



UNIL | Université de Lausanne

Faculté de biologie  
et de médecine

## **VASCULARISATION DU COU ET DE LA TÊTE RÉVÉLÉE PAR IMAGERIE MÉDICALE ET PAR DISSECTION: ÉLABORATION D'UN NOUVEL OUTIL DIDACTIQUE POUR L'ENSEIGNEMENT**

Mémoire de maîtrise en médecine n° 2392

**MIHAILO OBRENOVIC**

**TUTEUR**

Dr Beat Riederer

**CO-TUTEUR**

Dr Hugues Cadas

**EXPERT**

Pr Jean-Pierre Hornung

*Plateforme de morphologie, Faculté de biologie et de médecine, UNIL*

**JANVIER 2016**

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>MÉTHODES</b>	<b>4</b>
Sélection et obtention des corps	4
Acquisition et exploitation des images tomographiques	4
Dissection	5
Conception et élaboration des supports d'apprentissage	6
Maquette	6
<b>RÉSULTATS</b>	<b>7</b>
Dissection: étapes et résultats	7
1. Premier corps : mise en évidence des artères cérébrales et vertébrales	7
1.1 Dissection de la nuque pour exposer les artères vertébrales	7
1.2 Dissection de l'encéphale pour exposer les artères cérébrales	10
1.3 Dissection du cervelet pour libérer la fosse postérieure et exposer la partie intracrânienne des artères vertébrales	11
2. Deuxième corps: mise en évidence des artères carotides commune, interne, externe et des branches de cette dernière	12
2.1. Carotides commune, interne et externe droites	12
2.2. Branches de l'artère carotide externe	13
2.3. Le côté gauche du cou	14
3. Coupes transversales du cou et de la tête	14
Reconstitutions tridimensionnelles par CT-scanner	15
Tranches plastinée et humides comparées aux coupes de CT-scanner	18
Création de l'outil interactif e-learning	19
<b>DISCUSSION</b>	<b>28</b>
<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>30</b>
<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>30</b>

## INTRODUCTION

L'anatomie du cou et de la tête est particulièrement complexe, ce qui rend son enseignement difficile. Dans le présent travail, une attention particulière est donnée à la vascularisation artérielle du cou et de la tête, avec pour but d'aider l'étudiant de deuxième année en médecine à étudier et connaître des structures primordiales comme les artères carotides ou les artères cérébrales, ceci grâce à la réalisation d'un nouvel outil didactique venant compléter l'enseignement pratique.

Afin d'appréhender des pathologies bien connues comme l'AVC (accident vasculaire cérébral), ou des entités plus rares comme la fistule artério-veineuse, une connaissance approfondie du réseau artériel parcourant le cou et la tête est indispensable pour tout médecin généraliste, ou dans de nombreuses disciplines comme la neurologie, la radiologie, la chirurgie ou l'angiologie.

En effet, afin de pouvoir localiser la région cérébrale d'une atteinte ischémique à partir des symptômes ou du status neurologique, et donc de pouvoir déterminer quelle artère est concernée et ainsi d'orienter le diagnostic, une connaissance bien établie du réseau artériel intracrânien est requise. De même, afin de pouvoir pratiquer une manœuvre basique comme le massage du sinus carotidien (dans le but de freiner une tachycardie supra-ventriculaire notamment), une représentation claire de la topographie des artères carotides est un savoir fondamental.

Il est donc essentiel d'avoir des préparations de référence à introduire dans l'enseignement pratique pour compléter le travail de dissection des étudiants.

L'usage de l'imagerie dans ce contexte est judicieux, puisqu'elle permet de visualiser des détails d'anatomie qui ne sont pas visibles dans les livres d'anatomie populaires comme le *Netter* ou le *Platzer*, et donne un meilleur reflet de la réalité que dans les images de ces livres qui se doivent souvent d'être très schématiques. De plus, l'imagerie permet une sensibilisation précoce à l'étude des images radiographiques plus tard dans le cursus, un aspect qui prend tout son sens lorsque l'on sait que l'imagerie est bien souvent le seul moyen de visualiser l'anatomie particulière de chaque patient.

Enfin, il n'y a pas de meilleure méthode que l'imagerie pour faire l'étude d'éventuelles variations anatomiques artérielles chez un patient, des informations qui deviennent essentielles avant une intervention neurochirurgicale par exemple<sup>1,2</sup>.

Le présent travail a donc pour but d'offrir aux étudiants de deuxième année de médecine un complément pour l'étude de la vascularisation du cou et de la tête. Ils auront accès, lors des travaux pratiques, à deux pièces disséquées dans le cadre de ce projet. Ils pourront ensuite retrouver des photos légendées de ces mêmes pièces sur une plateforme *moodle* dédiée à l'anatomie, sur laquelle seront aussi intégrées des images radiographiques, dont notamment des reconstructions artérielles

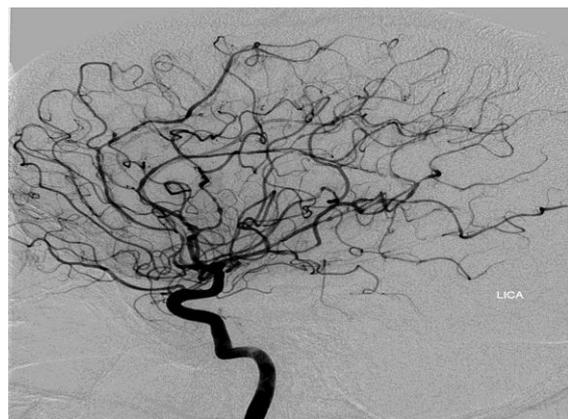


Figure 1: angiographie cérébrale diagnostique

acquises par CT-scanner avec possibilité de les comparer directement aux images des pièces disséquées, ainsi que des exercices interactifs dérivés de ce travail.

Enfin, un support d'apprentissage écrit intégrant des aspects de pathologie sera aussi mis à la disposition de ces étudiants en début de cursus, ce qui permettra de donner une perspective médicale, et donc stimulante, à leur apprentissage de l'anatomie.

## MÉTHODES

### Sélection et obtention des corps

Deux corps ont été mis à disposition par la plateforme de morphologie de la Faculté de biologie et de médecine. Le premier, un corps féminin, présentait un cou très court et devait également servir à un deuxième travail de master sur le membre supérieur, ce qui nécessitait de sectionner le corps à la base du cou afin de pouvoir travailler séparément sur les deux projets. Ainsi une trop grande partie du cou a été perdue après la section à la scie circulaire, qui n'a pu se faire autrement qu'au niveau de la troisième vertèbre cervicale. Cette contrainte technique a motivé la mobilisation d'un deuxième corps, celui-ci masculin, qui a été choisi pour son long cou, ce qui a permis de bien exposer les artères carotides en rapport avec les autres structures anatomiques du cou.

### Acquisition et exploitation des images tomographiques

Les deux corps obtenus, alors entiers et intacts, ont tout d'abord été scannés par CT-scanner au Centre Universitaire Romand de Médecine Légale (CURML). Une première acquisition de phase native est réalisée. Puis une seconde acquisition d'images est pratiquée selon une technique d'angiographie post-mortem développée à Lausanne, utilisant un produit de contraste dénommé Angiofil® (composé d'un mélange d'huile de lin iodé et d'huile de paraffine), injecté dans l'artère fémorale et se diffusant dans tout le réseau artériel du corps grâce à une pompe CEC (circulation extracorporelle) modifiée par le CURML (de modèle Virtangio®). L'Angiofil permet à la fois de diffuser facilement dans les artères grâce à son caractère lipophile, et en même temps de révéler distinctement le réseau artériel sur les images tomographiques grâce au produit de contraste, ce qui est nécessaire afin de réaliser les reconstructions artérielles tridimensionnelles, en se servant de la différence de densité avec les tissus environnants.

Plusieurs reconstructions 3D du réseau artériel des deux corps ont finalement été réalisées sur un ordinateur du CURML. Les images obtenues, faisant partie des résultats attendus dans ce travail, ont aussi permis de faire une première étude du réseau artériel des deux corps afin de planifier la dissection, sachant qu'il est souhaité de pouvoir faire la comparaison directe entre imagerie et pièce disséquée. Ainsi, de très bonnes reconstructions 3D du réseau artériel intracrânien ont été obtenues pour le premier corps, alors que celles du deuxième corps sont revenues incomplètes, le produit de contraste n'ayant pas pu passer dans toutes les artères cérébrales en raison de probables caillots obstructifs.

## Dissection

En raison des contraintes techniques rencontrées et mentionnées précédemment (cou trop petit et incomplet pour le premier corps, images reconstruites des artères cérébrales étant partielles chez le deuxième), une approche distincte mais complémentaire a été choisie pour la dissection des deux corps: une approche intracrânienne et postérieure pour le premier corps, avec un focus respectivement sur les artères cérébrales et les artères vertébrales, et une approche antérieure au cou et faciale pour le deuxième corps, avec un focus sur les artères carotides interne, externe et des branches de cette dernière.

De cette manière, la longueur du cou du deuxième corps est mise à profit pour exposer les artères carotides, et l'abandon d'une dissection intracrânienne pour ce corps permet de s'affranchir du problème de la reconstruction artérielle 3D incomplète dans le réseau des artères cérébrales.

Ce réseau artériel intracrânien sera donc plutôt exposé sur le premier corps, afin de tirer avantage de la reconstruction 3D correspondante qui est cette fois complète. En outre sur ce même corps, les artères vertébrales seront exposées à leur entrée dans la fosse postérieure, afin de tirer parti de la section du cou: possibilité de montrer le positionnement des artères vertébrales dans leur vertèbre en vue axiale, ainsi que d'effectuer le travail de dissection postérieure plus librement que si la tête était encore rattachée au buste.



Figure 2 : en salle de dissection

## Conception et élaboration des supports d'apprentissage

Un objectif majeur de ce travail est de produire différents outils d'apprentissage afin de pouvoir faire varier les angles d'étude d'une même région anatomique: pièce disséquée, imagerie, outil interactif et exercices en ligne, support d'apprentissage écrit incluant un contexte pathologique, maquette.

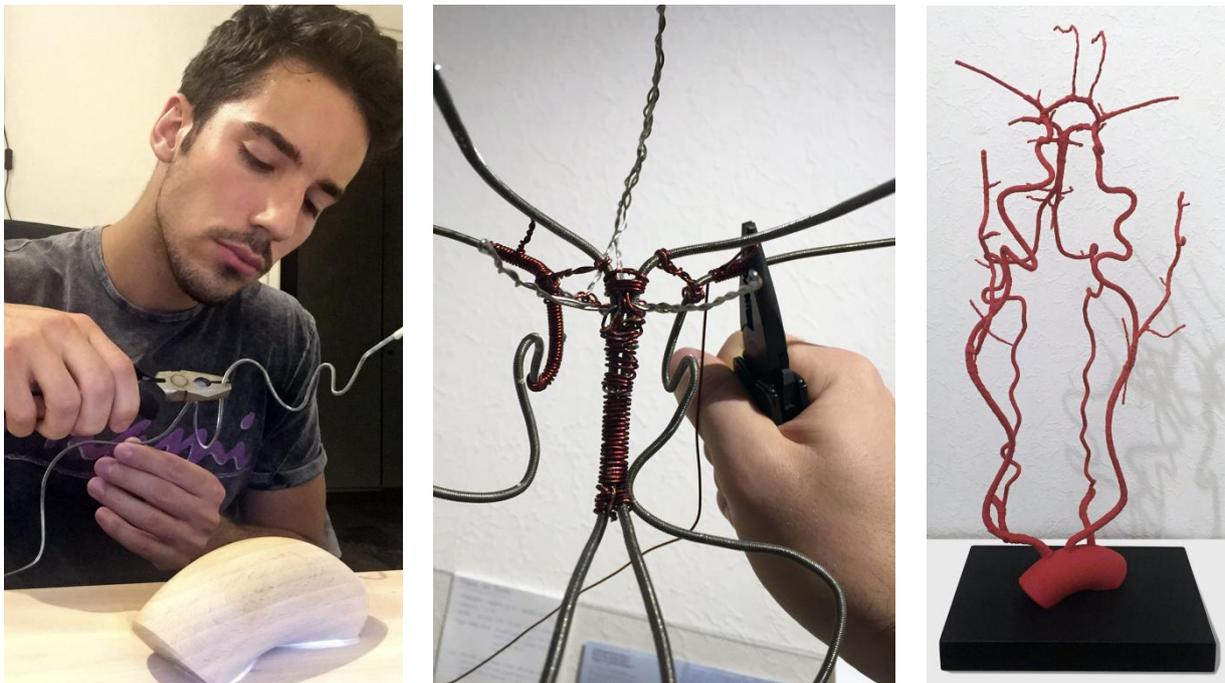
Les pièces disséquées sont prises en photo au fur et à mesure de la dissection. Les photos prises des pièces terminées sont légendées, de même que les reconstructions 3D. Ces images servent ainsi à la fois comme illustration, mais aussi comme support de base à la création de l'outil didactique, qui sera à terme publié en ligne sur une plateforme *moodle* (voir dans la partie "résultats" ci-après), permettant d'avoir accès en tout temps et en tout lieu à ces ressources.

### Maquette

Une maquette de tout l'arbre artériel du cou et de la tête a été créée à partir de la reconstruction 3D du cadavre féminin. De taille agrandie par rapport au corps (rapport corps-maquette = 1 : 1.75), cette construction permet de se rendre compte directement des trajectoires des artères dans l'espace et de leur positionnement les unes par rapport aux autres.

Reproduite le plus fidèlement possible, elle montre aussi la tortuosité réelle des artères contrairement aux schémas des livres de référence, et permet d'étudier les courbes et autres trajectoires caractéristiques de certaines artères. Elle sera mise à disposition en complément des pièces disséquées lors des travaux pratiques, et les étudiants pourront s'entraîner à identifier chacune des artères, ou faire des comparaisons avec les corps disséqués.

Par ailleurs, il sera intéressant de voir ce que l'industrie de l'imprimante-3D, en plein essor, pourra apporter dans le domaine de l'enseignement en anatomie ou du diagnostic radiologique, étant donné la possibilité de reproduire matériellement des structures tridimensionnelles informatisées.



**Figure 3: construction de la maquette.**

*Des tiges en acier inoxydable ainsi que des fils de cuivre et d'acier ont été utilisés, fixés sur un support en bois.*

# RÉSULTATS

## Dissection: étapes et résultats

### Remarques préliminaires:

Comme mentionné précédemment, la tête du premier corps (féminin) a été séparée du buste par une section du cou au niveau de la troisième vertèbre cervicale, afin de réserver le reste du corps pour un autre travail de maîtrise sur le membre supérieur. Plus de la moitié du cou a malheureusement été "perdue" dans le processus, le cou n'étant déjà pas très long à la base.

Pour cette raison, les artères carotides et les autres structures principales du cou ne peuvent être exposées sur cette pièce, mais seront plutôt disséquées sur le deuxième corps (voir plus loin dans ce chapitre).

Afin de simplifier le travail de dissection, seuls les nerfs principaux et facilement identifiables ont été préservés, les structures nerveuses n'étant pas directement concernées dans ce travail. La anse cervicale notamment n'a pas été sauvegardée.

De même pour les veines, dont seules les structures principales ont été conservées.

Notons enfin que l'artère thyroïdienne inférieure, l'artère transverse du cou, ainsi que les artères cervicales ascendante et profonde, qui sont toutes des artères présentes au niveau du cou, n'ont pas été recherchées lors de la dissection en raison du rôle mineur qu'elles ont dans ce projet et aussi en raison du surplus de travail (déjà conséquent) qu'elles auraient causé.

