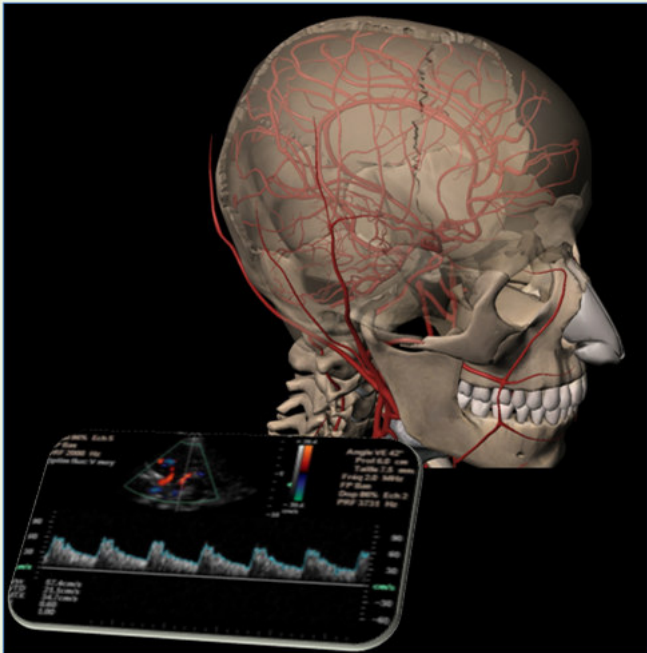


Doppler Trans-Crânién



- Antonia Pérez-Martin ¹
- Iris Schuster ^{1,2}
- Jérémy Laurent ¹
- Isabelle Aïchoun ¹
- Gudrun Böge ^{1,2}
- Jean-Pierre Laroche ¹
- Michel Dauzat ¹

1 - Exploration & Médecine Vasculaire, CHU de Nîmes

2) Médecine Interne & Médecine Vasculaire, CHU de Montpellier

Le Doppler transcrânién permet d'accéder, de façon non vulnérante, à la partie tronculaire des principales artères cérébrales et d'obtenir en temps réel des informations hémodynamiques qu'aucun autre examen ne peut fournir sous cette forme. S'il n'est pas indispensable lors d'un examen échodoppler des axes artériels cervico-céphaliques effectué dans le cadre d'un dépistage (par exemple lors du bilan systématique chez un diabétique), il est indiqué chez les patients présentant une symptomatologie neurologique, que ce soit pour évaluer le retentissement hémodynamique d'une lésion artérielle exo-crâniénne ou pour rechercher une sténose ou occlusion d'une artère cérébrale lorsque l'examen à l'étage cervical n'a pas permis de révéler la cause des symptômes. L'examen Doppler transcrânién est aussi utile pour la surveillance du vasospasme après une hémorragie sub-arachnoïdiénne, dans le suivi des patients atteints de drépanocytose, ou pour la détection des micro-embolies.

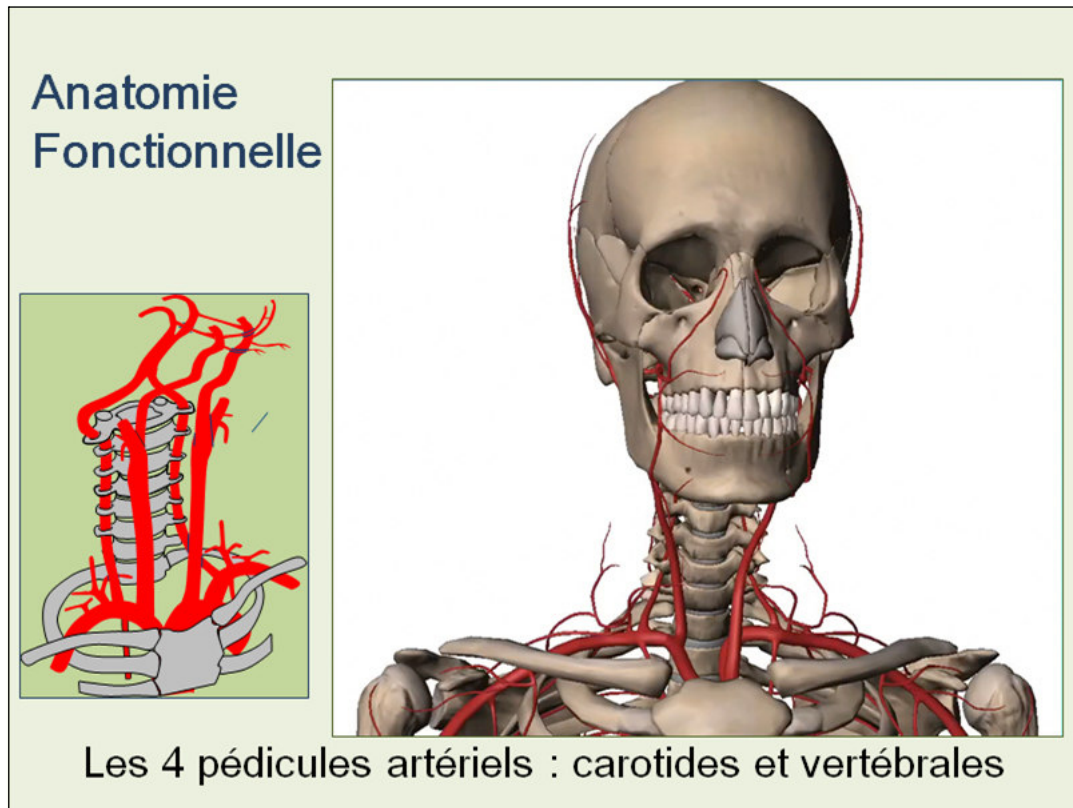
Doppler Trans-Crânien

- **Anatomie fonctionnelle**
- Méthode d'examen
- Résultats normaux
- Indications et résultats

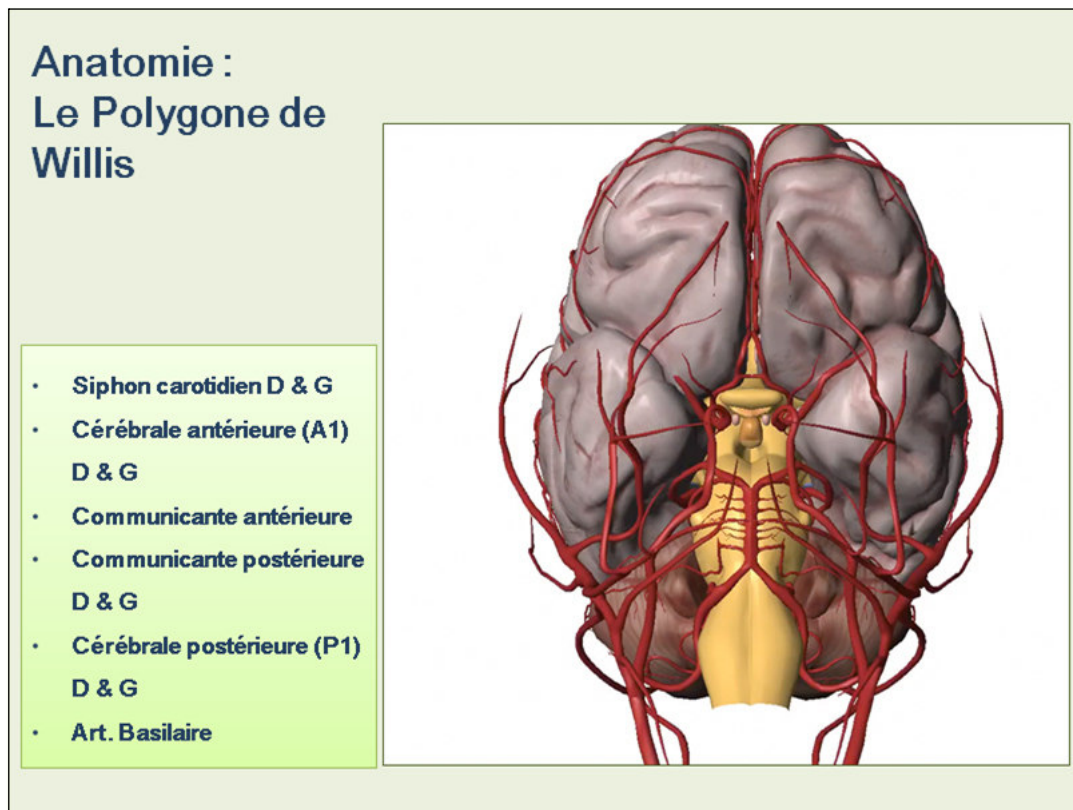
Chapitre 1/2



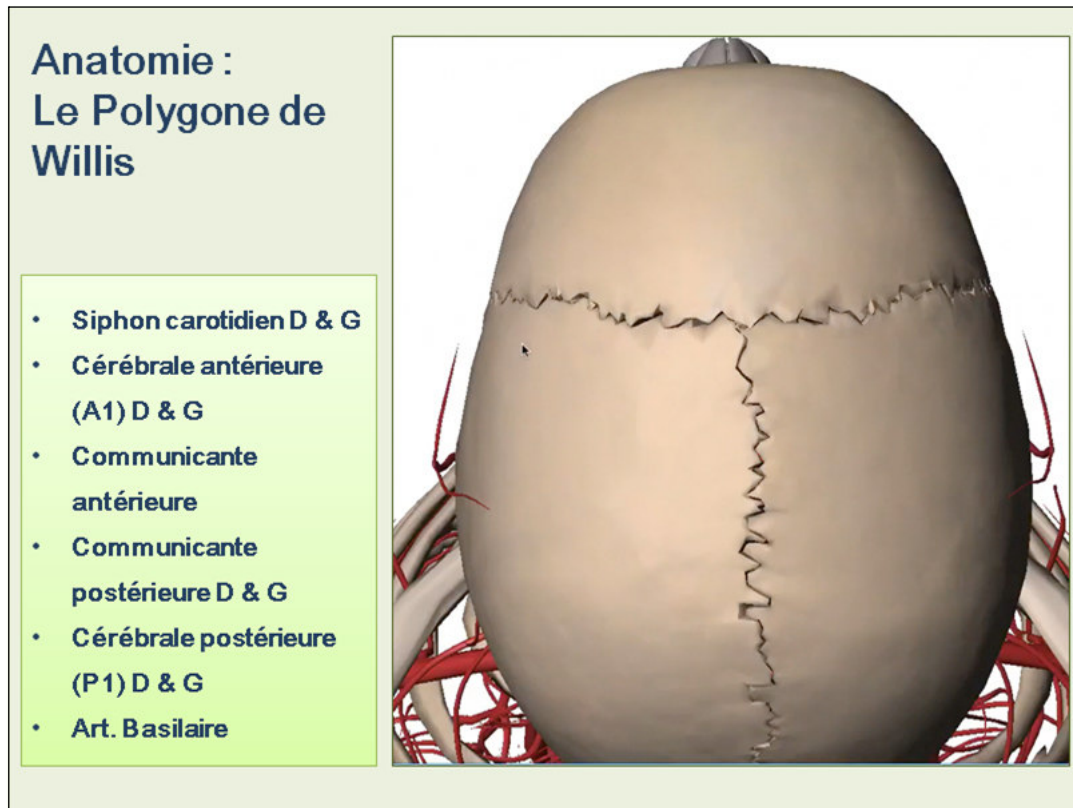
Après un rappel de l'anatomie des principales artères cérébrales, nous décrirons les voies d'abord en Doppler trans-crânien et la méthodologie d'examen, puis les résultats normaux, avant de préciser les indications cliniques et les résultats ainsi que leur interprétation.



La circulation cérébrale est alimentée par 4 pédicules artériels, les artères carotides internes (droite et gauche) et les artères vertébrales (droite et gauche), dont les anastomoses à la base du cerveau forment le polygone de Willis.



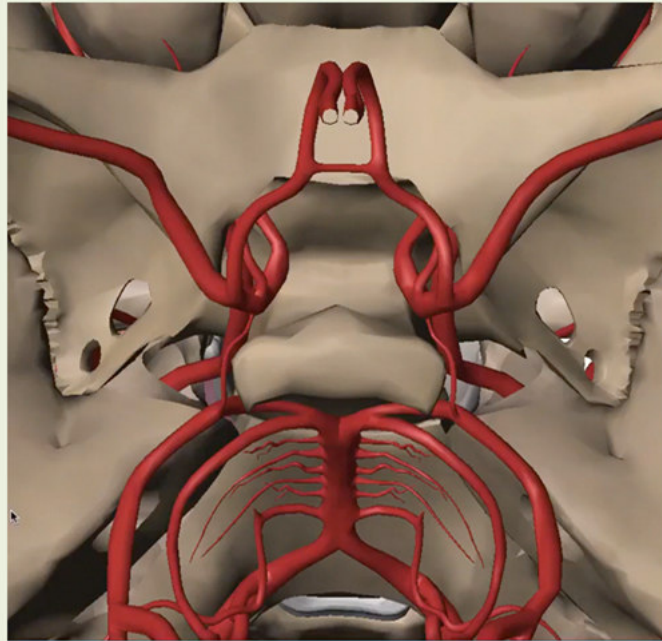
Le polygone de Willis est formé par le siphon carotidien droit et gauche, le segment A1 de l'artère cérébrale antérieure droite et gauche, l'artère communicante antérieure qui les unit, l'artère communicante postérieure droite et gauche, et le segment P1 de l'artère cérébrale postérieure droite et gauche. Il contribue à la stabilité de la circulation cérébrale en permettant la compensation mutuelle des différents troncs artériels, notamment en fonction de la posture et des mouvements du rachis cervical.



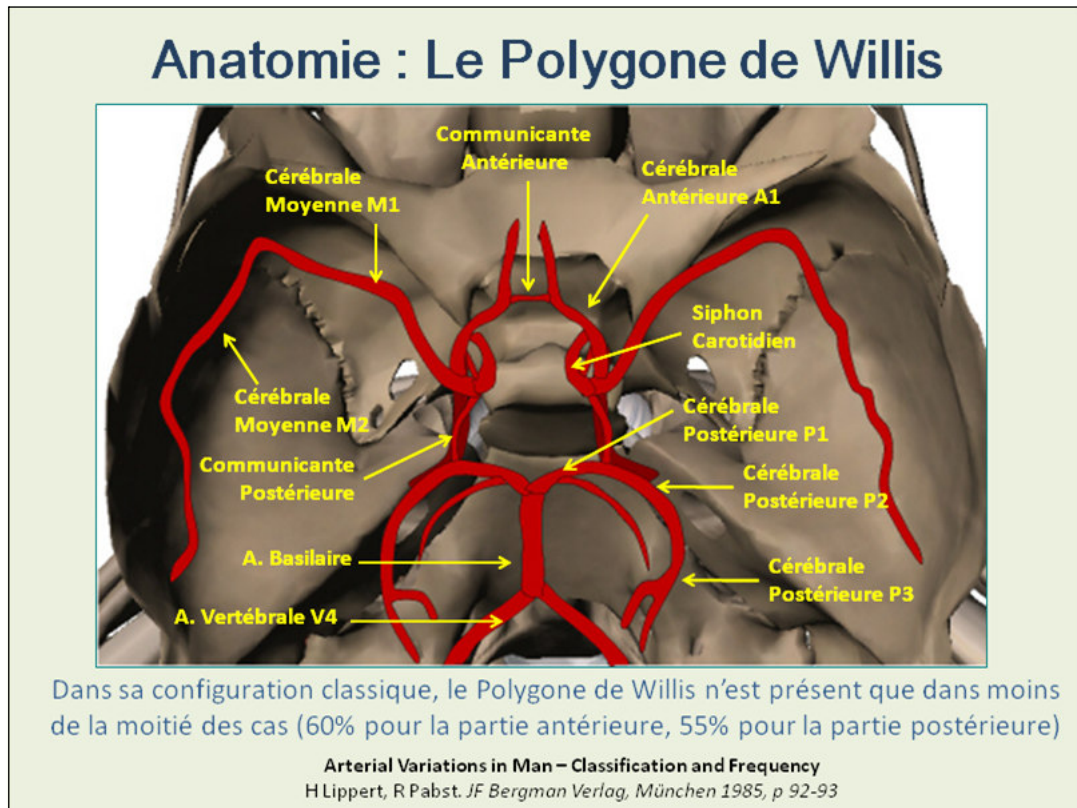
Les principales artères cérébrales émergeant du polygone sont l'artère cérébrale antérieure, l'artère cérébrale moyenne, et l'artère cérébrale postérieure.

Anatomie : le polygone de Willis

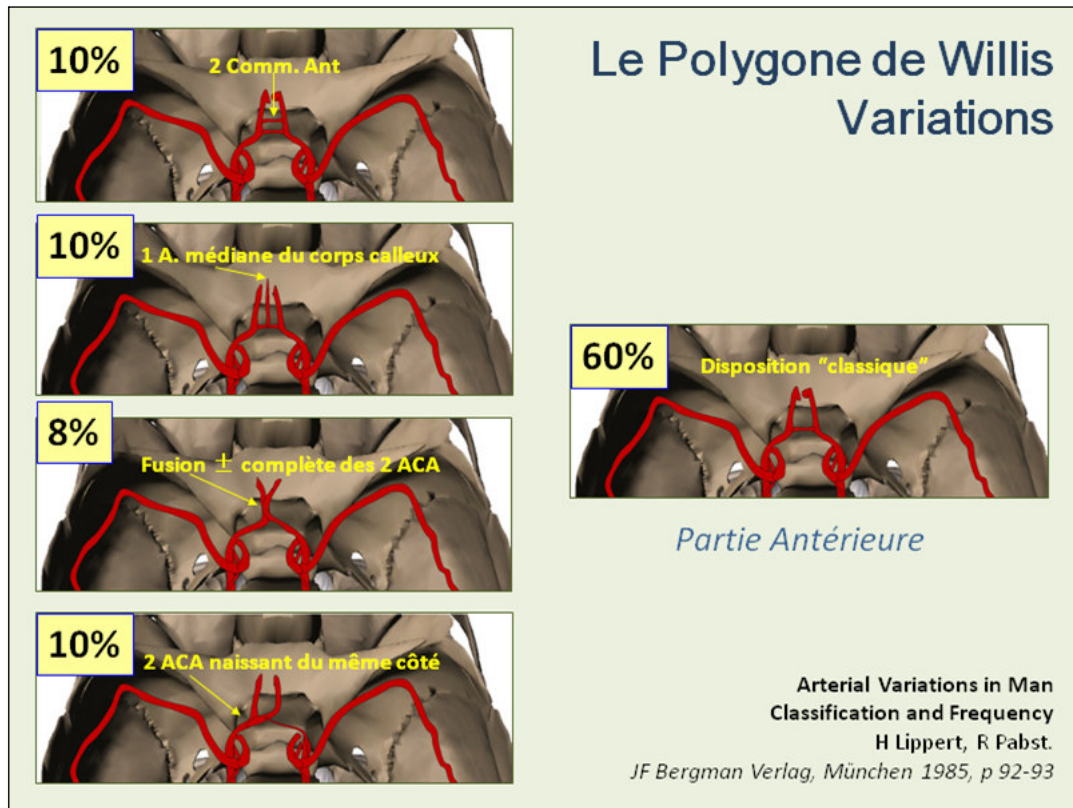
- Siphon carotidien D & G
- Cérébrale antérieure (A1) D & G
- Communicante antérieure
- Communicante postérieure D & G
- Cérébrale postérieure (P1) D & G
- Art. Basilaire



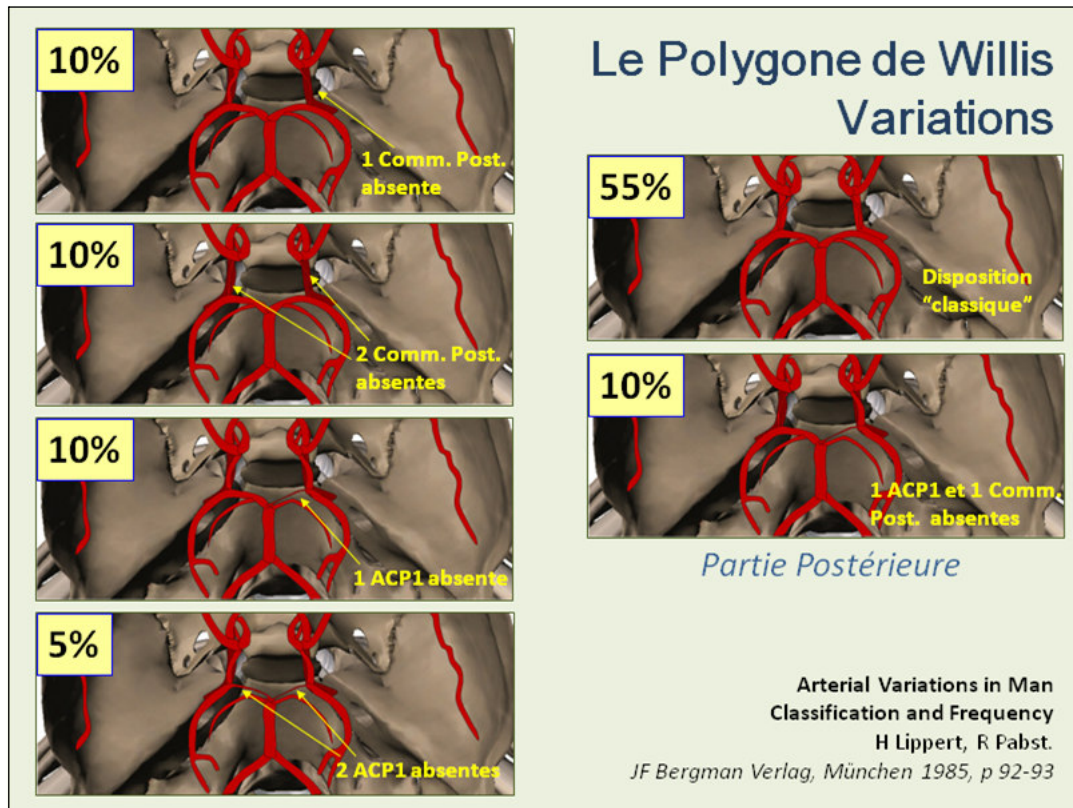
Dans le détail, voici l'artère basilaire, qui donne l'artère cérébrale postérieure gauche et droite, l'artère communicante postérieure gauche et droite, l'émergence endo-crânienne du siphon carotidien et l'artère cérébrale moyenne gauche et droite, l'artère cérébrale antérieure gauche et droite, et l'artère communicante antérieure.



