

CHRU
HÔPITAUX DE TOURS



Doppler Trans-crânien et ME

**Dr Antoine BRAULT (Service de Radiologie et Neuradiologie
Diagnostic et Interventionnelle) - CHRU Tours**

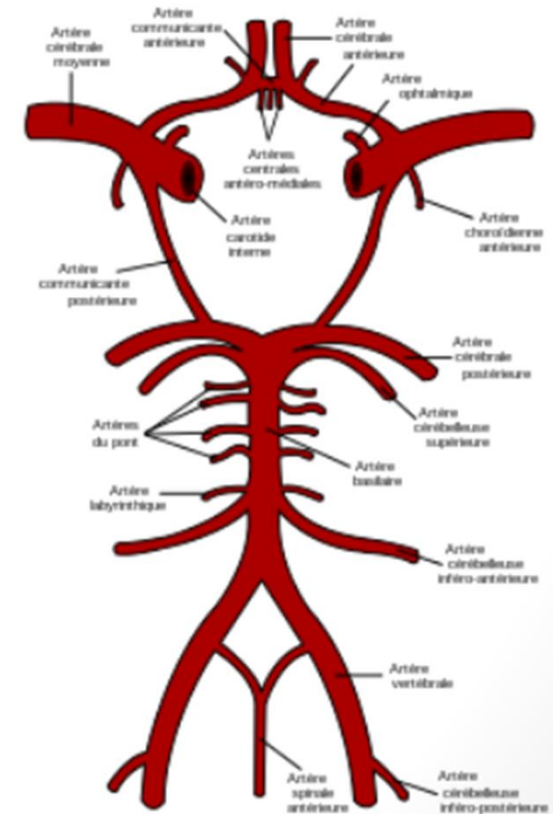
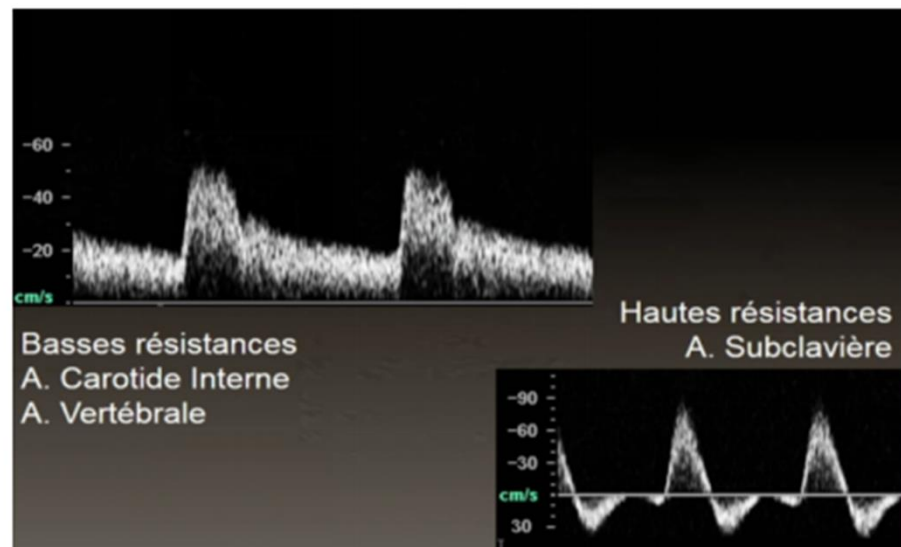
Dr François PASQUALIN

Principes

- Sonde basse fréquence (2MHz) phased array.
- Notion de doppler cervico-encéphalique.
- Vaisseaux encéphaliques: flux basse résistance avec vitesse télédiastolique non nulle, IR et IP bas.