### 1. Premier corps : mise en évidence des artères cérébrales et vertébrales

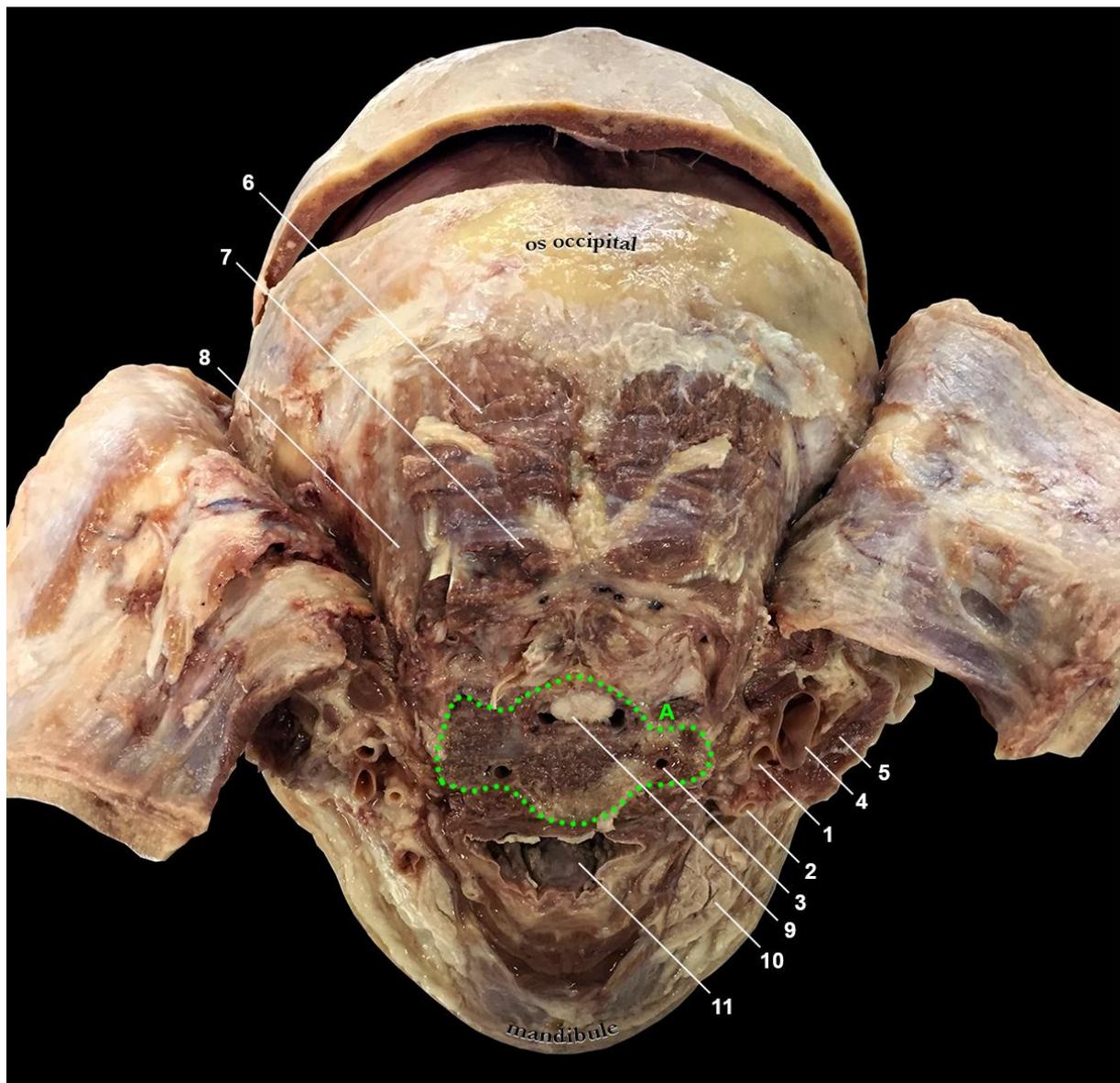
Dans un premier temps, le scalp est retiré afin de dénuder le crâne pour pouvoir le scier proprement. À l'aide d'une scie plâtre, le crâne est scié de manière circonférentielle en suivant une ligne passant environ 1 cm au-dessus des oreilles, des sourcils et de la protubérance occipitale externe, tout en veillant à ne pas trop endommager les structures internes superficielles comme les méninges ou le cortex cérébral. La dure-mère est ensuite décollée de l'intérieur du crâne découpé, sur laquelle on peut voir les ramifications de l'artère méningée moyenne, responsable en majeure partie de la vascularisation des méninges (figure 4).



Figure 4: le crâne est scié et retiré, laissant voir la dure-mère et les rameaux de l'a. méningée moyenne

#### 1.1 Dissection de la nuque pour exposer les artères vertébrales

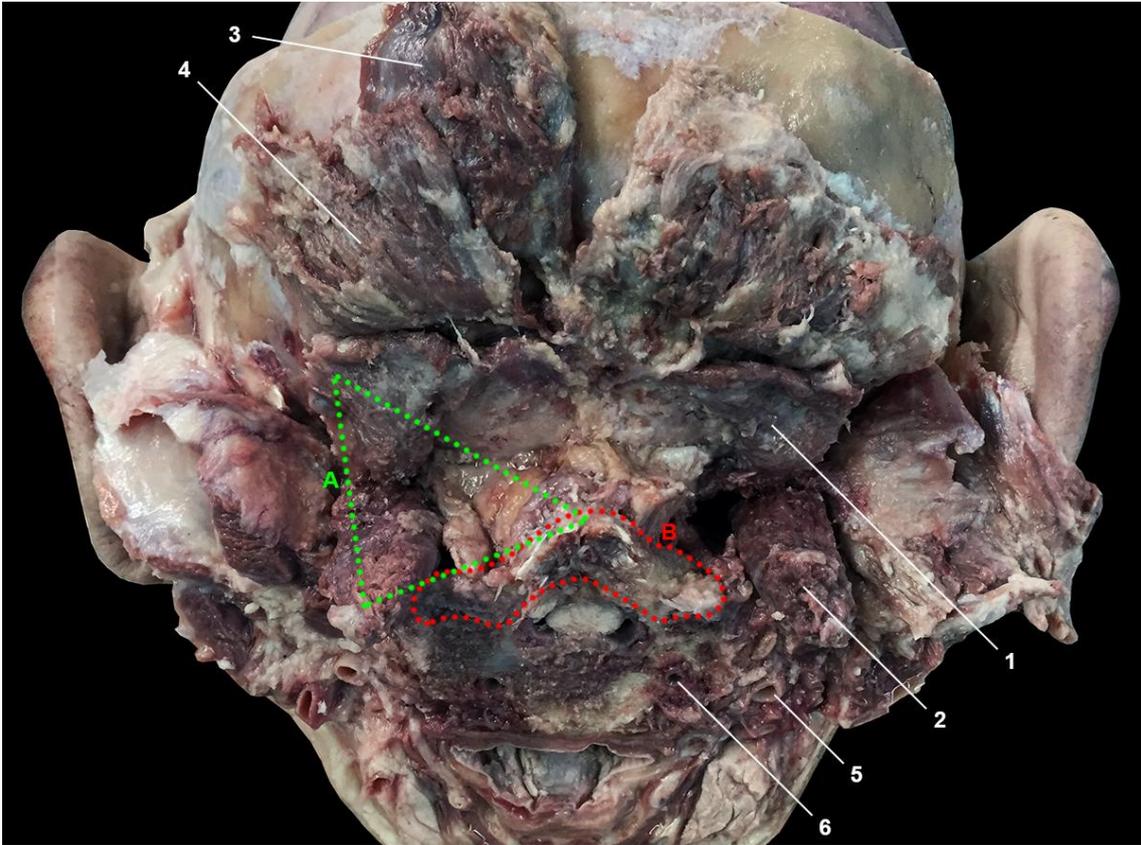
Une incision médiane de la peau de la nuque permet de récliner celle-ci, révélant les muscles de la nuque et du cou postérieur: superficiellement le muscle trapèze (et ses insertions sur le tiers médial de la ligne nuchale supérieure et sur la protubérance occipitale externe), en-dessous duquel se trouvent le muscle splénius de la tête (latéralement, avec insertion sur la moitié latérale de la ligne nuchale supérieure et sur le processus mastoïde) et le muscle semi-épineux de la tête (médialement, avec insertion entre les lignes nuchales supérieure et inférieure) (figure 5).



**Figure 5: vue postérieure du crâne et du cou**

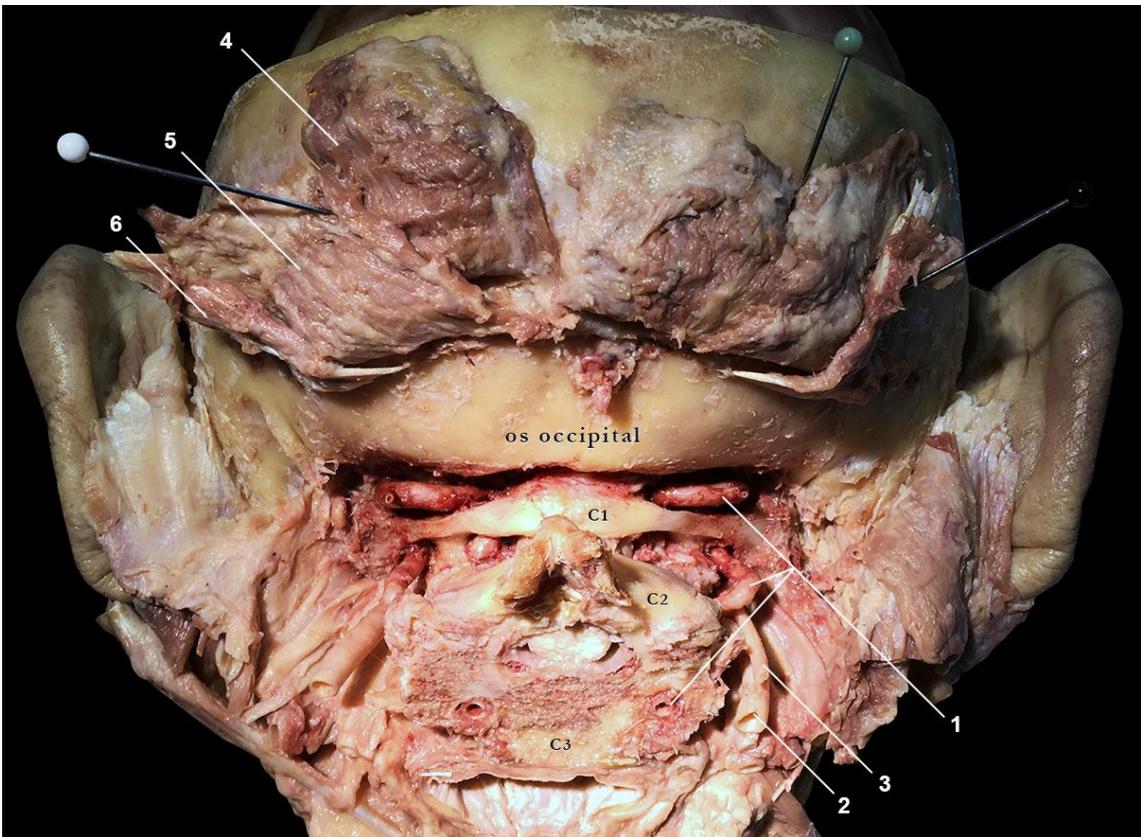
A = 3ème vertèbre cervicale ; 1 = a. carotide interne ; 2 = a. carotide externe ; 3 = a. vertébrale ; 4 = v. jugulaire interne ; 5 = m. sterno-cléido-mastoïdien ; 6 = m. trapèze ; 7 = m. semi-épineux de la tête ; 8 = m. splénius de la tête ; 9 = moelle épinière ; 10 = glande submandibulaire ; 11 = oro-pharynx

Ces muscles sont réclinés vers le haut et révèlent les autres muscles profonds de la nuque, à savoir les muscles petit droit et grand droit postérieurs de la tête, et les muscles oblique supérieur et oblique inférieur de la tête, ces trois derniers formant le triangle suboccipital, un repère anatomique permettant de localiser l'émergence du nerf suboccipital et de l'artère vertébrale au-dessus de l'atlas (figure 6 ; le triangle (A) est représenté virtuellement, les muscles ayant été désinsérés). Ces muscles, ayant des insertions entre les deux premières vertèbres cervicales et la ligne nuchale inférieure, ont dû être retirés afin de dégager la base du crâne et les premières vertèbres, lieu de passage des artères vertébrales. Pour la même raison, la membrane atlanto-occipitale postérieure (traversée par l'artère vertébrale), située directement en-dessous de ces muscles, est également retirée.



**Figure 6: vue postérieure du cou et des muscles suboccipitaux**

A = triangle suboccipital ; B = 2ème vertèbre cervicale (axis) ; 1 = grand droit postérieur de la tête ; 2 = oblique inférieur de la tête ; 3 = m. trapèze ; 4 = m. semi-épineux de la tête ; 5 = a. carotide interne ; 6 = a. vertébrale



**Figure 7: vue de l'espace suboccipital**

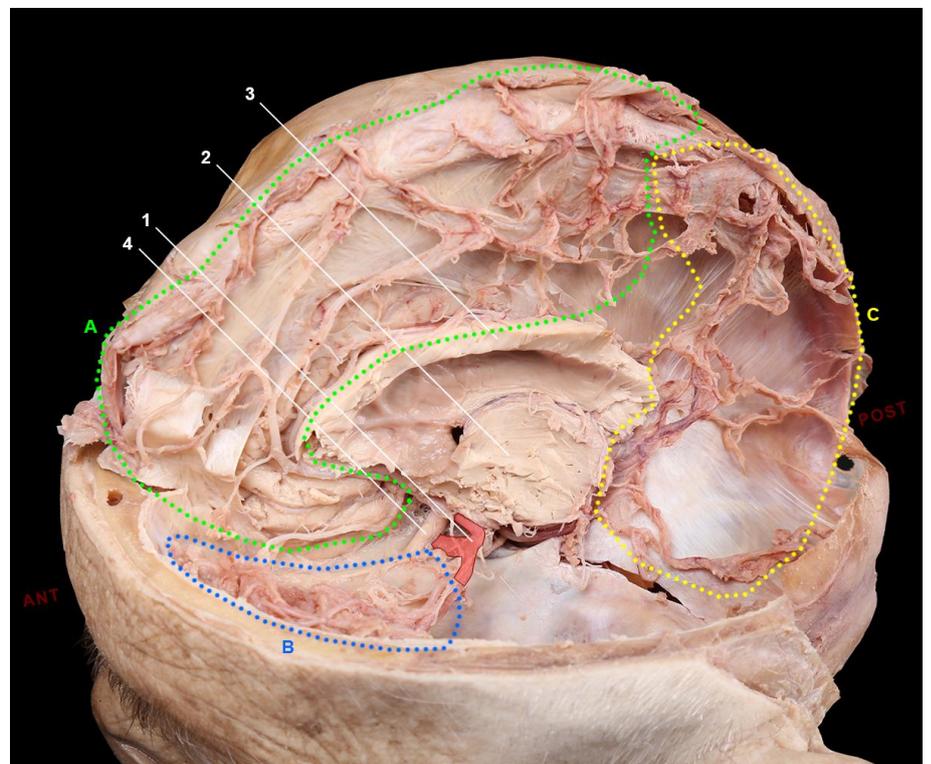
1 = a. vertébrale ; 2 = a. carotide interne ; 3 = n. vague ; 4 = m. trapèze ; 5 = m. semi-épineux de la tête ; 6 = m. oblique supérieur de la tête

Ces différentes résections permettent finalement de découvrir les deux artères vertébrales, gauche et droite. L'artère vertébrale, à gauche comme à droite, naît de l'artère subclavière, se dirige crânialement à travers les foramina transverses des vertèbres cervicales C6 à C1 (en donnant des rameaux musculaires et spinaux sur son chemin), puis sur l'arc de l'atlas pour finalement rentrer dans la base du crâne à travers le foramen magnum. Sur cette pièce sectionnée horizontalement au milieu du cou (figure 7), les deux artères vertébrales sont d'abord visibles au niveau de leur section, positionnées dans leur foramina transverses respectifs au niveau de la troisième vertèbre cervicale (C3). Masquées en profondeur, elles sont ensuite clairement visibles à leur sortie des foramina transverses de l'axis (= C2, deuxième vertèbre cervicale). Elles rentrent à nouveau dans les foramina transverses de l'atlas (= C1, première vertèbre cervicale), puis ressortent en contournant postérieurement les masses vertébrales de C1 et en direction médiale, longent l'arc de l'atlas où elles donnent les rameaux méningés antérieur et postérieur, avant de passer à l'avant de la moelle épinière puis de la moelle allongée en traversant le foramen magnum pour rentrer dans la fosse postérieure du crâne (figure 7).

## 1.2 Dissection de l'encéphale pour exposer les artères cérébrales

La dure-mère de l'hémisphère gauche est réclinée, laissant voir les deux autres couches des méninges accolées au cortex cérébral: l'arachnoïde et la pie-mère, qui forment ensemble ce qu'on appelle la leptoméninge. Ces couches transparentes laissent voir les fines veines et artères cérébrales périphériques qui se trouvent dans l'espace sous-arachnoïdien. En pinçant et décollant l'arachnoïde, ces fins vaisseaux sont libérés en même temps, et extraits des circonvolutions où ils se logent.