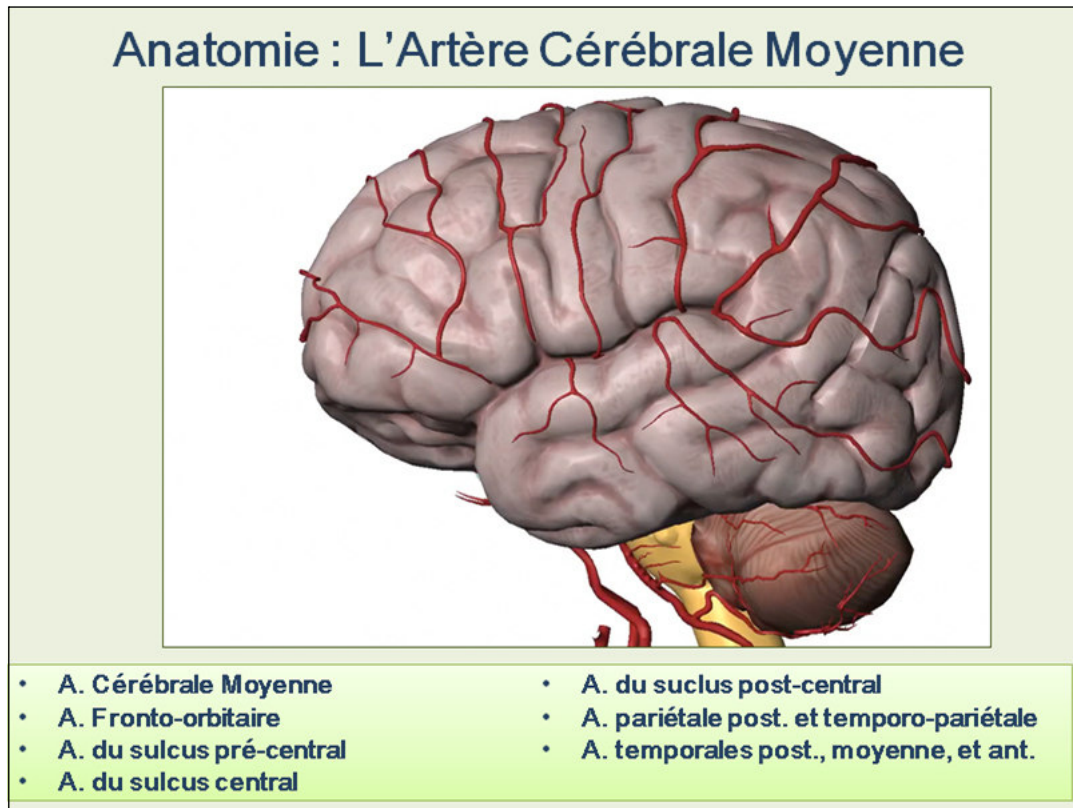
Il importe cependant de souligner le fait que les variations anatomiques du Polygone de Willis sont très fréquentes, de sorte que celui-ci n'est présent dans sa conformation classique que dans moins de la moitié des cas, soit 60% pour sa partie antérieure (artères cérébrales antérieures et artère communicante antérieure, dont les variations représentent 40%) et 55% pour sa partie postérieure (artères communicantes postérieures et artères cérébrales postérieures, dont les variations sont présentes dans 45% des cas).



Pour ce qui est de la partie antérieure du polygone de Willis, les variations anatomiques les plus fréquentes sont la présence de deux artères communicantes antérieures, la présence d'une artère médiane du corps calleux, la fusion plus ou moins étendue des deux artères cérébrales antérieures dans leur segment A1, et la naissance d'un même côté (droit ou gauche) des deux artères cérébrales antérieures (le segment A1 étant absent ou filiforme de l'autre côté). La disposition « classique » n'est présente que dans 60% des cas.



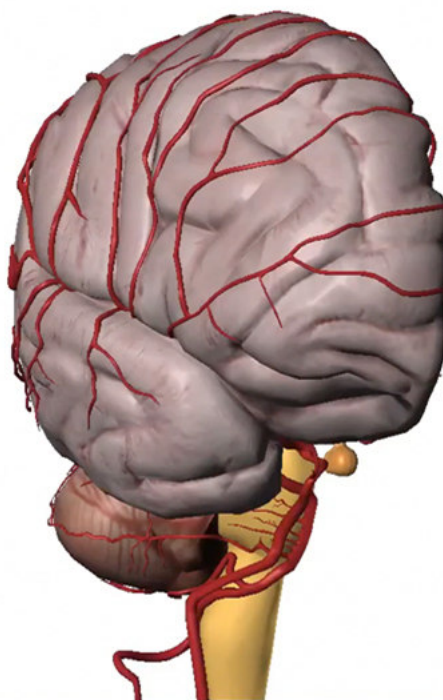
Pour ce qui est de la partie postérieure du polygone de Willis, les variations anatomiques les plus fréquentes sont l'absence d'une artère communicante postérieure (totalement absente ou filiforme), l'absence des deux artères communicantes postérieures, l'absence (ou le caractère filiforme) du segment P1 de l'artère cérébrale postérieure droite ou gauche, voire droite et gauche, les segments suivants (P2, P3) étant ainsi alimentés à partir du siphon carotidien. On peut aussi constater l'absence d'une artère communicante postérieure (droite ou gauche) combinée à l'absence du segment P1 de l'artère cérébrale postérieure droite ou gauche. La disposition « classique » n'est ainsi présente que dans 55% des cas.



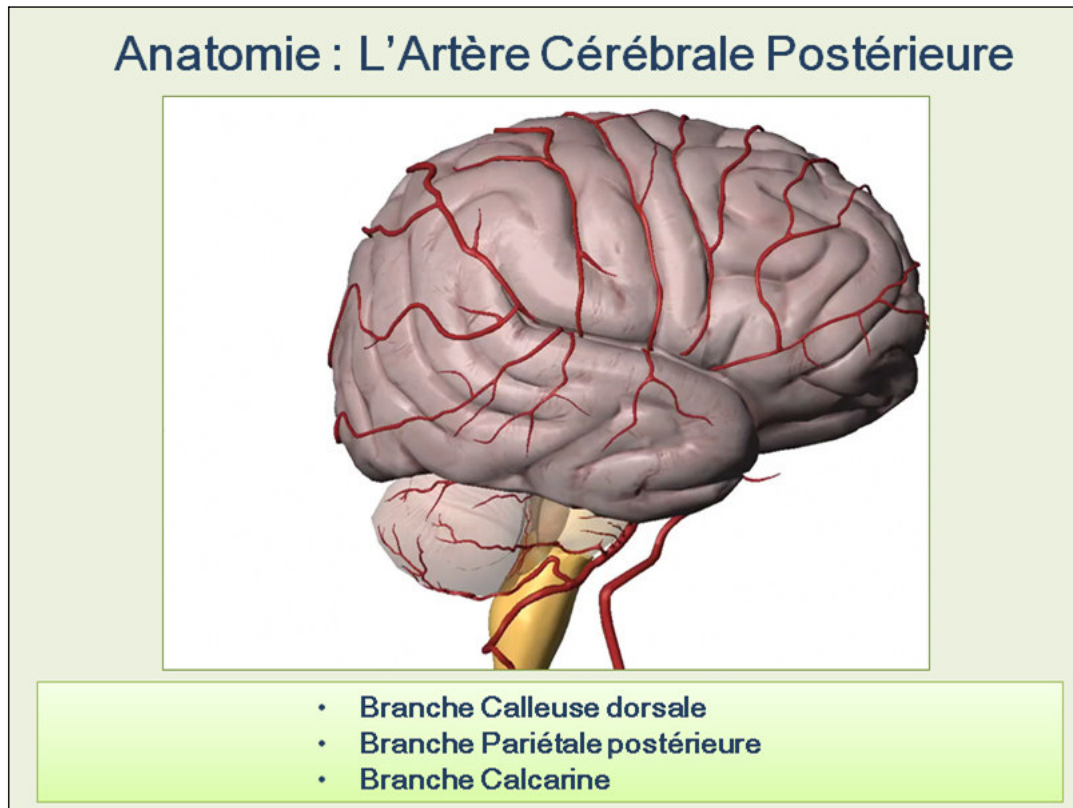
L'artère cérébrale moyenne naît du siphon carotidien et rejoint la vallée sylvienne le long de laquelle elle donne des branches qui cheminent sur le cortex : l'artère fronto-orbitaire, l'artère du sulcus pré-central, l'artère du sulcus central, l'artère du sulcus post-central, ainsi que les artères temporales postérieures, moyenne, et antérieure.

Anatomie : L'Artère Cérébrale Antérieure

- A. Cérébrale antérieure
- A. Fronto-polaire
- A. Callosa-Marginale
- A. Péri-Calleuse
- A. Calleuse dorsale (de la Cérébrale Postérieure)



L'artère cérébrale antérieure naît aussi du siphon carotidien et donne l'artère fronto-polaire, l'artère callosa-marginale, l'artère péri-calleuse, rejoignant la branche calleuse dorsale de l'artère cérébrale postérieure.



L'artère cérébrale postérieure naît de l'artère basilaire, et donne notamment une branche pariétale postérieure et une branche calcarine.

Anatomie Fonctionnelle

Anastomoses :

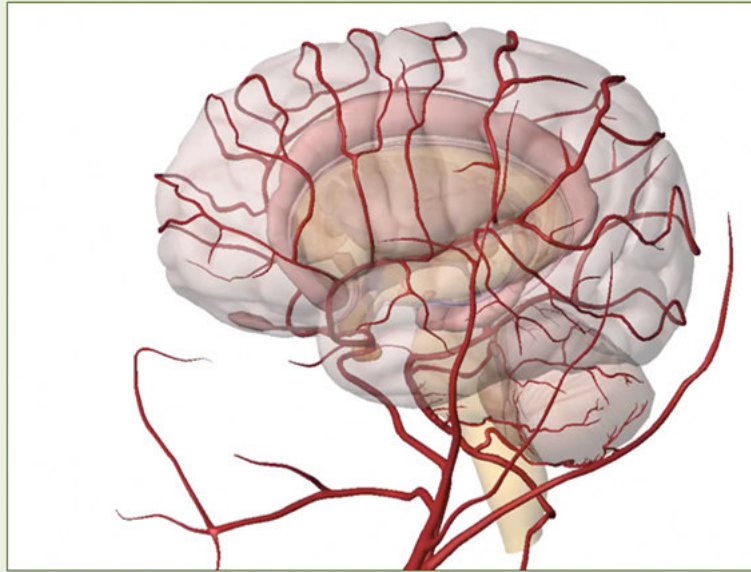
- Polygone de Willis
- Extra-Intra-crâniennes
 - Ophtalmique / Faciale, frontale interne
 - Vertébrale / Cervicales / Occipitale
 - Méningée moyenne / Maxillaire interne...
- Corticales (limitrophes)
 - Cérébrale antérieure / moyenne
 - Cérébrale moyenne / postérieure
 - Cérébrale antérieure / postérieure



La circulation cérébrale ne bénéficie pas seulement des anastomoses constituant le polygone de Willis : deux autres niveaux d'anastomoses sont disponibles :

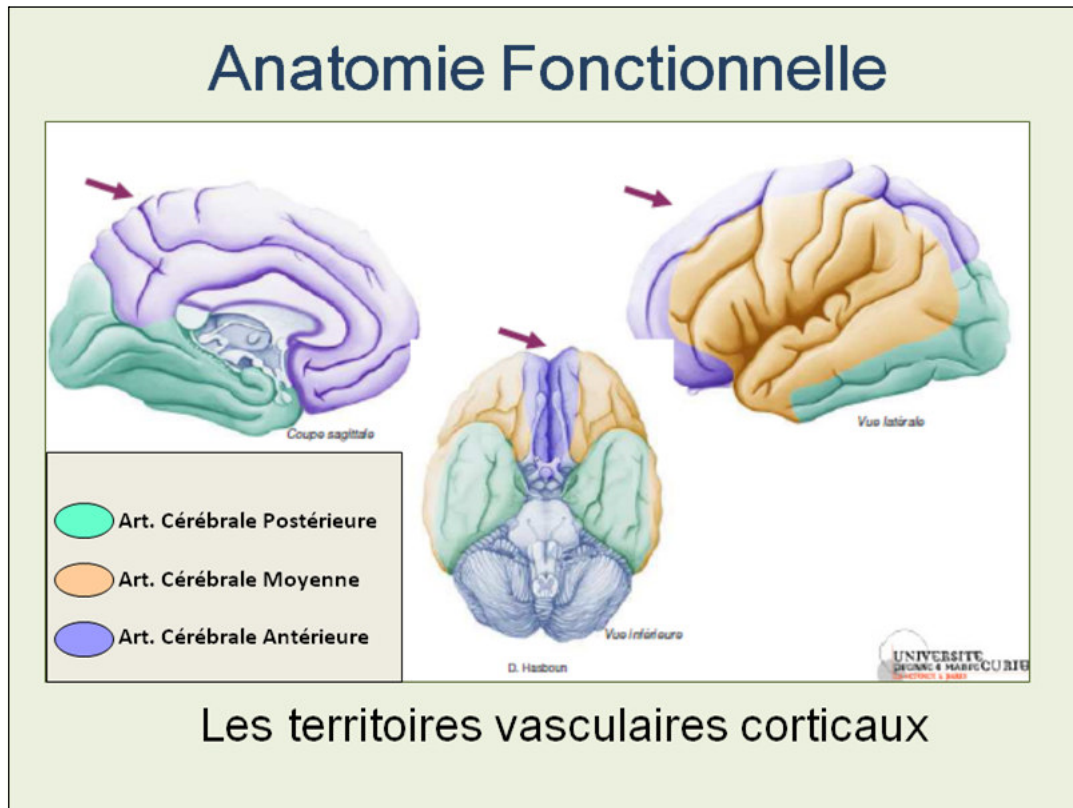
- Les anastomoses extra-intra-crâniennes, unissant des artères extra-crâniennes à des artères cérébrales. Ces voies anastomotiques sont représentées en particulier par l'artère ophtalmique qui, a sa terminaison, présente des anastomoses frontales internes et sus-orbitaires avec la branche antérieure de l'artère temporale superficielle. L'artère vertébrales reçoit aussi des anastomoses sur tout son trajet avec les artères cervicales (ascendante et profonde, branches de la subclavière), mais aussi avec l'artère occipitale (branche de la carotide externe). L'artère méningée moyenne développe aussi des anastomoses avec des branches de l'artère maxillaire interne.
- Les anastomoses corticales (« limitrophes ») entre les rameaux de l'artère cérébrale antérieure et de l'artère cérébrale moyenne, de l'artère cérébrale moyenne et de l'artère cérébrale postérieure, de l'artère cérébrale antérieure et de l'artère cérébrale postérieure. Cependant, lorsque les branches des artères cérébrales pénètrent dans le cortex, ce sont des branches terminales, sans possibilité de suppléance. C'est la raison pour laquelle une obstruction d'un gros tronc artériel cérébral peut rester asymptomatique ou donner des troubles régressifs, si la collatéralité est bien développée, tandis qu'une petite embolie, obstruant une artère terminale, donne des troubles neurologiques plus circonscrits mais définitifs.

Anatomie : Les Anastomoses Corticales

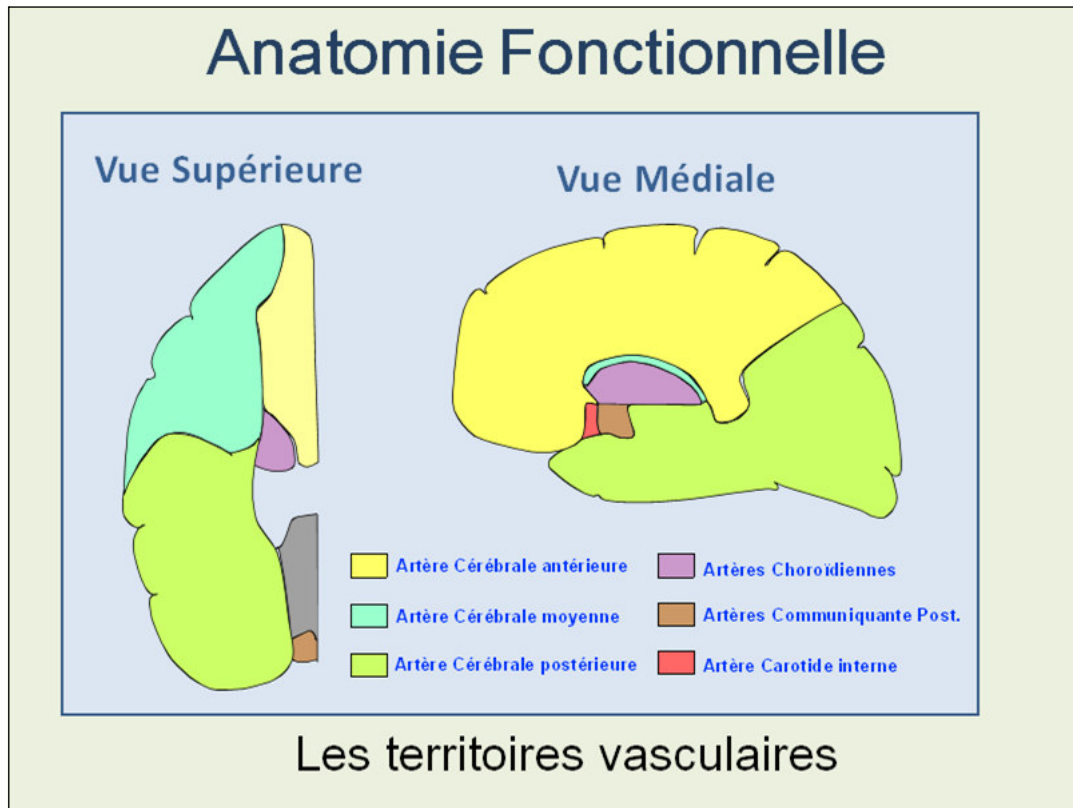


- Cérébrale Moyenne – Cérébrale Antérieure
- Cérébrale Moyenne – Cérébrale Postérieure
- Cérébrale Antérieure – Cérébrale Postérieure

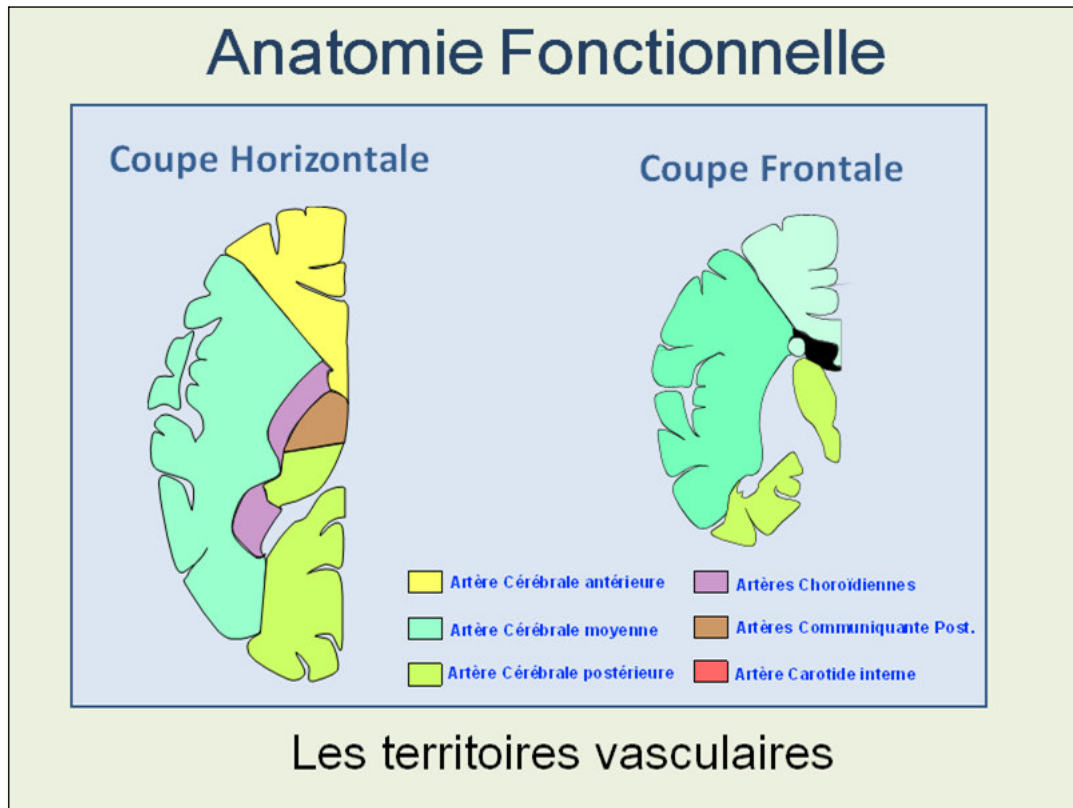
Ces anastomoses limitrophes sont bien visibles sur toute la surface du cortex, et contribuent, elles aussi, à l'homogénéité et à la stabilité de la perfusion cérébrale, offrant des possibilités multiples de compensation en cas d'obstruction totale ou partielle sur un gros tronc artériel.



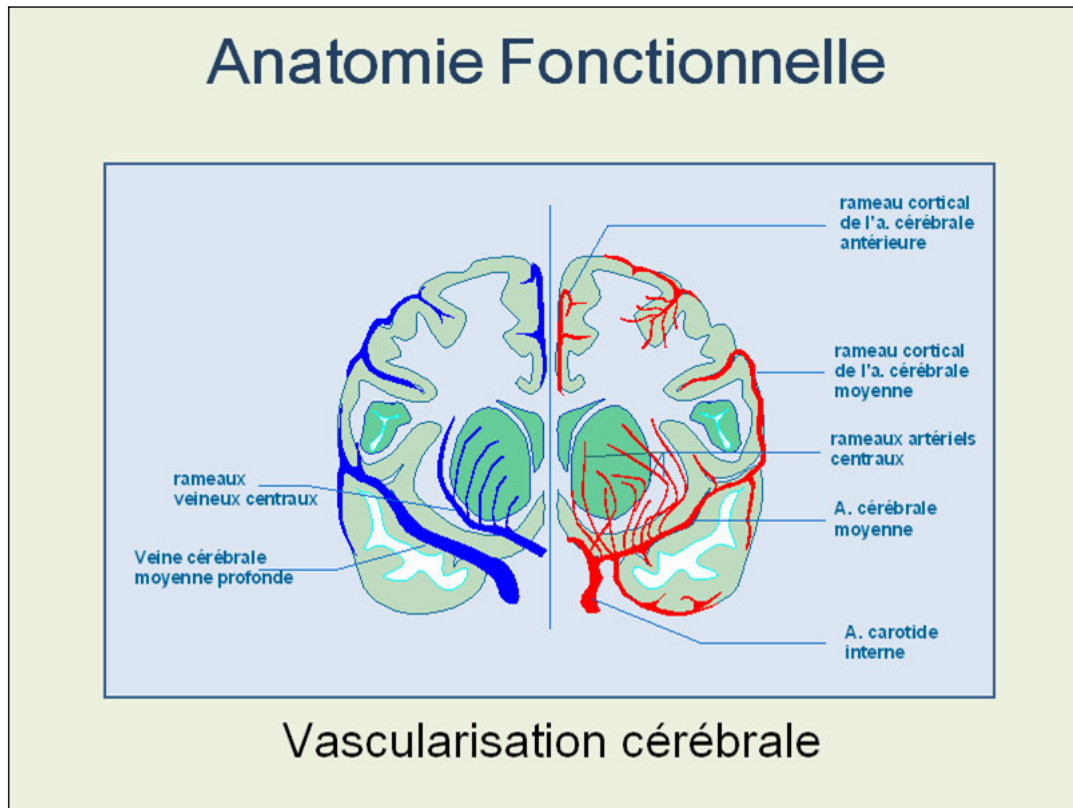
Le territoire cortical des artères cérébrales est donc défini par leur topographie, mais les limites en sont « floues » et mobiles. L'artère cérébrale antérieure irrigue principalement la face médiale de l'hémisphère. L'artère cérébrale moyenne irrigue sa face latérale et le lobe temporal, tandis que l'artère cérébrale postérieure irrigue le lobe occipital mais participe aussi à la vascularisation du lobe temporal.