- Index de résistance $IR = (S-D) / S$

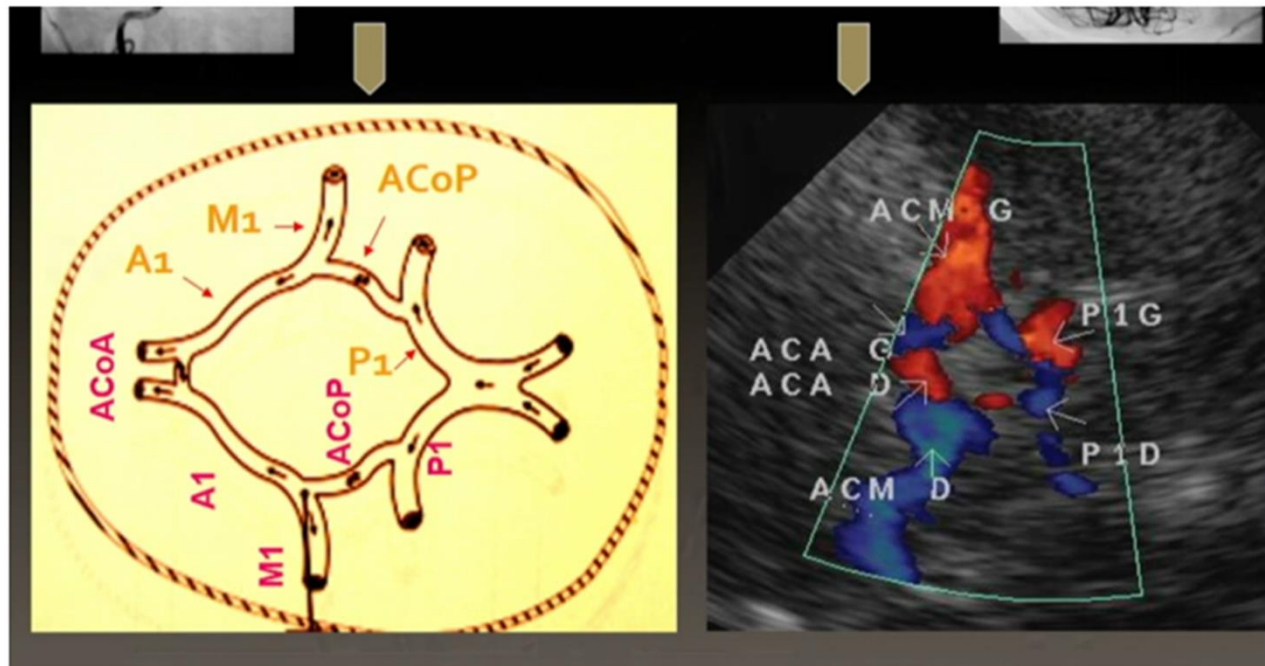
- Index de pulsativité $IP = (S-D) / V_{moy}$

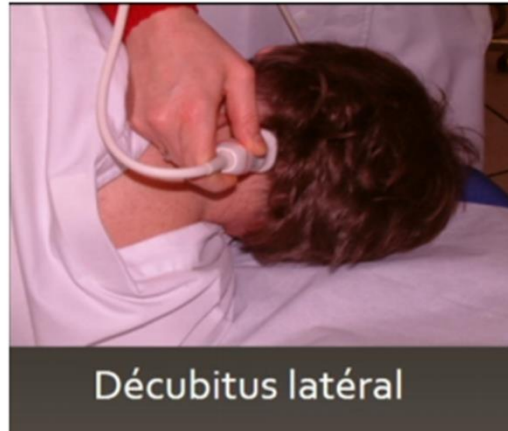


- 4 fenêtres acoustiques:
- temporale
 - foraminale
 - +/- orbitaire
 - +/- submandibulaire