Le cortex est alors dénudé de la dure-mère, de l'arachnoïde et des vaisseaux périphériques, ce qui permet de disséquer le parenchyme cérébral de l'hémisphère gauche. Cette étape est effectuée très délicatement et progressivement, afin de ne pas abîmer les petites artères qui parfois sont bien cachées dans les circonvolutions du parenchyme. Le lobe frontal est disséqué petit à petit, ce qui permet de visualiser l'artère cérébrale antérieure (ACA) et ses branches, à savoir les artères callosomarginale, péricalleuse et fronto-basale médiale. Puis les lobes temporal et pariétal sont disséqués, libérant l'artère cérébrale moyenne (ACM) et ses ramifications périphériques. Enfin, le lobe occipital est retiré, permettant de voir l'artère cérébrale postérieure (ACP) et ses branches, les artères occipitales médiale et



**Figure 8: vue latérale intracrânienne, hémisphère cérébral gauche retiré**  
 A = rameaux périphériques de l'ACA ; B = rameaux périphériques de l'ACM ; C = rameaux périphériques de l'ACP ; 1 = T carotidien ; 2 = thalamus ; 3 = corps calleux ; 4 = nerf optique  
 [NB: plus de détails sont visibles sur la figure 22, p. 20]

latérale avec leurs ramifications.

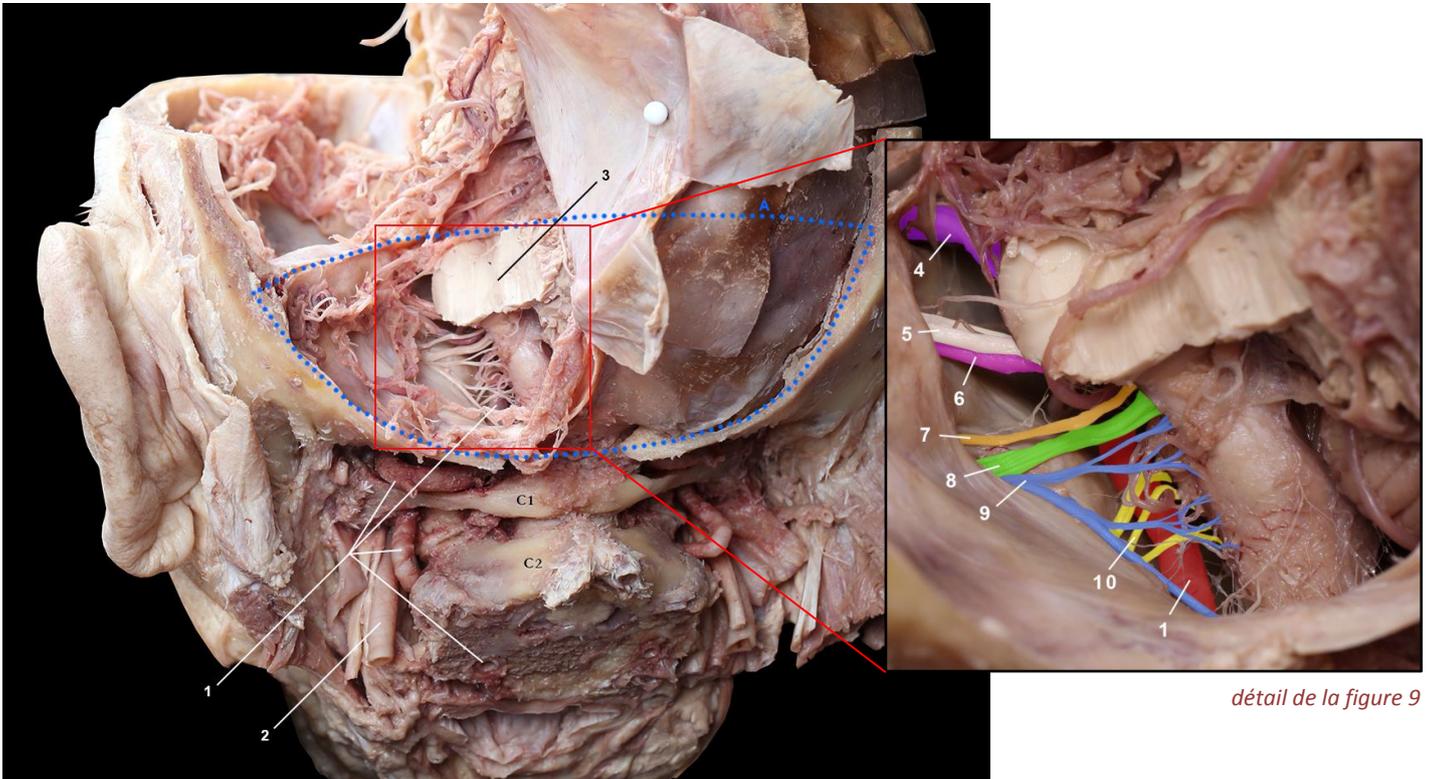
L'artère carotide interne entre dans le crâne par le canal carotidien et se divise en ACA et ACM (bifurcation nommée "T carotidien"), en donnant l'artère ophtalmique juste avant cette division, qui n'est malheureusement pas visible, cachée en-dessous du nerf optique avant d'entrer dans l'orbite.

L'hémisphère cérébral gauche est ainsi entièrement retiré, permettant d'exposer la moitié gauche du cercle de Willis ainsi que toute la vascularisation cérébrale gauche dont elle est issue. Sont aussi visibles le corps calleux, le thalamus, la faux du cerveau, la tente du cervelet, les nerfs crâniens II et V (figure 8). L'hémisphère droit a été conservé à des fins de comparaison.

### 1.3 Dissection du cervelet pour libérer la fosse postérieure et exposer la partie intracrânienne des artères vertébrales

La tente du cervelet est réclinée, exposant l'hémisphère cérébelleux gauche qui est finalement disséqué jusqu'au pédoncule cérébelleux moyen. De cette manière, la partie intracrânienne de l'artère vertébrale gauche est visible, avec latéralement, une vue très intéressante des nerfs crâniens (V, VII, VIII, IX, X, XI, XII) émergeant du tronc cérébral (figure 9). L'artère cérébelleuse postérieure et inférieure droite est visible contre le lobe cérébelleux droit, alors qu'à gauche les artères cérébelleuses, emmêlées avec les petites veines, sont plus difficiles à identifier en l'absence du lobe.

Enfin, nous noterons que l'artère basilaire, qui donne les collatérales vascularisant le cervelet et le pont avant de se diviser en deux artères cérébrales postérieures, est malheureusement peu visible, masquée en profondeur par le pont et le pédoncule cérébelleux moyen gauche.



détail de la figure 9

**Figure 9: vue postérieure de la fosse cérébrale postérieure**

A = fosse postérieure ; 1 = a. vertébrale ; 2 = a. carotide interne ; 3 = métencéphale avec pont ; 4 = n. V ; 5 = n. VII ; 6 = n. VIII ; 7 = n. IX ; 8 = n. X ; 9 = n. XI ; 10 = n. XII

## 2. Deuxième corps: mise en évidence des artères carotides commune, interne, externe et des branches de cette dernière

### 2.1. Carotides commune, interne et externe droites



Figure 10: vue antérieure du cou et du m. platysma



Figure 11: vue antérieure du cou

1 = m. sterno-cléido-mastoiïdien ; 2 = m. platysma (récliné) ; 3 = v. jugulaire interne ; 4 = v. jugulaire antérieure ; 5 = cartilage thyroïde

La peau du cou est entièrement réclinée, depuis le bord inférieur de la mandibule jusqu'au milieu des pectoraux. Le tissu adipeux sous-cutané une fois retiré, le muscle platysma apparaît des deux côtés, avec un entrecroisement des fibres médialement, en région sous-mentonnaire, sous le muscle mentonnier qui est aussi visible (figure 10).

*Nota bene: à partir d'ici, la dissection se limite au côté droit.*

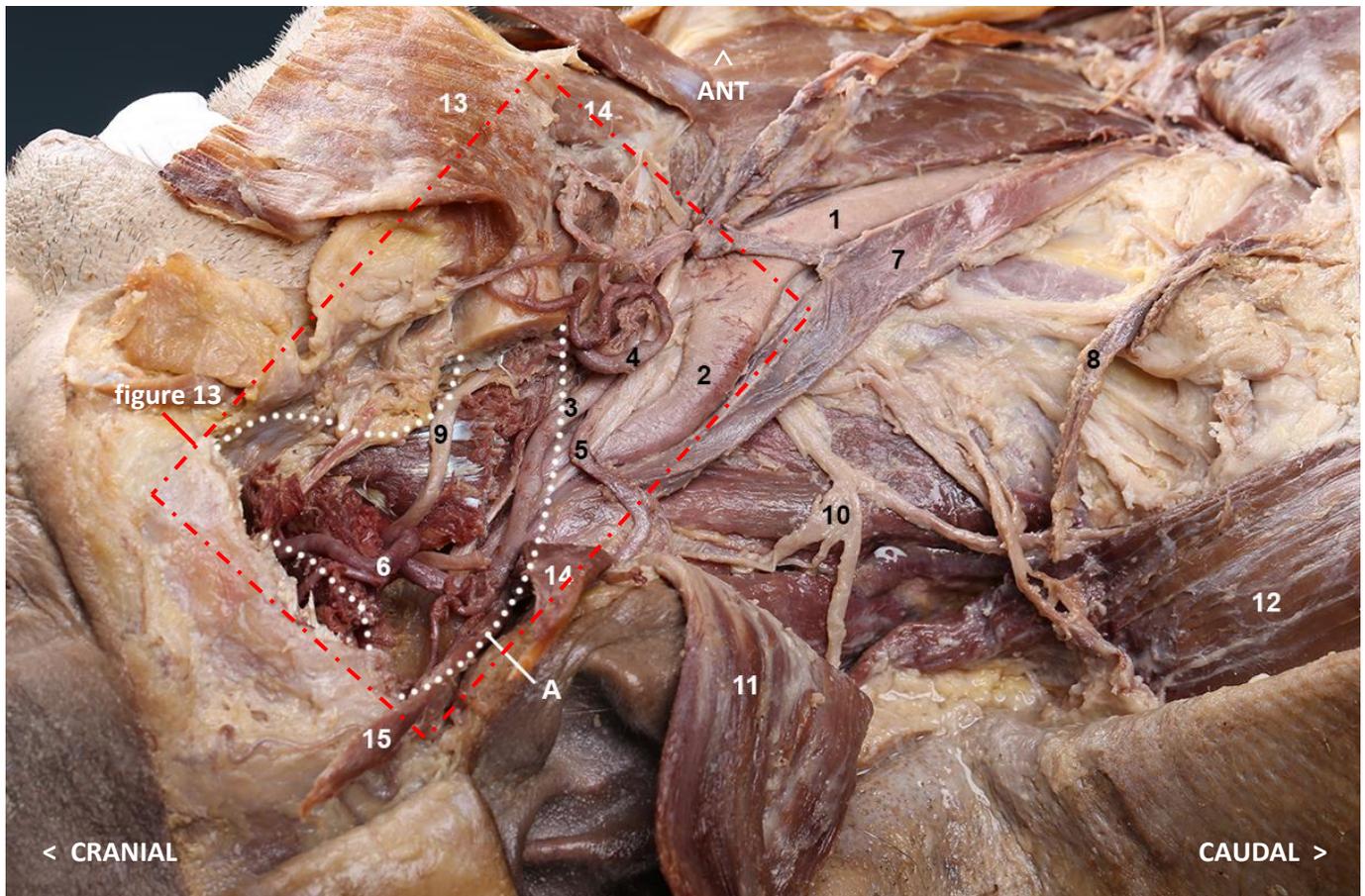
Une incision au milieu du muscle platysma permet de récliner les deux moitiés de celui-ci, découvrant la veine jugulaire externe, la lame superficielle du fascia cervical et les nerfs cervicaux transverses, structures surplombant le muscle sterno-cléido-mastoiïdien qui sont disséquées afin de le libérer. Ce muscle est ensuite coupé à son milieu et récliné de part et d'autre, faisant apparaître le muscle omo-hyoïdien, le muscle sterno-thyroïdien et la veine jugulaire interne, entourés de tissu adipeux. Ce dernier est retiré peu à peu, permettant de découvrir et de libérer les différentes structures, y compris la glande submandibulaire.

Le muscle omo-hyoïdien, qui présente un ventre supérieur et un ventre inférieur, est coupé au niveau du tendon intermédiaire et son ventre supérieur est récliné. Ceci permet de découvrir la carotide commune, qu'on suit alors facilement jusqu'à la bifurcation carotidienne (où se

trouve le sinus carotidien), avec les muscles thyro-hyoïdien et sterno-thyroïdien qui la longent médialement, et la veine jugulaire interne qui l'accompagne latéralement.

La carotide interne, qui ne donne aucune collatérale jusqu'à la base du crâne et qui chemine avec la veine jugulaire interne et le nerf vague dans une gaine, est exposée sur quelques centimètres avant de disparaître en profondeur, sous les muscles stylo-hyoïdien et digastrique (ventre postérieur).

Ceux-ci sont coupés à leur arrivée sur l'os hyoïde et réclinés, afin de dégager une partie supplémentaire de l'artère carotide interne, et surtout afin d'exposer l'artère carotide externe, qui commence à donner ses branches à ce niveau (figure 12). On y trouve également le nerf hypoglosse qui croise cette dernière antérieurement.



**Figure 12: vue latérale droite du cou, branche de la mandibule retirée (= A)**

1 = a. carotide commune ; 2 = a. carotide interne ; 3 = a. carotide externe ; 4 = a. faciale ; 5 = a. occipitale ; 6 = a. maxillaire ; 7 = v. jugulaire interne ; 8 = v. jugulaire externe ; 9 = n. lingual ; 10 = nn. du plexus cervical ; 11 = m. sterno-cléido-mastoïdien ; 12 = m. trapèze ; 13 = m. platysma (récliné) ; 14 = m. digastrique (ventre postérieur récliné) ; 15 = m. stylo-hyoïdien (récliné)

## 2.2. Branches de l'artère carotide externe

En suivant l'artère carotide externe depuis la bifurcation, on trouve facilement ses collatérales l'une après l'autre, excepté l'artère thyroïdienne supérieure qui est enfouie postérieurement (immédiatement après la bifurcation).

On visualise tout d'abord l'artère faciale, qui suit une trajectoire médiale et supérieure en passant à travers la glande submandibulaire, laquelle a été retirée pour une meilleure visibilité. On trouve ensuite l'artère linguale, également du côté médial.

Du côté latéral, on trouve l'artère occipitale qui se dirige postérieurement et passe sous les muscles sterno-cléido-mastoïdien et digastrique (ventre postérieur).

En continuant à suivre l'ascension de l'artère carotide externe, on est rapidement bloqués par la mandibule et par les structures qui lui sont superficielles. La peau de la joue est alors réclinée, la branche et une partie du corps de la mandibule sont retirées, de même que le muscle masséter, une partie du muscle ptérygoïdien médial et la glande parotide.

On visualise alors l'artère auriculaire postérieure latéralement, puis l'artère temporale superficielle, qui est l'une des deux branches terminales de l'artère carotide externe et qui monte au-devant de l'oreille en compagnie du nerf auriculo-temporal.