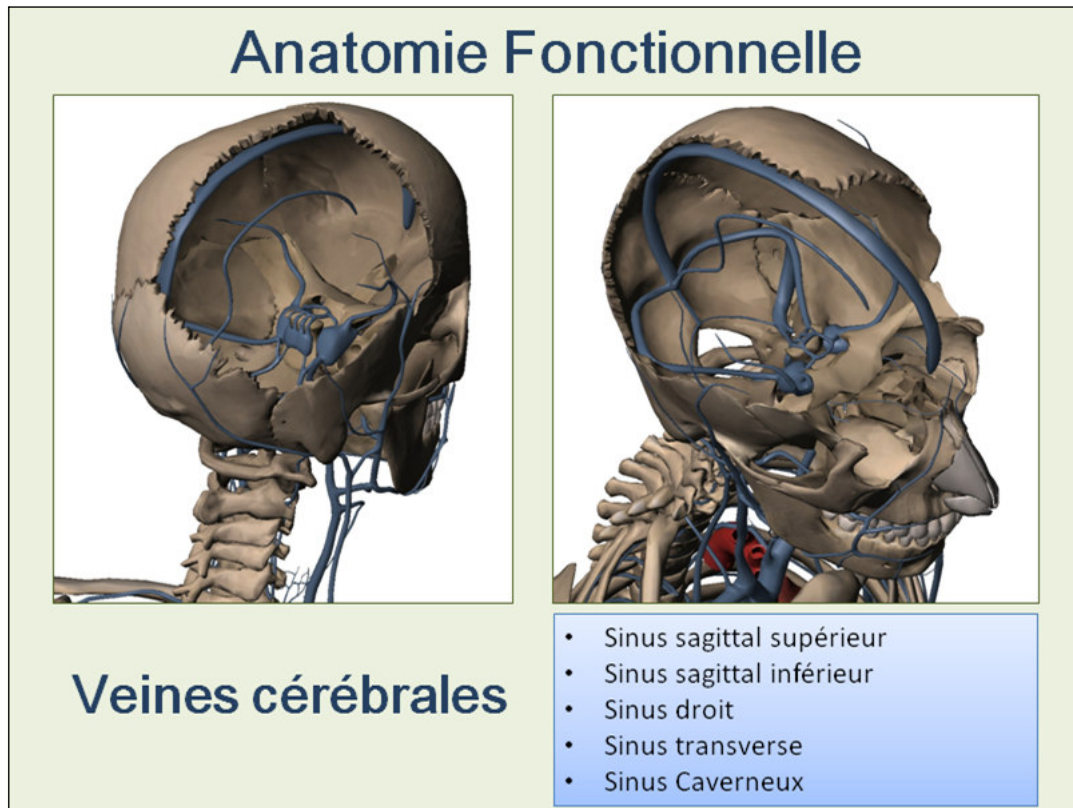
Cependant, d'autres artères participent aussi à la vascularisation cérébrale, et l'on peut mentionner en particulier la contribution des artères choroïdiennes non seulement à la vascularisation des plexus choroïdes, mais aussi le bras postérieur de la capsule interne et la pointe du noyau lenticulaire (artère choroïdienne antérieure). Les branches de l'artère communicante postérieure vascularisent le plancher du 3^{ème} ventricule, le chiasma, la bandelette optique en partie, la tige pituitaire, et les tubercules mammillaires.



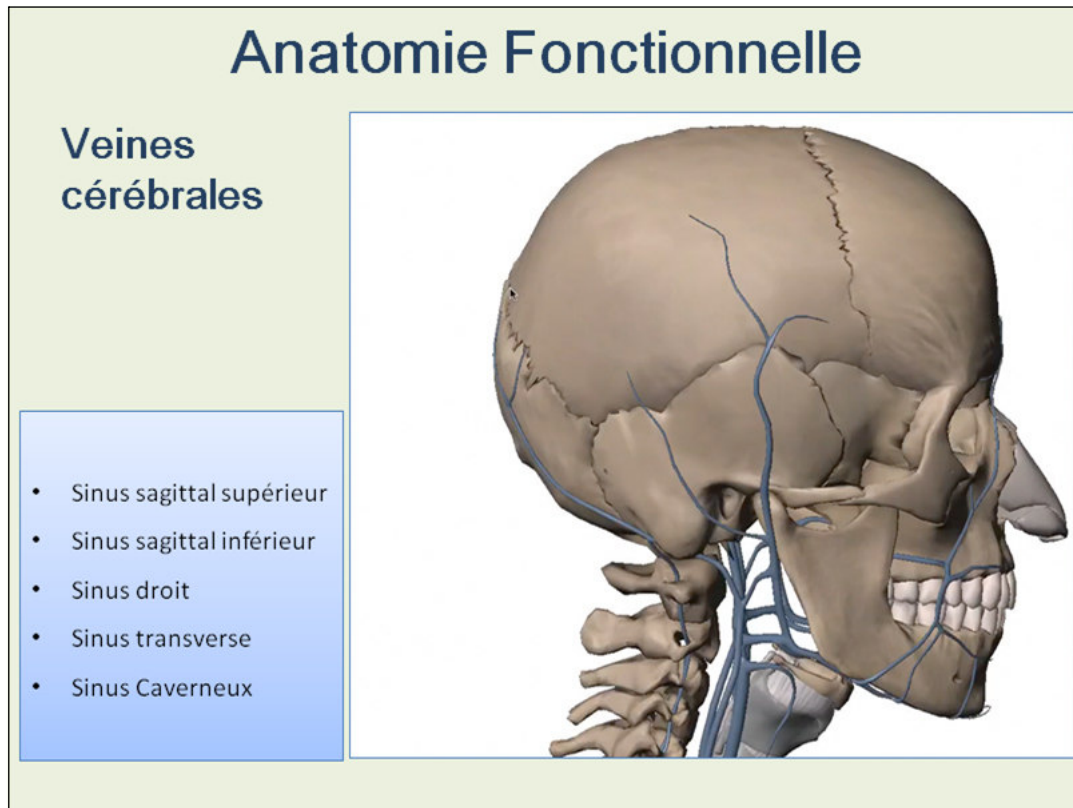
Les artères cérébrales antérieures, moyennes, et postérieures n'assument donc pas à elles seules toute la vascularisation cérébrale, mais elles assurent effectivement la vascularisation corticale dans son ensemble. Les autres branches du polygone de Willis (notamment les artères perforantes) contribuent largement à la vascularisation des structures centrales (noyaux gris, capsules, centre ovale etc.).



Sur le versant veineux, les veines cérébrales superficielles drainent le cortex vers le sinus sagittal supérieure d'une part, vers la veine cérébrale moyenne superficielle d'autre part (qui rejoint le sinus pétreux). Les veines cérébrales basales rejoignent principalement la « grande veine cérébrale » de Galien, via la veine cérébrale moyenne profonde.



Le sang veineux est collecté par le sinus sagittal supérieur et le sinus sagittal inférieur ainsi que le sinus droit (médiants), les sinus transverses, et les sinus caverneux.



A droite et à gauche, le sinus transverse, collectant le sang du sinus sagittal supérieur, du sinus sagittal inférieur (par le sinus droit), et du sinus pétreux, se déverse, via le sinus sigmoïde, dans la veine jugulaire interne.

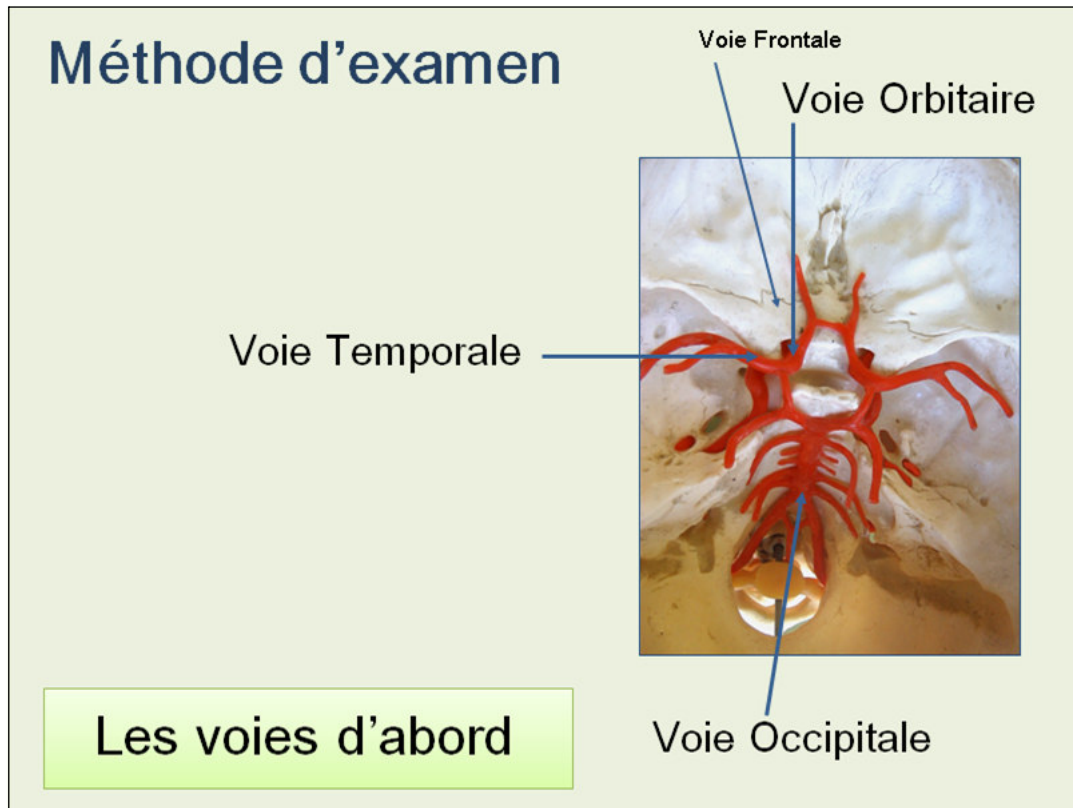
Doppler Trans-Crânien

- Anatomie fonctionnelle
- **Méthode d'examen**
- Résultats normaux
- Indications et résultats



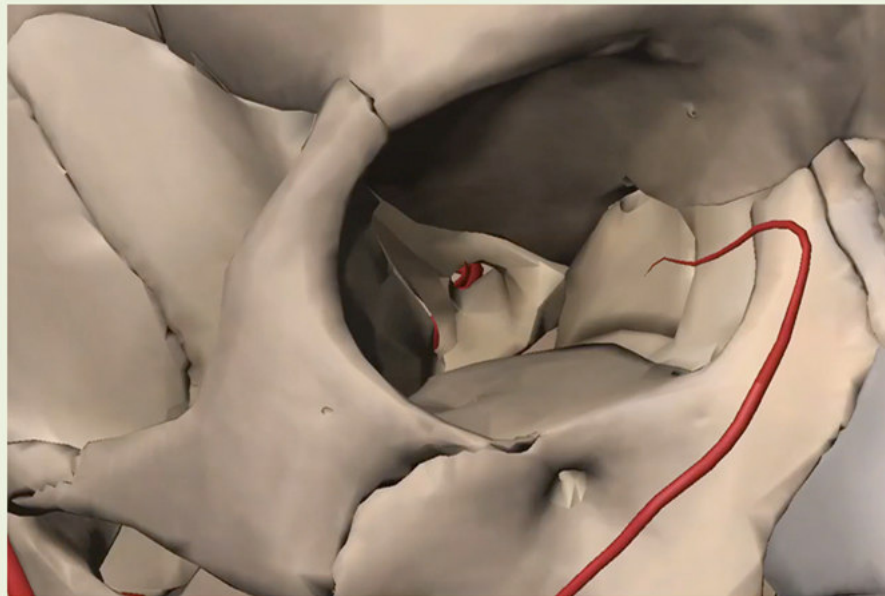
La méthode d'examen Doppler trans-crânien est conditionnée par l'anatomie et, surtout, la disponibilité de « fenêtres acoustiques » permettant le passage des ultrasons pour observer la circulation intra-crânienne.

Cet examen est réalisé à l'aide d'une sonde sectorielle électronique (« phased array ») de base fréquence (2 à 5 MHz de fréquence centrale en mode B, 1,5 à 3 MHz en mode Doppler), identique à ce qui est utilisé pour l'échocardiographie. Le monitoring Doppler transcrânien, quant à lui, peut être pratiqué à l'aide d'un appareil Doppler à émission pulsée dédié (sonde généralement de 2 MHz), éventuellement équipé d'un casque permettant de maintenir en place la (ou les) sonde(s) dans la région temporale.



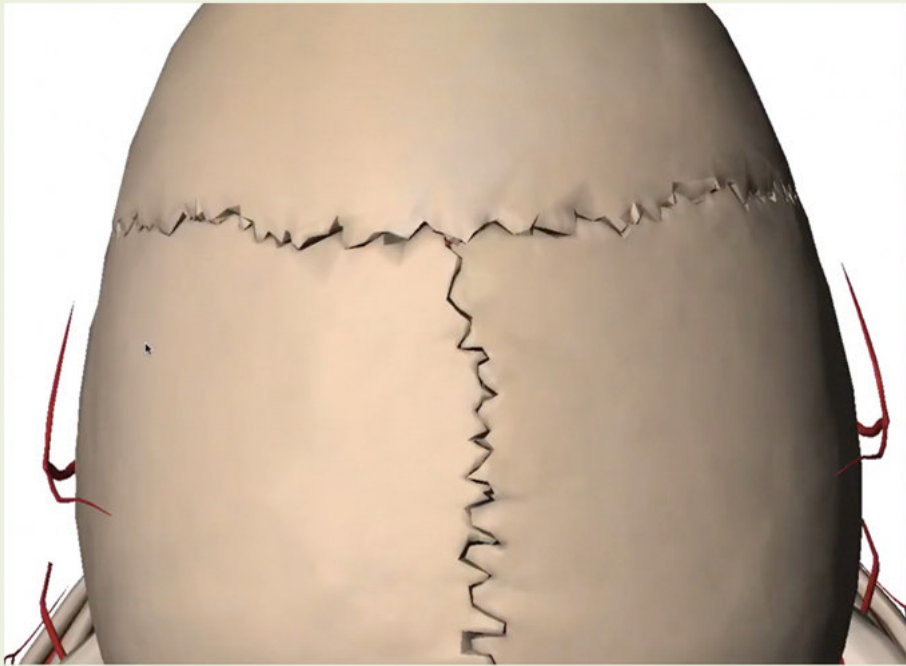
Trois voies d'abord sont disponibles pour le Doppler trans-crânien : la voie temporale (la principale, donnant accès au siphon carotidien, à l'artère cérébrale moyenne, et à l'artère cérébrale postérieure), la voie occipitale (pour les artères vertébrales en V4 et l'artère basilaire), et la voie orbitaire (peu usitée désormais, pour l'abord du siphon carotidien). La voie frontale est rarement disponible pour l'accès à l'artère cérébrale antérieure.

Méthode : la voie orbitaire

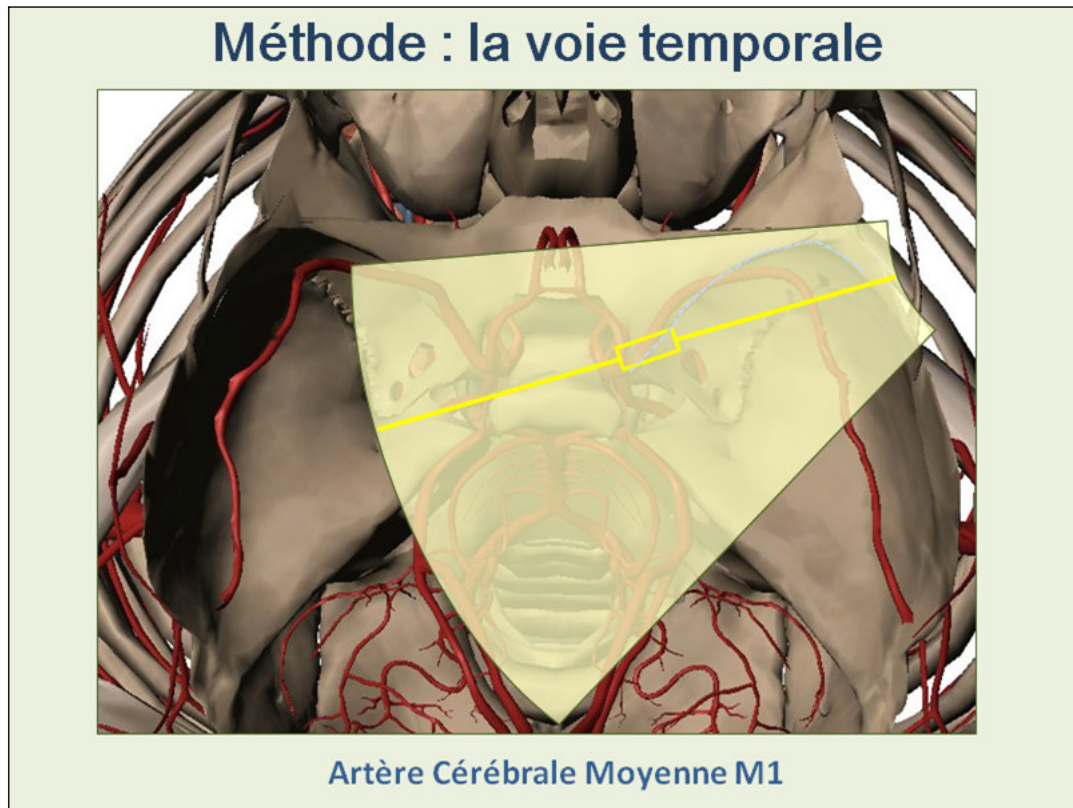


La voie orbitaire donne accès principalement au siphon carotidien, à travers la fente sphénoïdale. Elle est désormais peu usitée car le siphon carotidien est aussi accessible par voie temporale sous le contrôle du Doppler couleur. Cette voie orbitaire nécessite impérativement de réduire considérablement la puissance acoustique émise (notamment en mode Doppler pulsé) : en pratique, les appareils actuels présentent des préréglages adaptés à cet usage. A défaut, la puissance acoustique devrait être réduite d'au moins 80% pour éviter de léser les milieux transparents de l'œil. L'examen de l'artère ophtalmique se fait, quant à lui, avec une sonde linéaire de haute fréquence. L'examen se fait en coupe horizontale, à mi-hauteur de l'orbite, rejoignant le siphon à une profondeur de près de 8 cm.

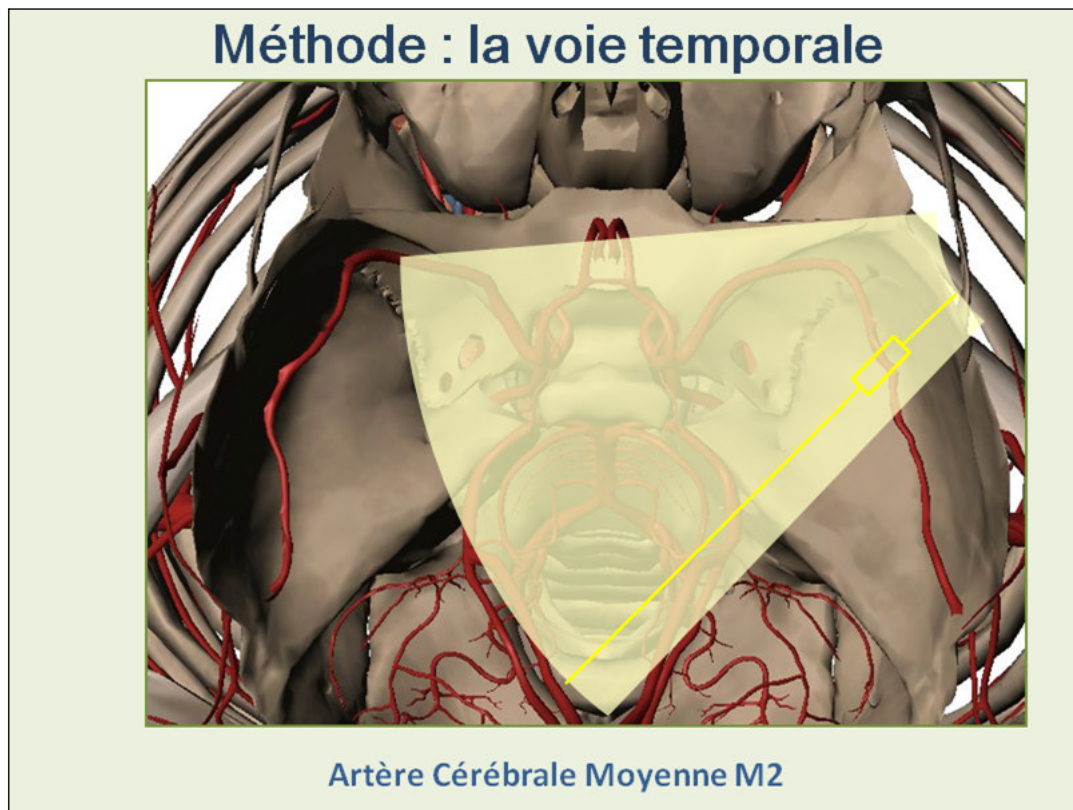
Méthode : la voie temporale



La voie temporale est la plus utilisée, pour aborder les principales artères cérébrales. La sonde est placée, en coupe horizontale, sur l'écaïlle temporale au dessus de l'arcade zygomatique, en avant et au dessus du tragus de l'oreille. La fenêtre acoustique temporale est de topographie variable, et sa recherche se fait par tâtonnement. Elle est disponible et suffisante dans environ 90% des cas au total. Elle plus souvent insuffisante ou absente chez les femmes âgées ainsi que, en comparaison des caucasiens, chez les noirs et les asiatiques. Dans un tel cas, si l'indication clinique est importante, l'injection d'un produit de contraste ultrasonique permet de surmonter cette difficulté dans plus de 80% des cas.