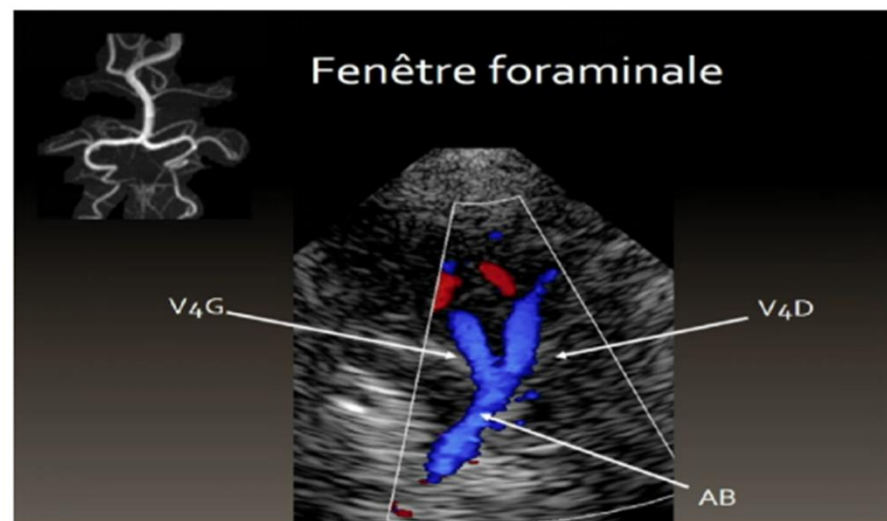


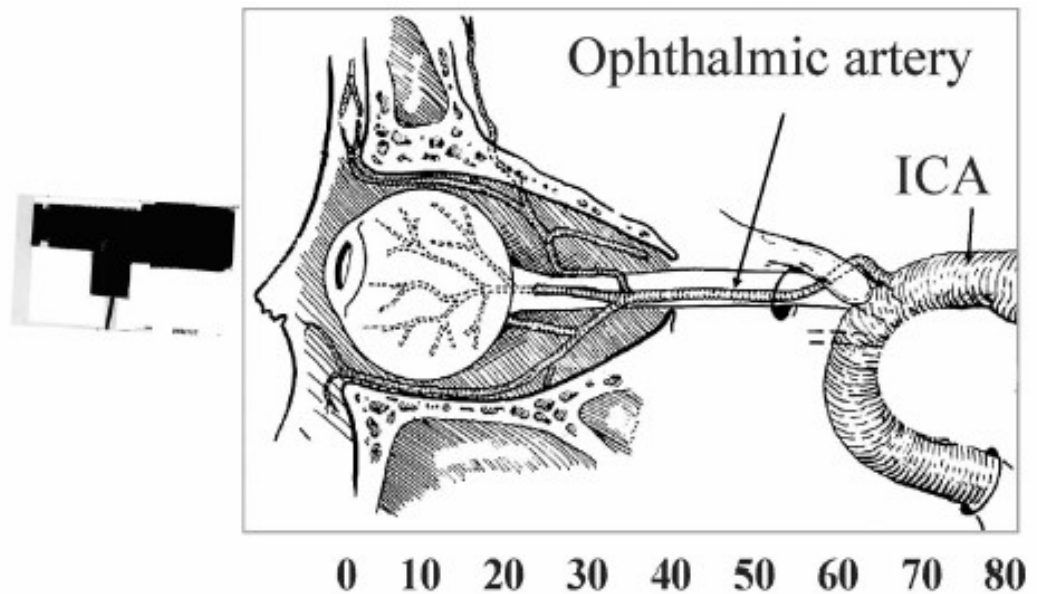
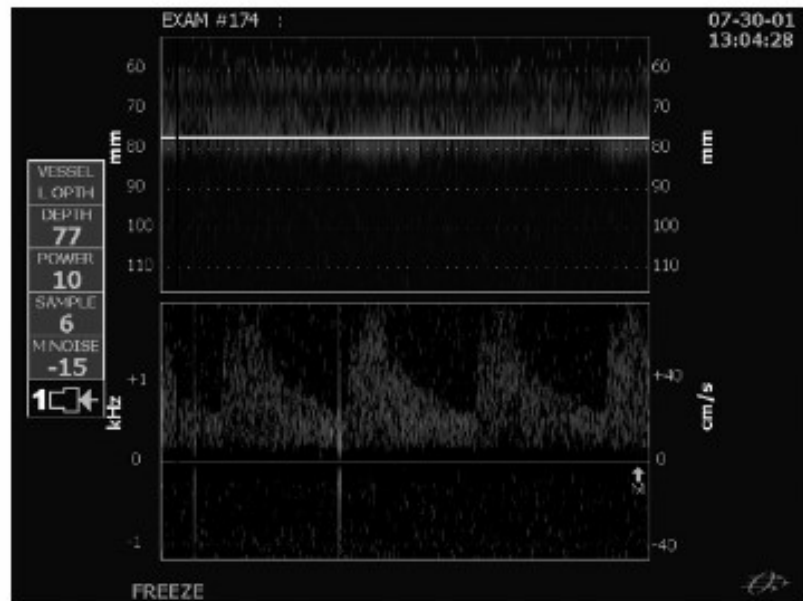
Fenêtre temporale
=
Circulation
antérieure





Fenêtre foraminale
=
Circulation postérieure





ICA siphon signature at 60 to 80 mm depth

Figure 2. Orbital window. Internal carotid artery (*ICA*) siphon signature is obtained by placing the transducer over the eye globe in the horizontal plane and slightly tilted medially with 10% ultrasound power.