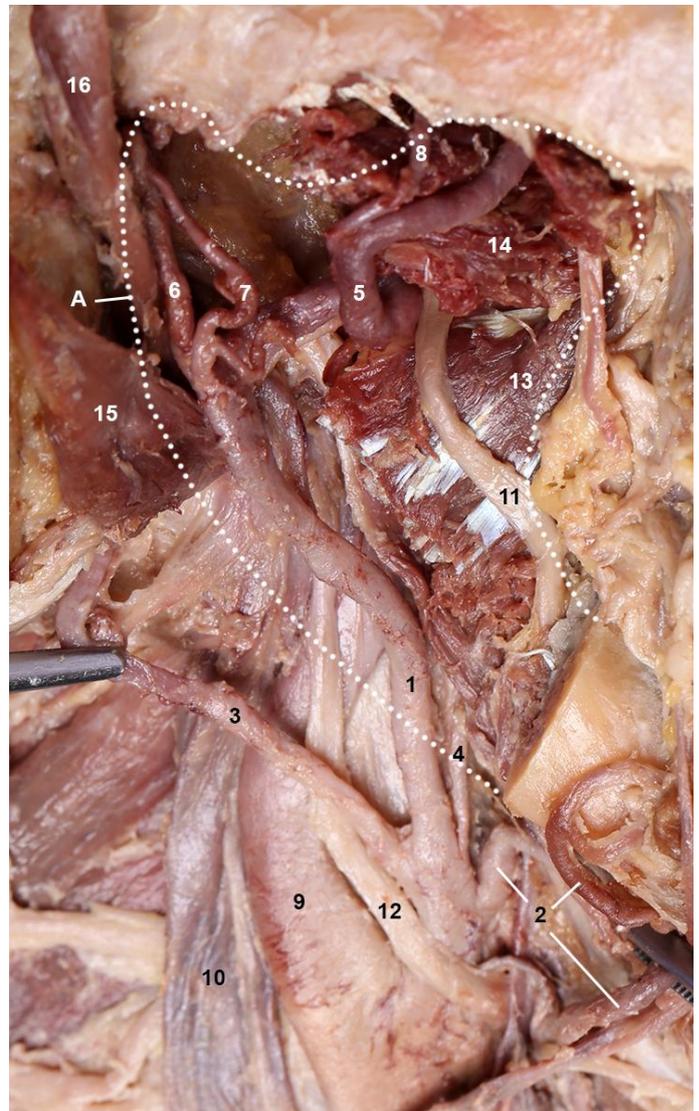
L'autre branche terminale et importante est l'artère maxillaire, plus grosse, qui se dirige vers l'avant, perpendiculairement à l'artère carotide externe. L'artère maxillaire passe par-dessus le muscle ptérygoïdien latéral, en se ramifiant dans la fosse ptérygo-palatine. On visualise la plus importante de ses branches, l'artère méningée moyenne (visible en figure 34, p.26), qui monte médialement au muscle ptérygoïdien latéral pour passer à travers le foramen épineux et arriver dans la fosse crânienne moyenne où elle se ramifie. On peut aussi voir l'artère massétérique, l'artère temporale profonde, ainsi que d'autres branches plus en avant dans le massif facial mais qui n'ont pas été recherchées ici (figure 13).

### 2.3. Le côté gauche du cou

Le côté gauche du cou a été disséqué très superficiellement en conservant les différentes structures afin de pouvoir présenter les triangles du cou, points de repères incontournables pour l'anatomie topographique du cou (voir figure 35, p. 27). Il est ainsi possible de faire la comparaison directe des triangles délimités par les muscles (digastrique, sterno-cléido-mastoïdien, omo-hyoïdien et trapèze) à gauche, avec leur contenu en profondeur à droite.

### 3. Coupes transversales du cou et de la tête

Deux tranches humides et une tranche plastinée du cou de 2-3 cm d'épaisseur, déjà réalisées anciennement par les enseignants de la faculté à partir d'autres corps et disponibles en salle de dissection, ont été photographiées afin de permettre aux étudiants de pouvoir les comparer avec les images en coupes obtenues par CT. Bien que deux corps différents soient ainsi comparés, il est tout de même intéressant de pouvoir se rendre compte des difficultés inhérentes à chacune de ces deux approches pour l'étude de l'anatomie en vue transversale (pp. 18, 19, 28). Par ailleurs, il est aussi possible de cette manière de faire un rappel du positionnement des fascias cervicaux (figure 36, p. 28).



**Figure 13: vue latérale du cou au niveau de l'angle mandibulaire droit et d'une partie de la fosse ptérygo-palatine ; branche de la mandibule retirée (= A)**

1 = a. carotide externe ; 2 = a. faciale ; 3 = a. occipitale ; 4 = a. pharyngienne ascendante ; 5 = a. maxillaire ; 6 = a. temporale superficielle ; 7 = a. auriculaire profonde ; 8 = a. temporale profonde ; 9 = a. carotide interne ; 10 = v. jugulaire interne ; 11 = n. lingual ; 12 = n. hypoglosse (XII) ; 13 = m. ptérygoïdien médial (désinséré) ; 14 = m. ptérygoïdien latéral (désinséré) ; 15 = ventre postérieur du m. digastrique (récliné) ; 16 = m. stylo-hyoïdien (récliné)

## Reconstructions tridimensionnelles par CT-scanner

Il est possible de produire des images tridimensionnelles de l'anatomie vasculaire à partir des coupes obtenues par CT-scanner, grâce à un logiciel de rendu volumique. Ce logiciel est capable de sélectionner une structure anatomique d'une image 2D en fonction de sa densité radiologique, et de la superposer aux autres couches en produisant une image volumique (les pixels deviennent des "voxels"). Ce procédé a été utilisé dans le présent travail pour produire une série d'images intéressantes de la vascularisation artérielle du cou et de la tête.

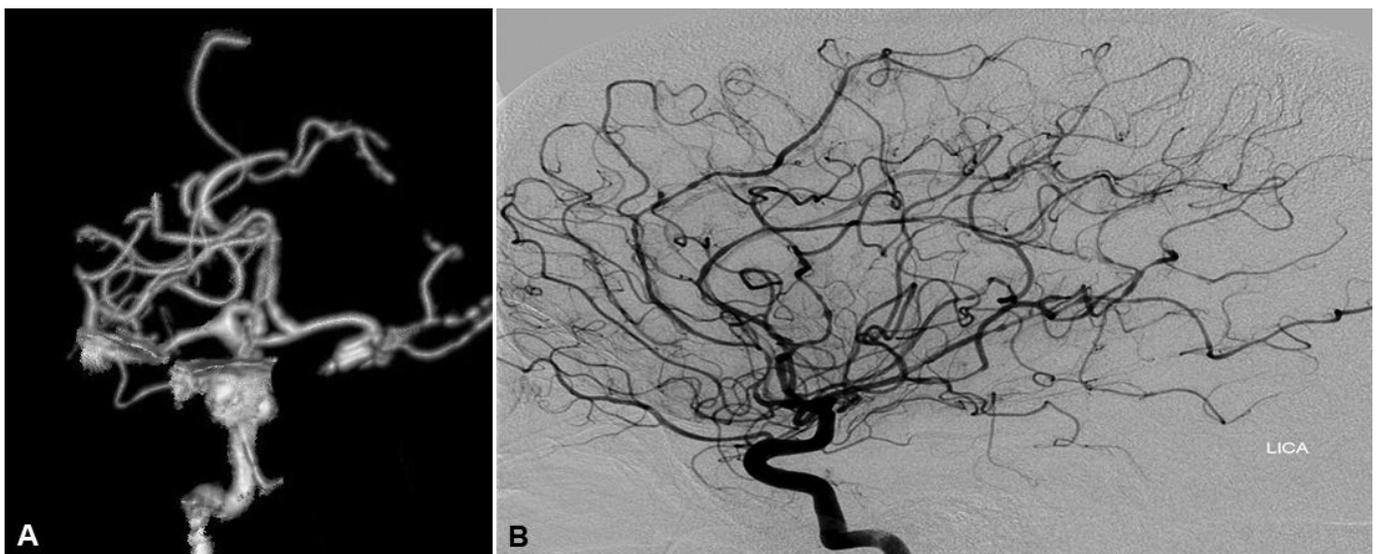
Les reconstitutions tridimensionnelles permettent de compléter l'étude de l'anatomie en donnant un point de vue différent de la vascularisation artérielle. Il est en effet intéressant, par exemple, de pouvoir se représenter tout le parcours des artères, sans les structures adjacentes qui viennent le cacher à de nombreux endroits (comme par exemple en figure 18 (image de gauche), p. 17) et ainsi avoir une meilleure compréhension des trajectoires des différentes artères dans l'espace tridimensionnel, en particulier grâce aux séquences vidéo permettant de multiplier les points de vue.

Ce type d'image permet aussi de montrer les détails du parcours des artères en distalité, là où le travail de dissection devient trop fastidieux ou trop délicat, ainsi que de sensibiliser l'étudiant à la complexité de l'anatomie réelle (par rapport à celle trouvée dans les illustrations des livres de référence), ou de le confronter par exemple à la présence de variations anatomiques.

Cette démarche permet enfin de familiariser l'étudiant à ce type d'outil, auquel il aura recours plus tard dans le cursus, puis dans sa pratique clinique.

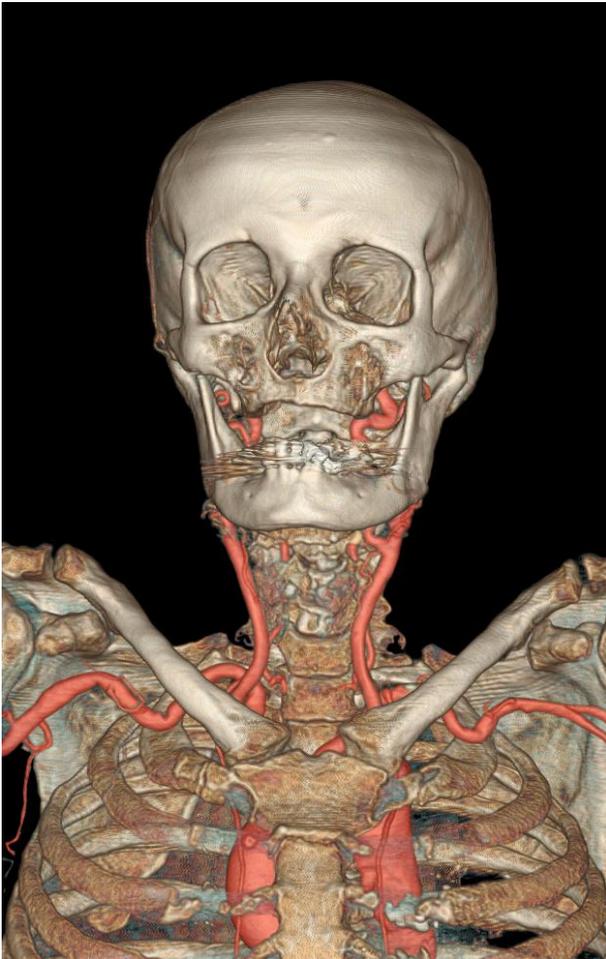
En revanche, quelques limitations sont à mentionner, notamment la difficulté à faire passer l'Angiofil dans certaines artères de petit calibre, qui sont collabées, obstruées ou déchirées, et ce d'autant plus que le cadavre a passé de temps en chambre froide ; ces petites artères ressortent donc mal sur une reconstruction. D'autre part, les densités des os et de l'Angiofil étant proches, cela occasionne des artéfacts lors de la reconstruction, là où les artères passent près des structures osseuses.

Nous rappellerons toutefois qu'en clinique, les techniques d'angiographie permettent un résultat très fin grâce à la circulation sanguine du patient et la viabilité des tissus (figure 14).

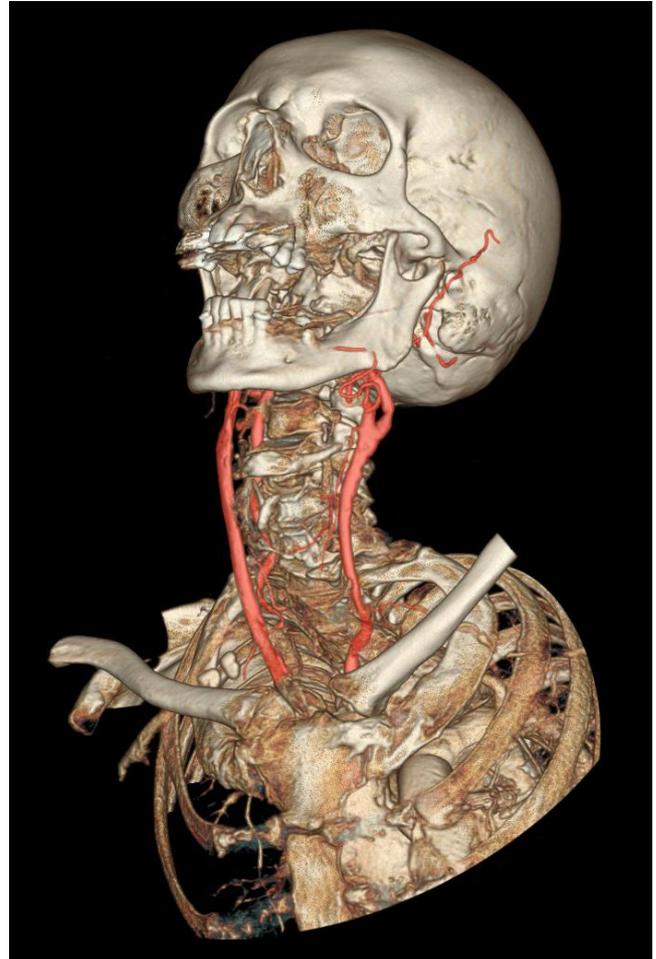


**Figure 14:** comparaison entre un angio-CT post-mortem chez un cadavre fixé et conservé en chambre froide pendant trois ans (A, corps masculin du présent travail) et une angiographie cérébrale chez un patient (B). Les deux images montrent l'arbre vasculaire cérébral venant de l'a. carotide interne gauche. On peut observer la finesse avec laquelle les artères de petit calibre sont représentées sur l'image de droite, alors qu'à gauche les traits sont plus grossiers et la distalité est faiblement représentée. Cependant, la technique en B est bien plus invasive.

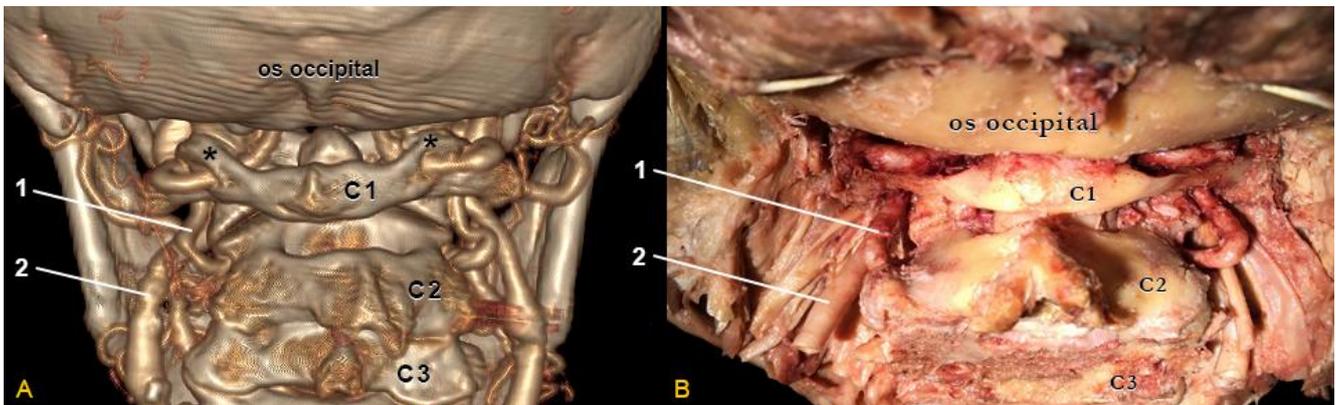
Malgré le comparatif de la figure 14 montrant une reconstruction 3D de qualité moyenne, de très bonnes reconstitutions 3D ont été obtenues à partir des deux corps, en particulier le corps féminin, comme le montrent les images ci-dessous (et notamment dans la partie "outil didactique"):



