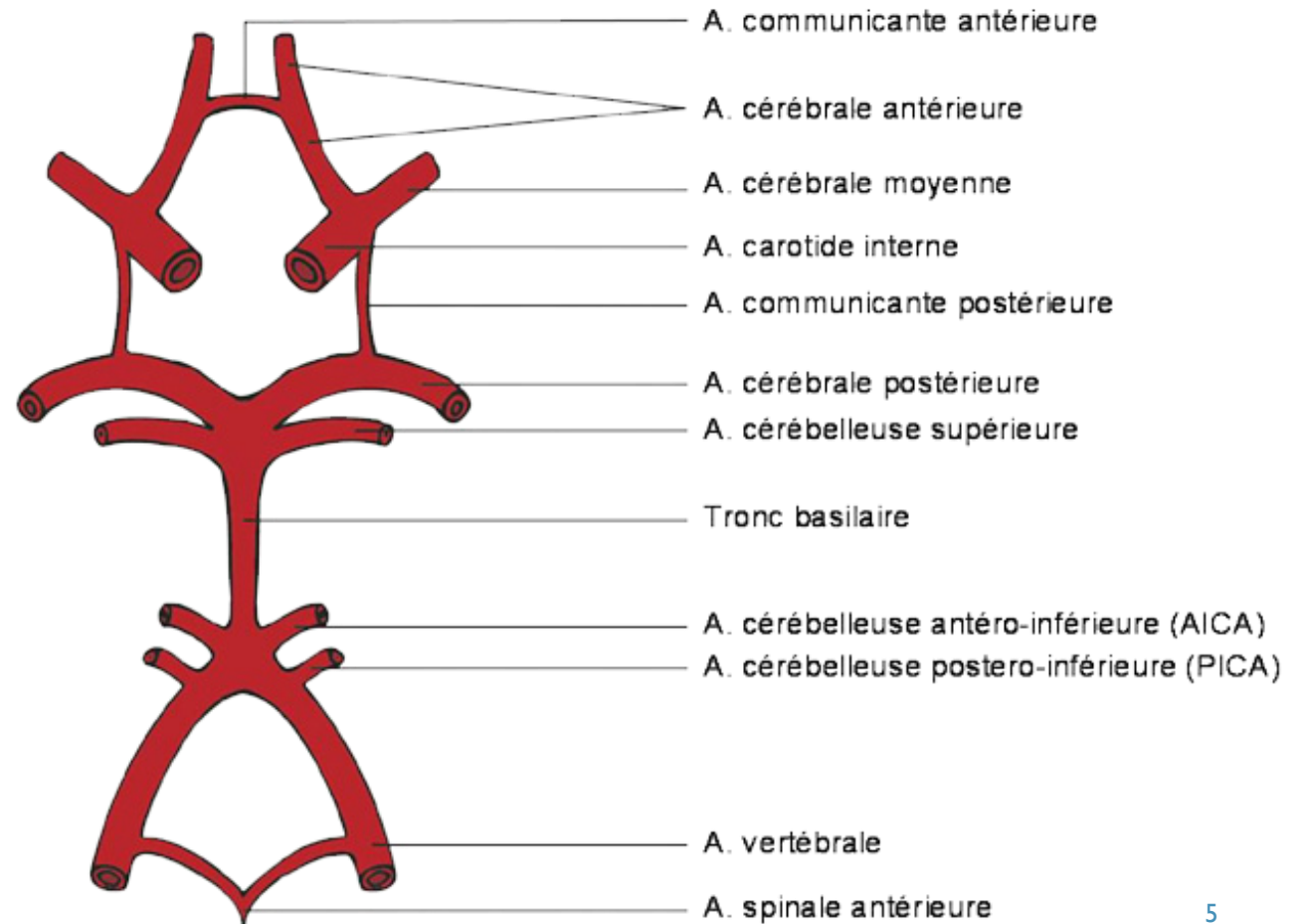
- Artères carotides internes
- Artères cérébrales : moyenne et antérieure

■ Circulation **postérieure** :

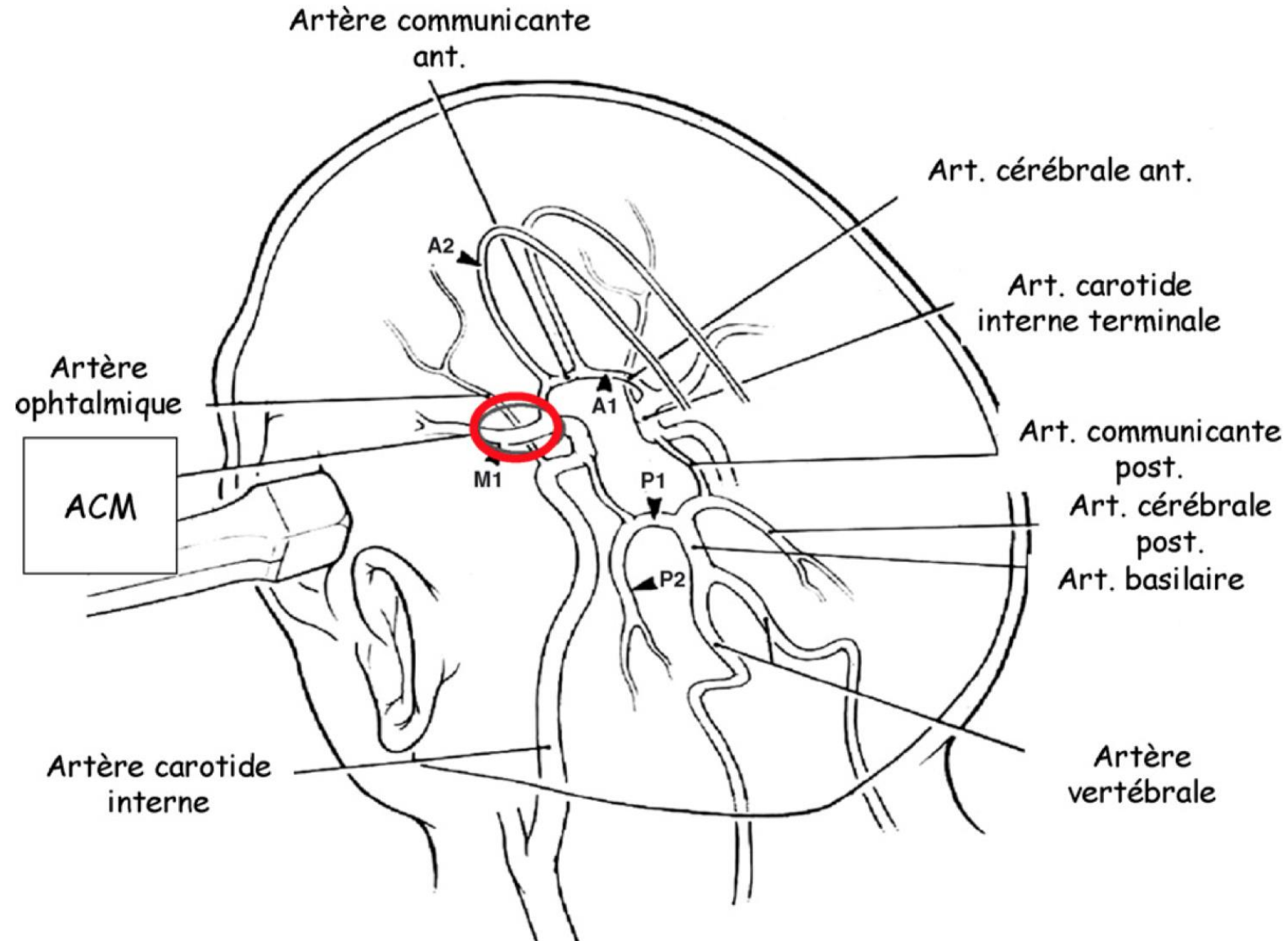
- Artères vertébrales -> artère Basilaire
- Artères cérébrales postérieures