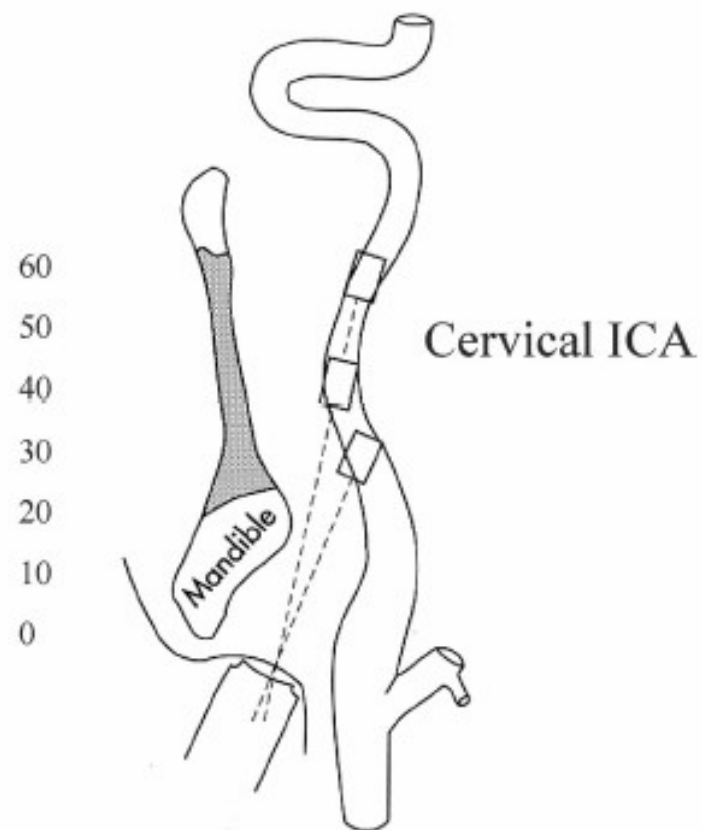
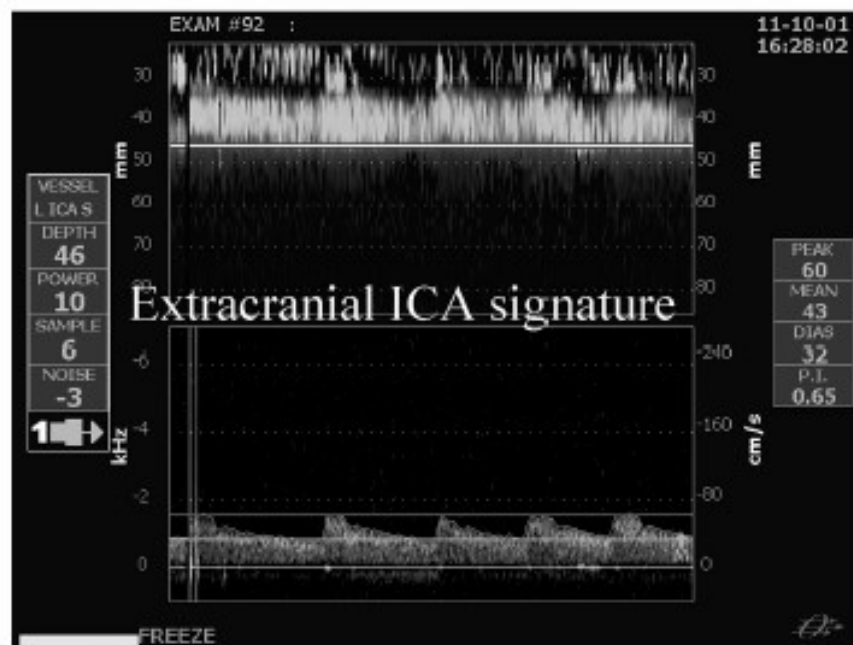
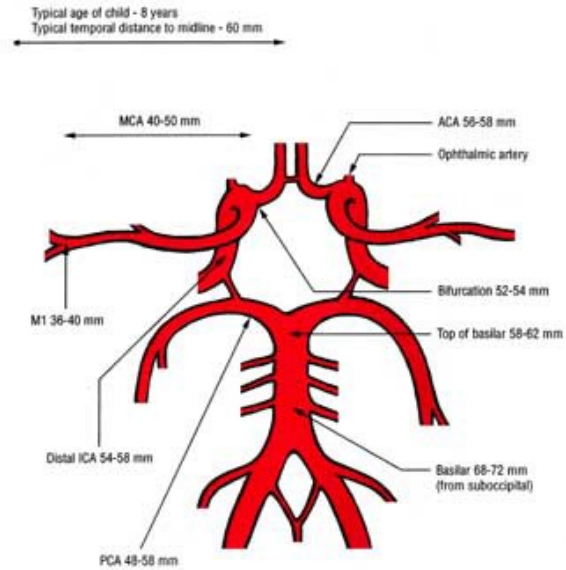