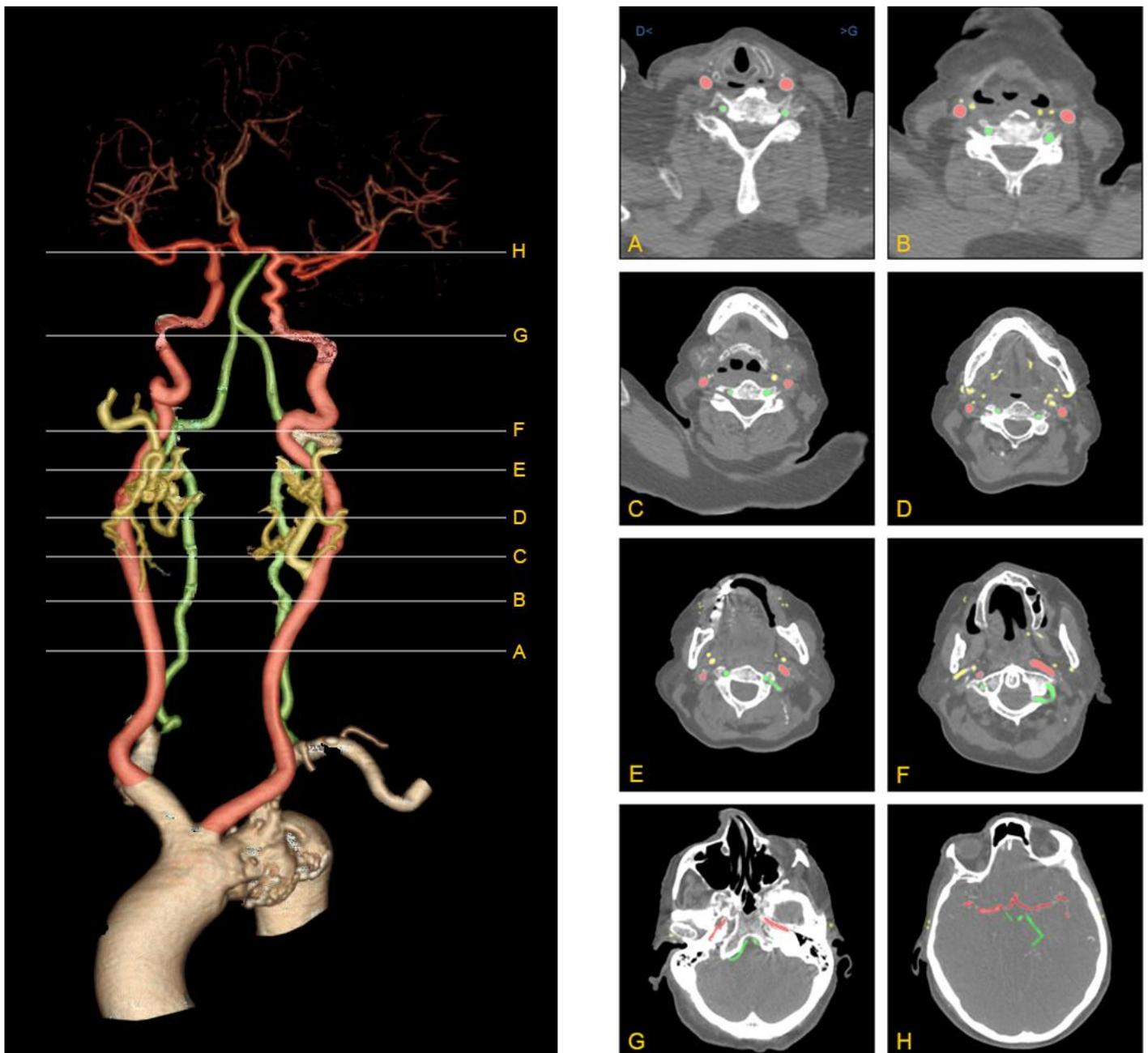
**Figure 15: vue générale du corps féminin**  
 Pour une meilleure visibilité, les artères ont été teintées de rouge.



**Figure 16: vue générale du corps masculin**  
 Pour une meilleure visibilité, les artères ont été teintées de rouge.



**Figure 17: comparaison entre reconstruction 3D (A) et photo de la pièce disséquée (B), vue postérieure du cou et de la base du crâne (espace suboccipital)**  
 1 = a. vertébrale ; 2 = a. carotide interne ; ★ = un artefact est apparu au-dessus de l'arc postérieur de l'atlas, ce qui recouvre l'a. vertébrale



**Figure 18: étude d'une reconstruction artérielle 3D "nue" en comparaison avec les coupes transversales de l'angio-CT correspondant**  
 Les niveaux des coupes sont représentés sur la reconstruction avec les lettres correspondantes ; les coupes A, B, C, D, E et F montrent le passage des aa. vertébrales au niveau des foramina transverses des vertèbres cervicales, respectivement C6, C5, C4, C3, C2, et C1. La coupe G montre la partie intracrânienne des aa. vertébrales, juste avant leur union en a. basilaire. La coupe H montre le polygone de Willis.  
 L'a. carotide commune (qui se divise au niveau de C), l'a. carotide interne et ses branches terminales (l'ACA et l'ACM) ont été colorées en rouge, alors que les aa. vertébrales et l'a. basilaire teintées de vert (ses branches terminales que sont les deux ACP ne sont pas visibles sur la reconstruction ; l'ACP gauche est par contre visible sur la coupe H). L'a. carotide externe et ses branches ont été colorées en jaune.

L'image de gauche de la figure 18 provient d'une séquence vidéo où l'on voit tout le réseau artériel pivoter lentement sur lui-même, permettant d'étudier les trajectoires des artères dans tous les angles. Le travail avec la vidéo a aussi permis de lever les doutes lorsque l'identification des artères sur les vues transversales était difficile, ce qui prouve son utilité. La maquette également a pu être construite grâce à l'étude minutieuse des trajectoires des artères dans l'animation.

Par ailleurs, il est bienveillant de ne pas oublier l'étude de l'anatomie au moyen des coupes transversales de CT axial, un outil d'imagerie incontournable pour le diagnostic de nombreuses pathologies, et ainsi de familiariser l'étudiant à son usage de manière précoce, grâce par exemple à des travaux comme le présent projet.

Tranches plastinée et humides comparées aux coupes de CT-scanner

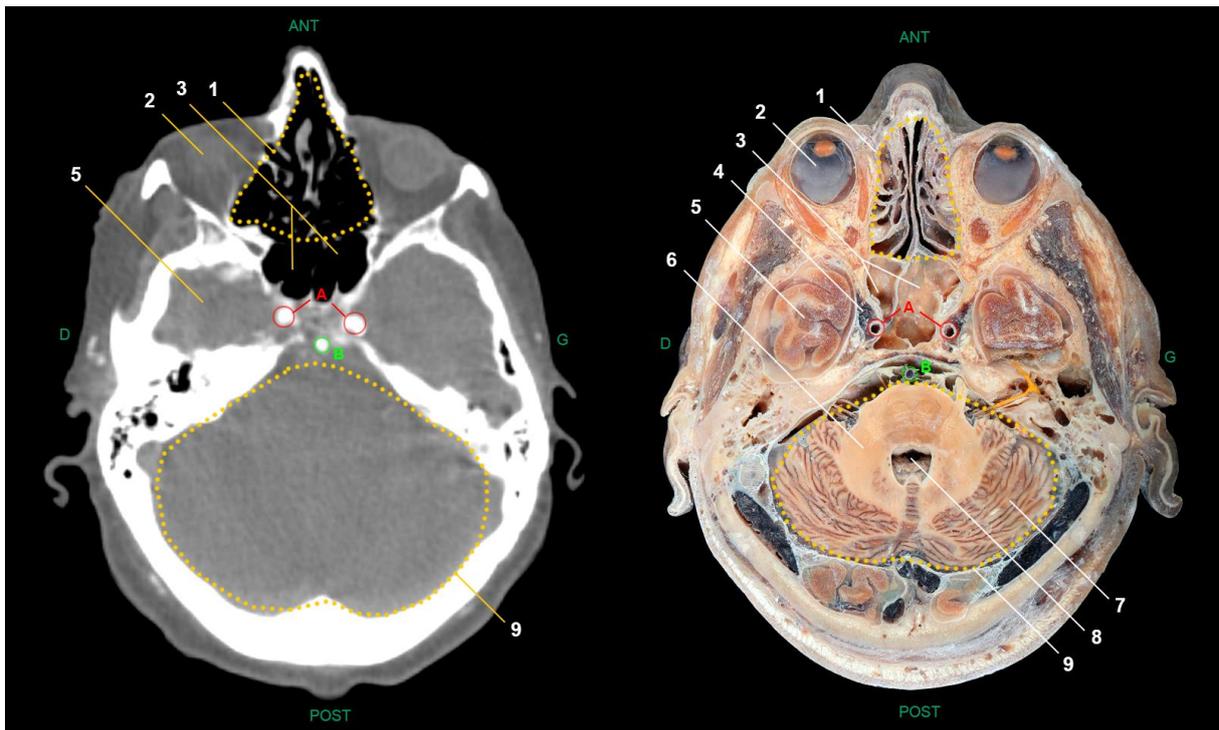


Figure 19: comparaison entre coupe transversale d'angio-CT à gauche et de tranche plastinée à droite (corps différents)  
 A = aa. carotides internes à leur passage dans le sinus caverneux ; B = a. basilaire ; 1 = cellules ethmoïdales ; 2 = œil ; 3 = sinus sphénoïdal ; 4 = sinus caverneux ; 5 = lobe temporal ; 6 = pont ; 7 = lobe cérébelleux ; 8 = 4ème ventricule ; 9 = fosse postérieure

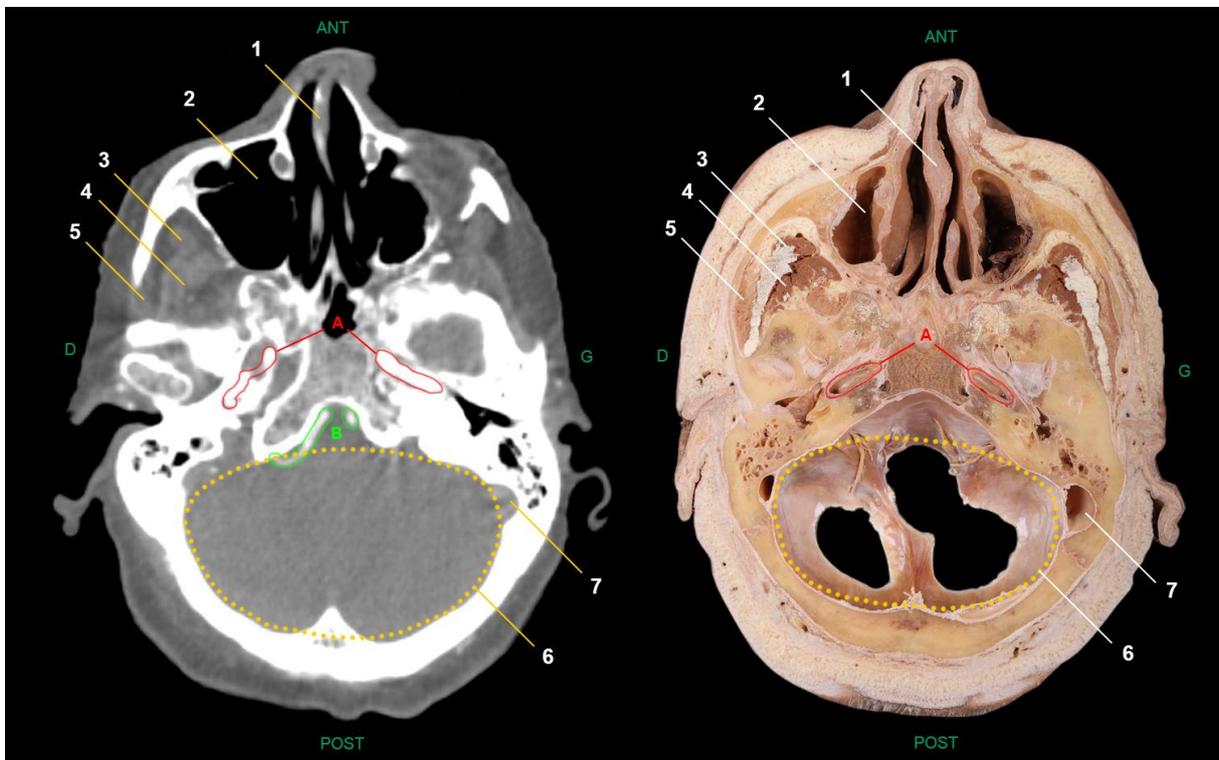
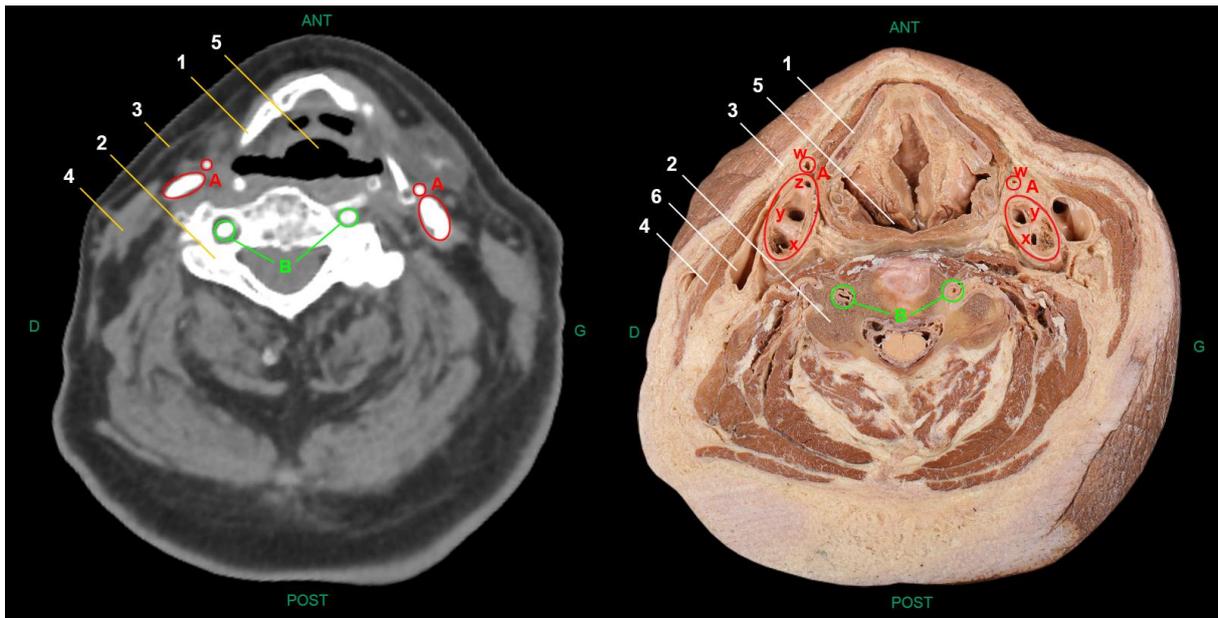


Figure 20: comparaison entre coupe transversale d'angio-CT à gauche et de tranche humide à droite (corps différents)  
 A = aa. carotides internes passant au-dessus du foramen déchiré ; B = aa. vertébrales ; 1 = vomer ; 2 = sinus maxillaire ; 3 = m. ptérygoïdien latéral ; 4 = m. temporal ; 5 = m. masséter ; 6 = fosse postérieure ; 7 = sinus sigmoïde



**Figure 21: comparaison entre coupe transversale d'angio-CT à gauche et de tranche humide à droite (corps différents)**  
 A = aa. carotides communes à leur bifurcation (x = a. carotide interne, y = a. carotide externe, z = a. thyroïdienne inférieure, w = a. linguale) ; B = aa. vertébrales ; 1 = os hyoïde ; 2 = 4ème vertèbre cervicale ; 3 = m. platysma ; 4 = m. sterno-cléido-mastoiïdien ; 5 = oro-pharynx ; 6 = v. jugulaire interne

### Création de l'outil interactif e-learning

Un des buts principaux de ce travail est de permettre à l'étudiant d'exercer son travail d'identification des structures anatomiques sur des images de pièces disséquées en parallèle des images de CT-scan correspondantes, d'une manière interactive, et ce en tout temps et en tout lieu.

Pour ce faire, un outil didactique composé d'images interactives a été produit, et sera mis à disposition sur internet via une plateforme moodle accessible à tous les étudiants, pour venir prolonger le travail de dissection des séances pratiques (ou l'amorcer!).

Les images photographiques des pièces disséquées sont d'abord traitées dans Photoshop, où les différentes structures anatomiques sont mises en surbrillance grâce à des calques de différentes couleurs. Ces calques sont alors mis en lien avec le nom de la structure anatomique correspondante (figurant dans une légende à côté de l'image) dans Fireworks, un programme qui permet d'animer tout le contenu: en passant la souris sur le nom d'une structure, cette dernière "s'allume" de manière isolée sur la photo de la pièce anatomique. Ainsi l'étudiant peut s'exercer à identifier les différentes artères sur la photo, et vérifier son travail d'identification en faisant apparaître une artère donnée en surbrillance.

Le même processus est appliqué pour les reconstructions artérielles 3D. Plusieurs reconstructions sont couplées à leur photo de pièce disséquée correspondante, alors que d'autres sont uniques et viennent compléter une région qui n'a pas pu être mise en évidence par dissection.