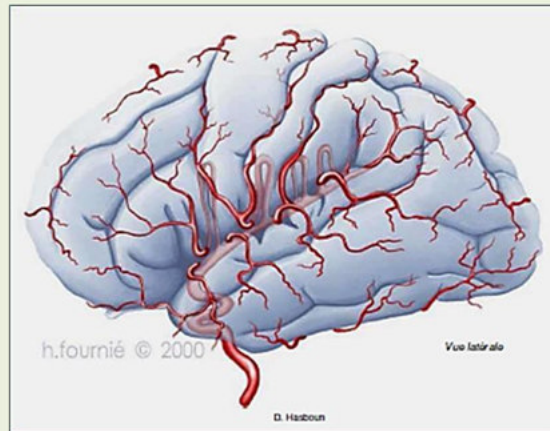


Le repère osseux permettant de déterminer la disponibilité de la fenêtre acoustique temporelle est le rebord sphénoïdal. S'il est bien visible, l'examen est généralement possible dans de bonnes conditions. On peut alors visualiser, en Doppler couleur, l'artère cérébrale moyenne dans ses segments M1 et M2, un peu en arrière du bord sphénoïdal. Le segment M1 peut alors être enregistré, avec un flux dirigé vers la sonde.



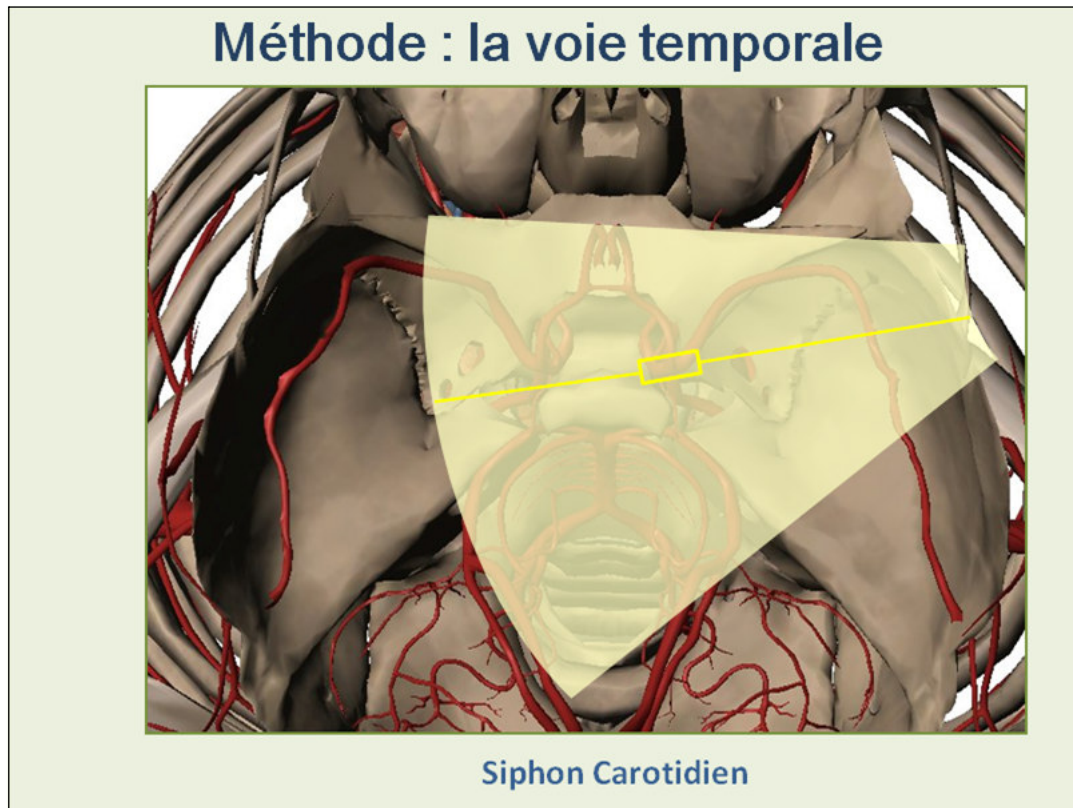
Le segment M2 lui fait suite, après un coude plus ou moins marqué.

Méthode : la voie temporale

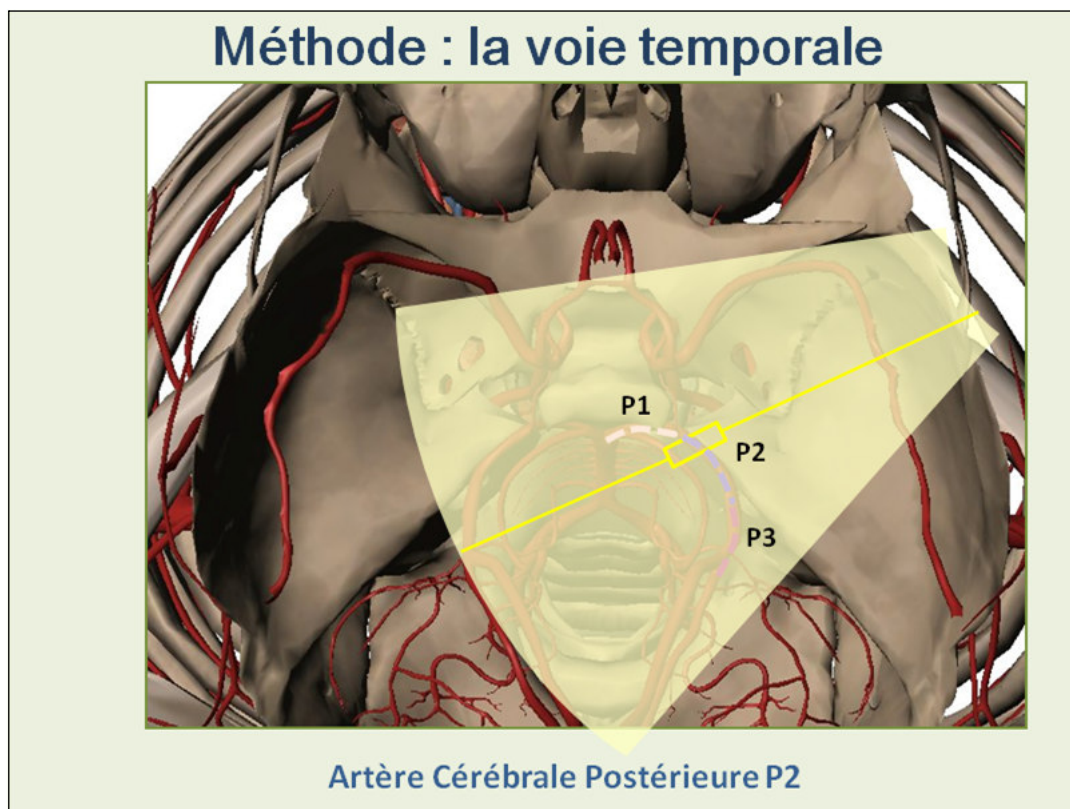


Artère Cérébrale Moyenne : les branches insulaires

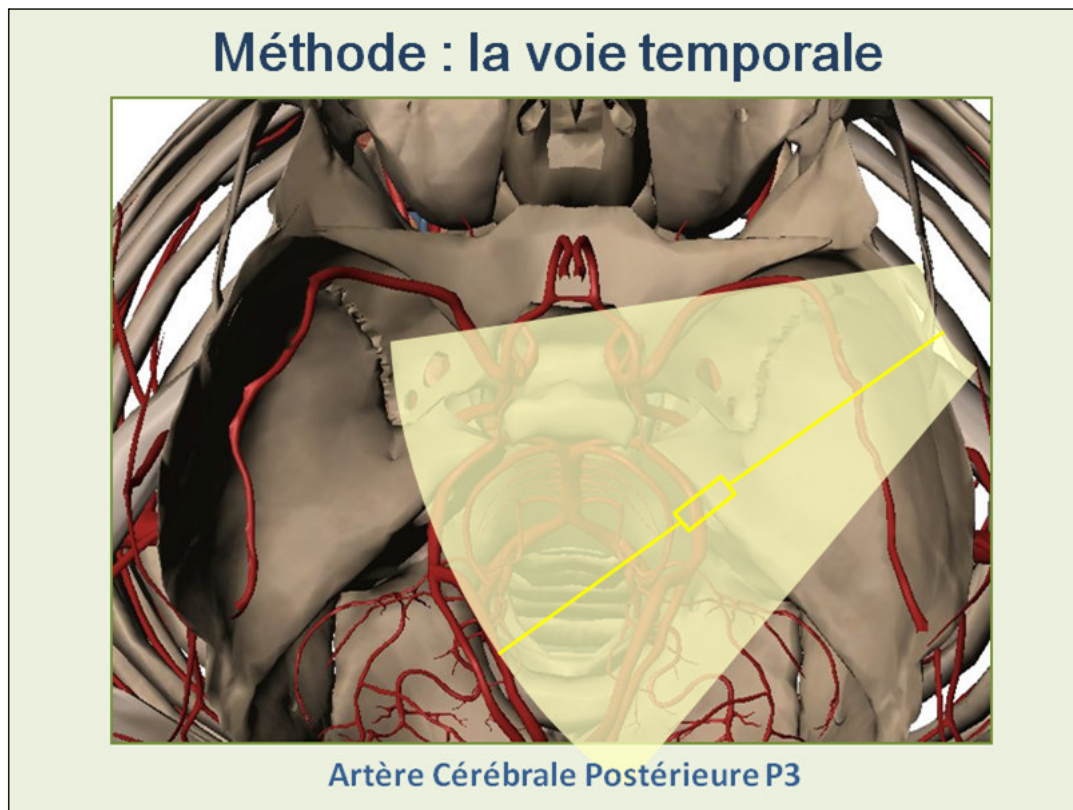
Quelques branches insulaires sont parfois accessibles, lorsque la fenêtre temporale est large. Le plus souvent, c'est le segment M2 qui est abordé par cette voie, avec un flux s'éloignant de la sonde.



En arrière de l'origine de l'artère cérébrale moyenne, on peut voir (dans près de $\frac{3}{4}$ des cas), l'artère communicante postérieure. Cette artère est mieux visible lorsque l'artère cérébrale postérieure reste à quelque distance du siphon carotidien.

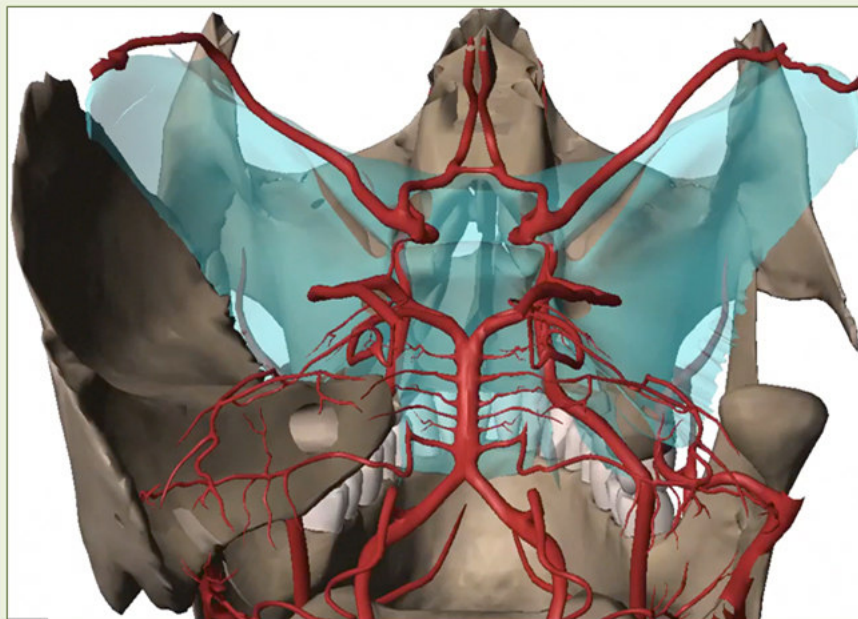


En basculant la sonde un peu en arrière et en l'inclinant légèrement en bas, on peut (inconstamment) visualiser le premier segment (P1) de l'artère cérébrale postérieure. Ses segments P2 et P3

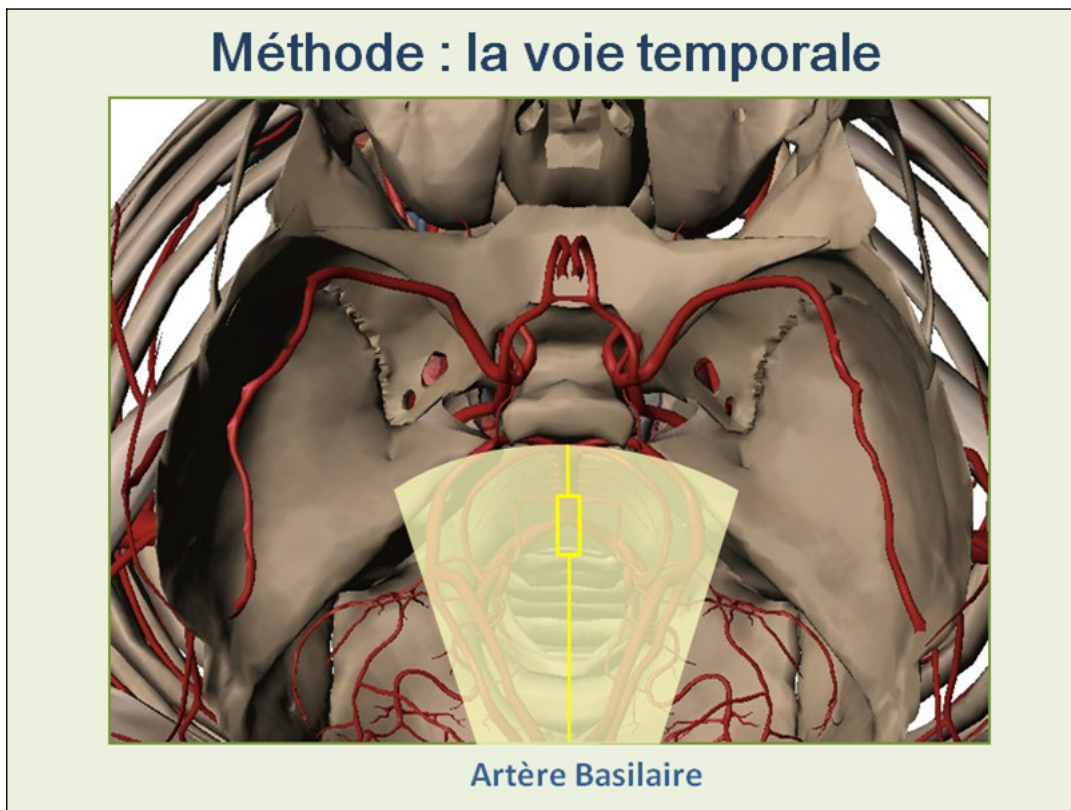


Le flux s'approche de la sonde en P2, s'en éloigne en P3.

Méthode : la voie occipitale



La voie temporale permet aussi d'aborder la partie terminale du siphon carotidien, dans un plan un peu inférieur à celui de l'artère cérébrale moyenne. Le flux s'éloigne de la sonde vers la ligne médiane avant de s'orienter vers la sonde pour s'engager dans l'artère cérébrale moyenne.



Le flux s'approche de la sonde en P2, s'en éloigne en P3.

Doppler Trans-Crânien

- Anatomie fonctionnelle
- Méthode d'examen
- **Résultats normaux**
- Indications et résultats



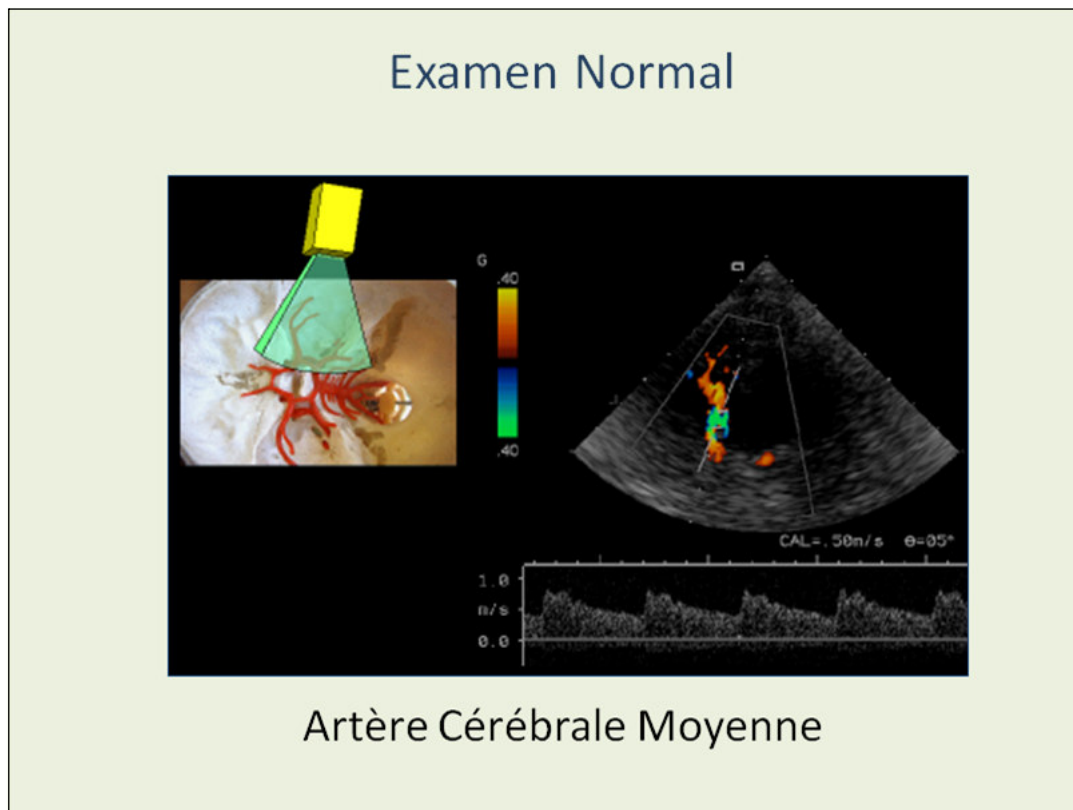
Les signaux Doppler normaux des principales artères cérébrales sont remarquables par leur homogénéité : en particulier, la modulation est quasi-identique dans l'ensemble des artères cérébrales accessibles, avec une pente ascendante du pic systolique presque verticale, et une décélération post-systolique très progressive, en pente douce, de sorte que la vitesse télédiastolique reste élevée (ce qui correspond à un indice de résistance bas, variable selon les sujets et leur âge, mais pouvant être proche de 0,5).

Examen Normal

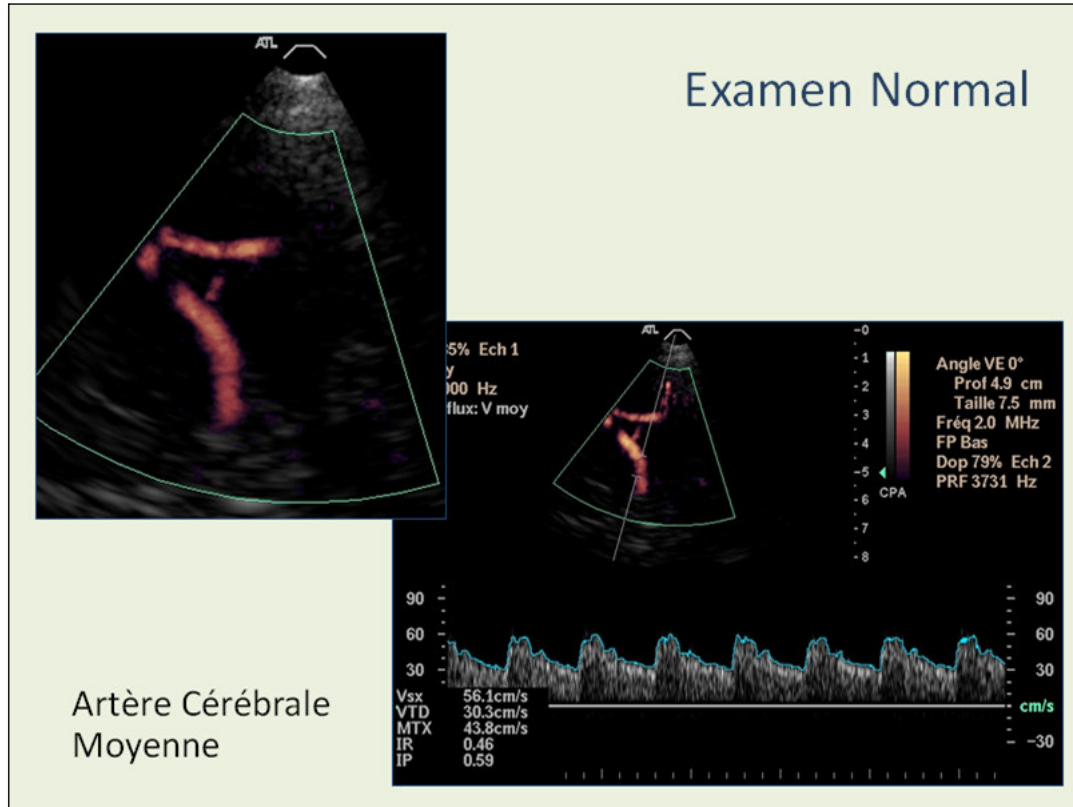


Artères Cérébrales normales en mode Doppler couleur
et B-Flow

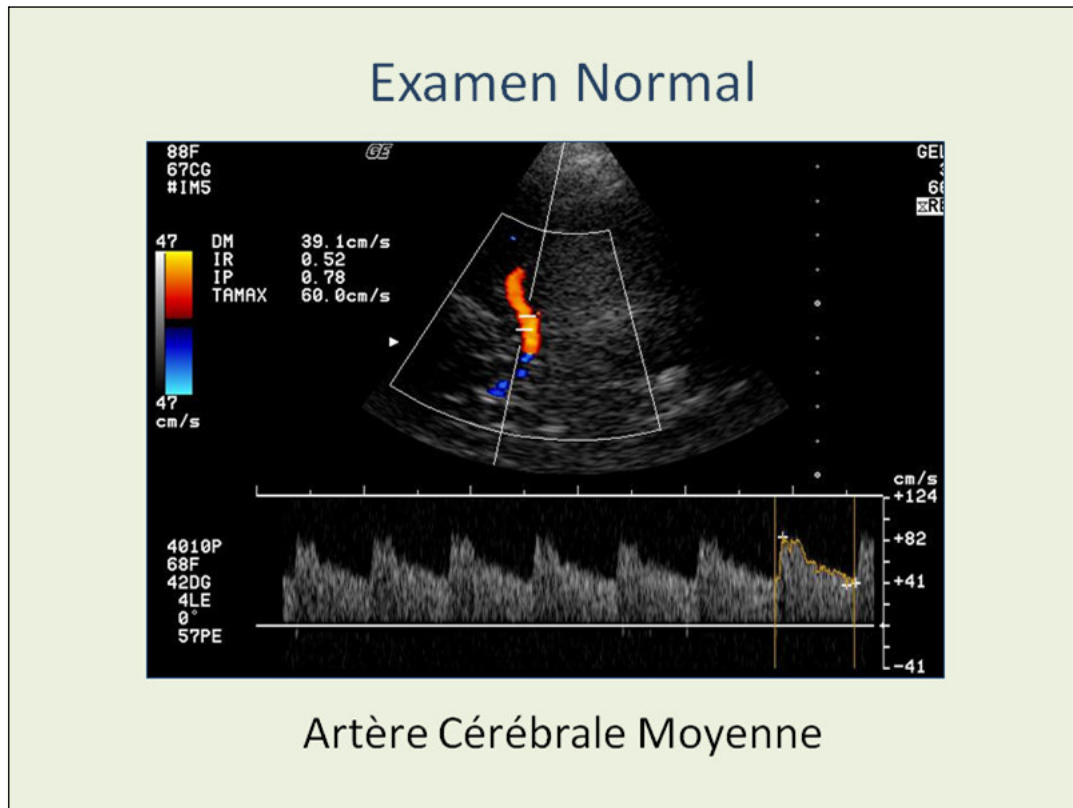
Voici l'aspect normal, en mode Doppler couleur puis en mode B-Flow, des principales artères cérébrales, par voie temporale, avec l'artère cérébrale moyenne et l'artère cérébrale antérieure (A1) ainsi que l'artère cérébrale postérieure (P1-P2-P3).