■ Réseau de suppléance : Communicantes

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



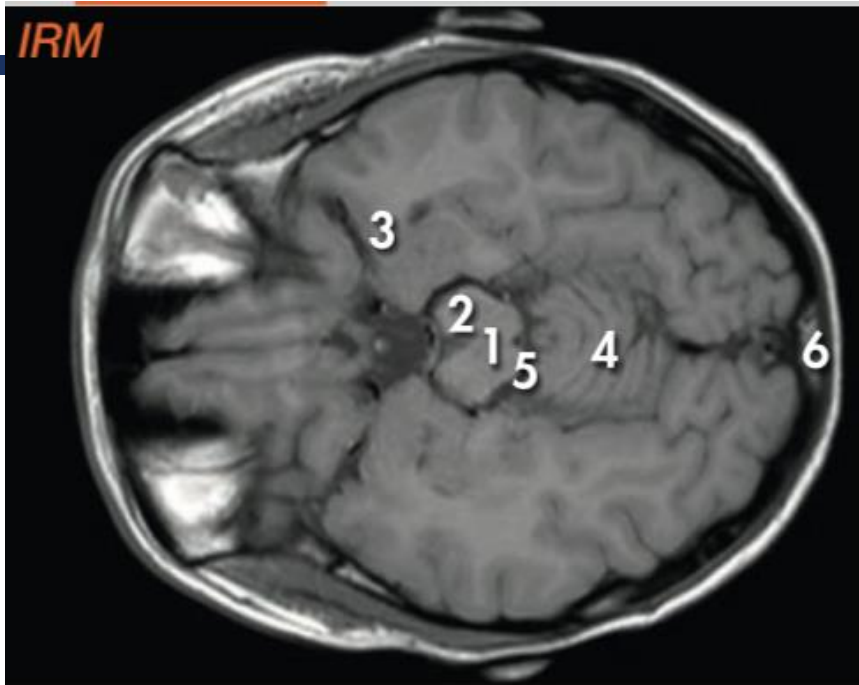
VASCULARISATION CÉRÉBRALE



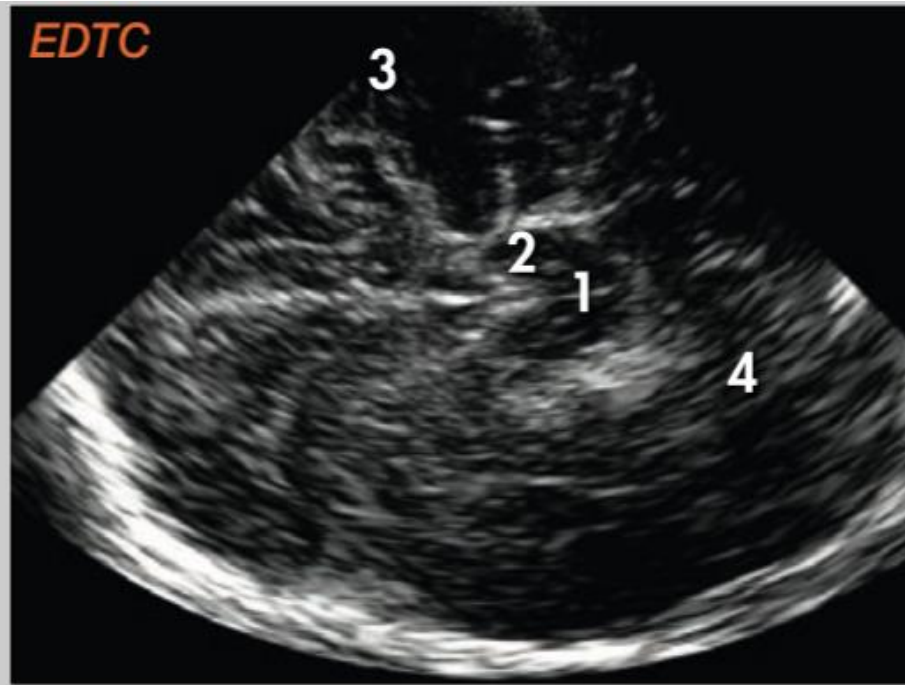
SONO ANATOMIE

- 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

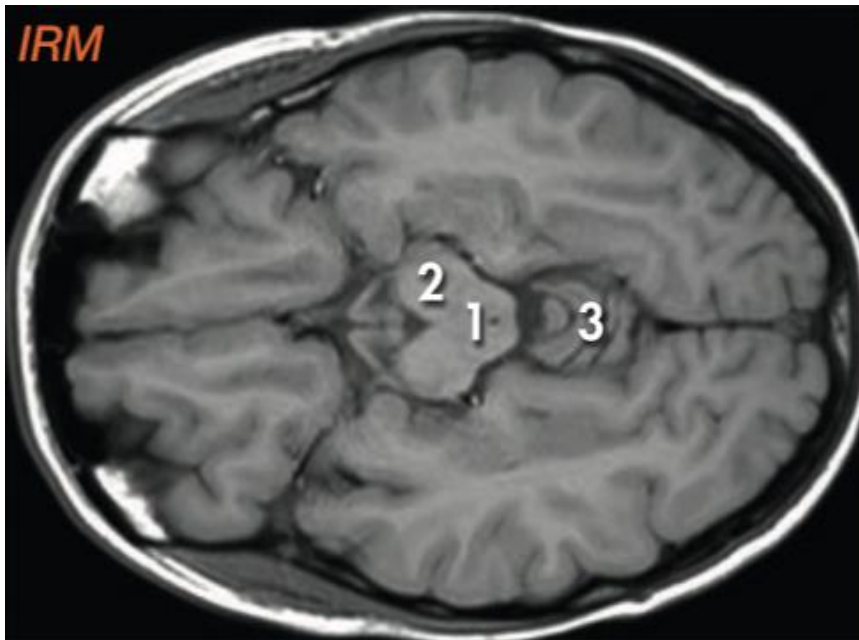
IRM



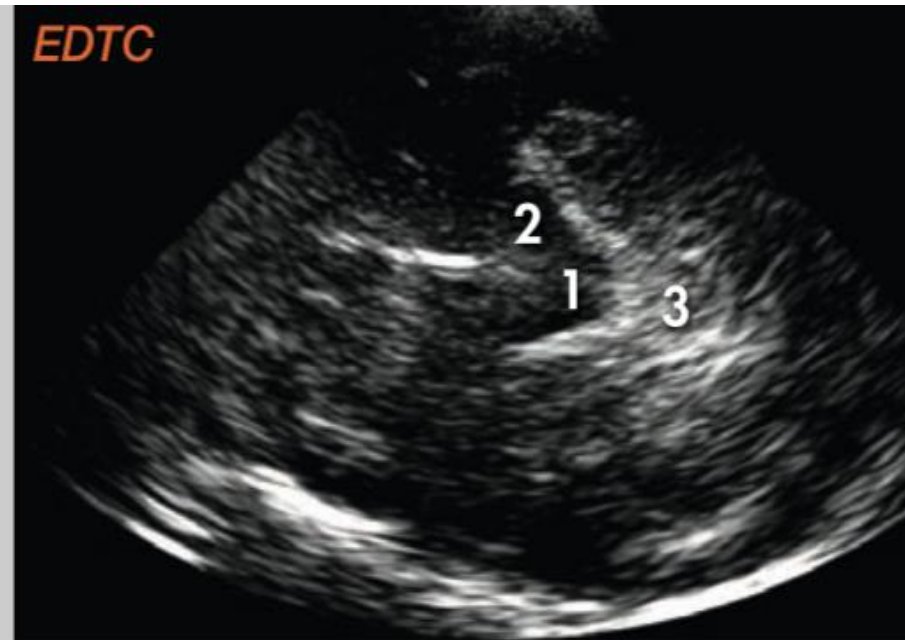
EDTC

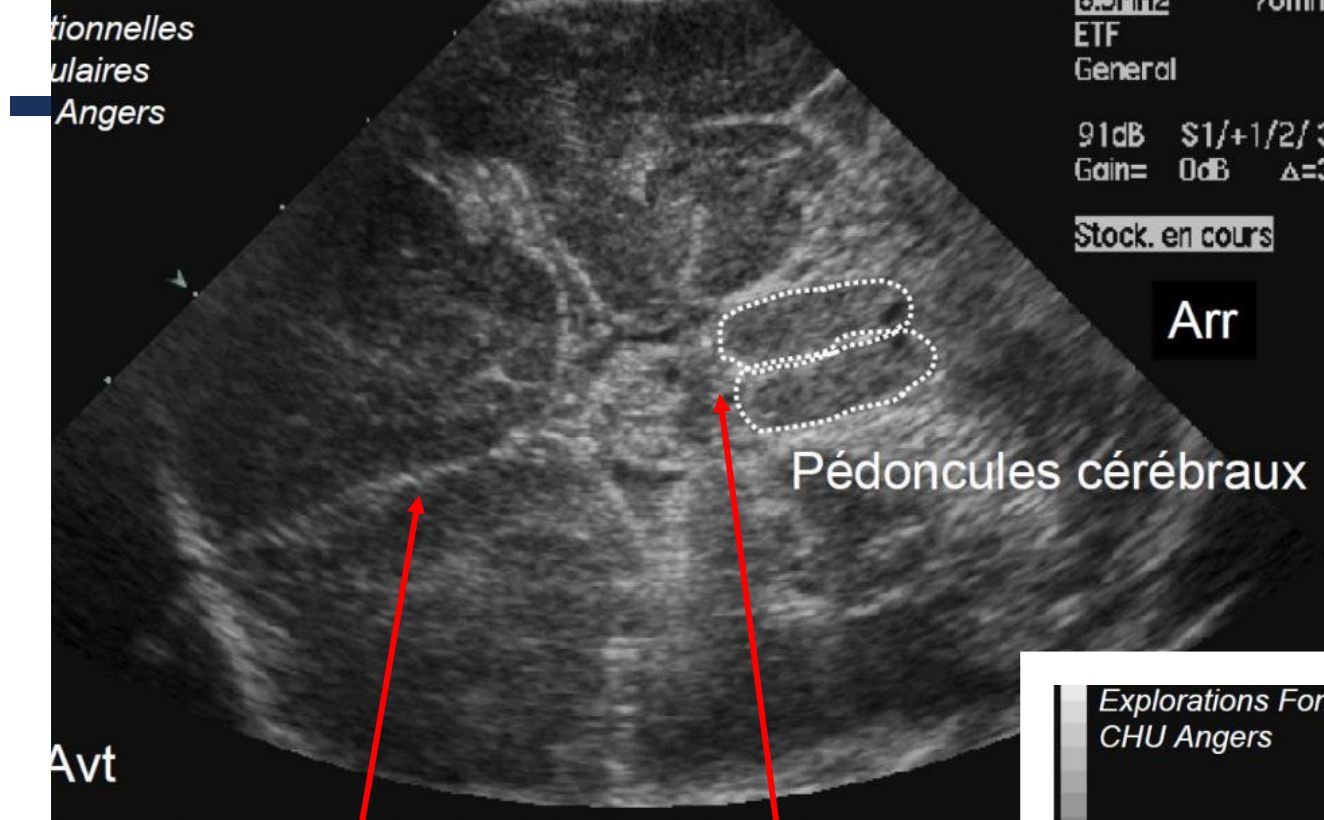


IRM



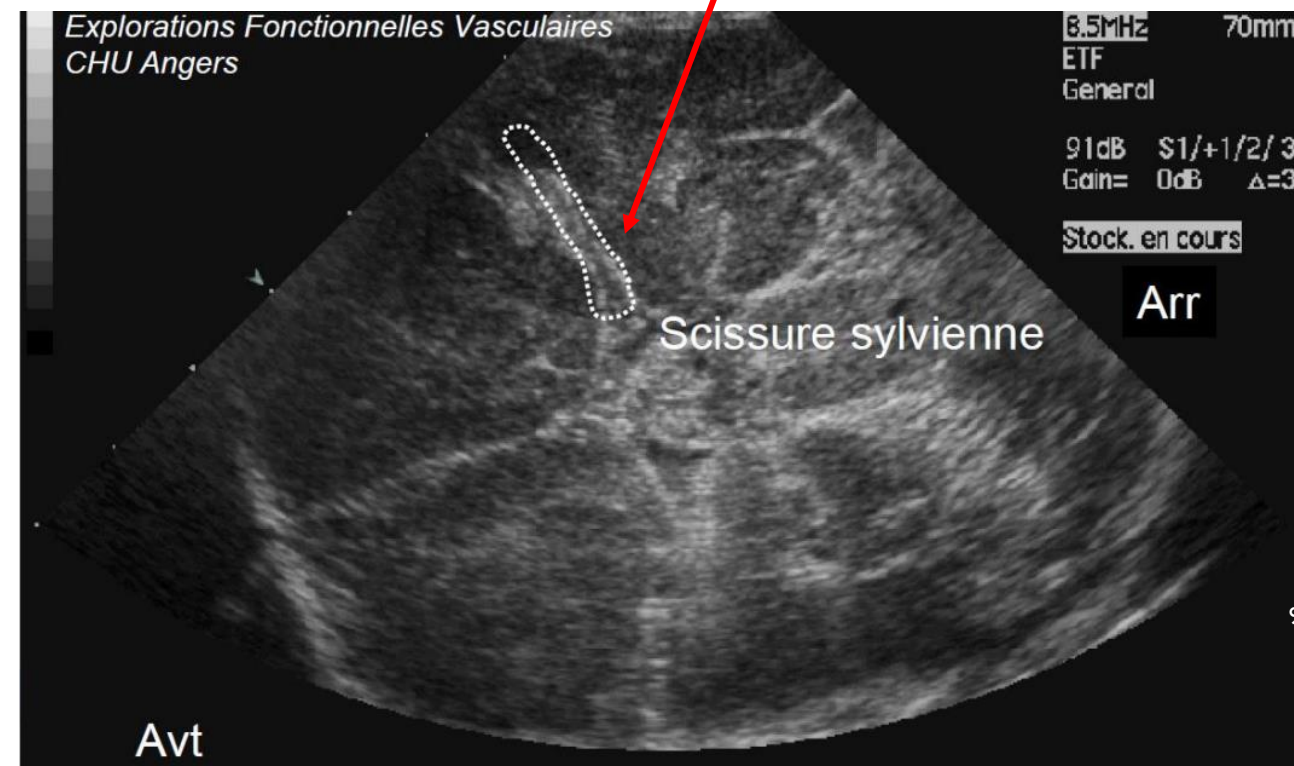