Les images suivantes sont présentées telles qu'elles apparaissent sur un navigateur internet. Il faut imaginer qu'elles sont au premier abord dépourvues de toute légende (à part la liste sur le côté), et qu'en passant le curseur de la souris sur une des légendes listées, la structure correspondante va apparaître en couleur. Il est possible de faire apparaître toutes les structures d'un coup, en passant la souris sur "voir toute la légende", et c'est sous cette vue que sont présentées toutes les images ici.

a. carotide interne

a. cérébrale antérieure [ACA]

- a. péricalleuse [1]

- a. calloso-marginale [2]

- a. fronto-basale médiale [3]

- rameaux périphériques  
en provenance de l'ACA

a. cérébrale postérieure [ACP]

- a. occipitale latérale [4]

- a. occipitale médiale [5]

- rameaux périphériques  
en provenance de l'ACP

a. communicante  
postérieure

a. cérébrale moyenne [ACM]

- rameaux périphériques  
en provenance de l'ACM

faux du cerveau

corps calleux

thalamus (sectionné)

tente du cervelet

n. V

n. optique (II)

[voir toute la légende](#)

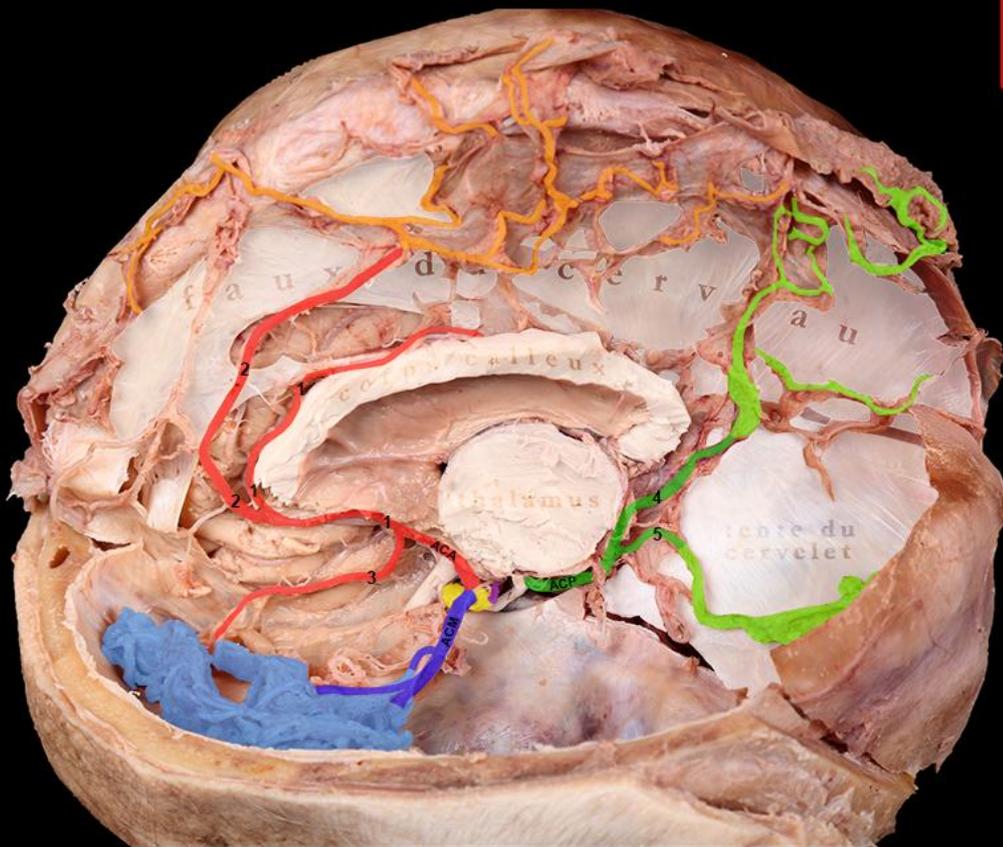


Figure 22: vue intracrânienne des artères cérébrales. Hémisphère cérébral gauche réséqué.

[Cette image va de pair avec la figure 23]

Figure 23: vue intracrânienne des artères cérébrales (reconstruction artérielle 3D)

[Cette image va de pair avec la figure 22]

a. carotide interne gauche [1]

a. carotide interne droite [2]

a. cérébrale antérieure (ACA) gauche [3]

- a. péricalleuse gauche [4]

a. cérébrale antérieure (ACA) droite [5]

- a. péricalleuse droite [6]

- a. calloso-marginale droite [7]

a. communicante antérieure [8]

a. cérébrale moyenne (ACM) gauche [9]

- rameaux périphériques  
en provenance de l'ACM gauche [10]

a. cérébrale moyenne (ACM) droite [11]

- rameaux périphériques  
en provenance de l'ACM droite [12]

a. vertébrale gauche [13]

- a. cérébelleuse  
inféro-postérieure gauche [14]

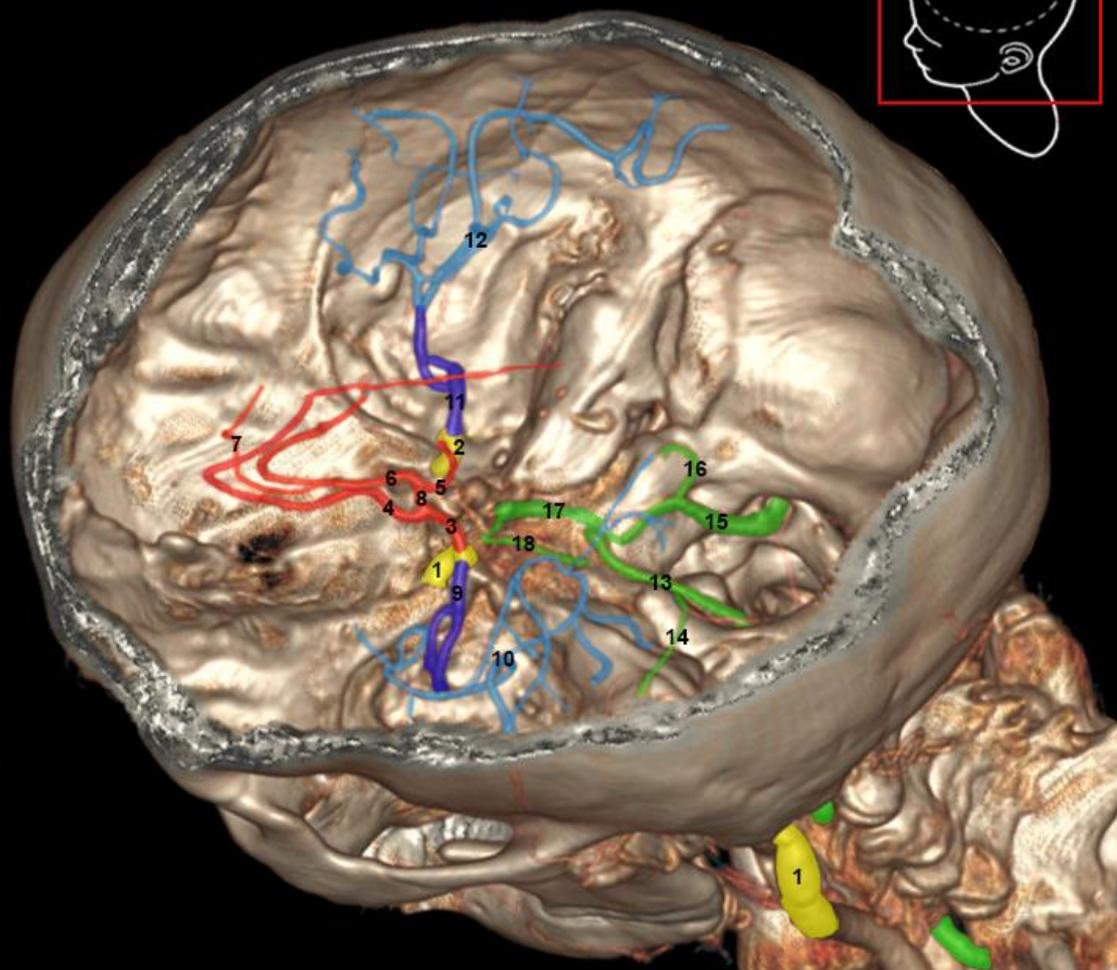
a. vertébrale droite [15]

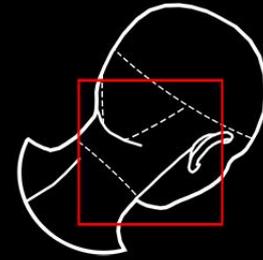
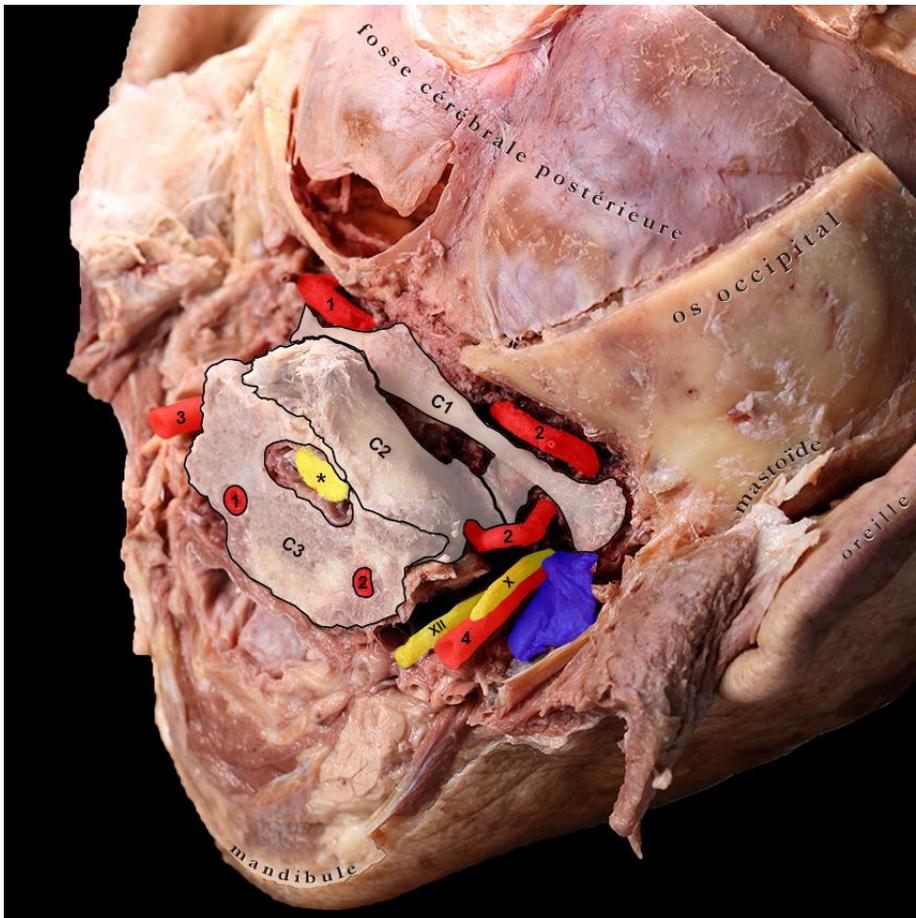
- a. cérébelleuse  
inféro-postérieure droite [16]

a. basilaire [17]

a. cérébrale postérieure (ACP) gauche [18]

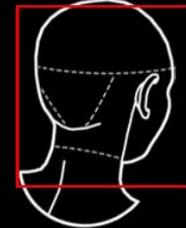
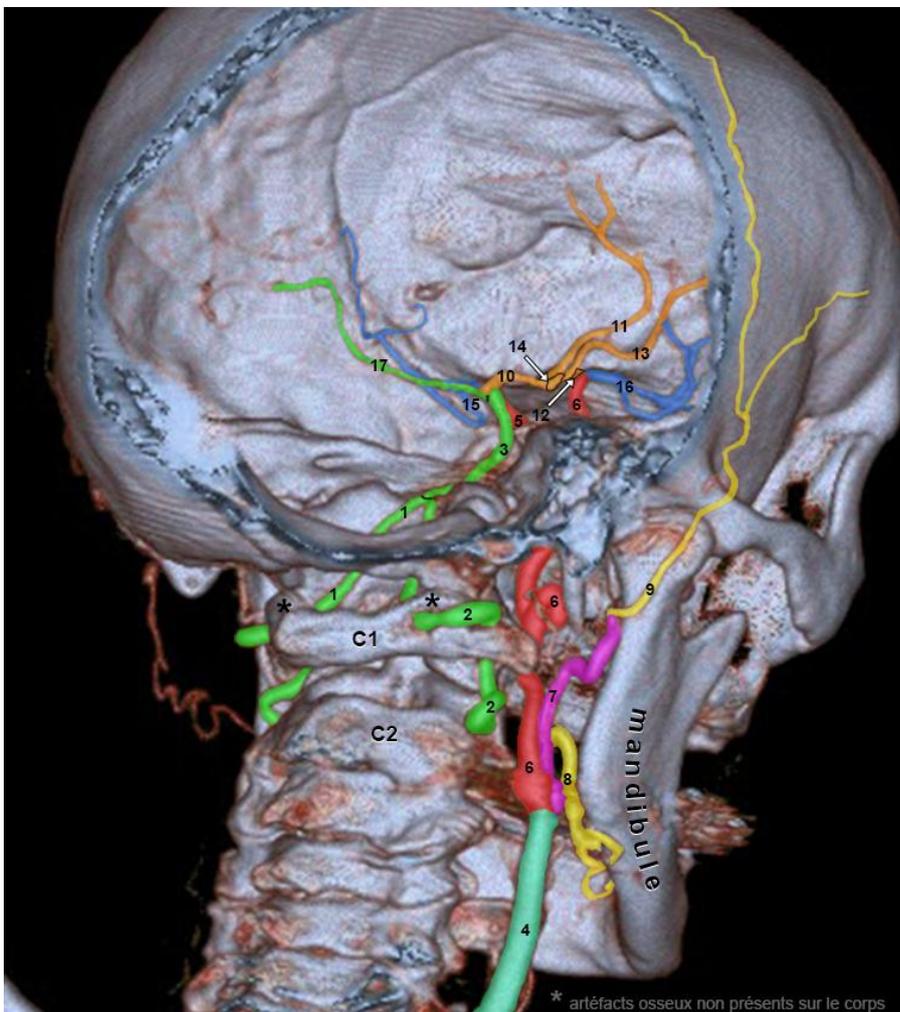
[voir toute la légende](#)