Figure 4. Submandibular window. In the submandibular areas, the transducer will be directed slightly medially and posterior to the longitudinal axis of the body to obtain the cervical internal carotid artery (*ICA*) signature at a depth of 40–60 mm.

Typical STOP TCD Points of Reference



Artère	Voie	Sens du flux	Profondeur (mm)	Vm (cm.s ⁻¹)
Artère cérébrale moyenne	temporale	+	45 à 60	62 ± 12
Artère cérébrale antérieure	temporale	-	60 à 75	51 ± 12
Artère cérébrale postérieure	temporale	+	70 à 90	44 ± 11
Siphon carotidien	transorbitaire	+	50 à 75	42 ± 10
Tronc basilaire	sous-occipitale	-	70 à 110	40 ± 8

Plus particulièrement pour l'ACM selon Muller et al. SFAR 2008

	Formule	Normale adulte < 60 ans	Normale adulte > 60 ans
Paramètres mesurés			
Vitesse systolique (Vs) (cm/s)	-	75 – 105, max 200	60 – 100
Vitesse diastolique (Vd) (cm/s)	-	35 – 55	35 – 55
Paramètres calculés			
Vitesse moyenne (Vm)	$(V_s + (V_d \times 2)) / 3$	45 – 70	35 – 55
Index de pulsatilité (IP)	$(V_s - V_d) / V_m$	0,8 – 1,4	0,8 – 1,2
Index de Lindegaard (IL)	Vitesse ACM/ACI	< 3	< 3

Valeurs Pathologiques pour l'ACM selon Muller et al SFAR 2008

Doppler transcrânien : valeurs d'alarme

Vd < 20 – 25 cm/s

Vm < 30 – 35 cm/s

IP > 1,2 – 1,4

2 des 3 critères présents : Hypoperfusion cérébrale grave appelant une manœuvre thérapeutique en urgence.