EDTC





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%

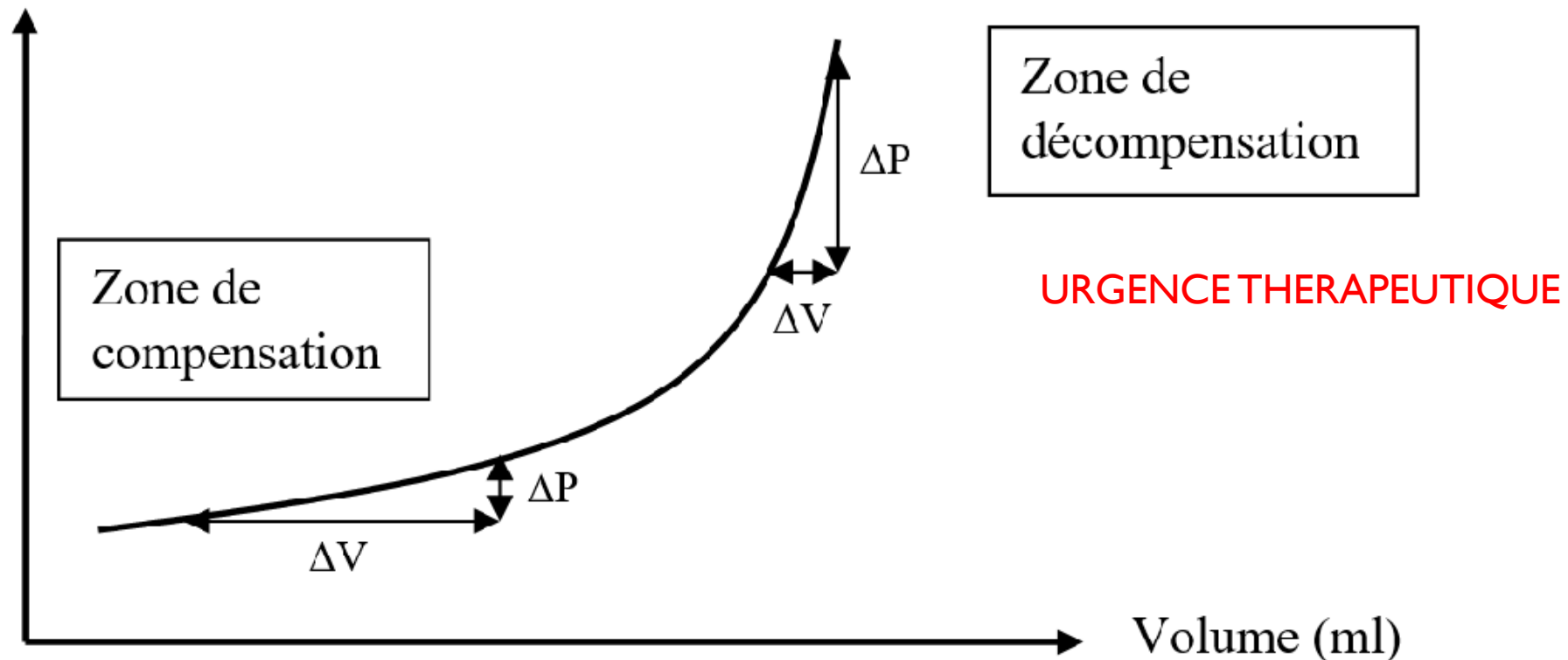


L'augmentation de l'un doit entrainer la diminution d'un/des autres en compensation pour maintenir la PIC à l'équilibre.

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 : $PPCe = 89,646 - 8,258 \times IP$*

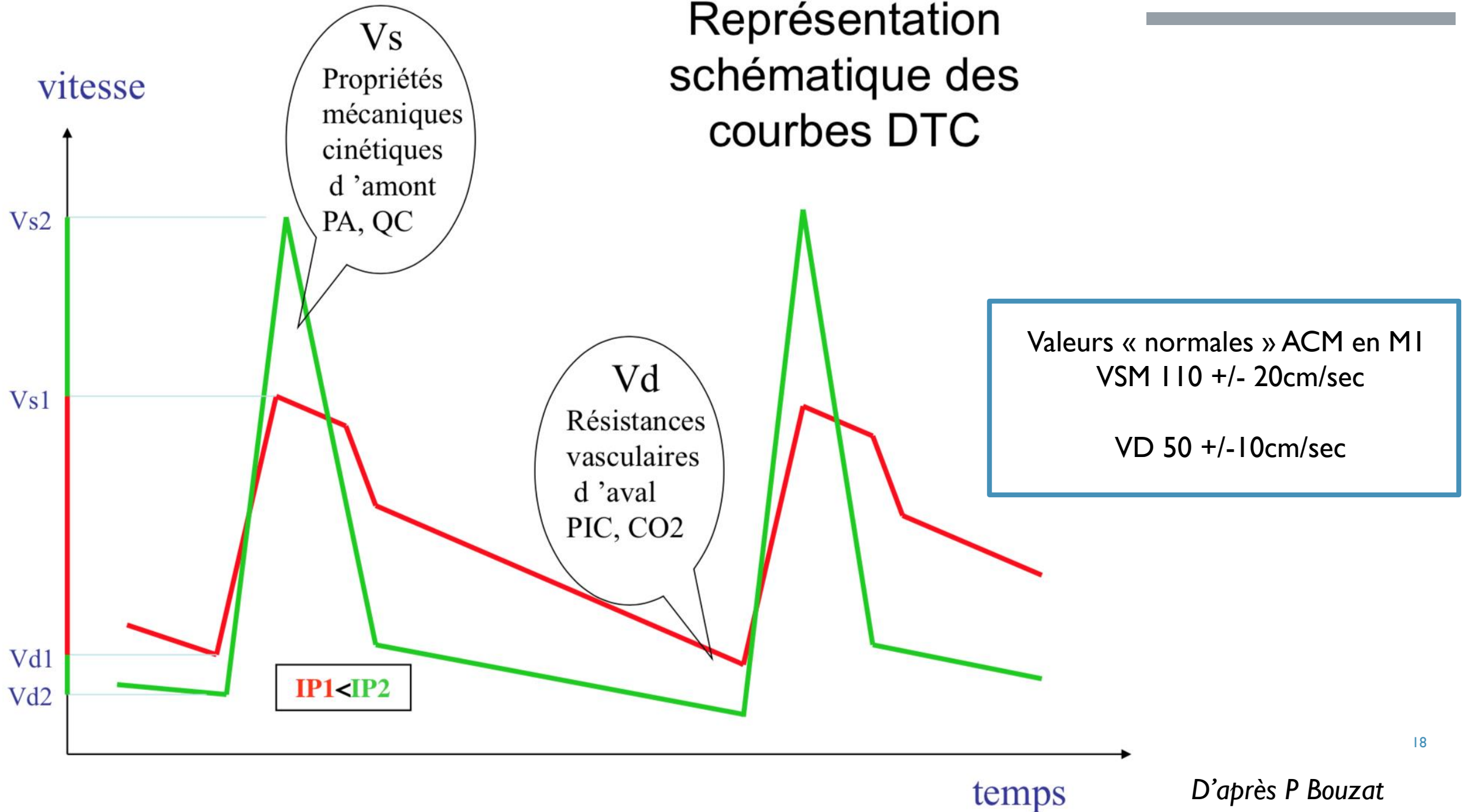
➤ *Edouard et al, BJA 2005 : $PPCe = (Vm / (Vm - VD)) \times (PAM - PAD)$*