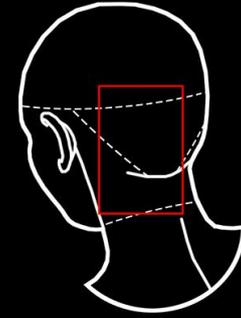
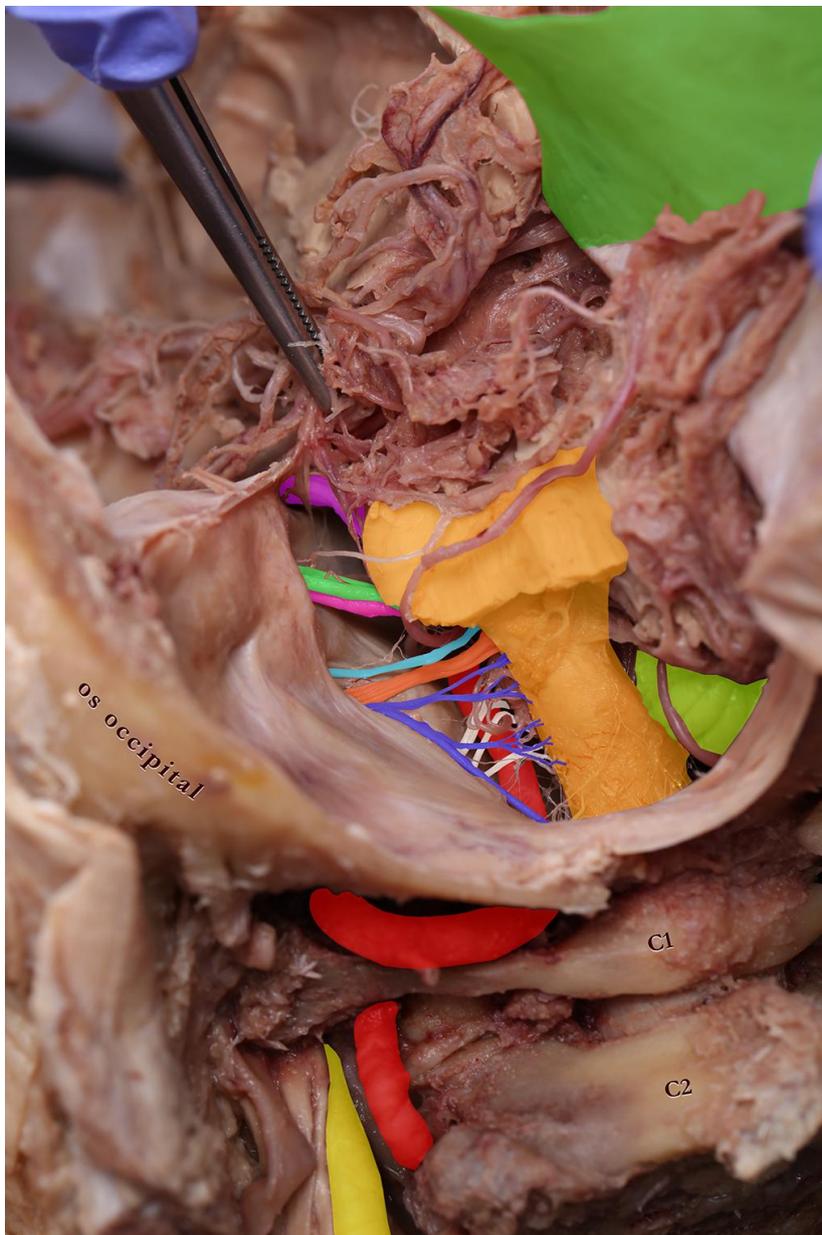
- aa. vertébrales gauche [1] et droite [2]
- aa. carotides internes gauche [3] et droite [4]
- v. jugulaire interne droite
- C1 (Atlas)
- C2 (Axis)
- C3
- n. vague [X]
- n. hypoglosse [XII]
- moelle épinière [\*]
- [voir toute la légende](#)

Figure 24: vue postérieure du cou et de la base du crâne (région suboccipitale)  
[Cette image va de pair avec la figure 25]



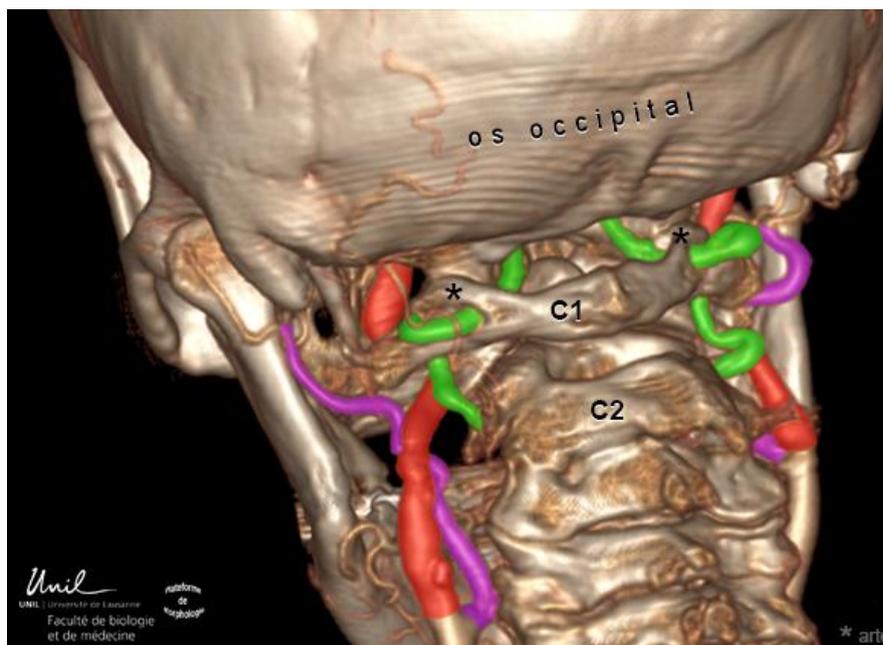
- a. vertébrale gauche [1]
- a. vertébrale droite [2]
- a. basilaire [3]
- a. carotide commune droite [4]
- a. carotide interne gauche [5]
- a. carotide interne droite [6]
- a. carotide externe droite [7]
- a. faciale [8]
- a. temporale superficielle [9]
- a. cérébrale antérieure gauche [10]
- a. péricalléuse gauche [11]
- a. cérébrale antérieure droite [12]
- a. péricalléuse droite [13]
- a. communicante antérieure [14]
- a. cérébrale moyenne gauche [15]
- a. cérébrale moyenne droite [16]
- a. cérébrale postérieure gauche [17]
- [voir toute la légende](#)

Figure 25: vue postérieure du cou et de la base du crâne (région suboccipitale) avec vue intracrânienne des aa. cérébrales  
[Cette image va de pair avec la figure 24]



- a. vertébrale gauche
  - a. carotide interne gauche
  - tronc cérébral
  - n. V
  - n. VII
  - n. VIII
  - n. IX
  - n. X
  - n. XI
  - n. XII
  - cervelet (lobe droit)
  - tente du cervelet (réclinée)
- voir toute la légende

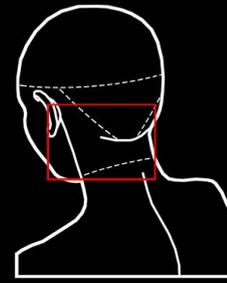
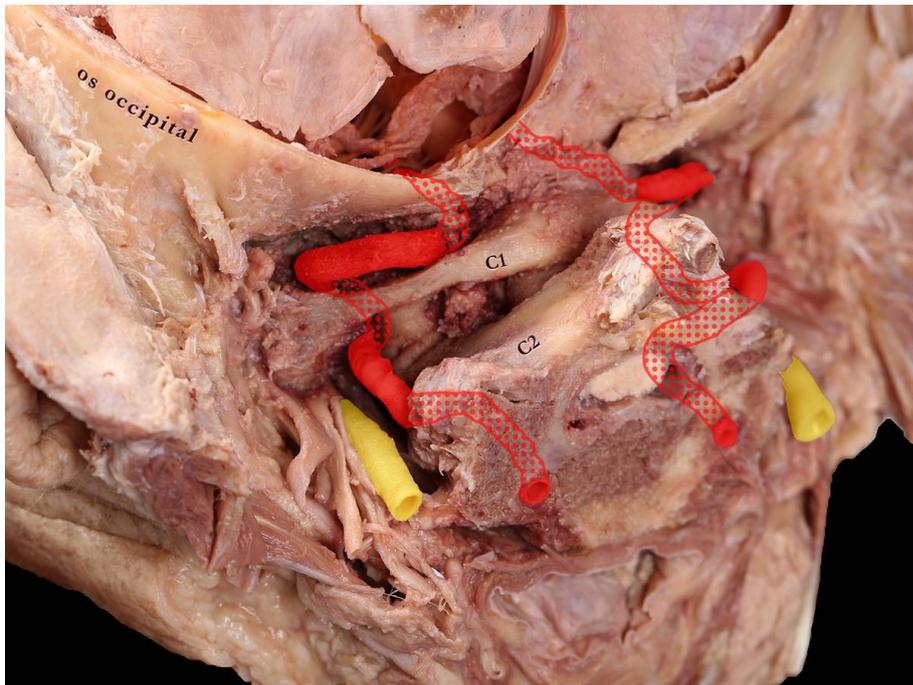
Figure 26: vue de la fosse postérieure et de l'entrée de l'a. vertébrale dans le crâne, surplombée par les racines des nerfs crâniens VII à XII. Le lobe cérébelleux gauche a été retiré



- a. vertébrale gauche
  - a. vertébrale droite
  - a. carotide interne gauche
  - a. carotide interne droite
  - a. carotide externe gauche
  - a. carotide externe droite
- voir toute la légende

Figure 27: vue postérieure de la trajectoire des aa. vertébrales entre la base du crâne et les trois premières vertèbres (reconstruction artérielle 3D)

[Cette image va de pair avec la figure 28]

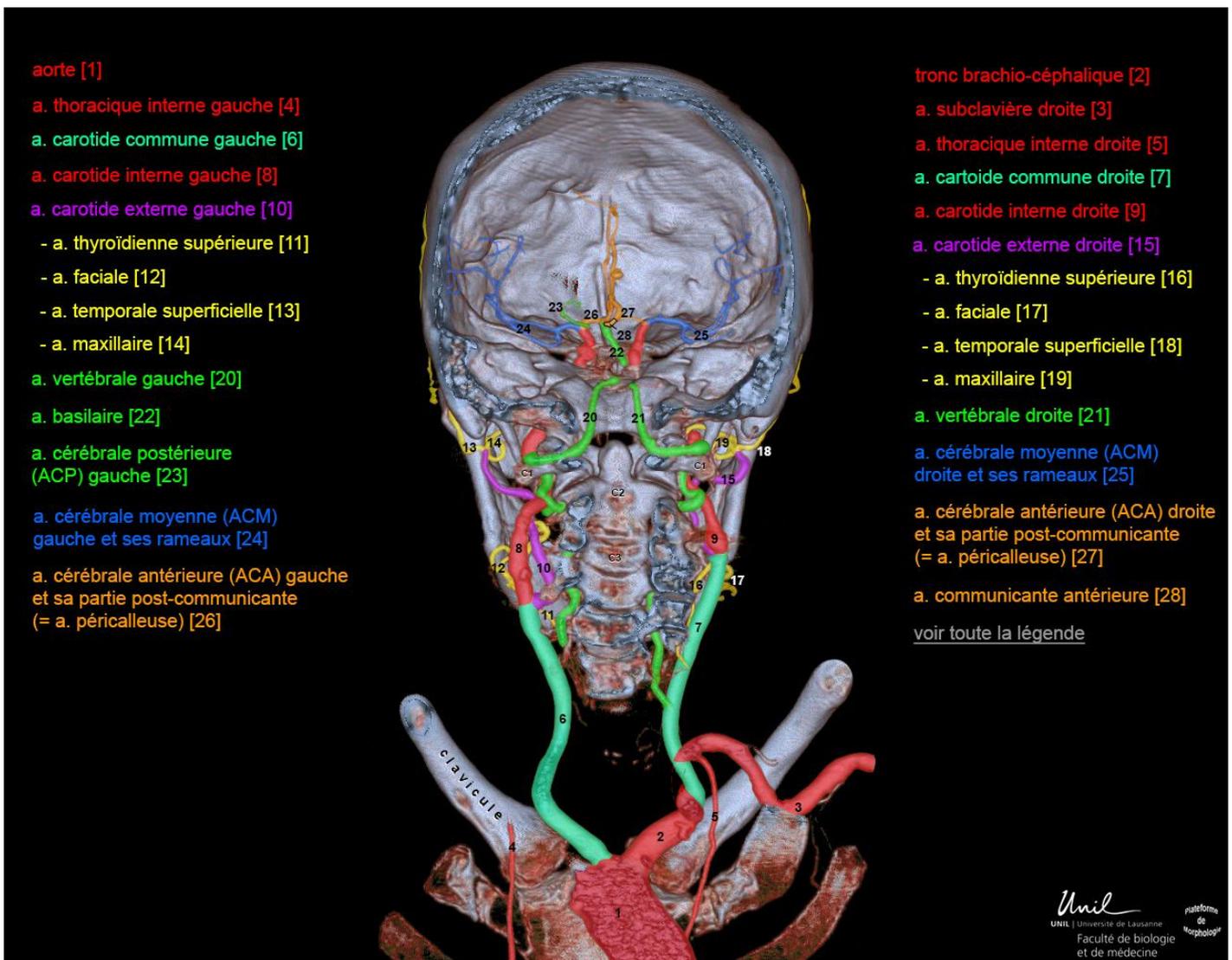


- a. vertébrale gauche
  - a. vertébrale droite
  - a. carotide interne gauche
  - a. carotide interne droite
- [voir toute la légende](#)

Unil  
UNIL | Université de Lausanne  
Faculté de biologie  
et de médecine

plateforme  
de  
morphologie

**Figure 28: vue postérieure de la trajectoire des aa. vertébrales entre la base du crâne et les trois premières vertèbres. Une partie de l'os occipital a été sciée et retirée. Tous les muscles profonds du cou ont été retirés. [Cette image va de pair avec la figure 27]**



**Figure 29: vue postérieure de tout le réseau artériel au milieu des différentes structures osseuses, sur une reconstruction artérielle 3D coupée dans un plan coronal se situant au milieu du foramen magnum**

Unil  
UNIL | Université de Lausanne  
Faculté de biologie  
et de médecine

plateforme  
de  
morphologie

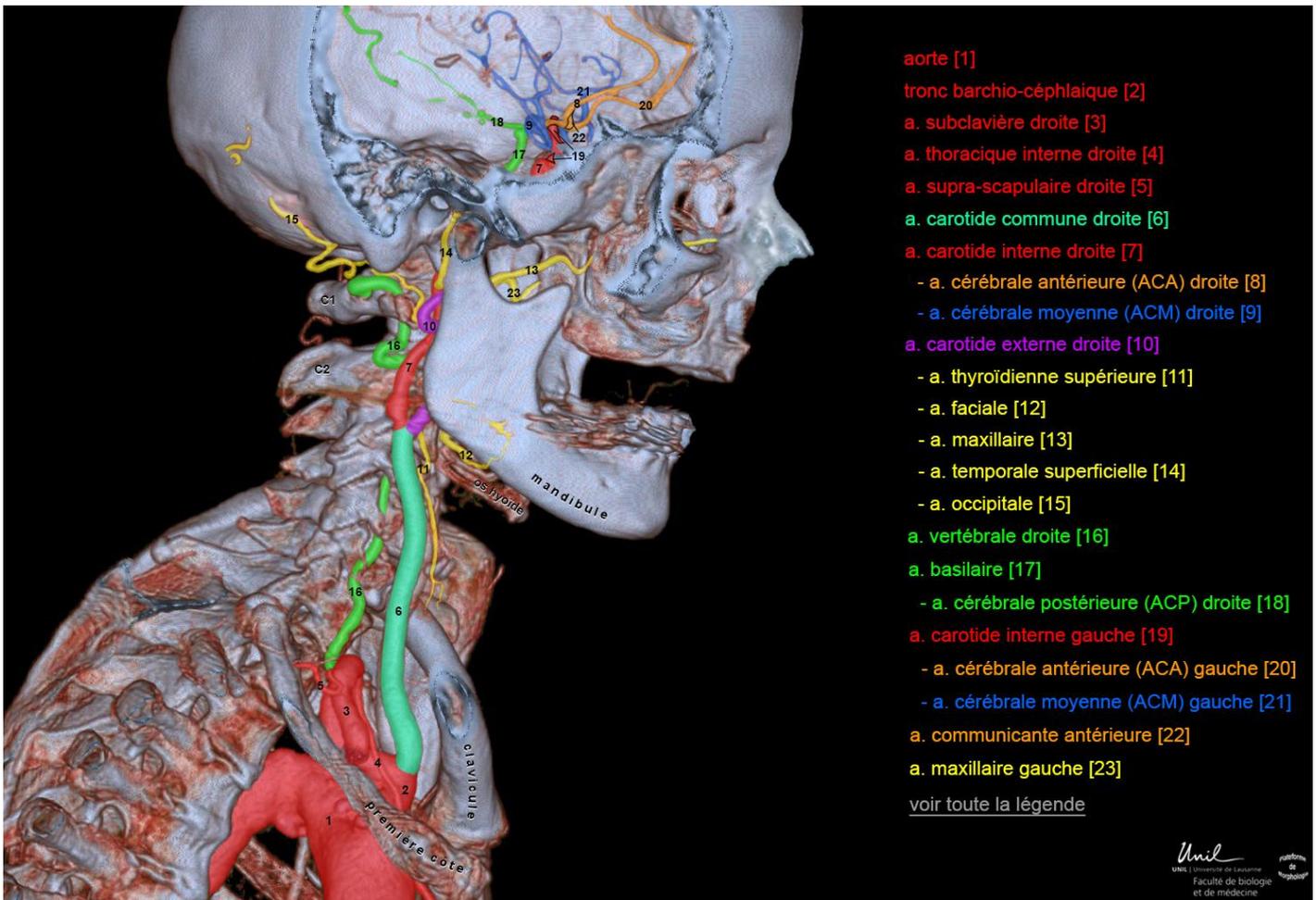


Figure 30: vue latérale droite d'une reconstruction 3D, avec une ouverture du crâne au niveau temporal laissant voir les aa. cérébrales