Doppler transcrânien : profils classiques

Vs basse, Vd basse, IP normal

Hypoperfusion d'origine systémique

Vs basse, Vd basse, IP élevé

Hypoperfusion d'origine cérébrale

Vs élevée, IP normal, IL < 3

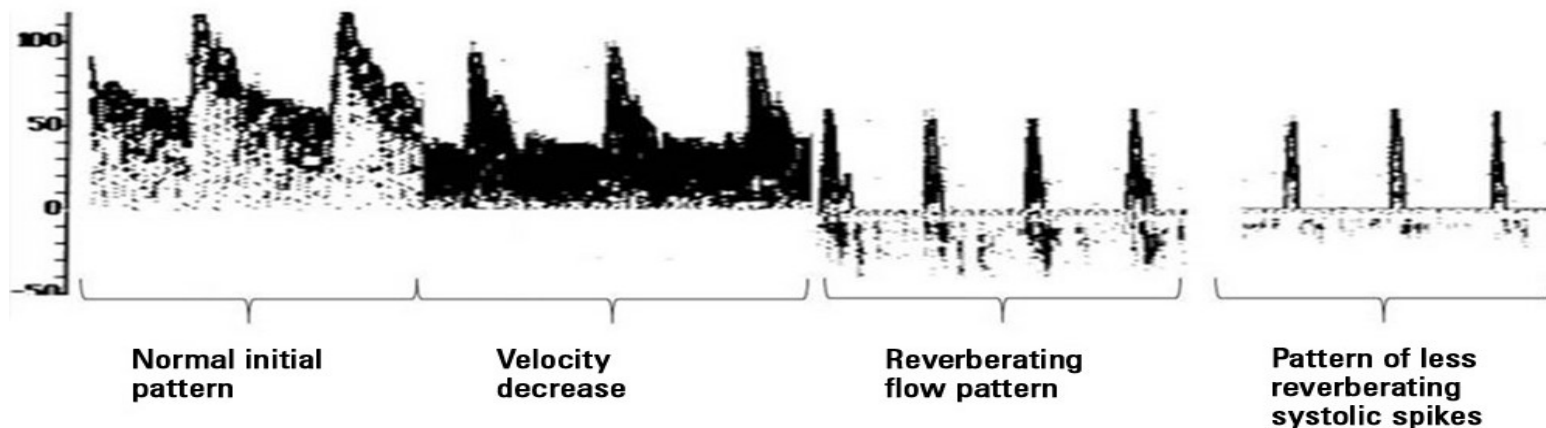
Hyperhémie

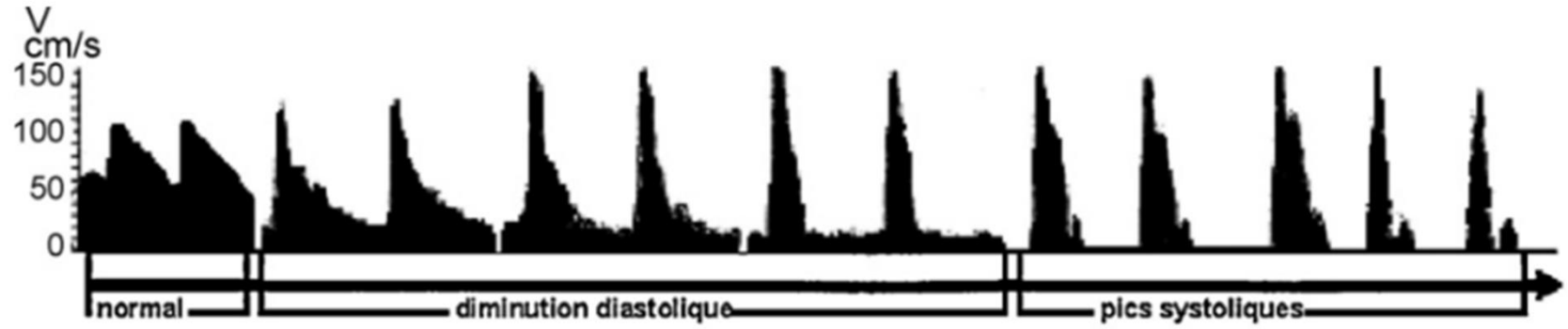
Vs élevée, IP normal, IL > 3

Vasospasme

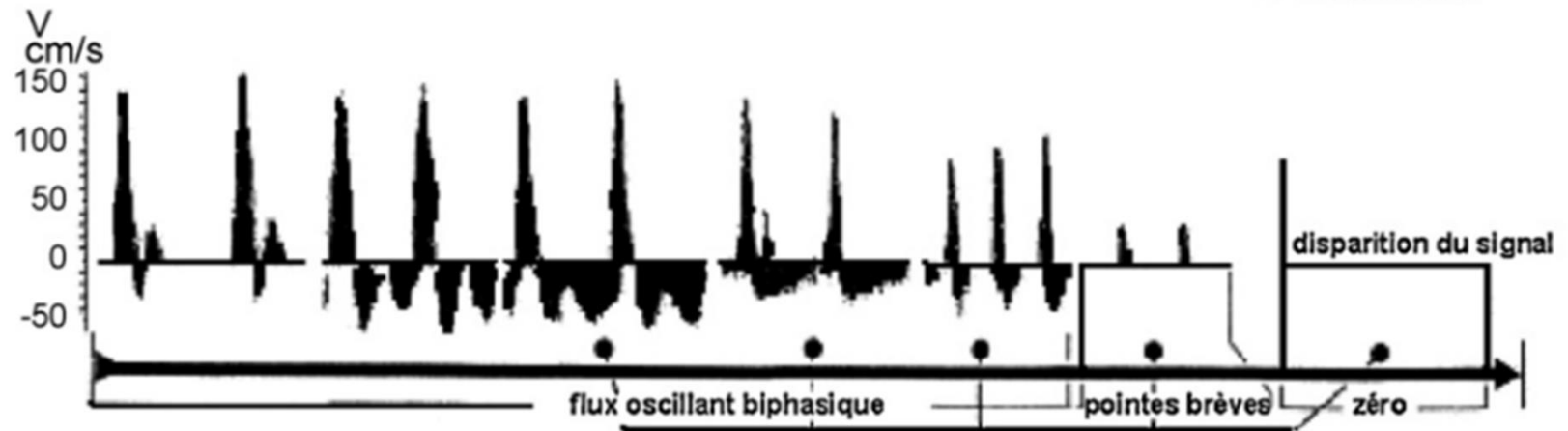
Physiopathologie dans le cadre de la ME

- Mort encéphalique (BD) visualisée au DTC par arrêt de la circulation cérébrale (CCA)
- CCA: lié à l'augmentation de la PIC qui dépasse la PPC
- Si PIC augmente: diminution vitesse, principalement au dépend de la diastole.
- Quand PIC dépasse PAS: absence de flux





→ PIC augmentée
→ PPC diminuée



Arrêt circulatoire cérébral

→ PIC augmentée
→ PPC diminuée
→ Compression vasculaire

Plusieurs définitions pour diagnostiquer un CCA

- Consensus opinion on diagnosis of cerebral circulatory arrest using Doppler-sonography : Task Force Group on cerebral death of the Neurosonology Research Group of the World Federation of Neurology. Ducrocq et al 1998
- Recommendations for the use of transcranial Doppler ultrasonography to determine the existence of cerebral circulatory arrest as diagnostic support for brain death. Segura et al 2009 (Spanish Society of Neurosonology)
- Practice standards for transcranial doppler ultrasound part II: clinical indications and expected outcomes. Alexandrov et al, 2012 (American Society of Neuroimaging Practice Guidelines Committee)
- Latin American consensus on the use of transcranial doppler in the diagnosis of brain death. 2014
- Diagnostic Accuracy of Transcranial Doppler for Brain Death Confirmation: Systematic Review and Meta-Analysis Chang et al 2016. AJNR