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



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

Immink, Stroke 2005
Czosnyka, anesth anal 2003

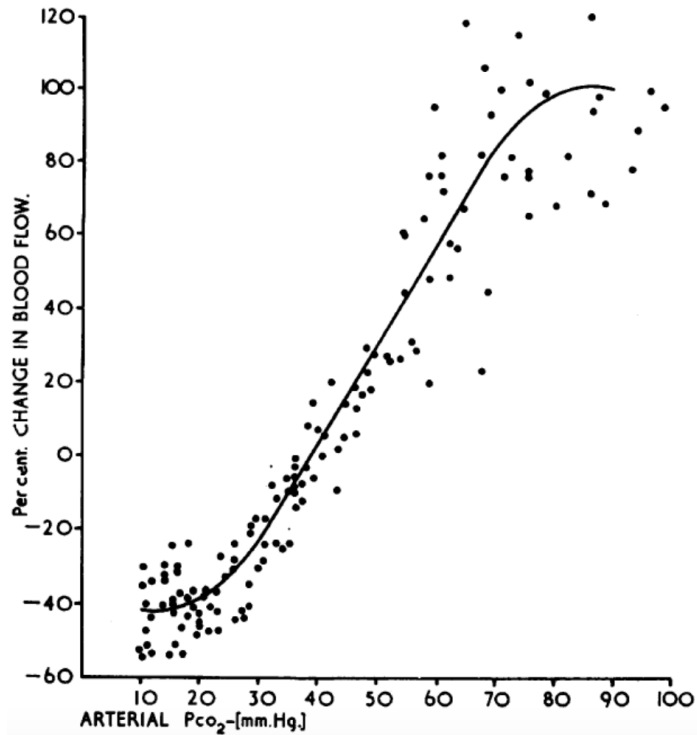
Typell, Clin sci 2008

Immink, Circulation 2004

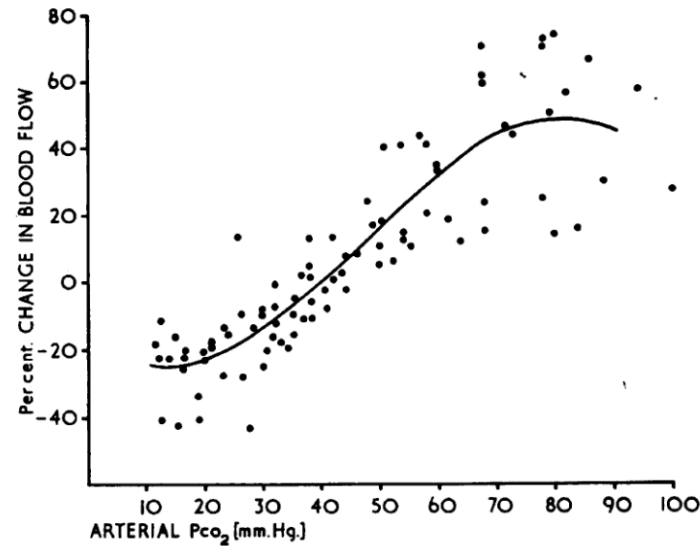
Nars, Eur J Neuro 2009

Traon, J neuro Sci 2002

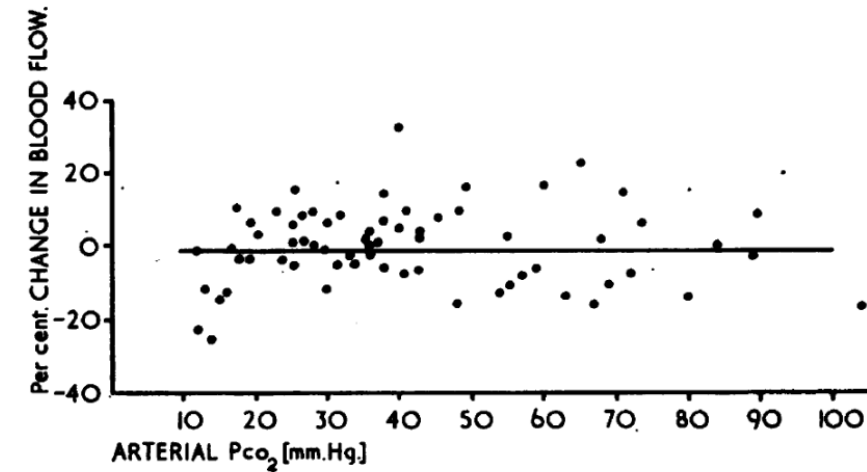
La variation CO₂ influence nettement moins le DSC que la pression systémique en situation hypoTA
➤ optimisation HD ++



Situation normoTAS



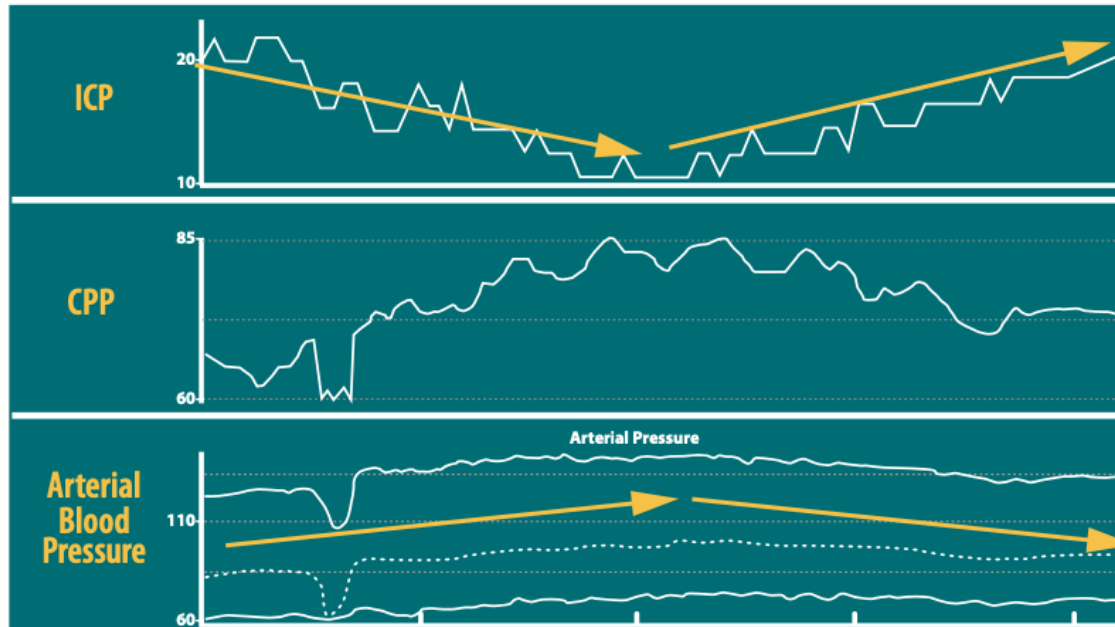
HypoTAS 100mmHg



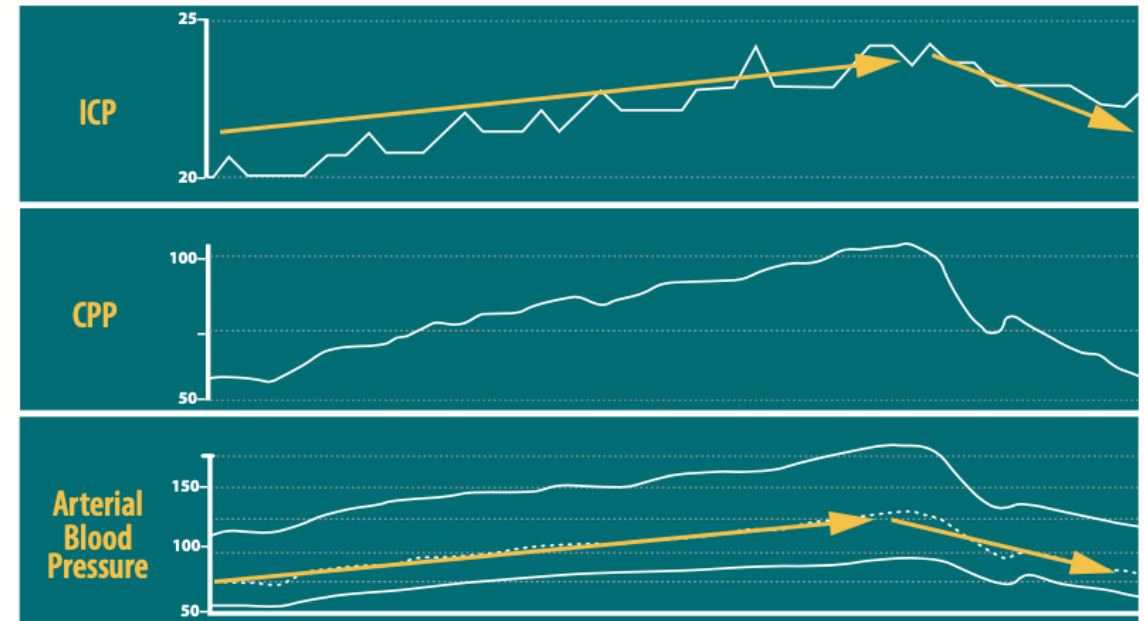
HypoTAS 50 mmHg

RECHERCHE DES BORNES DU PLATEAU D'AUTORÉGULATION

Intact Autoregulation



Impaired Autoregulation



- ✓ Rechercher via DTC la PAM ou PPC permettant d'obtenir la perfusion cérébrale (VTD) suffisante
- ✓ Permet de fixer un objectif de PAM ou PPC pour assurer le maintien d'une perfusion cérébrale même en situation de PIC < 20