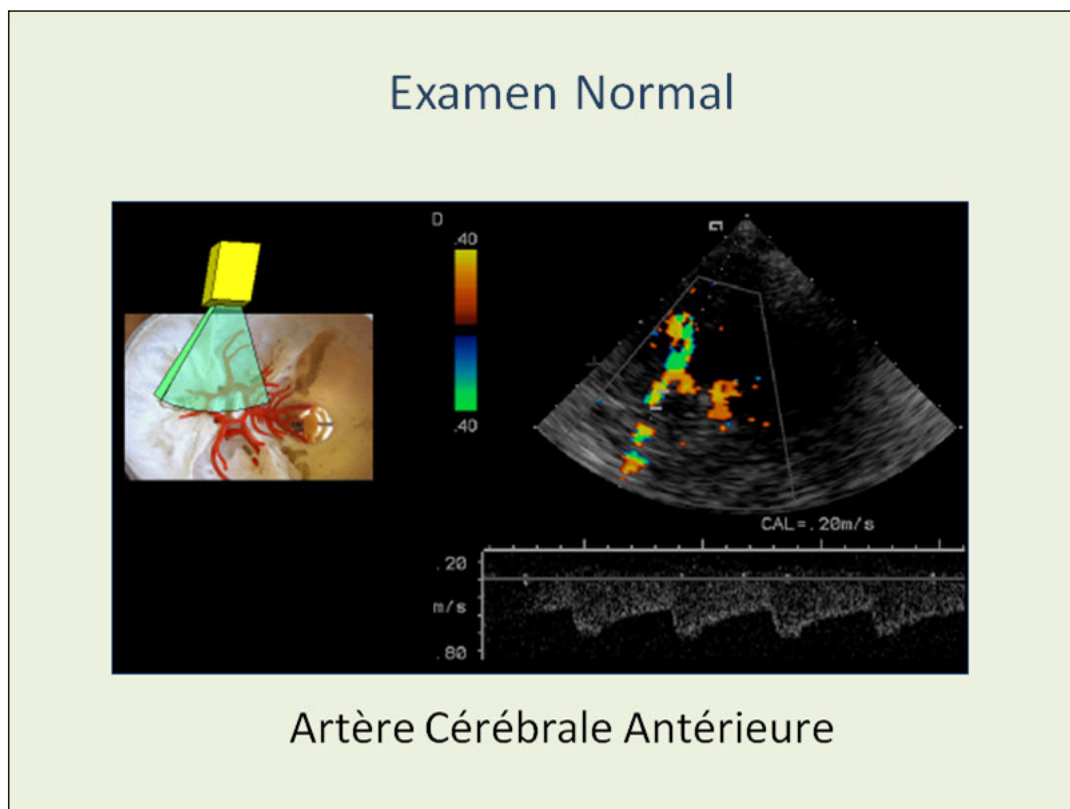
Voici un tracé Doppler normal sur l'artère cérébrale moyenne en M1, avec une vitesse maximale systolique inférieure à 100 cm/s et une modulation satisfaisante.



L'indice de résistance, sur cette artère cérébrale moyenne normale, est de 0,46. Noter que son trajet en M1 n'est pas rectiligne, et que la mesure de l'angle d'incidence est donc nécessaire pour déterminer de façon fiable les vitesses circulatoires.

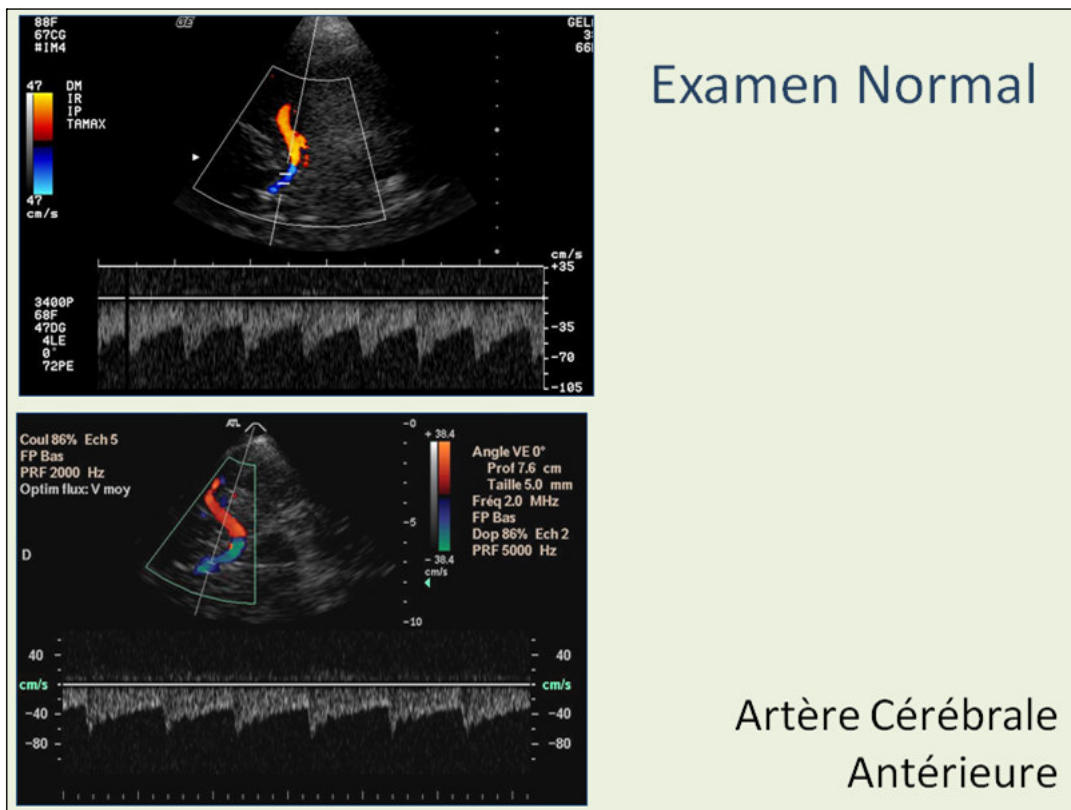


En voici un autre exemple normal, confirmant le fait que le tracé Doppler des principales artères cérébrales est, de façon caractéristique, celui d'une artère s'adressant à un territoire d'aval à faibles résistances circulatoires. La vitesse maximale systolique est, le plus souvent, comprise entre 50 et 100 cm/s, et l'indice de résistance proche de 0,5.



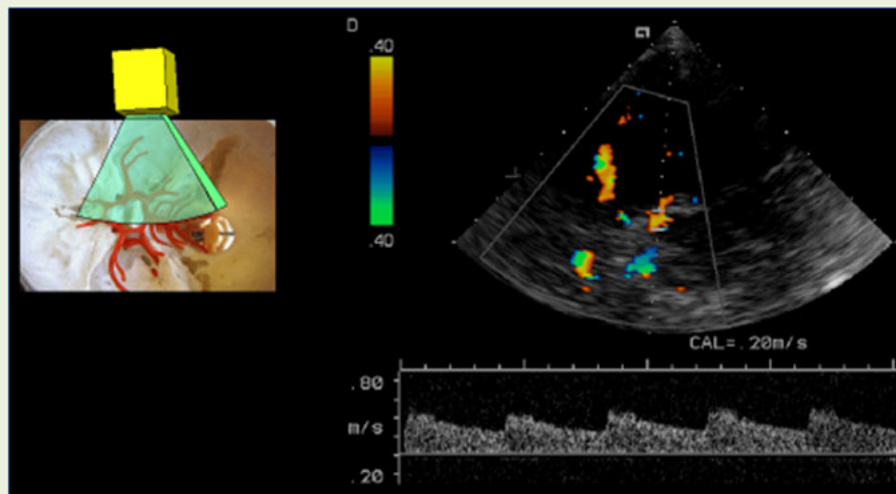
Le segment A1 de l'artère cérébrale antérieure donne un signal Doppler négatif, puisque le flux s'éloigne de la sonde pour se rapprocher de la ligne médiane (laquelle se situe à environ 7 cm de la sonde). La modulation est tout à fait comparable à celle de l'artère cérébrale moyenne.

A



Sur des deux autres exemples normaux, la modulation est pratiquement identique.

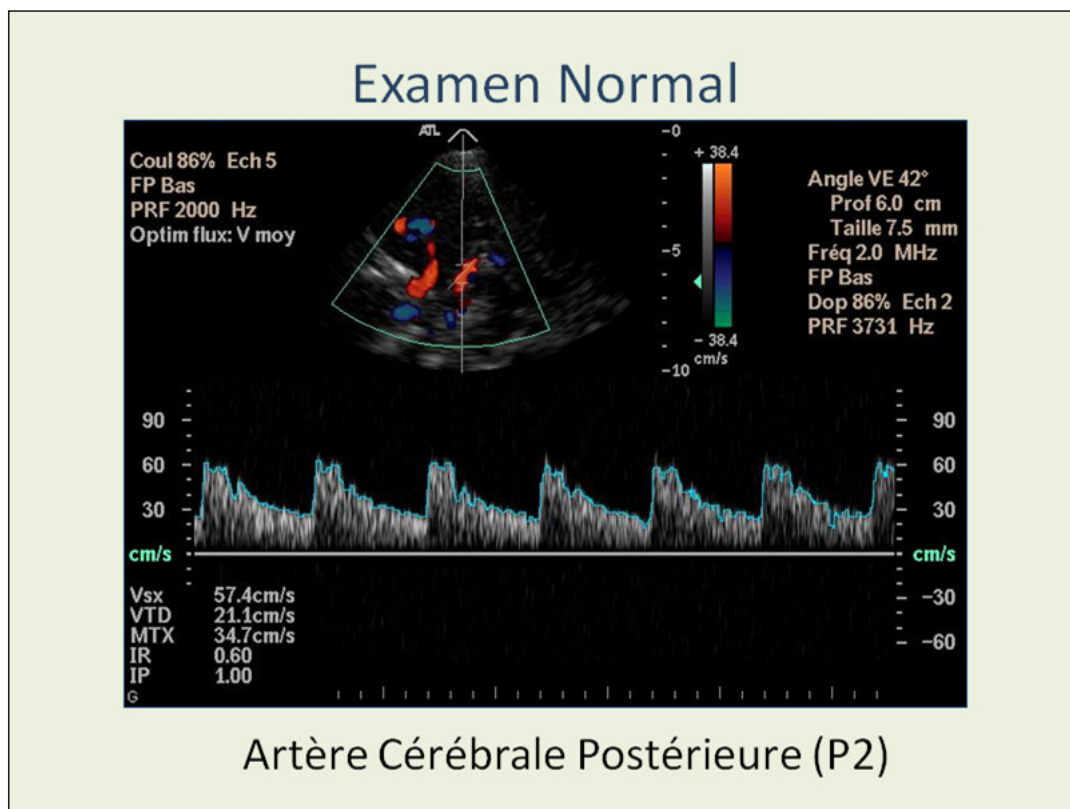
Méthode



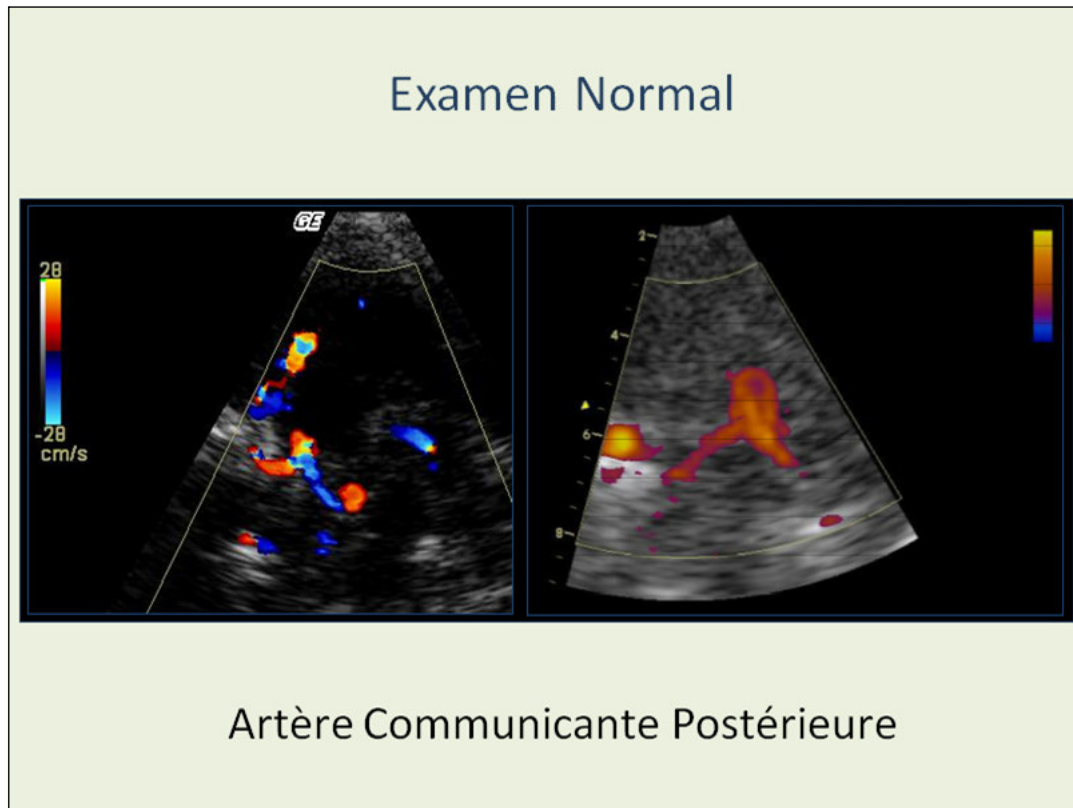
Artère Cérébrale Postérieure (P2)

Le tracé de l'artère cérébrale postérieure, chez un sujet normal, présente une modulation tout à fait comparable (ici, enregistrement dans le segment P2).

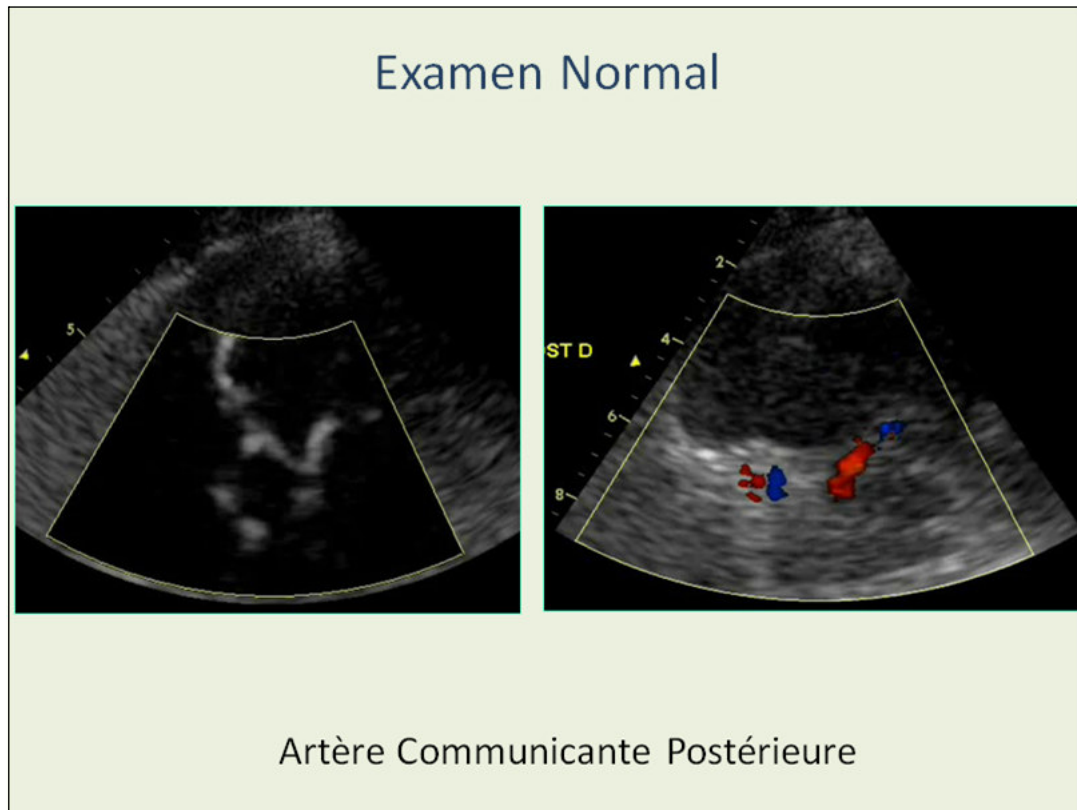
A



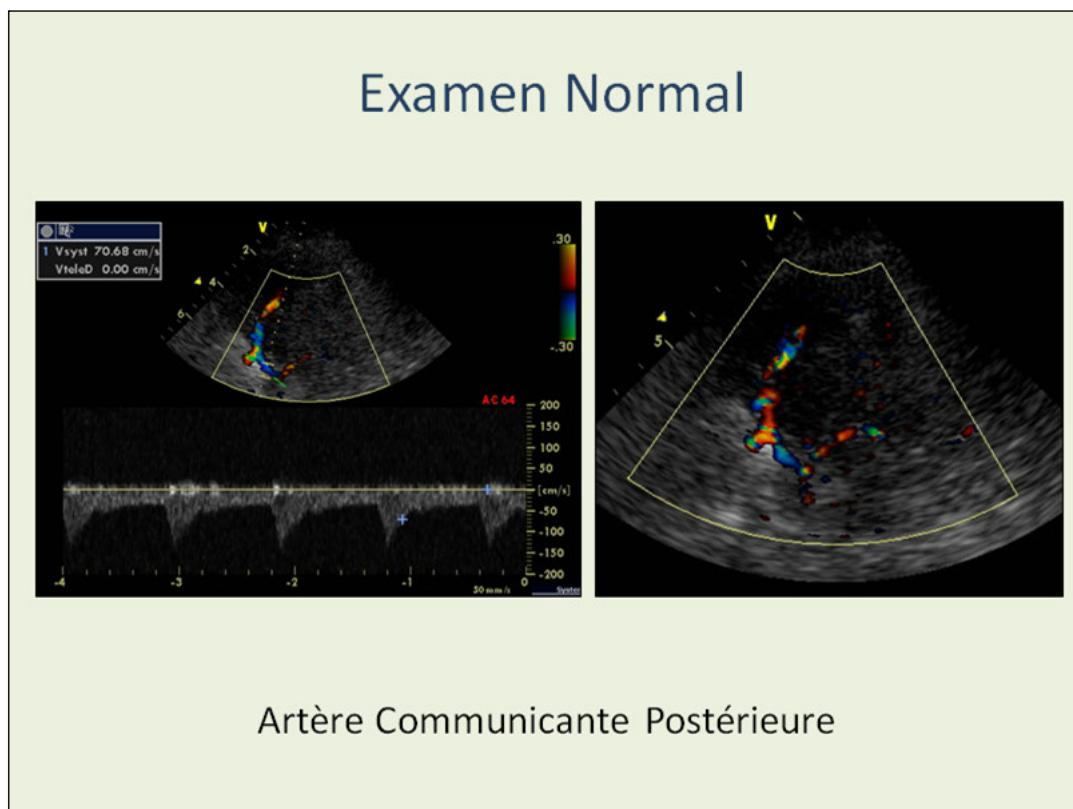
Et on retrouve le même type de tracé chez cet autre sujet normal.



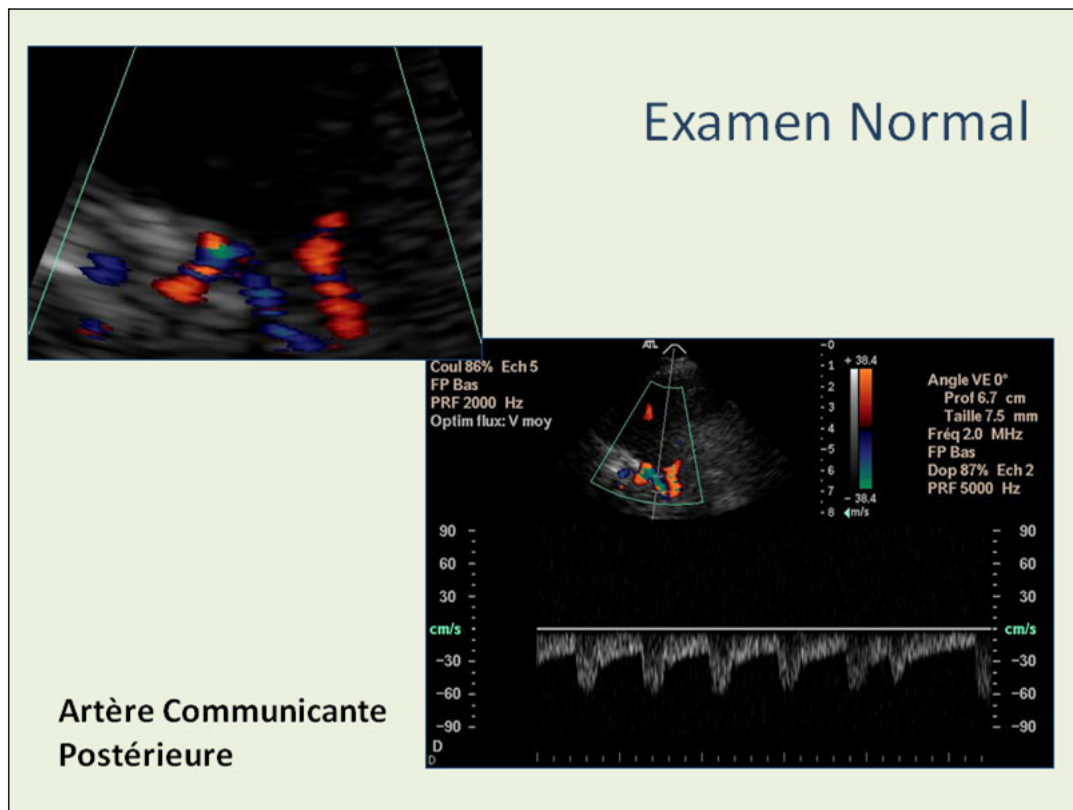
L'artère communicante postérieure est plus ou moins bien visible selon les sujets. Elle apparaît plus clairement lorsque l'artère cérébrale postérieure (P1-P2) reste à quelque distance en arrière du siphon carotidien et de l'origine de l'artère cérébrale moyenne. Son flux peut apparaître, chez le sujet normal, indifféremment orienté vers le système carotidien ou (dans 75% des cas) vers le système vertébro-basilaire. Il existe un risque de confusion avec l'artère choroïdienne antérieure qui naît aussi de la terminaison de la carotide interne.