- Doppler and duplex sonography for the diagnosis of the irreversible cessation of brain function (« brain death ») : current guidelines in Germany and Neighboring Countries Walter et al, Ultraschall in der Medizin, 2016

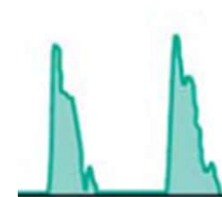
Des recommandations différentes selon les pays...

Table 1 Value of Doppler and duplex sonography for the determination of cerebral circulatory arrest as part of the determination of brain death in Germany and in neighboring countries.

country [reference]	ultrasound modality	vessels to be investigated ¹
Austria [18]	TCD (+ECD) or ECCS	ec: ICA ² , VA ² ; ic: ICA, MCA, VA, BA
Belgium [15]	TCD or TCCS ³	not specified
Czech Republic [22]	TCD or TCCS	ic: ICA, MCA, VA, BA ⁴
Denmark [5]	not accredited	
France [7, 8]	not accredited ⁵	(ec: ICA, VA; ic: MCA, BA)
Germany [1]	ECD+TCD or TCCS (or ECCS)	ec: ICA ⁶ , VA ⁶ ; ic: ICA, MCA, VA ⁶ , BA ⁶
Luxembourg [16]	TCD	not specified
Poland [19]	TCD	ic: MCA, BA ⁴
Sweden [6]	not accredited	
Switzerland [20]	ECCS+TCCS	ec: ICA; ic: MCA
The Netherlands [17]	TCD or TCCS (or ECCS)	ec: ICA, VA ⁷ ; ic: MCA, BA

En gros

- Les signes sémiologiques de base sont:
 - Oscillating flow (= biphasic flow, net zero flow...): aire sous la courbe du flux « positif » = aire du flux « négatif » → corrélé à l'arrêt de la circulation en angiographie
 - Systolic spikes : pic systolique sans flux diastolique (en fonction des référentiels: $V_s < 50$ ou 100 cm/s, durée du pic généralement admis = 200 ms)
 - No flow signals: absence totale de flux (mais attention: Cela peut aussi être lié à une mauvaise transmission des US: intérêt de l'étude des artères extra crâniennes et pour certains auteurs nécessite d'avoir un examen antérieur avec un signal décelable voire avec le même opérateur +++).