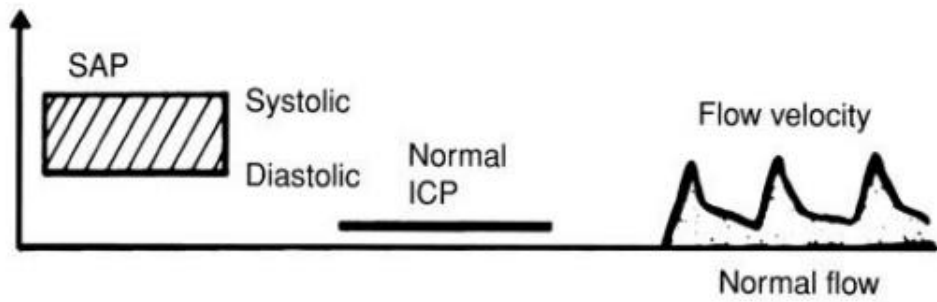
HTIC AU DTC

RETENTISSEMENT PERFUSIONNEL

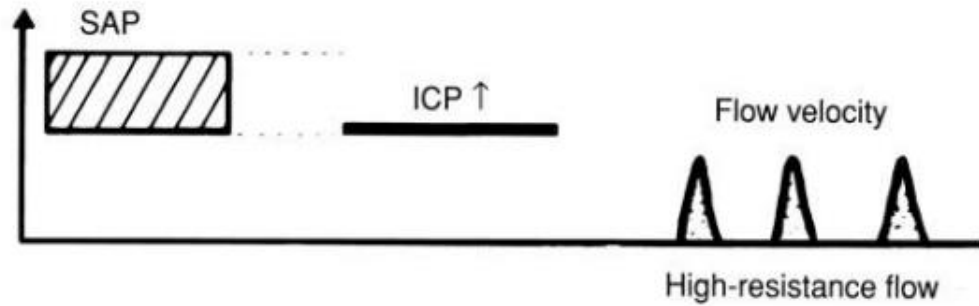
$IP > 1,4$ ($> 1,2$: trouble de la compliance)

$VTD < 20$ cm/sec

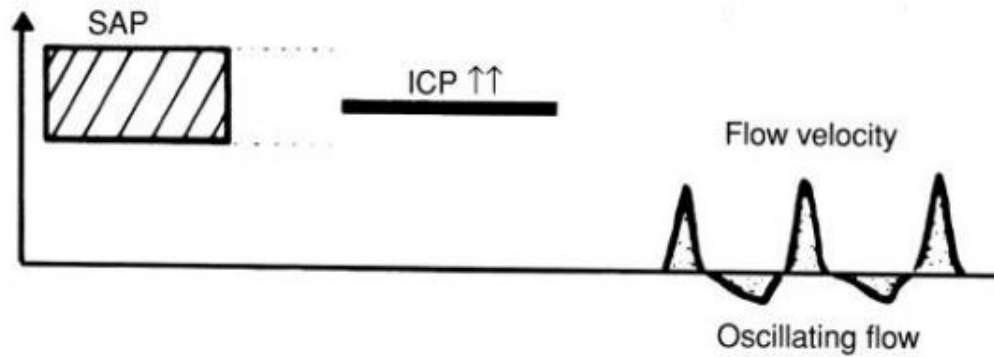
- PTM augmentée = augmentation RVC : diminution DSC
 - D'abord sur basses pressions (VD) puis si PIC très élevée : arrêt circulatoire total
- si VTD basses :
 - bradycardie ? Temps diastolique augmenté
 - Oligémie systémique ? VSM basses et IP normal (Résistances vasculaires cérébrales normales)
- IP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



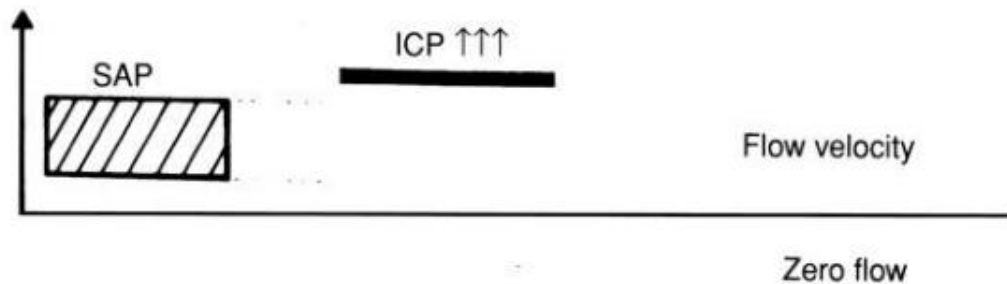
$PIC < P_{perfu\ diasto}$



$PIC = P_{perfu\ diasto}$



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



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

QUE FAIRE SI DTC PATHOLOGIQUES

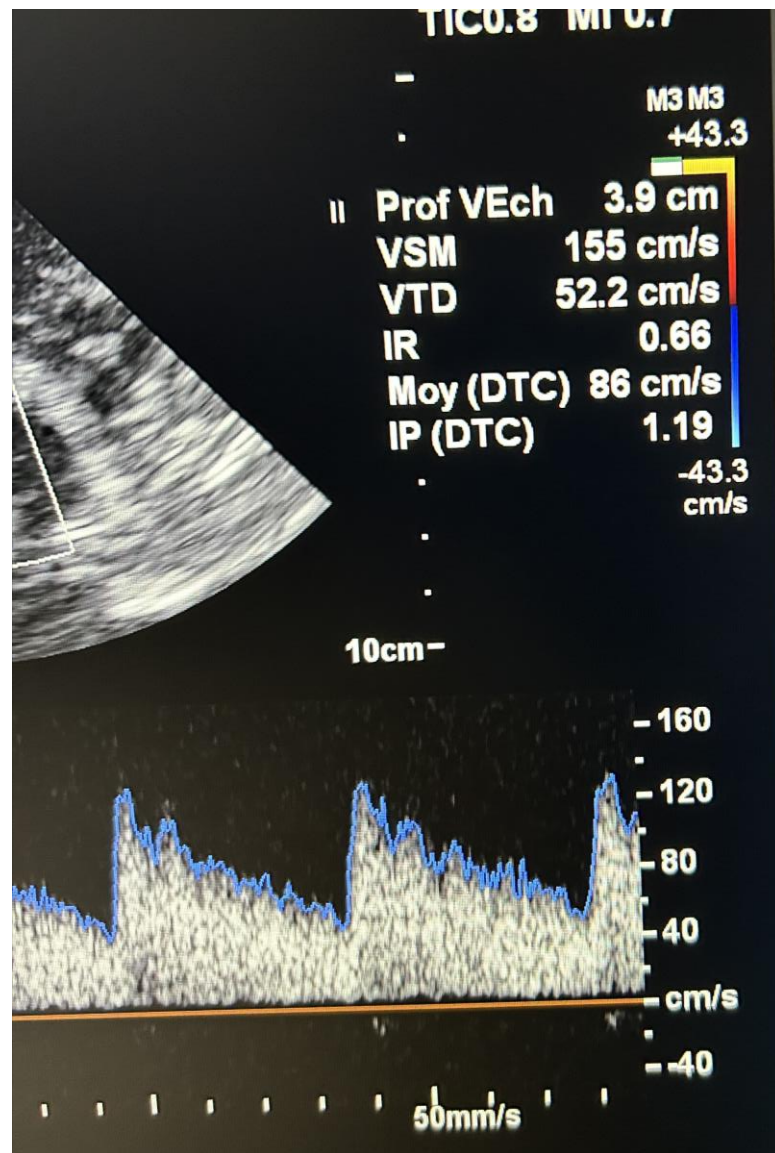
- Gestion des ACSOS
 - Hémodynamique systémique : ETT (dysfonction systolique, hypovolémie), bradycardie (dobutamine, isoprénaline)
 - Monitoring du CO₂ expiré et artériel : modification de la ventilation minute
 - Hyperthermie ? ($1^{\circ}\text{C} = 3\text{mmHg}$ de CO₂)
- Insuffisant ? Douteux ?
 - 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