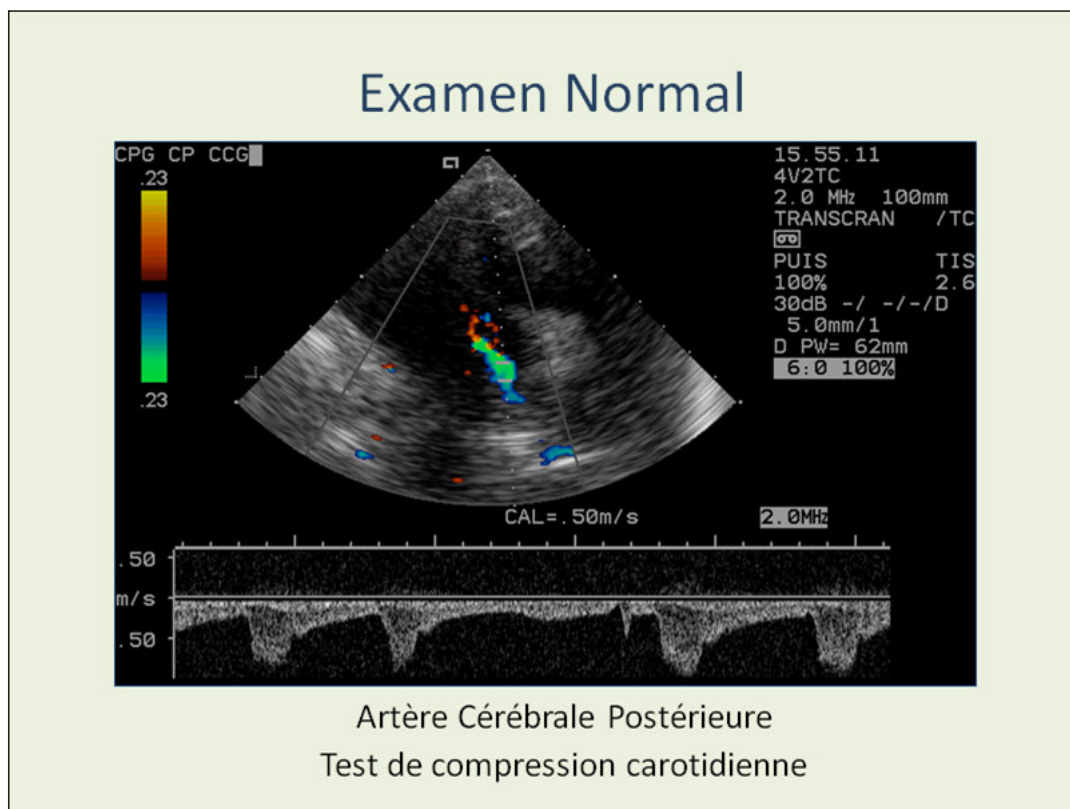
En voici des exemples en mode B-Flow et en Doppler couleur.



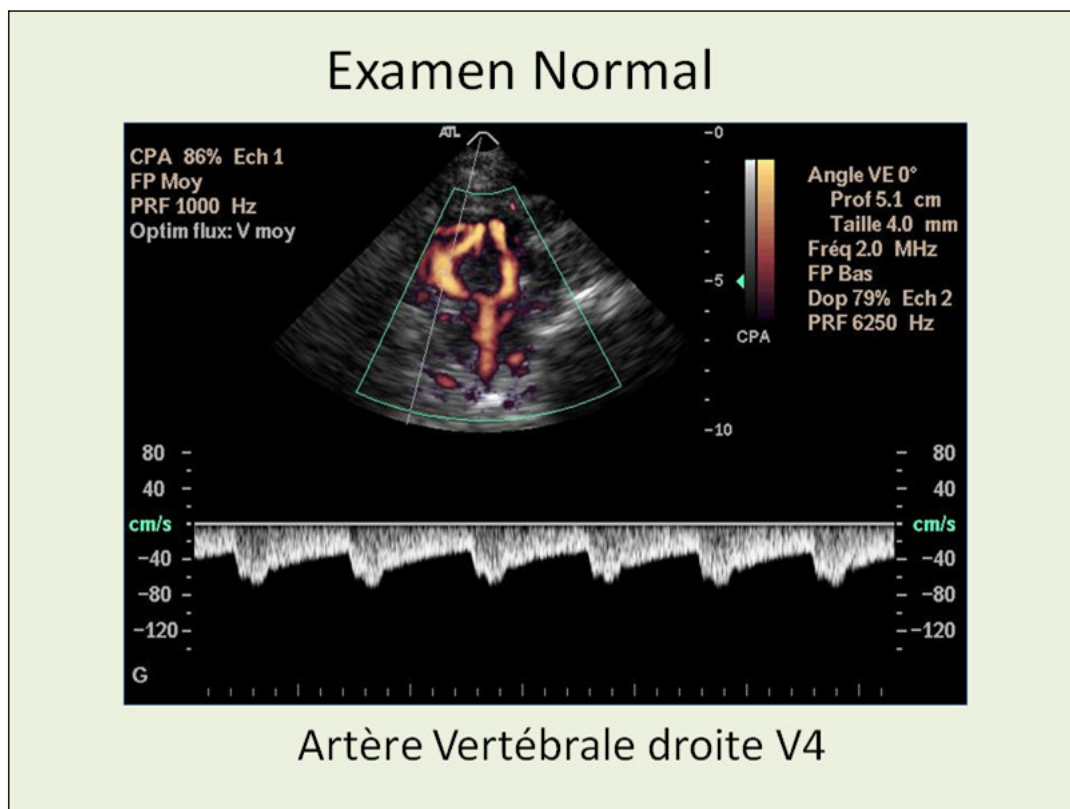
Cet autre cas représente la forme la plus fréquente, avec un flux dirigé vers le système vertébro-basilaire.



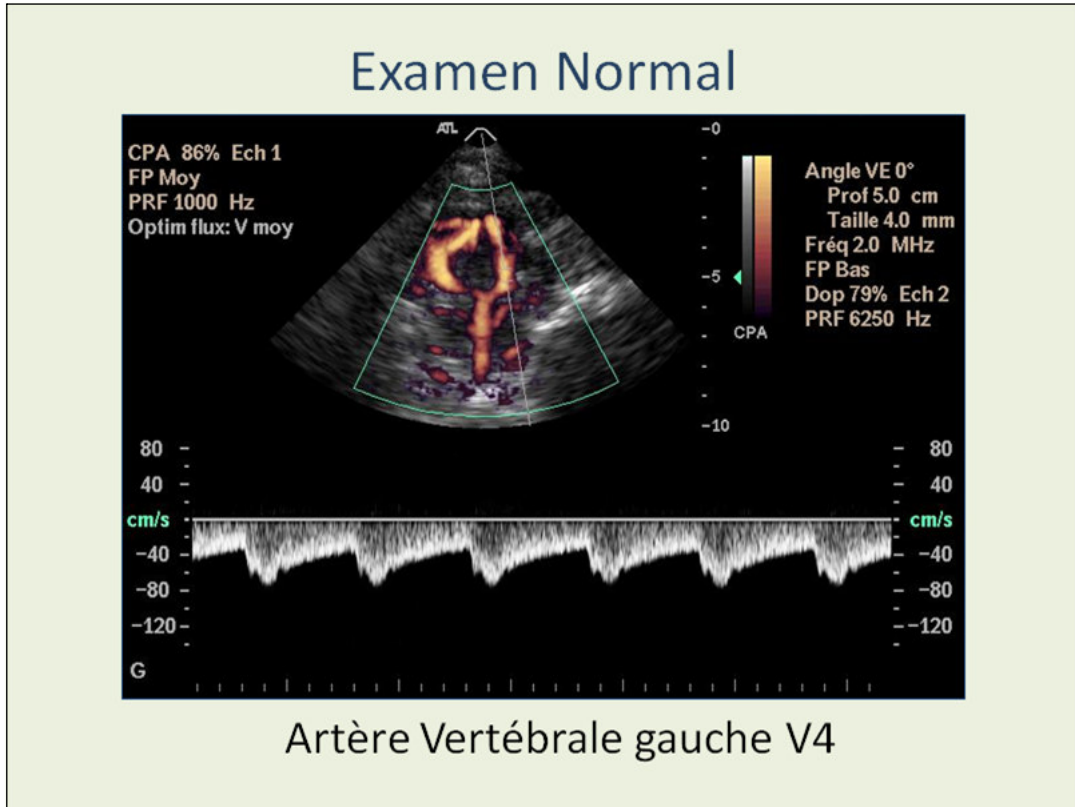
Comme chez cet autre sujet normal.



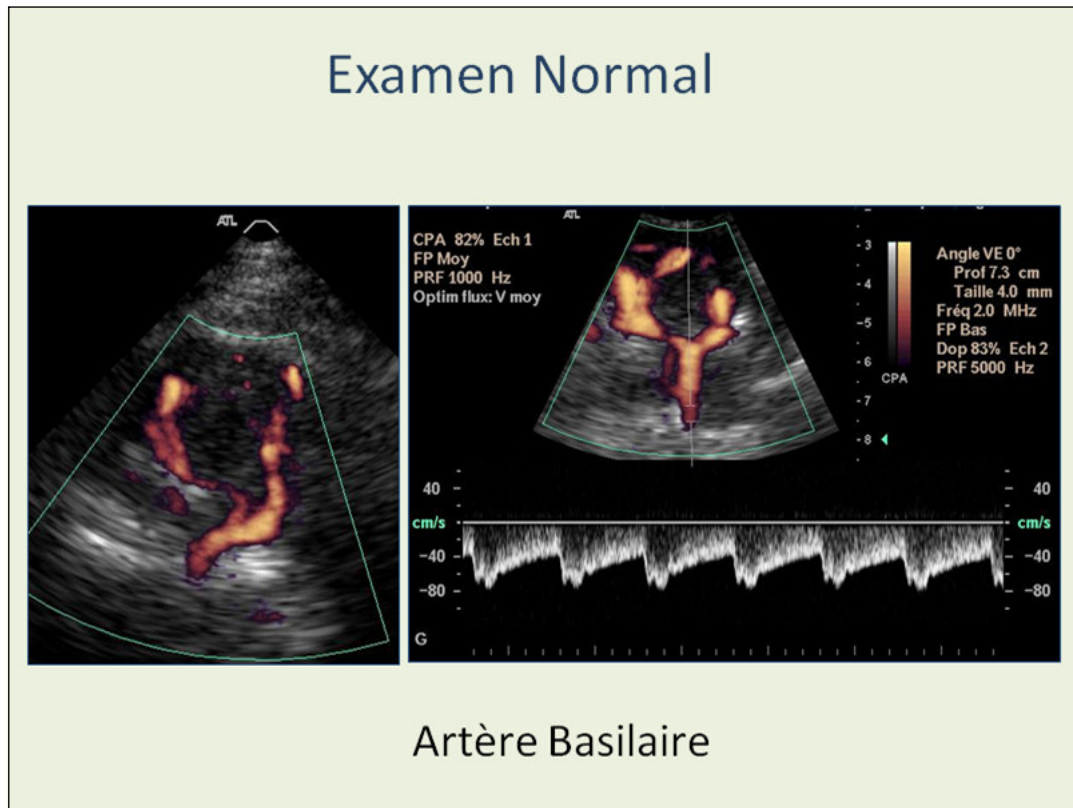
Il est possible d'évaluer indirectement la fonctionnalité du polygone de Willis par des tests de compression. Ceux-ci sont cependant rarement indiqués. L'une des indications les plus courantes est l'évaluation des possibilités de suppléances avant une chirurgie fortement délabrante (notamment pour exérèse d'une tumeur ORL pouvant conduire à la ligature d'un axe carotidien). Ainsi, la compression de la carotide commune produit normalement une augmentation quasi-immédiate et significative du flux des artères vertébrales si l'artère communicante postérieure du même côté est fonctionnelle. Si une artère cérébrale postérieure est alimentée par le système carotidien, comme dans le cas présenté ici (que ce soit du fait d'une variante anatomique ou d'une obstruction dans le système vertébro-basilaire), la compression homolatérale de la carotide commune entraîne une réduction marquée ou une disparition du flux de l'artère cérébrale postérieure. Lorsqu'ils sont pratiqués (ce qui, rappelons-le, est rarement nécessaire), ces tests doivent être brefs (quelques secondes seulement) et prudents, après s'être assuré de l'absence de sténose ou d'occlusion des autres axes, et de l'absence de plaque athéromateuse dans la zone de compression (tiers moyen de la carotide commune).



Par voie occipitale, en coupe récurrente (le faisceau ultrasonore étant orienté dans un plan passant par les orbites), on peut atteindre le segment V4 de l'artère vertébrale droite

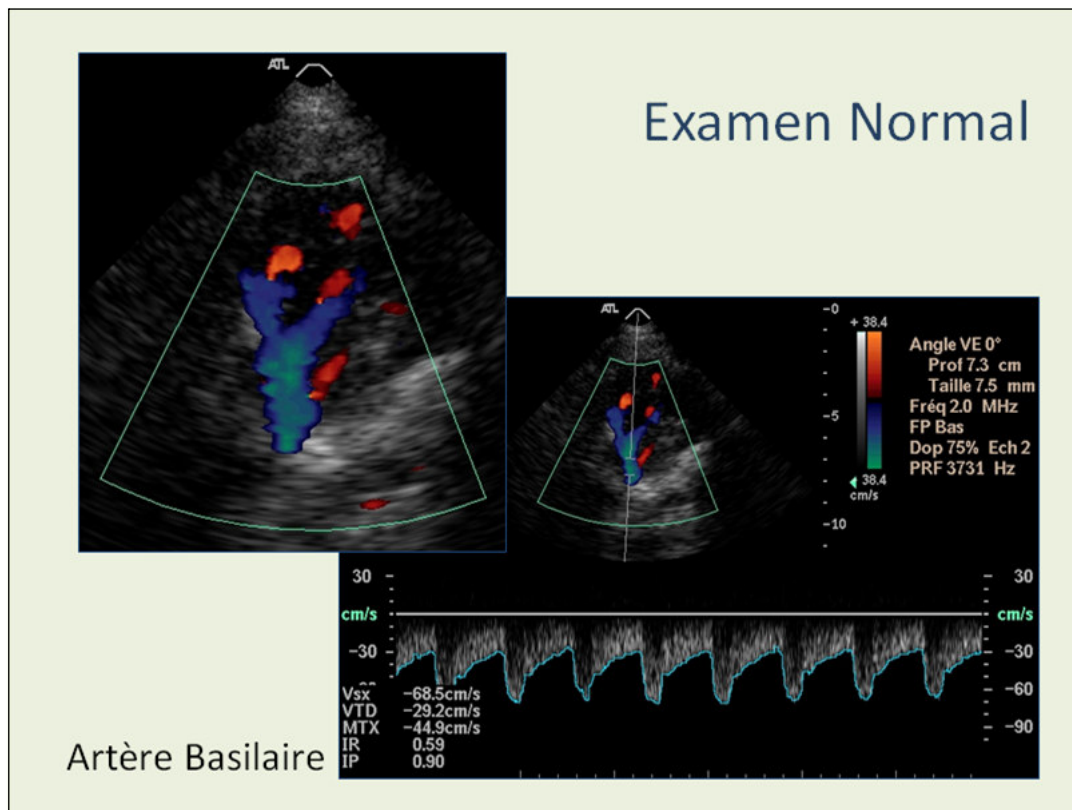


Et de l'artère vertébrale gauche, avec un tracé identique à ce que l'on enregistre, chez le même patient, en V3.

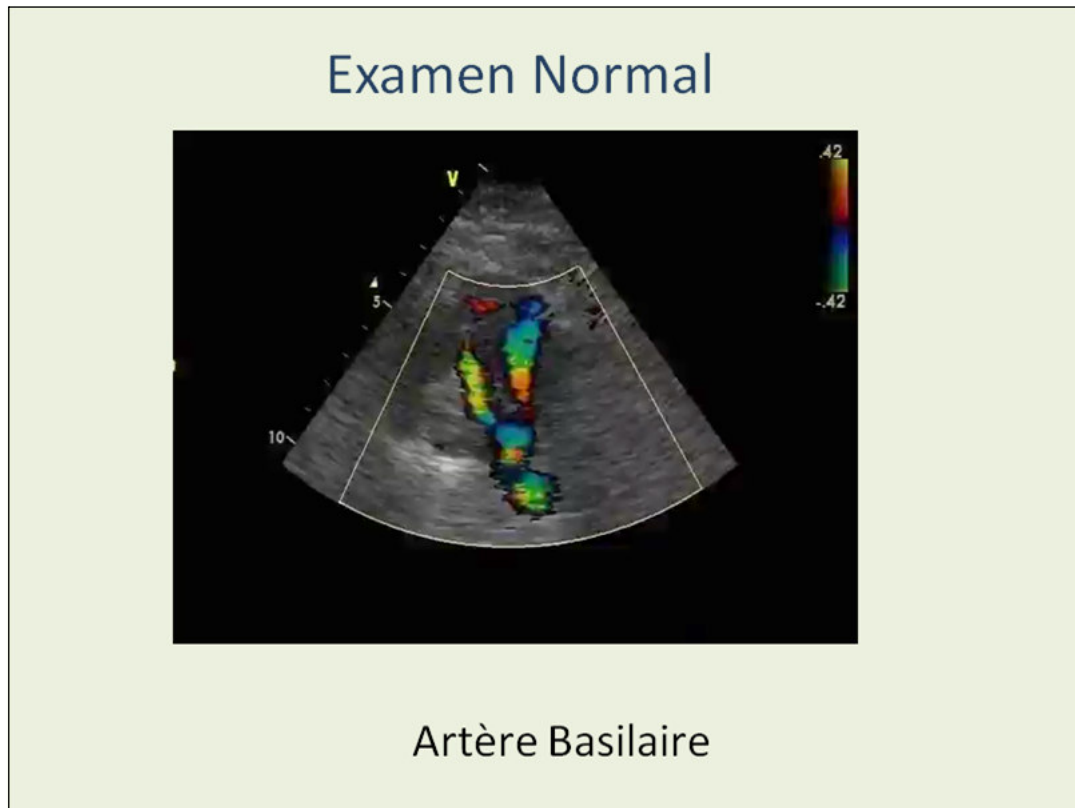


L'artère basilaire est accessible au-delà de la jonction des deux artères vertébrales, avec une incidence plus fortement récurrente. L'image classique que l'on visualise en Doppler couleur par cette voie occipitale est celle d'un Y. L'artère basilaire est celle dont l'enregistrement reste le plus difficile. Elle donne un tracé Doppler typique d'artère cérébrale, à faible résistance circulatoire d'aval.

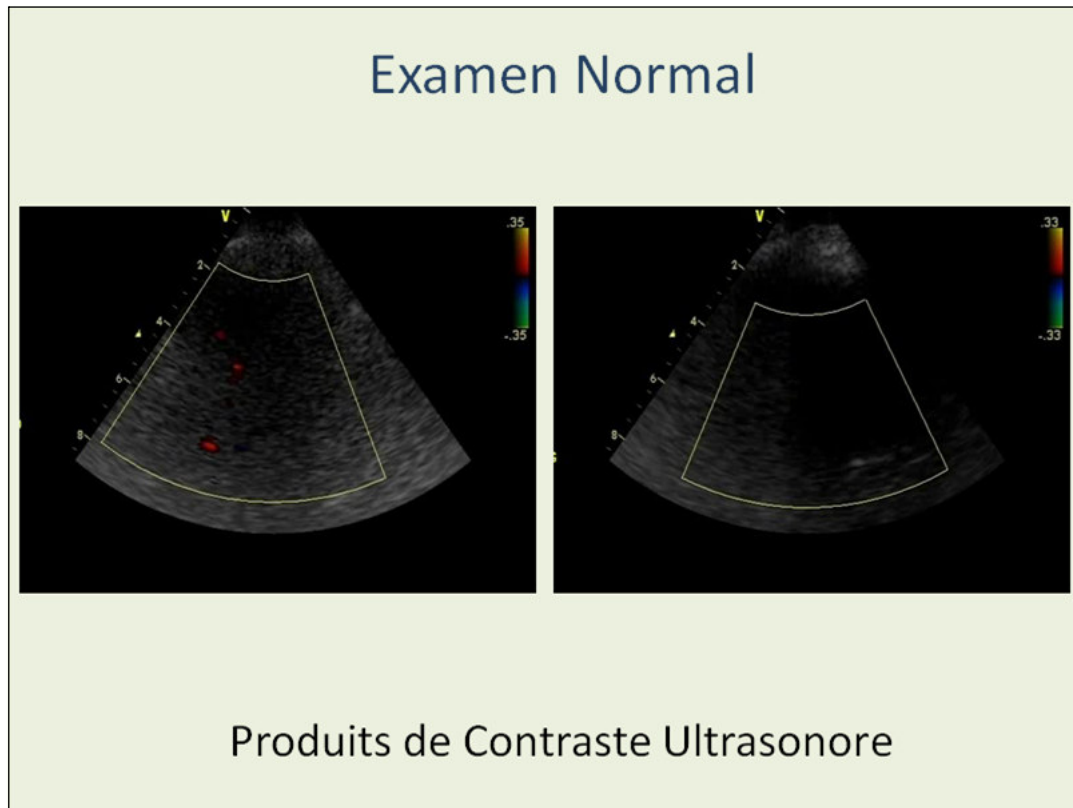
A



En voici un autre exemple normal, avec le même type de tracé.