Bon alors, que fait-on ?

Indications :

- Le DTC ne permet pas de confirmer le diagnostic de mort encéphalique.
Il ne dispense pas de l'angioscanner ou de l'EEG.
- Il permet de suspecter un arrêt circulatoire cérébral et de déterminer le bon horaire pour réaliser l'angioscanner ou l'EEG.
Il évite ainsi des angioscanners (ou des EEG) trop précoces qui obligent à réaliser un second examen.

Un arrêt circulatoire cérébral est suspecté devant une Vd nulle (Figure 3b) ou une valeur négative de cette dernière (flux pendulaire, Figure 3c). La Vs peut être longtemps conservée. L'IP est toujours très élevé. Le troisième aspect d'arrêt circulatoire est une Vs effondrée sans flux diastolique (Figure 3d).

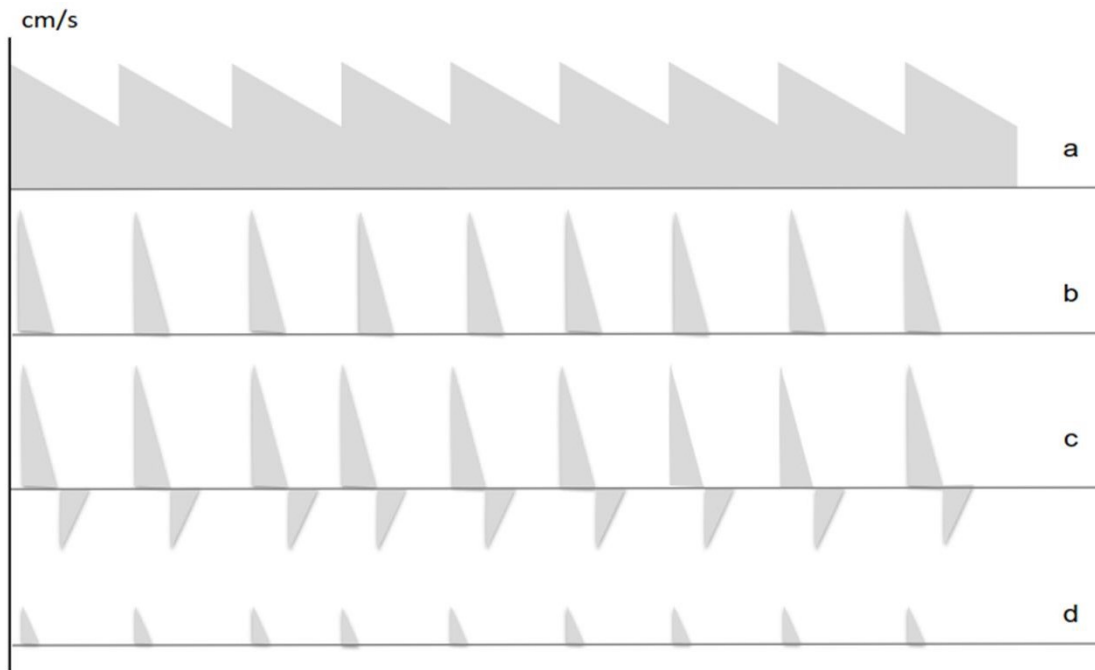


Figure 3. 3a : Spectre normal de l'artère cérébrale moyenne dans sa portion M1. 3b : Abolition du flux diastolique et vitesse systolique conservée. 3c : Flux pendulaire. 3d : Abolition du flux diastolique et flux systolique effondré. Les aspects 3b, 3c, 3d correspondent à un très probable arrêt circulatoire cérébral. Associés à un tableau clinique de mort encéphalique, ces 3 types de spectre autorisent la confirmation paraclinique (EEG ou angioscanner) avec un faible risque de non arrêt circulatoire cérébral lors de l'angioscanner.

Conclusion

+ Avantages du DTC:

Faisable au lit du patient

Peu couteux

Peut être répété facilement

Fiable dans de bonnes conditions

Permet de guider les praticiens pour demander les examens de diagnostics de ME au bon moment

- Inconvénients:

Opérateur dépendant

Nombreux facteurs pouvant influencer les mesures (notamment tout ce qui va modifier la PIC tel craniectomie décompressive)

Absence de fenêtre temporelle chez 8-10% des patients