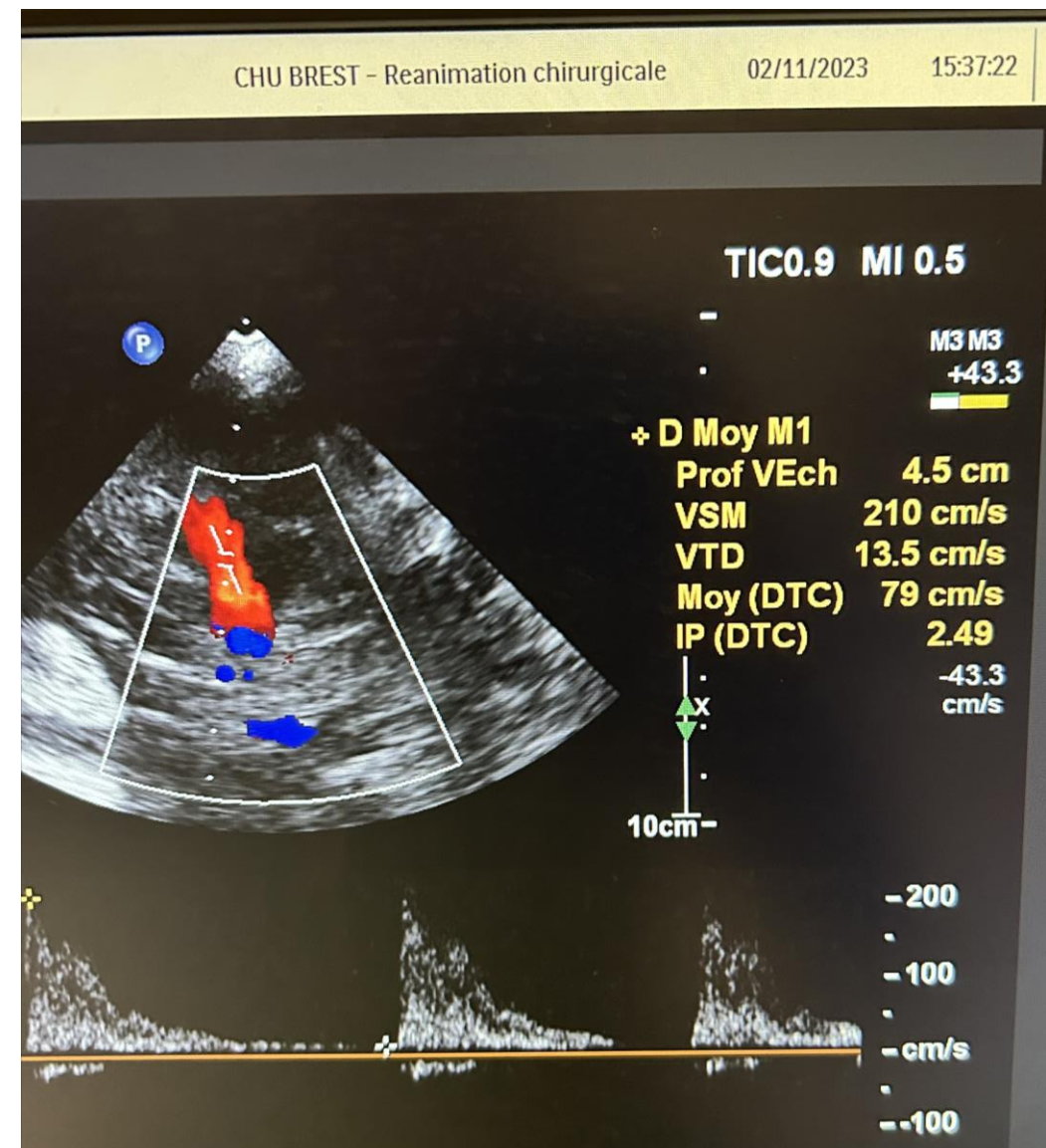
EXEMPLES D'APPLICATION



EXEMPLE I : DVE BOUCHÉE HIV / HTIC PIC + DTC



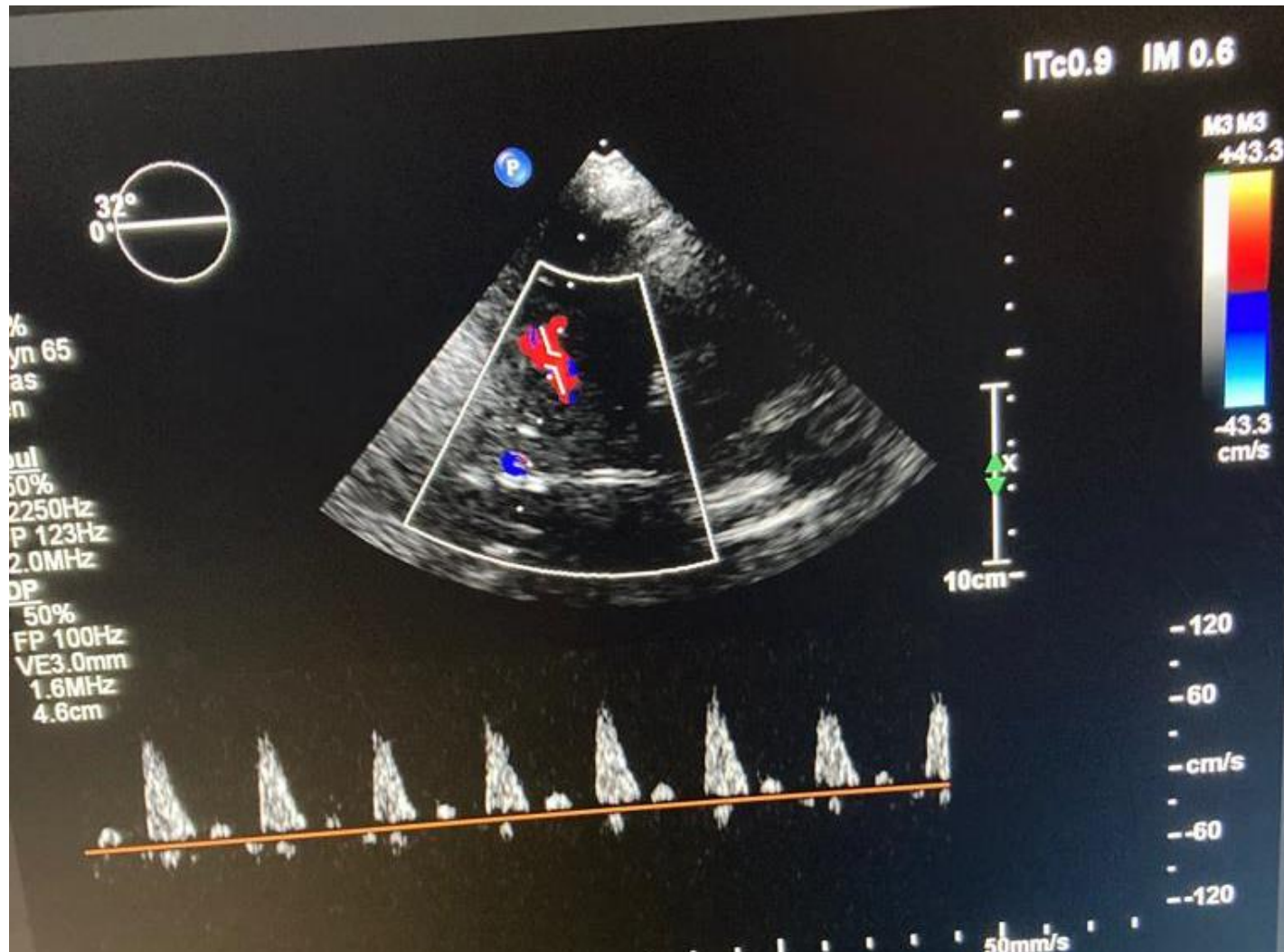
Actilyse



1h Après Actilyse

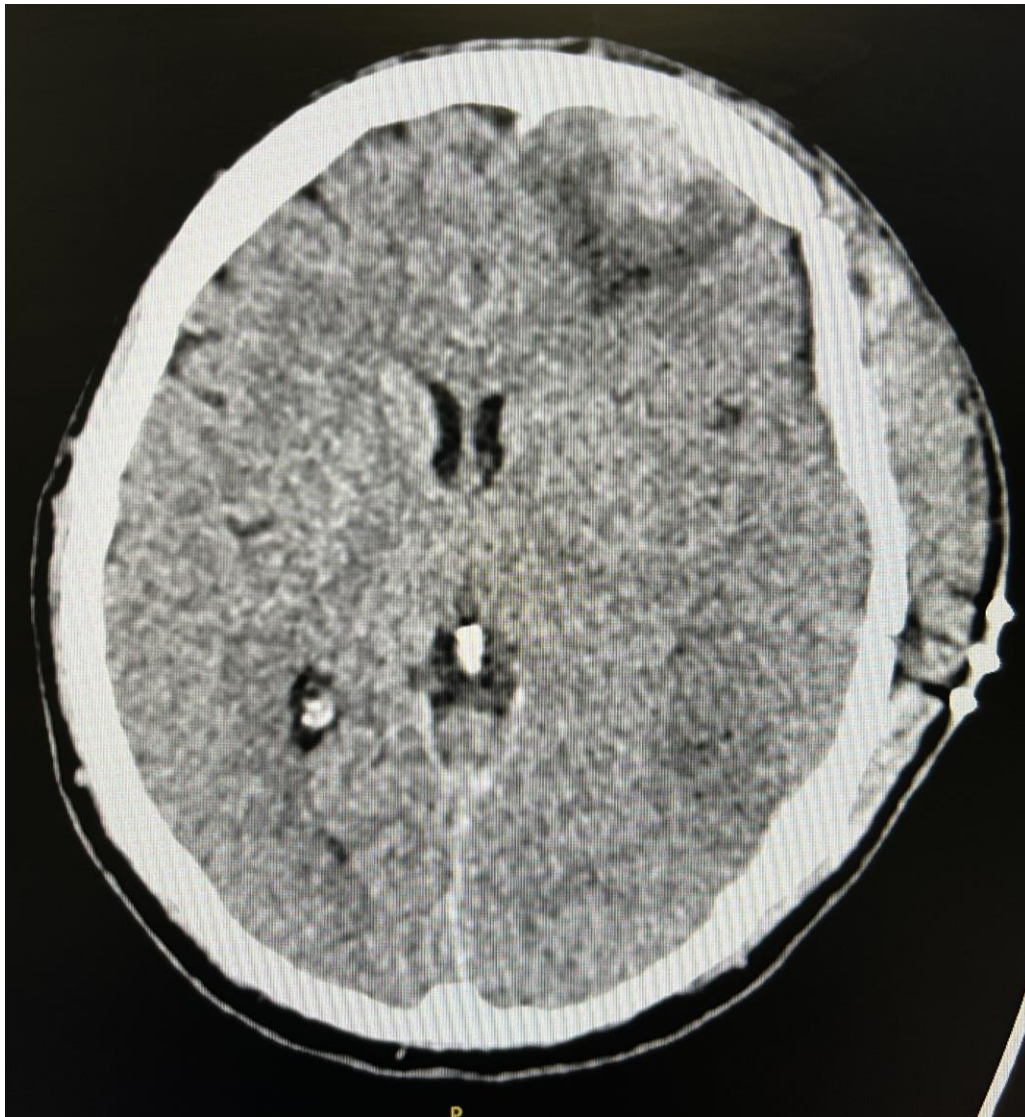
EXEMPLE 2