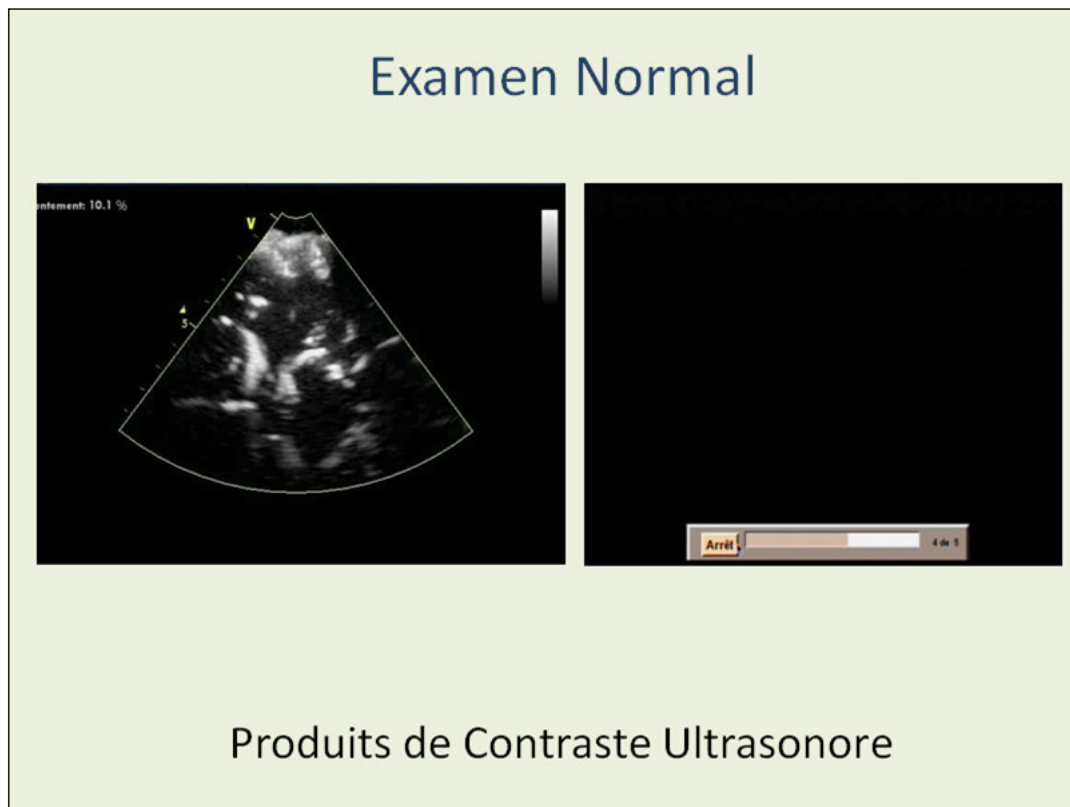


Et voici une séquence vidéo normale, avec l'artère vertébrale droite en V4, l'artère vertébrale gauche en V4, et la partie initiale de l'artère basilaire.

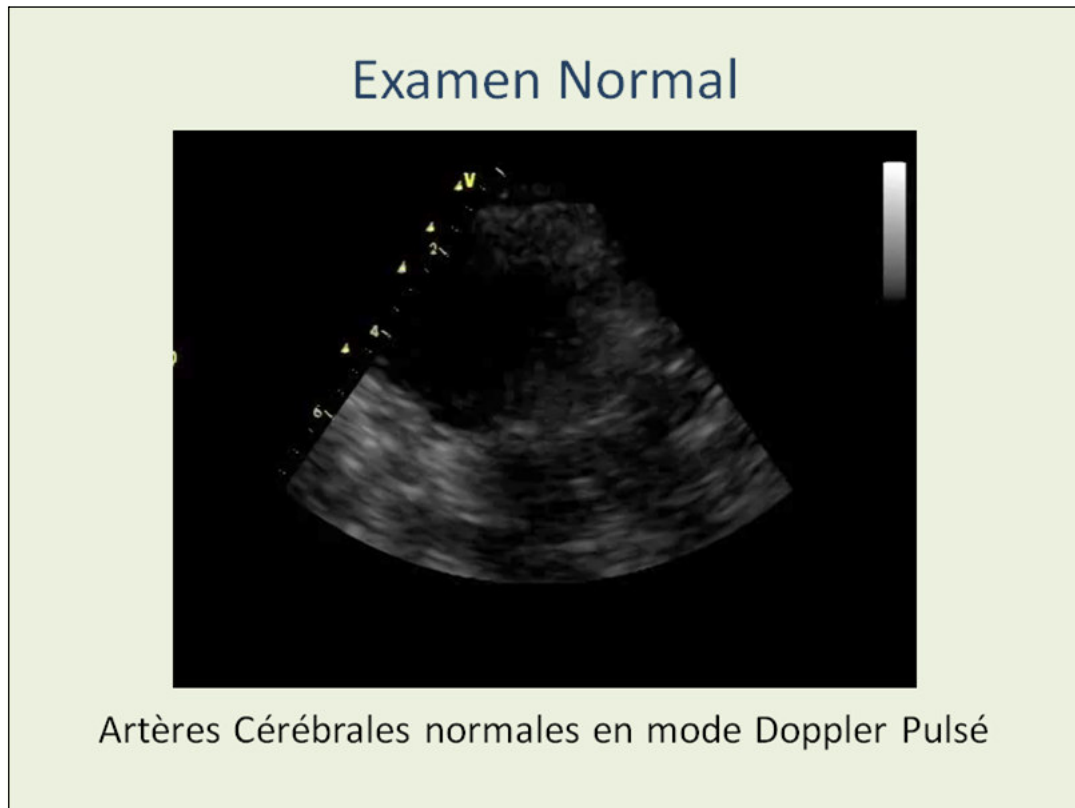


Lorsque la fenêtre acoustique temporale est insuffisante, ce qui peut se produire dans 5 à 10% des cas selon les populations (cf. supra), il est possible de recourir aux produits de contraste ultrasonore, injectés par voie intraveineuse. Il convient cependant, au préalable, de s'interroger sur la conséquence pratique que cela aura sur la prise en charge du patient. Si le neurologue considère que des informations sur la circulation intra-crânienne lui sont indispensables et qu'il existe une contre-indication à l'angio-scanner et à l'angio-RM, l'injection d'un produit de contraste ultrasonore peut être une solution car cela permet de surmonter le problème de la fenêtre acoustique temporale dans près de 80% des cas. Lorsque l'angio-scanner et/ou l'angio-RM sont réalisables, l'indication de produit de contraste ultrasonore est discutable.

Sur ces séquences vidéo, on peut voir l'arrivée du produit de contraste sur les artères cérébrales, et l'apparition d'un signal Doppler enregistrable (les microbulles constituant le produit de contraste produisent néanmoins des artefacts susceptibles d'altérer les mesures de vitesse circulatoire).



Le rehaussement du signal ultrasonore obtenu par le produit de contraste permet une imagerie de haute qualité, y compris en mode B Flow et en 3D, ce qui peut être utile dans certaines indications comme la surveillance d'un anévrisme antérieurement détecté.



Voici l'aspect normal, en mode Doppler couleur puis en mode B-Flow, des principales artères cérébrales, par voie temporale, avec l'artère cérébrale moyenne et l'artère cérébrale antérieure (A1) ainsi que l'artère cérébrale postérieure (P1-P2-P3).

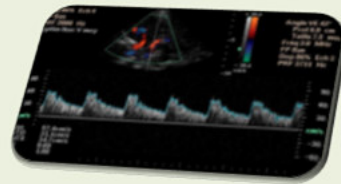
Doppler Trans-Crânien

- Anatomie fonctionnelle
- Méthode d'examen
- Résultats normaux
- **Indications et résultats**



Les principales indications de l'examen Doppler trans-crânien en pratique angiologique quotidienne sont l'évaluation du retentissement hémodynamiques des lésions artérielles exo-crâniennes, et la détection des sténoses et occlusions intra-crâniennes.

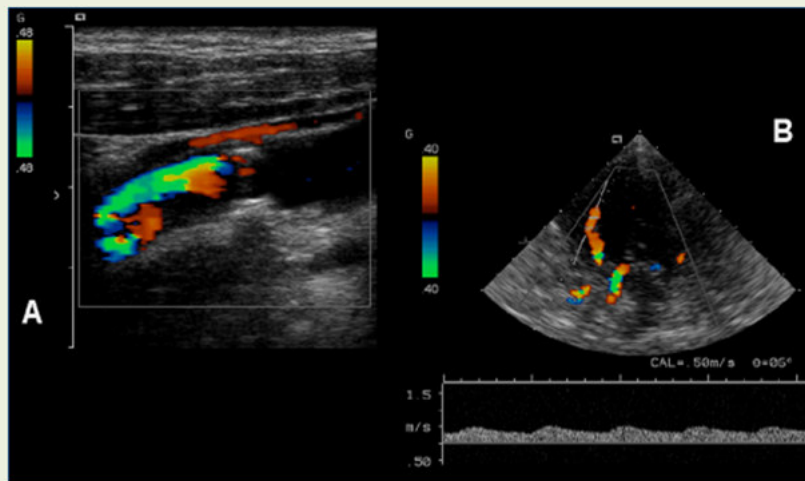
Indications



- **Retentissement des lésions exo-crâniennes**
- Sténoses et occlusions des artères cérébrales
- Micro-embolies
- Vaso-spasme
- Drépanocytose
- Mort cérébrale
- Artériopathies non athéromateuses
- Réserve vasomotrice cérébrale

Il est utile de connaître les caractéristiques des signaux Doppler produits par les micro-embolies que l'on peut constater dans différentes circonstances. En milieu spécialisé, le Doppler trans-crânien est aussi utile à la surveillance du vaso-spasme des hémorragies méningées et au suivi des anévrysmes, ainsi qu'à la surveillance des drépanocytoses. Sa contribution au diagnostic de mort cérébrale est importante bien que sans valeur médico-légale actuelle. Enfin, les artérites inflammatoires peuvent donner des tableaux hémodynamiques complexes qui méritent d'être analysés.

Lésions obstructives exo-crâniennes

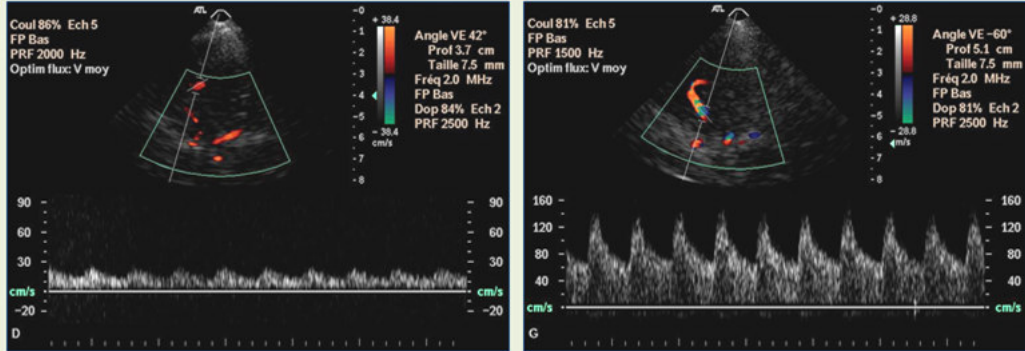


Retentissement d'une sténose serrée de l'artère carotide interne sur le tracé de l'artère cérébrale moyenne

Le retentissement hémodynamique des sténoses et occlusions des axes carotidiens et vertébraux peut être évalué par l'examen Doppler transcrânien qui peut en outre mettre en évidence les voies collatérales impliquées dans leur suppléance.

Ici, chez un patient porteur d'une occlusion totale de l'artère carotide interne, on constate que l'artère cérébrale moyenne du même côté présente un tracé de vitesses circulatoires lentes avec une modulation très fortement amortie : la collatéralité est donc, chez ce patient, médiocre.

Lésions obstructives exo-crâniennes

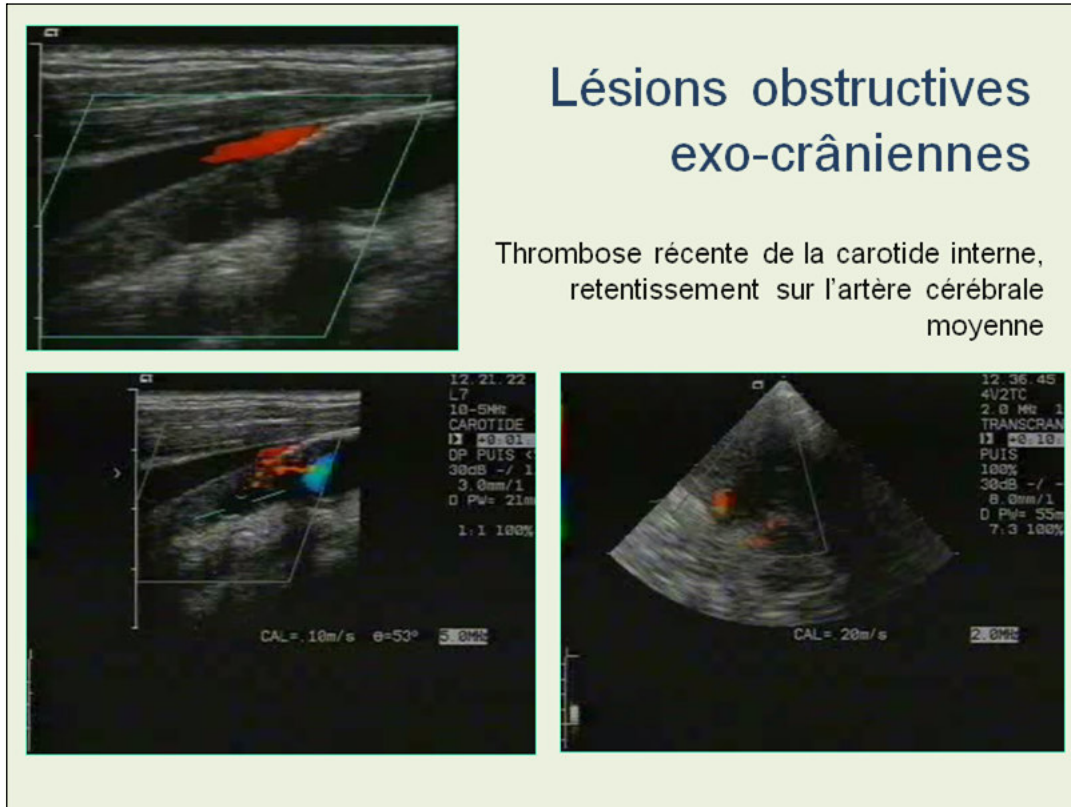


Artère cérébrale moyenne droite

Artère cérébrale moyenne gauche

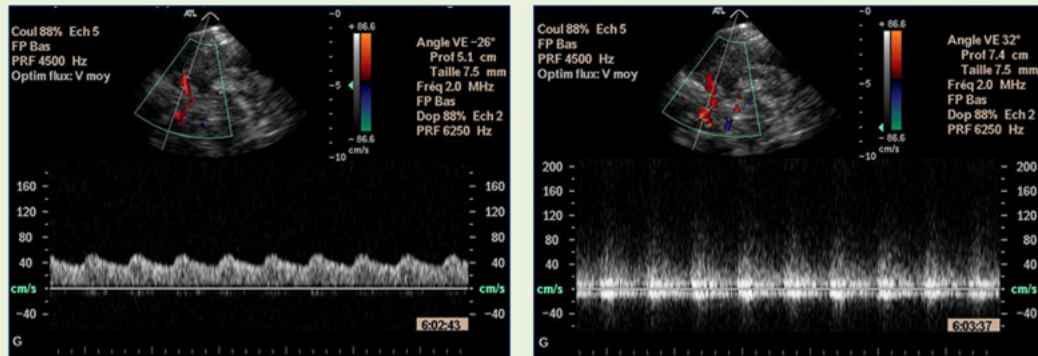
Retentissement d'une occlusion de la carotide interne droite

Chez cet autre patient, le retentissement hémodynamique de l'occlusion de la carotide interne droite est évident (vitesses lentes, modulation amortie) en comparaison au côté gauche, normal.



Sur ces séquences vidéo, on constate une thrombose récente de la carotide interne à son origine, avec un matériel échogène hétérogène au sein de la lumière artérielle, et un signal Doppler caractéristique (« coup de butoir ») correspondant à l'impact de l'onde artérielle sur l'obstacle. Au Doppler transcrânien, on enregistre un tracé de vitesses lentes et de modulation fortement amortie, du même côté, sur l'artère cérébrale moyenne.

Lésions obstructives exo-crâniennes



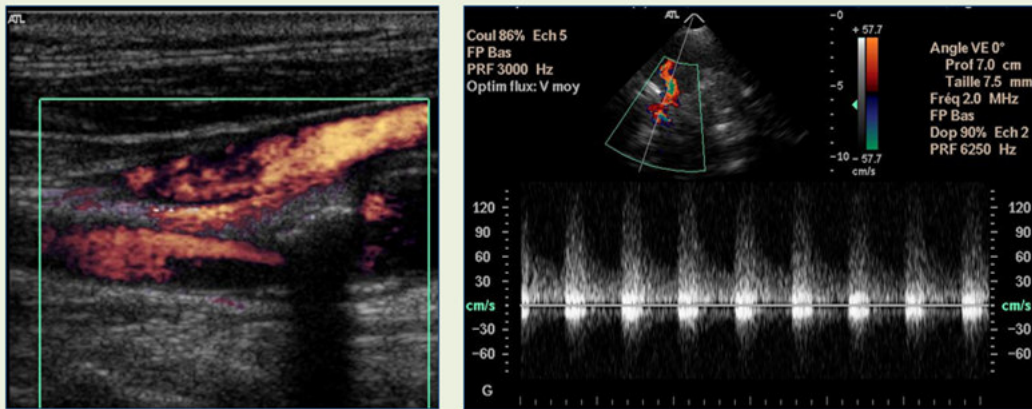
Amortissement du tracé de l'artère
cérébrale moyenne gauche

Collatéralité par l'artère communicante
antérieure gauche

Retentissement d'une occlusion de la carotide interne gauche

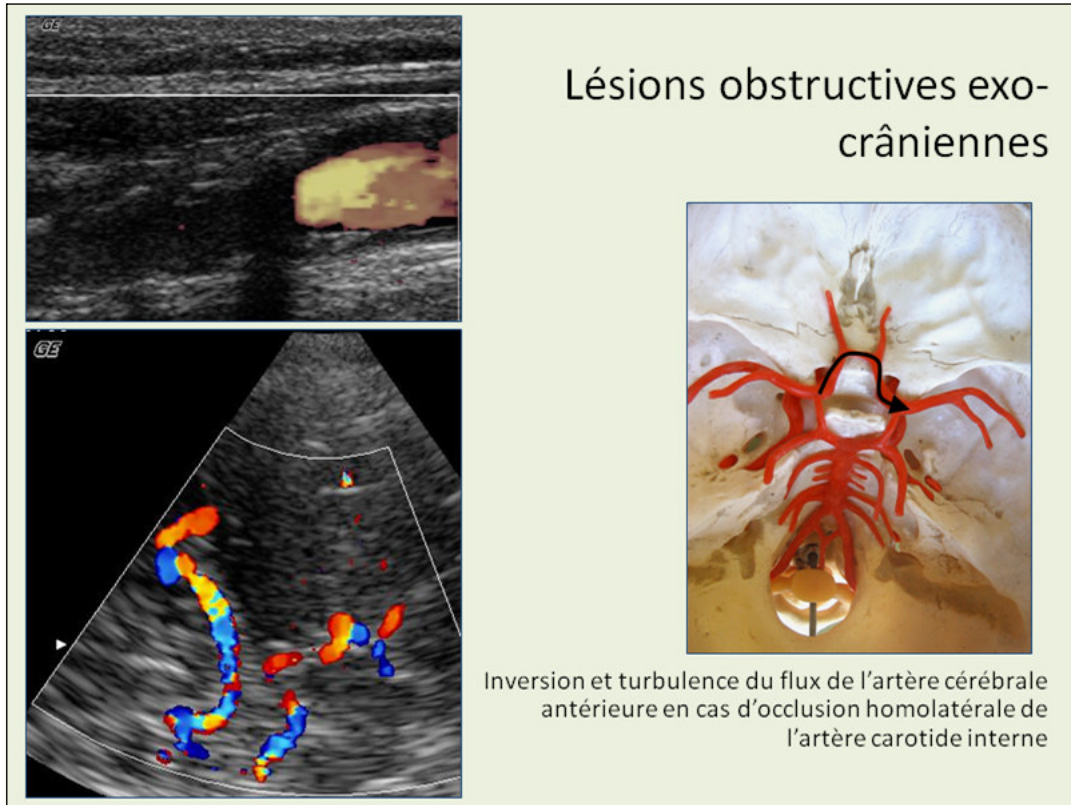
La collatéralité elle-même peut être évaluée directement et indirectement. Dans le cas présenté ici, en présence d'une occlusion de la carotide interne gauche, on constate un retentissement significatif avec un tracé amorti sur l'artère cérébrale moyenne du côté de l'occlusion, mais on observe aussi l'intervention de l'artère communicante antérieure, avec un flux inversé, rapide et turbulent, sur le segment A1 de l'artère cérébrale antérieure du même côté.

Lésions obstructives exo-crâniennes



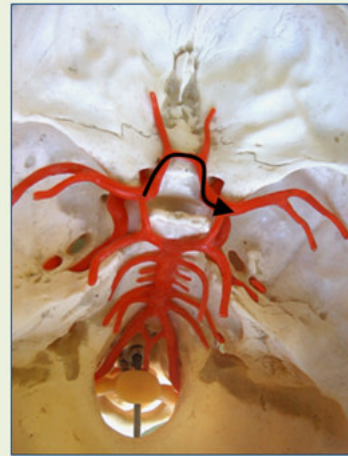
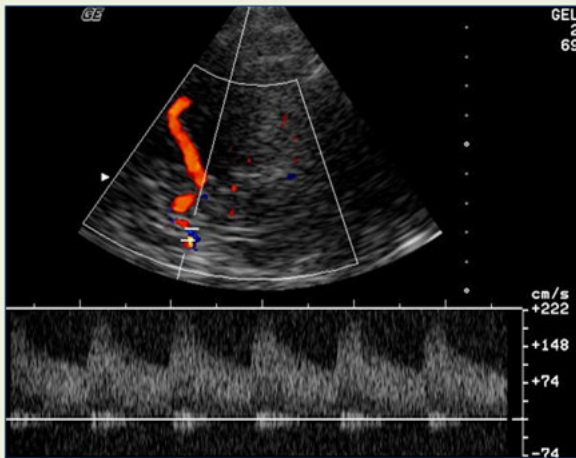
Retentissement d'une Sténose à 95% de la carotide interne :
Collatéralité par l'artère communicante antérieure

Chez cet autre patient, il ne s'agit pas d'une occlusion totale mais d'une sténose très serrée de la carotide interne, et le Doppler transcrânien met aussi en évidence une inversion circulatoire avec flux rapide et turbulent sur le segment A1 de l'artère cérébrale antérieure homolatérale. Les conséquences hémodynamiques de cette sténose sont donc comparables à celles d'une occlusion (certains parlent alors de « pseudo-occlusion » ou de « quasi-occlusion »).



En présence d'une occlusion de l'artère carotide interne, l'une des principales voies collatérales est donc constituée par le polygone de Willis, notamment via l'artère communicante antérieure. En cas, par exemple, d'occlusion de la carotide interne droite, le flux sanguin provenant de la carotide interne gauche emprunte l'artère cérébrale antérieure gauche, puis l'artère communicante antérieure, pour passer (en sens inversé) dans le segment A1 de l'artère cérébrale antérieure droite et parvenir ainsi à l'artère cérébrale moyenne droite.