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

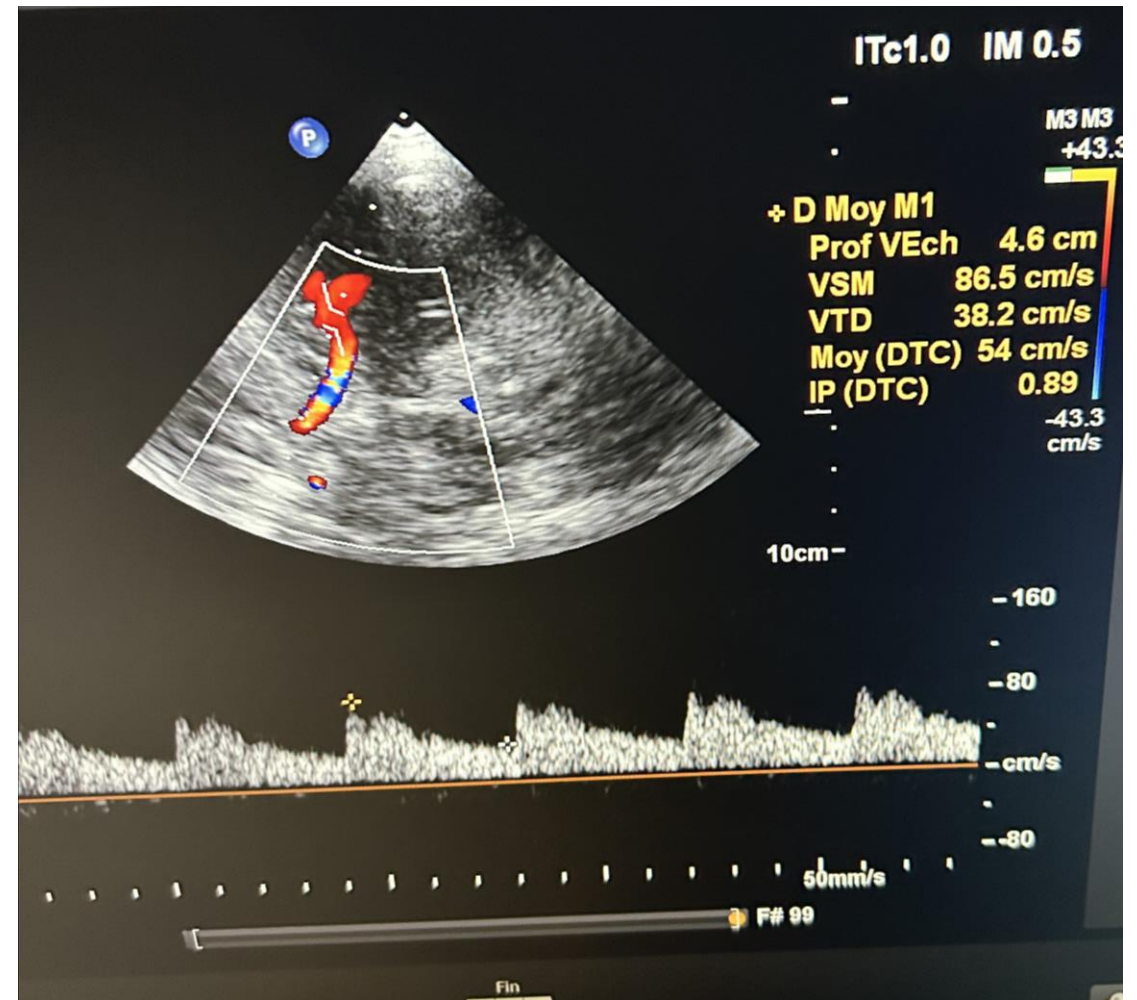


PAM 100
PPC préservée
PaCO₂ 35mmHg

Discordance DTC et PIC

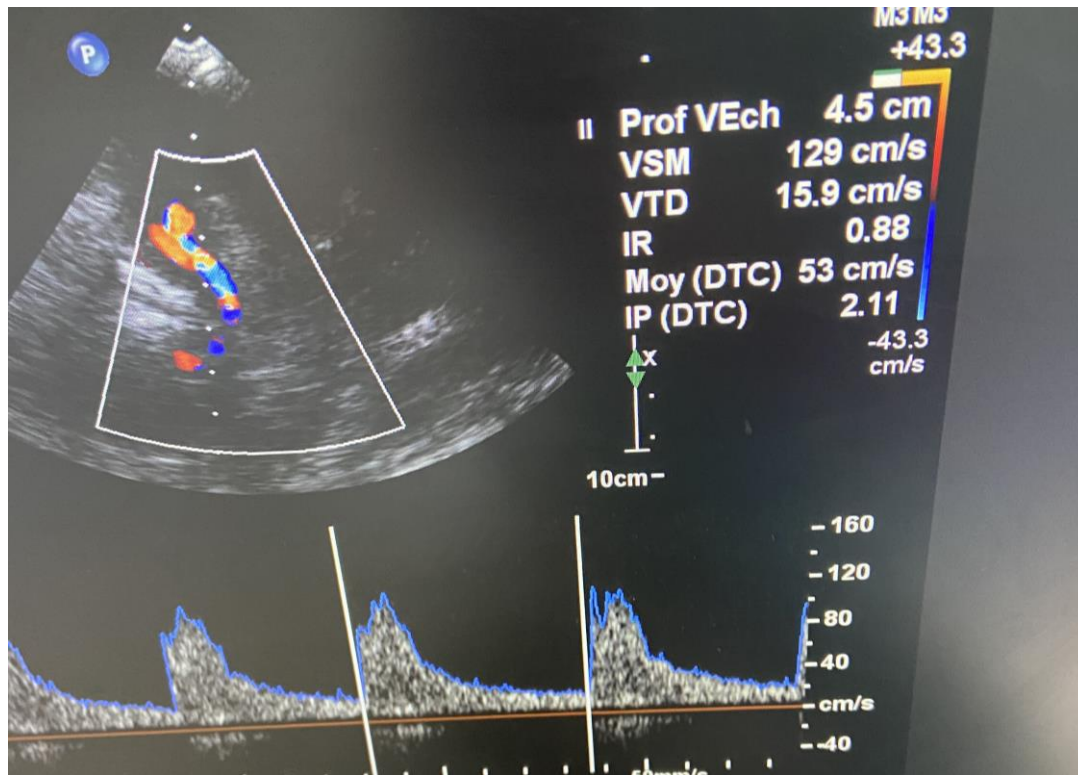


PIC extra parenchymateuse



PIC/DVE 60mmHg à la pose

AUTRES CAS...