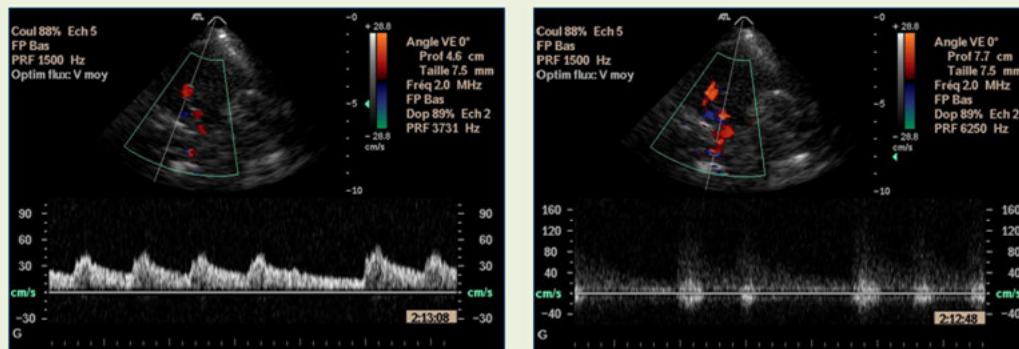
Lésions obstructives exo-crâniennes



Inversion et turbulence du flux de l'artère cérébrale antérieure en cas d'occlusion homolatérale de l'artère carotide interne

Le Doppler transcrânien enregistre alors, sur l'artère cérébrale antérieure donneuse, un flux rapide et turbulent, mais de sens normal. Ici, la vitesse maximale systolique dépasse 200 cm/s, avec une turbulence en début de systole, mais cela ne traduit pas une sténose : il s'agit simplement d'un flux important véhiculé par une artère de petit calibre.

Lésions obstructives exo-crâniennes

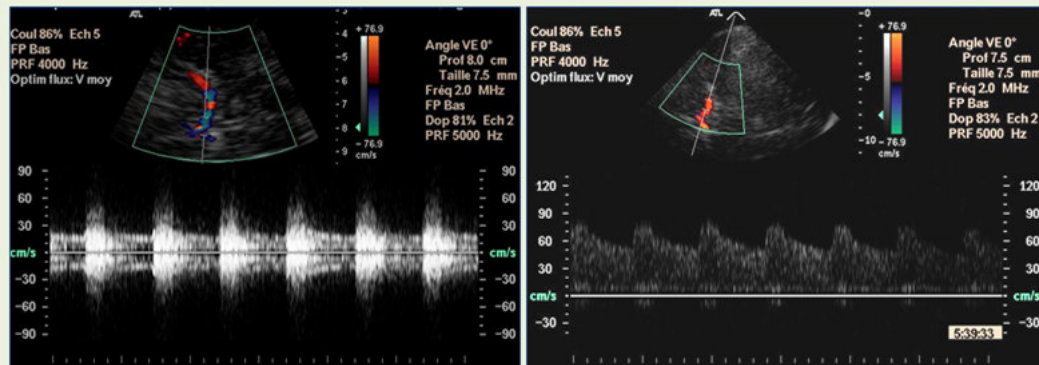


(A) Amortissement du tracé de l'artère cérébrale moyenne en cas d'occlusion homolatérale de l'artère carotide interne

(B) Inversion et turbulence du flux de l'artère cérébrale antérieure en cas d'occlusion homolatérale de l'artère carotide interne

Sur l'artère cérébrale antérieure (A1) du côté de l'occlusion carotidienne, on enregistre un flux inversé (venant donc vers la sonde), avec les mêmes caractéristiques (vitesses circulatoires élevées, turbulence). Sur l'artère cérébrale moyenne du même côté, la modulation du flux est, dans le cas présenté ici, modérément amortie.

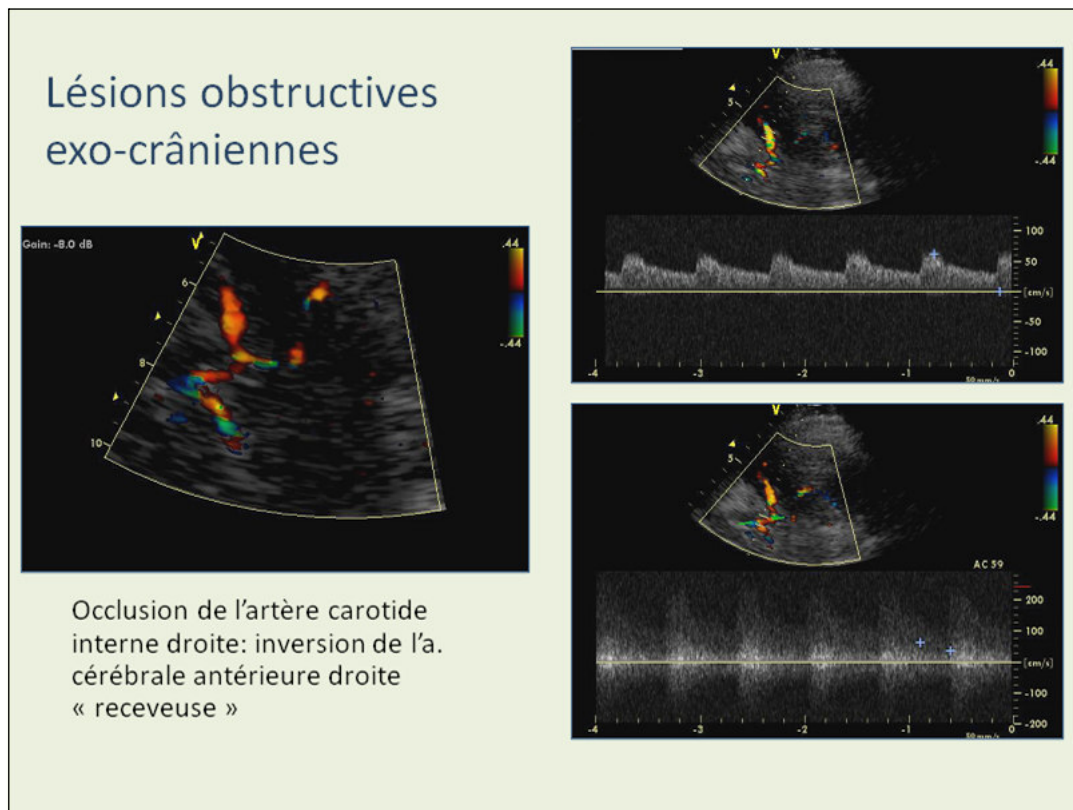
Lésions obstructives exo-crâniennes



(A) Occlusion de l'artère carotide interne droite: turbulence de l'a. cérébrale antérieure gauche « donneuse »

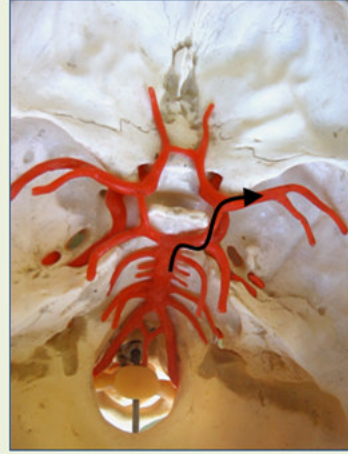
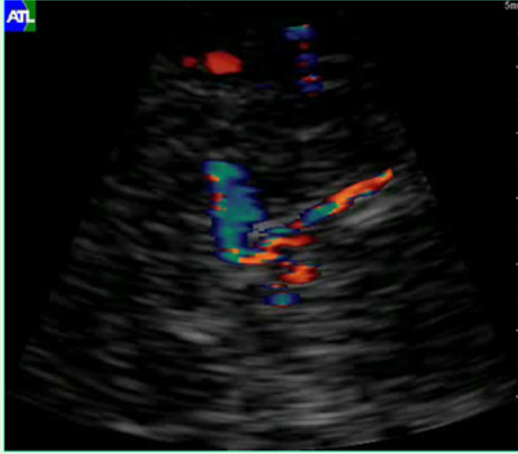
(B) Occlusion de l'artère carotide interne droite: inversion de l'a. cérébrale antérieure droite « receveuse »

Un flux turbulent le long de cette voie collatérale est une constatation banale dans ces circonstances, en dehors de toute sténose, comme chez ce patient, sur le segment initial (A1) de l'artère cérébrale antérieure « donneuse », tandis que le flux est inversé, à vitesses élevées, sur l'artère cérébrale antérieure « receveuse ».



En voici un autre cas, où cette collatéralité permet de rétablir un flux assez bien modulé sur l'artère cérébrale moyenne du côté de l'occlusion.

Lésions obstructives exo-crâniennes

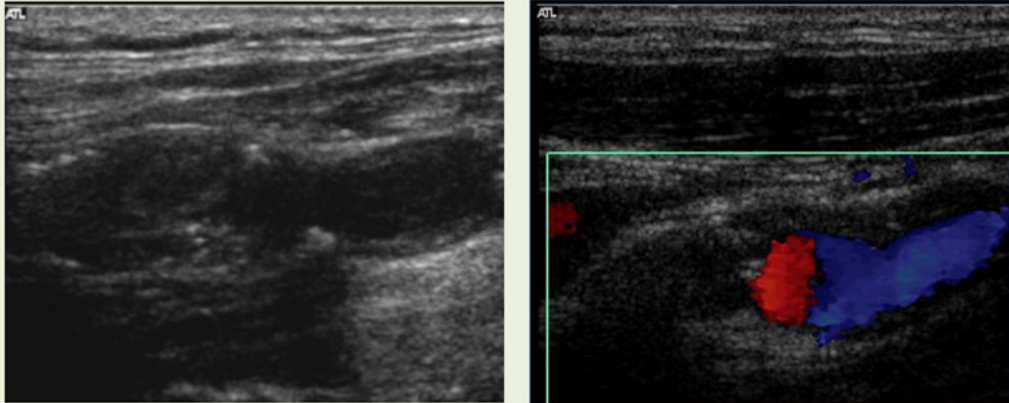


Retentissement d'une occlusion de la carotide interne droite :
artère communicante postérieure droite suppléante

L'implication de l'artère communicante postérieure dans la suppléance collatérale d'une occlusion de l'artère carotide interne est tout aussi logique et fréquente, mais plus difficile à mettre en évidence car les conditions de visualisation de cette artère ne sont pas toujours idéales, en particulier lorsque la distance entre siphone carotidien et artère cérébrale postérieure est courte.

Le flux provenant de l'artère basilaire chemine alors dans le segment initial (P1) de l'artère cérébrale postérieure, puis dans l'artère communicante postérieure, pour rejoindre l'artère cérébrale moyenne (et parfois même l'artère cérébrale antérieure, si l'artère communicante antérieure n'est pas disponible).

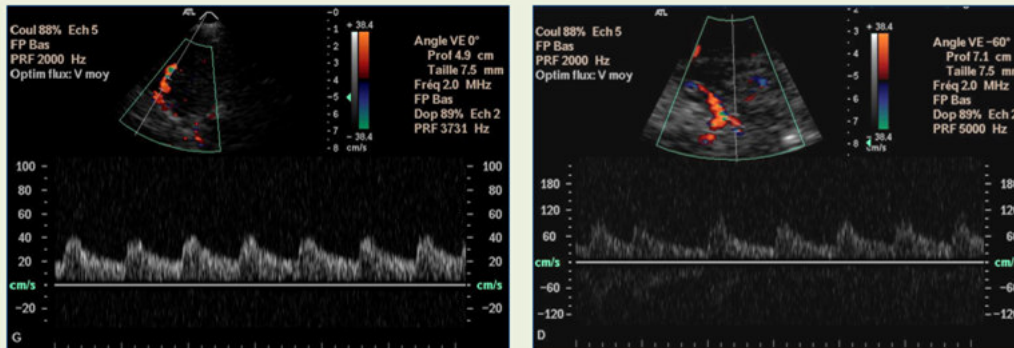
Lésions obstructives exo-crâniennes



Thrombose totale de la carotide interne

Voici un cas d'occlusion totale, sur lésions athéromateuses partiellement calcifiées, de l'artère carotide interne.

Lésions obstructives exo-crâniennes



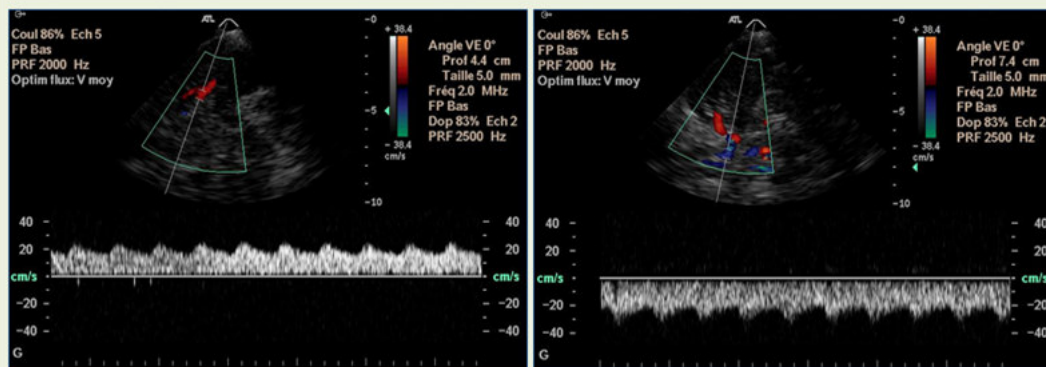
Artère cérébrale moyenne

Artère communicante postérieure

Retentissement d'une sténose de 90% de la carotide interne

Du même côté, le flux de l'artère cérébrale moyenne présente des vitesses modestes (environ 50 cm/s en systole) mais une modulation correcte, grâce à l'intervention de l'artère communicante postérieure que l'on peut enregistrer avec un flux orienté vers le siphon carotidien.

Lésions obstructives exo-crâniennes

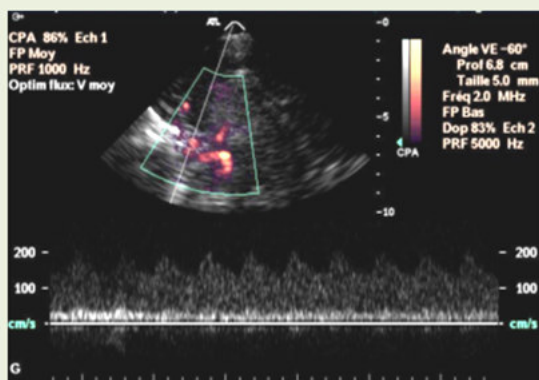


(A) Amortissement du tracé de l'art.
Cérébrale Moyenne

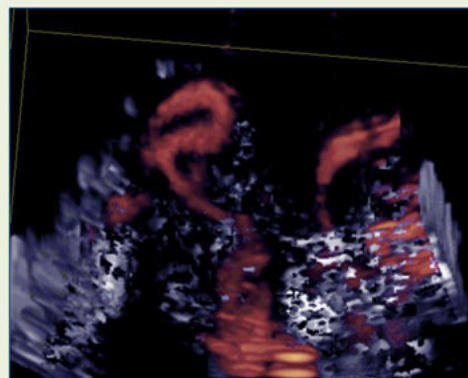
(B) Amortissement du tracé de l'art.
Cérébrale Antérieure

Chez cet autre patient, c'est aussi l'artère communicante postérieure qui assure l'essentiel de la circulation collatérale en présence d'une occlusion de l'artère carotide interne. On enregistre alors un flux de vitesses lentes et de modulation amortie sur l'artère cérébrale moyenne homolatérale, mais aussi sur l'artère cérébrale antérieure, dont le flux reste orthograde. Noter la similitude de modulation entre l'artère cérébrale antérieure et l'artère cérébrale moyenne. Chez ce patient, on peut en déduire que l'artère communicante antérieure n'est pas fonctionnelle.

Lésions obstructives exo-crâniennes



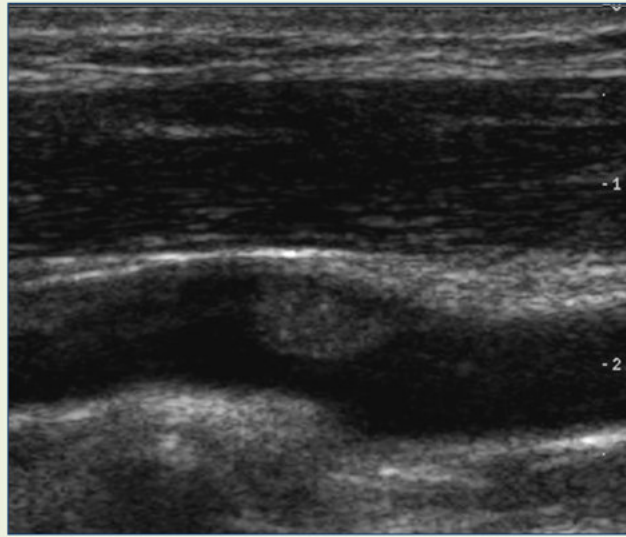
(C) Hyperdébit de l'artère Communicante Postérieure



(D) 3D des artères cérébrales

L'artère communicante postérieure est directement enregistrable, avec un flux rapide et un peu turbulent.

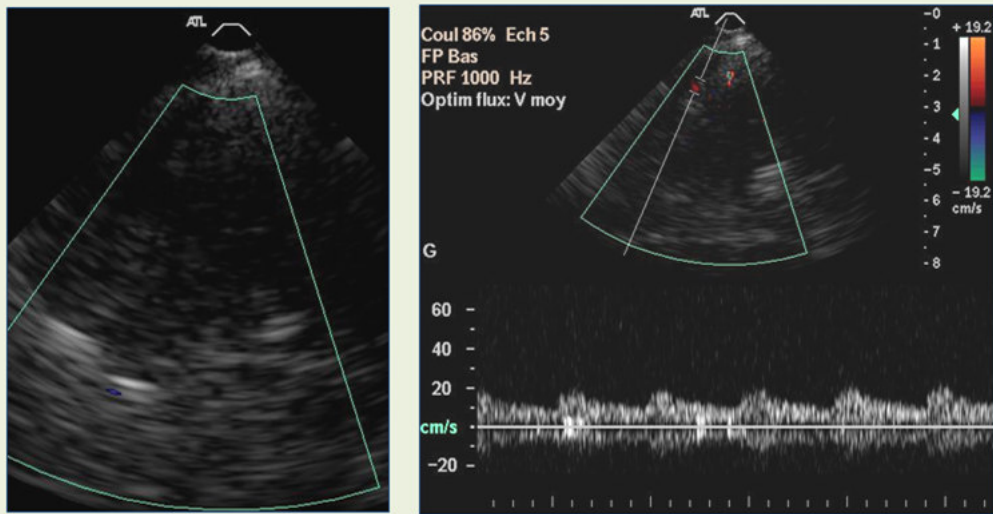
Lésions obstructives exo-crâniennes



(A) Thrombus partiel de la carotide interne gauche
(femme de 45 ans, hémiparésie droite brutale)

Voici le cas d'une femme de 45 ans, ayant présenté une hémiparésie gauche brutale et massive, et chez laquelle l'examen écho-Doppler montre un thrombus mural partiel du bulbe carotidien.

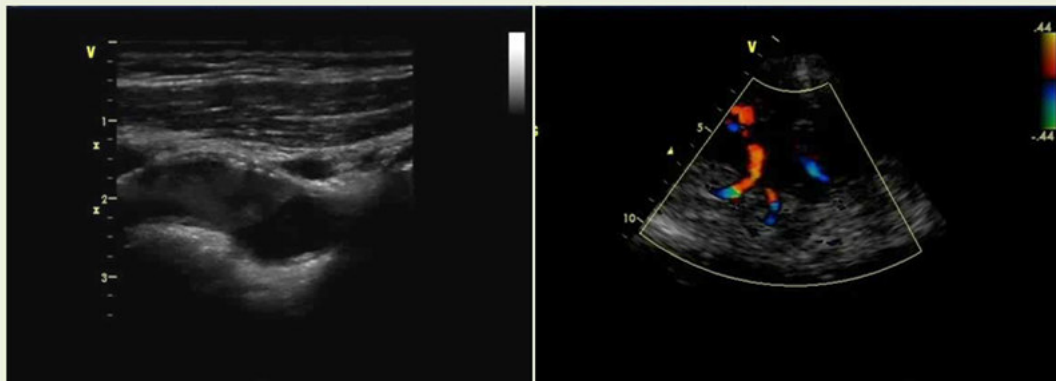
Lésions obstructives exo-crâniennes



(B) Thrombus partiel de la carotide interne gauche
(femme de 45 ans, hémiparésie droite brutale)

L'examen Doppler transcrânien montre alors l'absence de signal Doppler (couleur ou pulsé) décelable sur le segment A1 de l'artère cérébrale moyenne du même côté, et un flux de vitesse lente et modulation amortie sur les branches corticales accessibles.

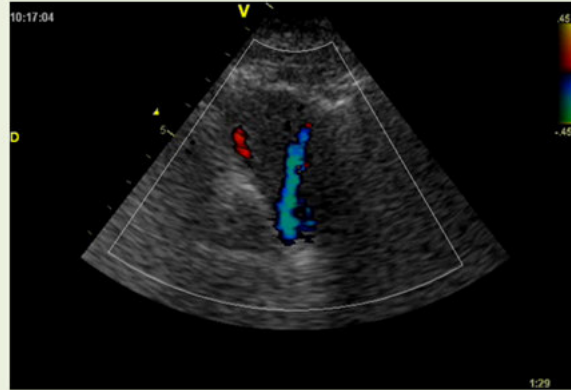
Lésions obstructives exo-crâniennes



Occlusion de la carotide interne (embolie) avec collatéralité par les artères communicantes

Voici un autre cas de thrombose (embolie) de la carotide interne avec une circulation collatérale assurant un flux de vitesse moyenne et modulation modérément amortie sur l'artère cérébrale moyenne homolatérale.

Lésions obstructives endo-crâniennes



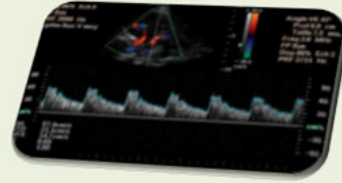
Vol Vertébro-Subclavier stade 4

Le retentissement hémodynamique des sténoses ou occlusions subclavières et vertébrales est variable. Par exemple, en cas de vol vertébro-subclavier, l'hémodétournement n'est spontanément perceptible sur l'artère basilaire que dans environ 1/3 des cas, et n'apparaît que lors de l'épreuve d'hyperémie post-ischémique du membre supérieur homolatéral dans approximativement 1/3 des cas, de sorte que le flux de l'artère basilaire reste correct dans le 1/3 restant. On peut voir ici l'inversion circulatoire sur le segment V4 de l'artère vertébrale droite.

Doppler Trans-Crânien

Chapitre 2/2

Indications



- Retentissement des lésions exo-crâniennes
- **Sténoses et occlusions des artères cérébrales**
- Micro-embolies
- Vaso-spasme
- Drépanocytose
- Mort cérébrale
- Artériopathies non athéromateuses
- Réserve vasomotrice cérébrale

Lorsque l'examen écho-Doppler ne révèle pas de sténose ou occlusion à l'étage cervical, chez un patient présentant des signes et symptômes neurologiques évocateurs d'une pathologie vasculaire ischémique, l'examen Doppler transcrânien doit rechercher une cause intracrânienne en examinant la partie tronculaire des principales artères cérébrales.