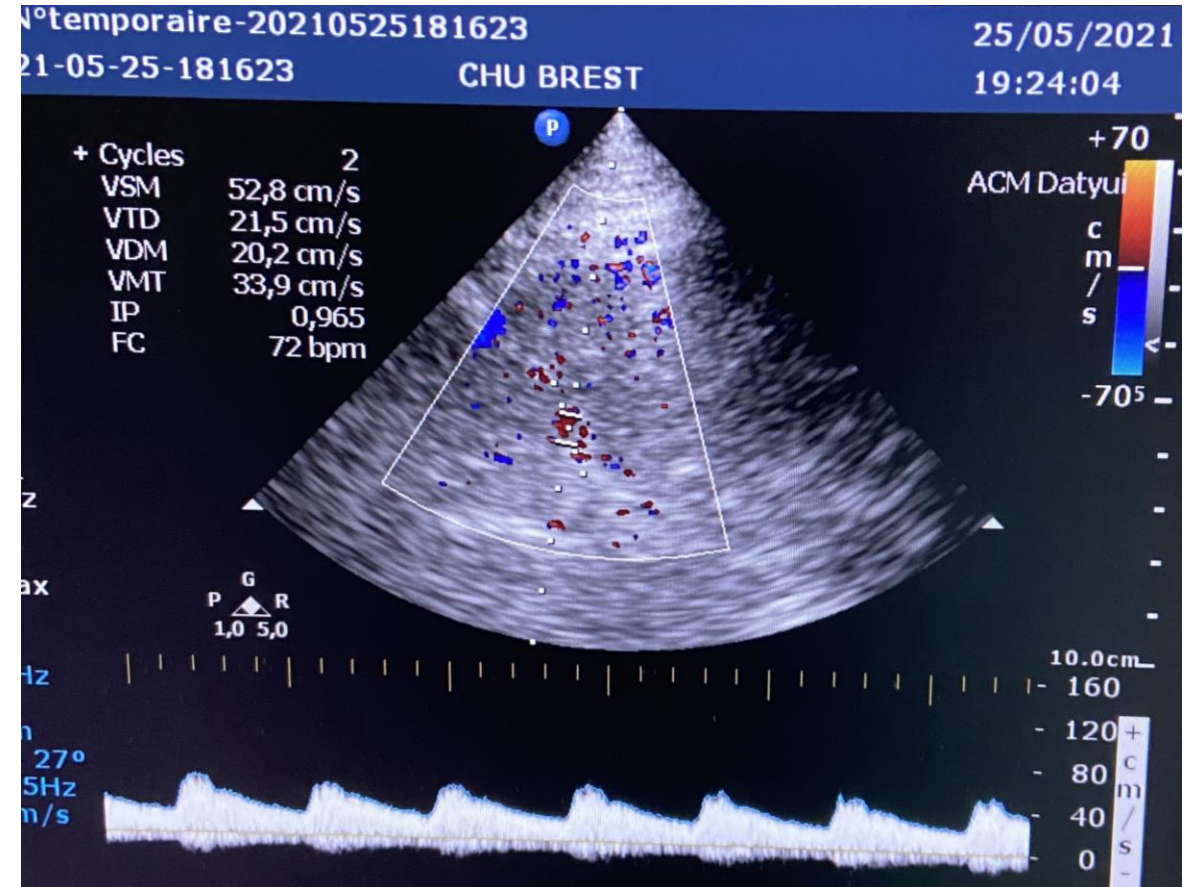


VTD < 20

VSM maintenues

IP > 1,4

HTIC

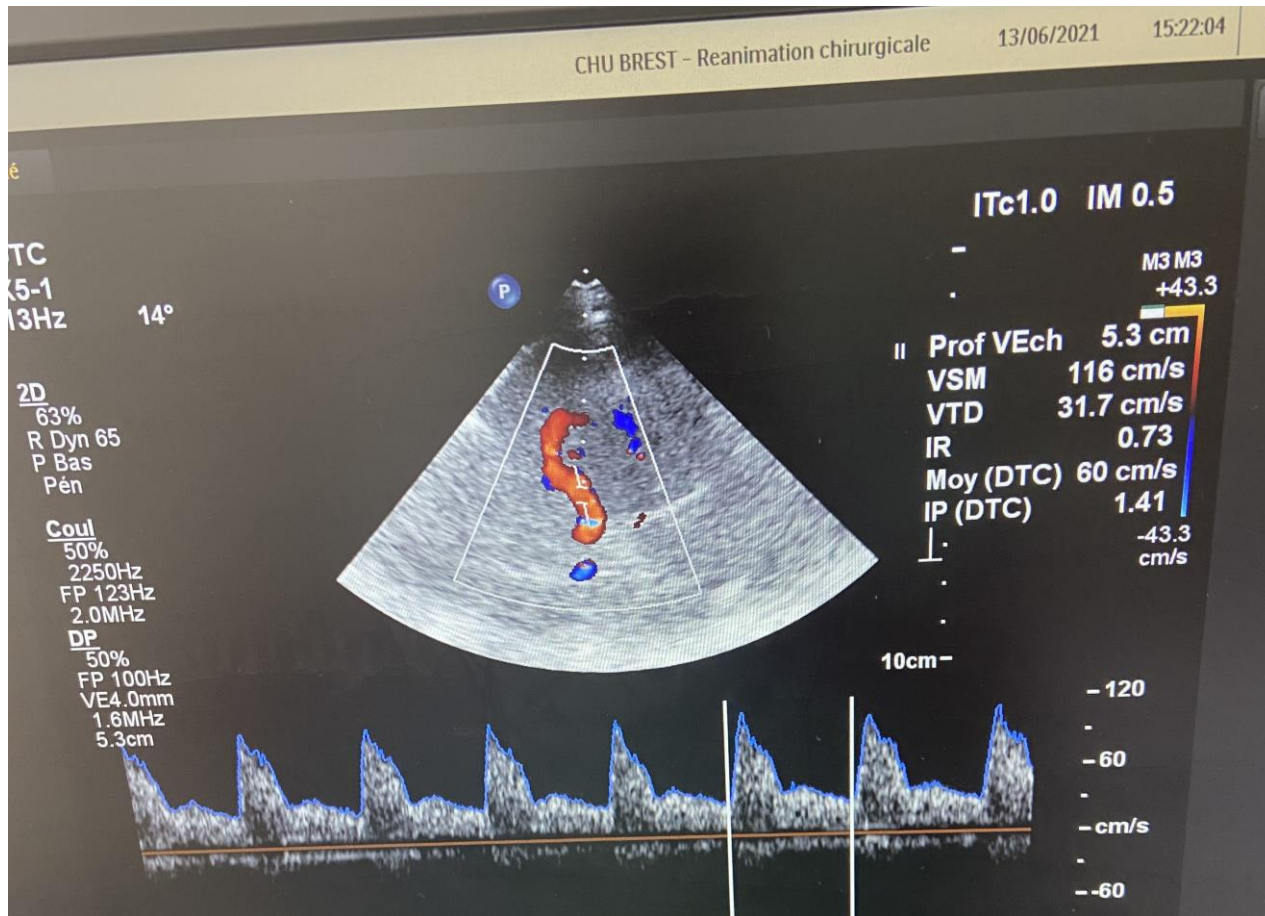


VTD abaissées

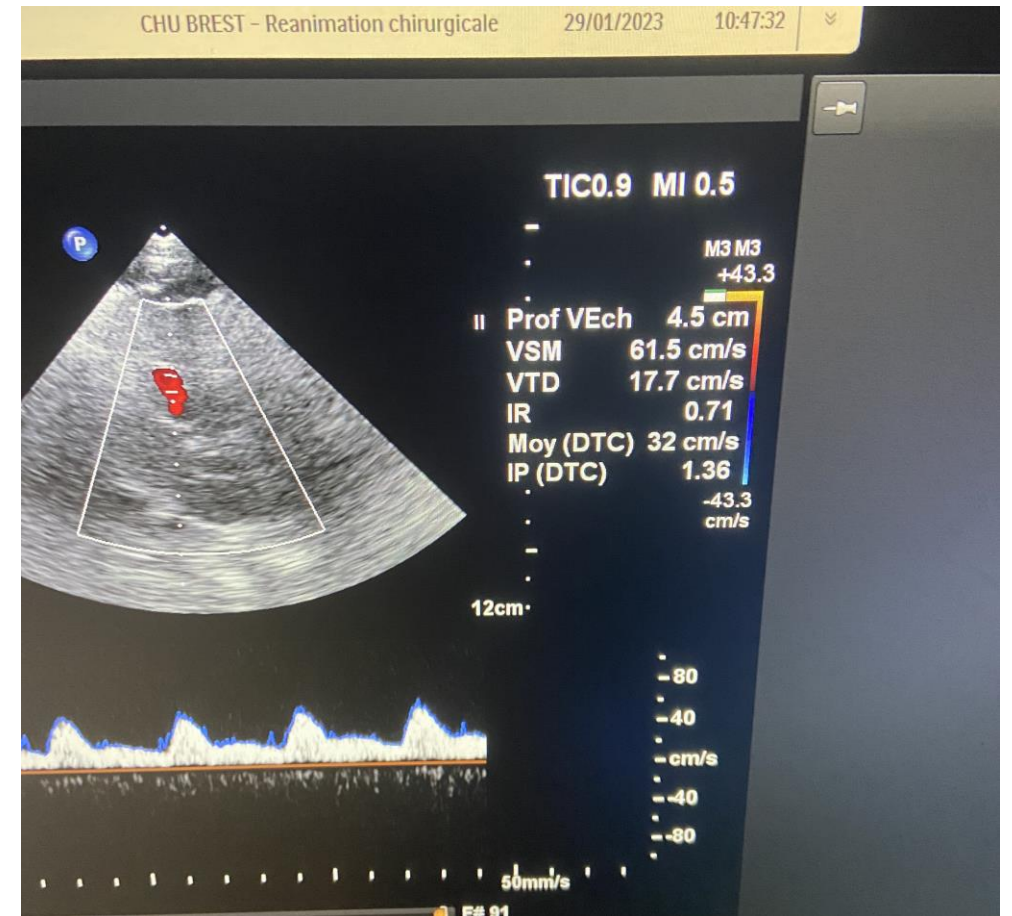
VSM basses

IP normal

Oligémie systémique

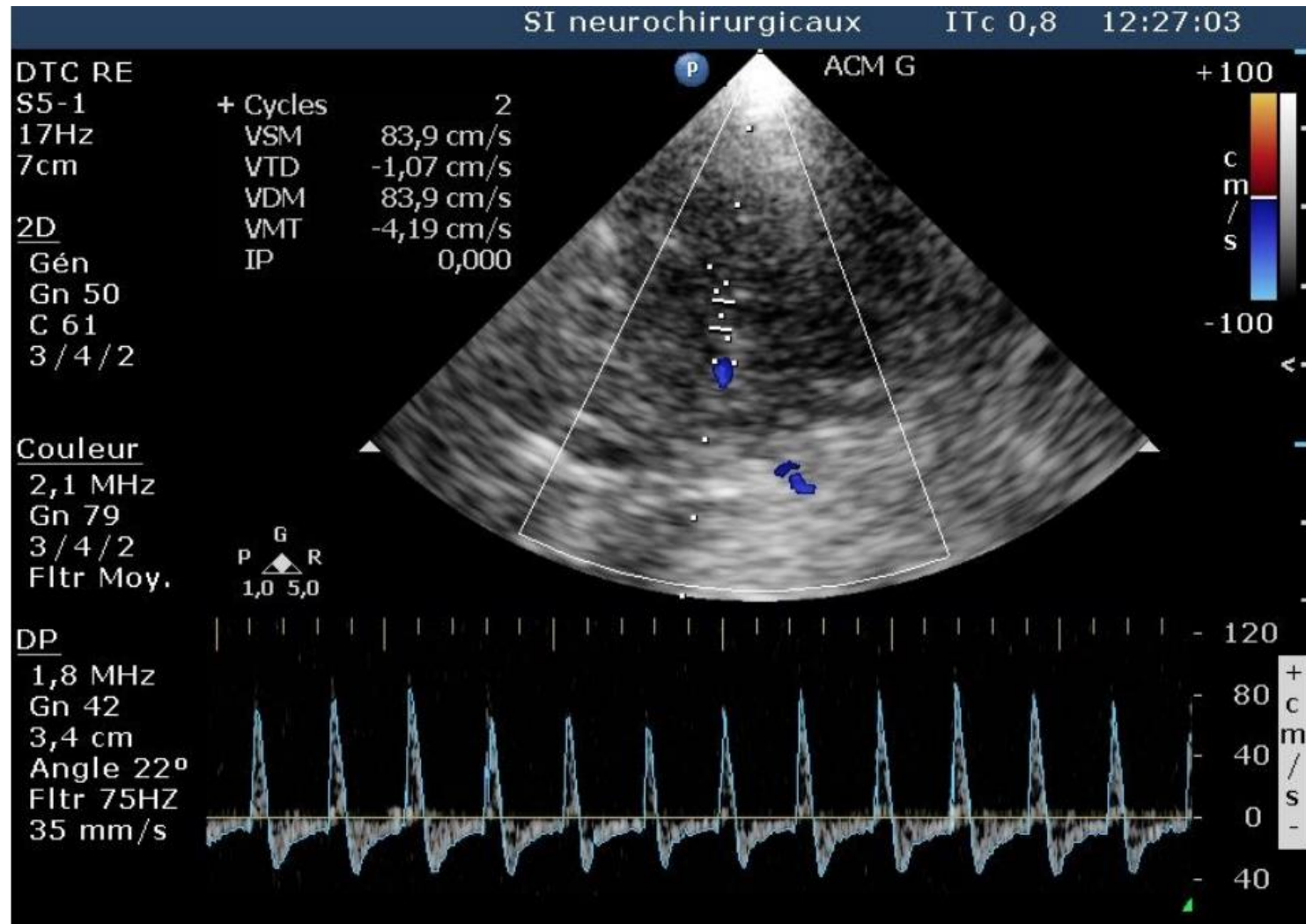


Trouble de compliance



Oligémie 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 anévrismale

A interpréter en fonction des déterminants du DSC :

- CO₂ / PAM / FC (bradycardie augmente temps diastolique)

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Des questions ?

contact  tony.belleville@chu-brest.fr