Figure 31: vue latérale droite du cou et de la tête d'une reconstruction artérielle du corps masculin  
 [Cette image va de pair avec la figure 32]

bifurcation carotidienne [1]

a. faciale [2]

v. jugulaire interne [3]

v. jugulaire externe [4]

v. jugulaire antérieure [5]

tronc thyro-linguo-facial [6]

v. faciale [7]

m. digastrique [8]

m. stylo-hyoïdien [9]

m. sterno-hyoïdien [10]

m. omo-hyoïdien  
(ventre supérieur) [11]

m. thyro-hyoïdien [12]

m. sterno-thyroïdien [13]

m. platysma (coupé, récliné) [14]

m. sterno-cléido-mastoïdien  
(coupé, récliné) [15]

m. élévateur de la scapula [16]

m. splénius de la tête [17]

nn. du plexus cervical [18]

n. hypoglosse [XII]

voir toute la légende

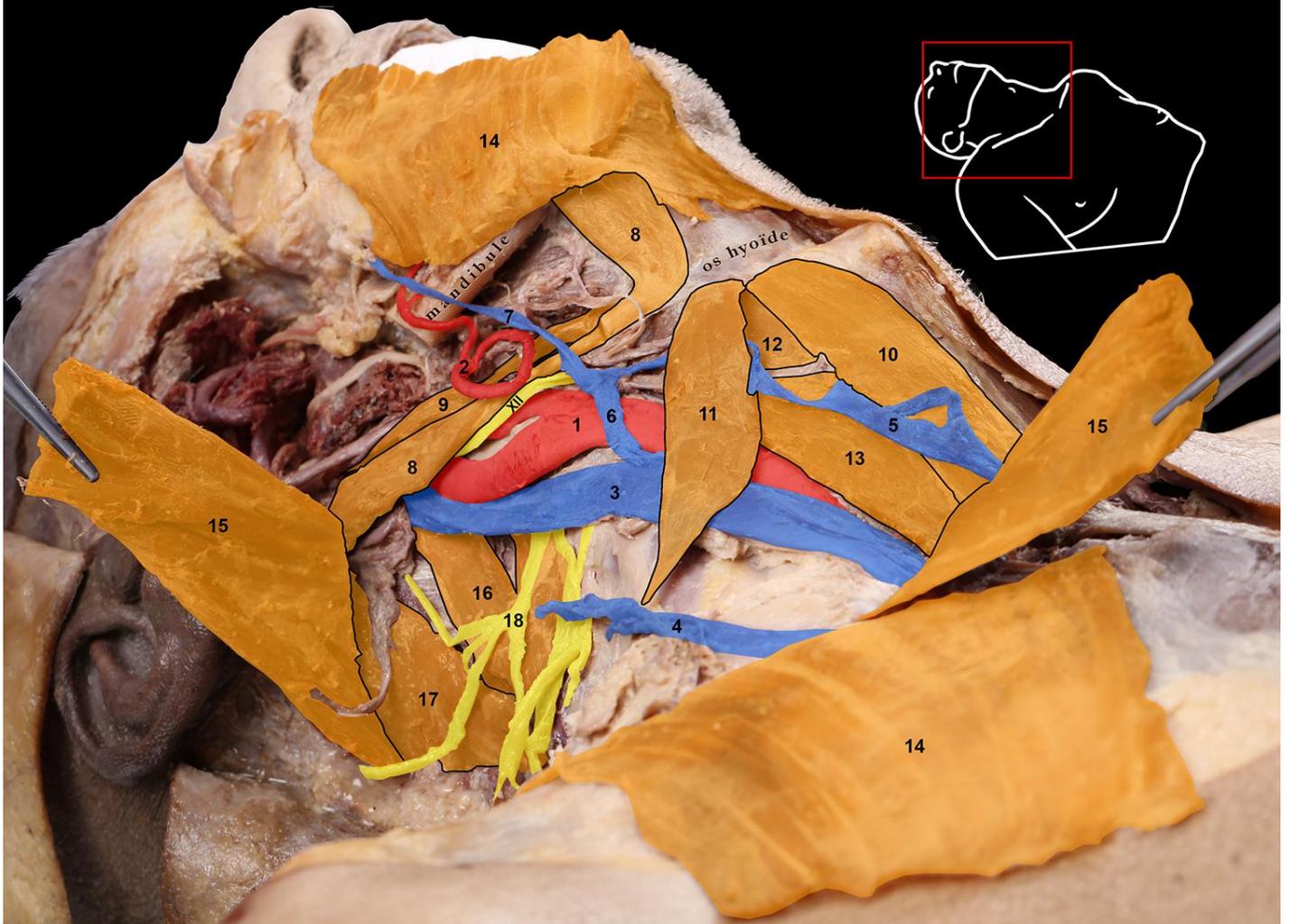


Figure 32: vue antérolatérale droite du cou, en-dessous du plan du m. sterno-cléido-mastoïdien où la bifurcation carotidienne est bien visible [Cette image va de pair avec la figure 31]



Figure 33: vue antérolatérale haute du cou, mm. omo-hyoïdien, digastrique et stylo-hyoïdien réclinés, branche de la mandibule retirée, avec vue partielle sur la fosse ptérygo-palatine

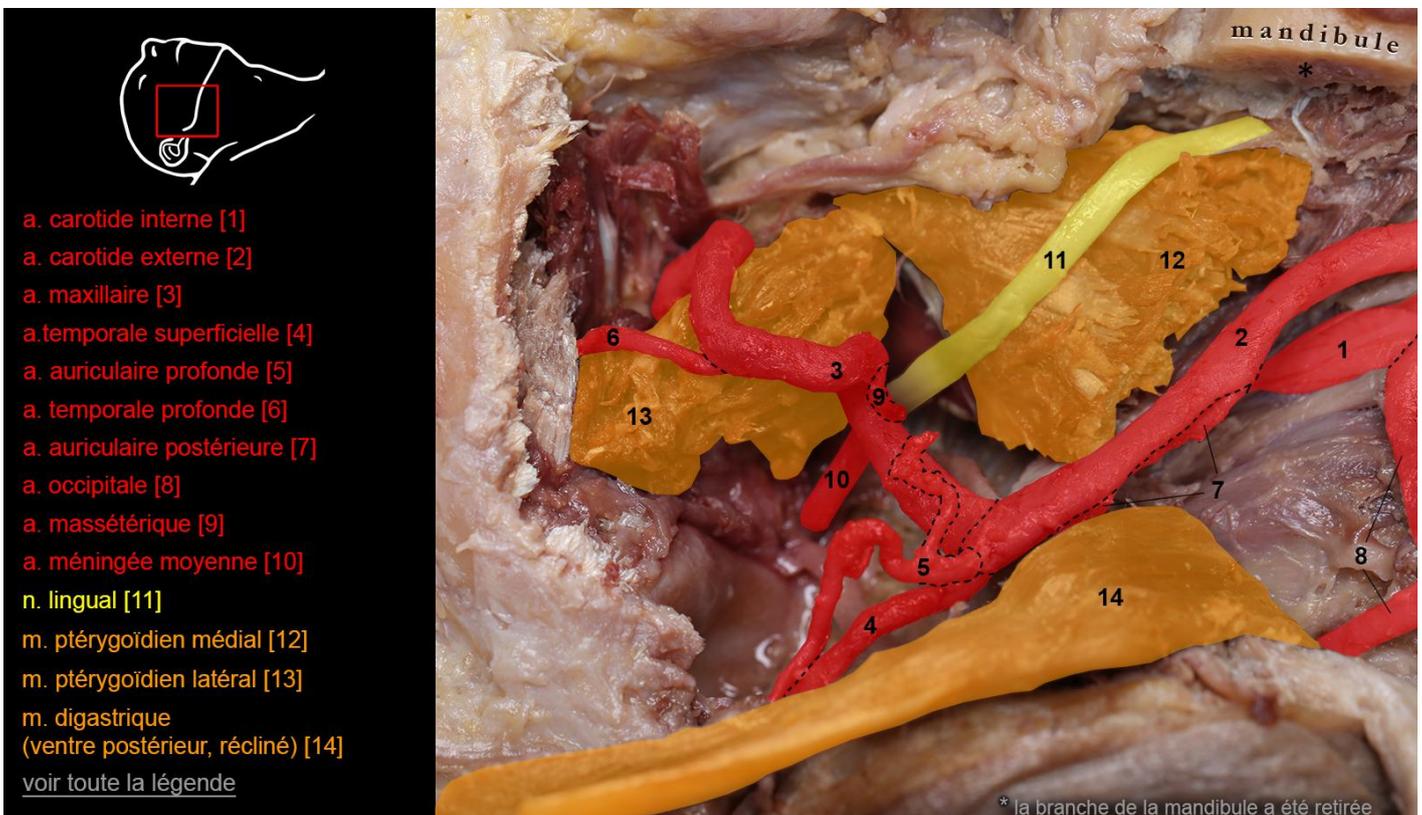
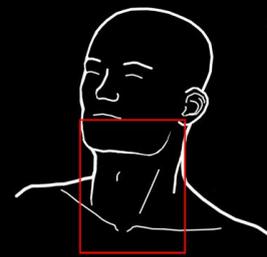
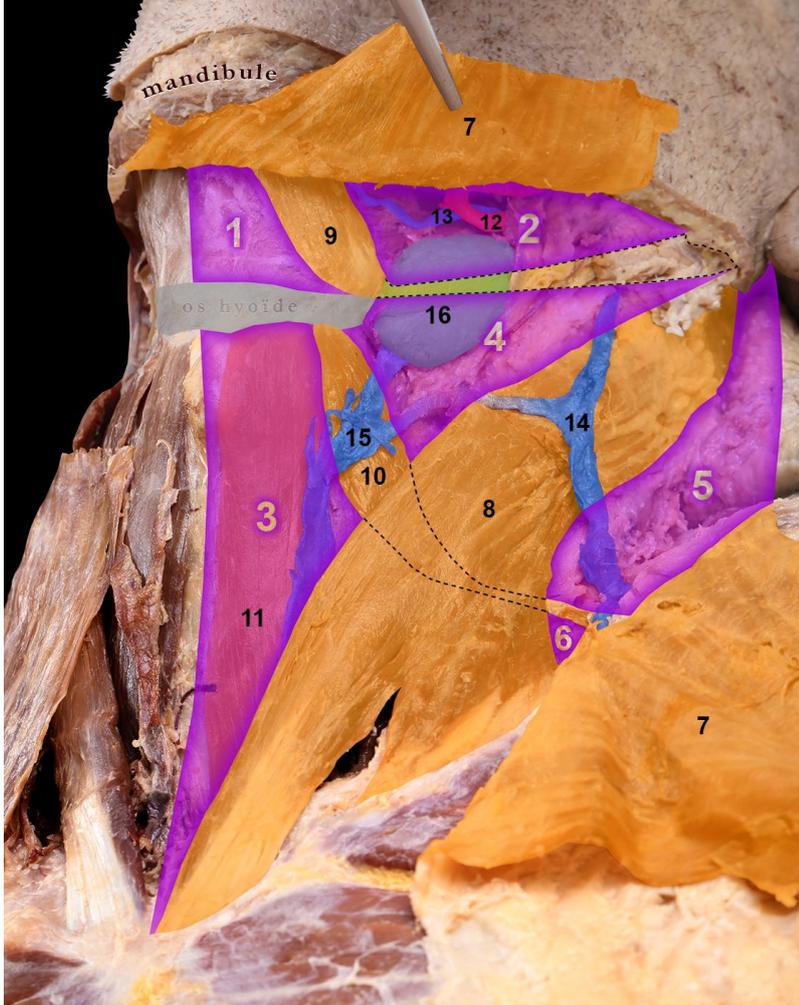


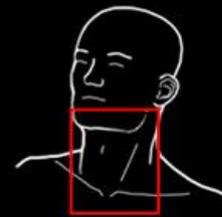
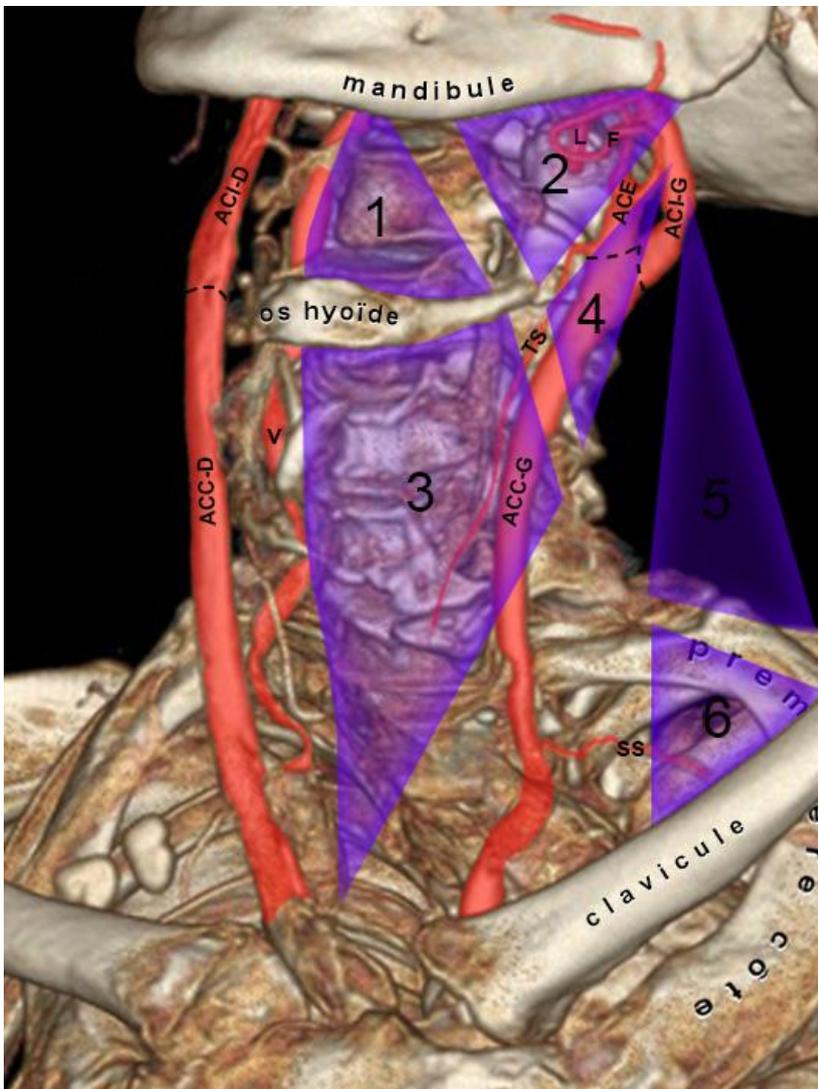
Figure 34: vue de la fosse ptérygo-palatine latérale avec branche de la mandibule retirée



- triangle submental [1]
  - triangle submandibulaire [2]
  - triangle musculaire [3]
  - triangle carotidien [4]
  - triangle occipital [5]
  - triangle supraclaviculaire [6]
  - m. platysma (séctionné et récliné) [7]
  - m. sterno-cléido-mastoïdien [8]
  - m. digastrique [9]
  - m. omo-hyoïdien [10]
  - m. sterno-hyoïdien [11]
  - a. faciale [12]
  - v. faciale [13]
  - v. jugulaire externe [14]
  - v. jugulaire antérieure [15]
  - glande submandibulaire [16]
- [voir toute la légende](#)

Figure 35: vue antérolatérale et superficielle du cou, côté gauche, avec mise en évidence des triangles du cou  
[Cette image va de pair avec la figure 35]

Figure 35: vue antérolatérale gauche du cou sur reconstruction artérielle 3D, avec mise en évidence des triangles du cou



- 1. triangle submental
  - 2. triangle submandibulaire
  - 3. triangle musculaire
  - 4. triangle carotidien
  - 5. triangle occipital
  - 6. triangle supraclaviculaire
  - a. carotide commune gauche [ACC-G]
  - a. carotide interne gauche [ACI-G]
  - a. carotide externe gauche [ACE]
  - a. thyroïdienne supérieure [TS]
  - a. linguale [L]
  - a. faciale [F]
  - a. suprascapulaire gauche [SS]
  - a. carotide commune droite [ACC-D]
  - a. vertébrale droite [V]
- [voir toute la légende](#)

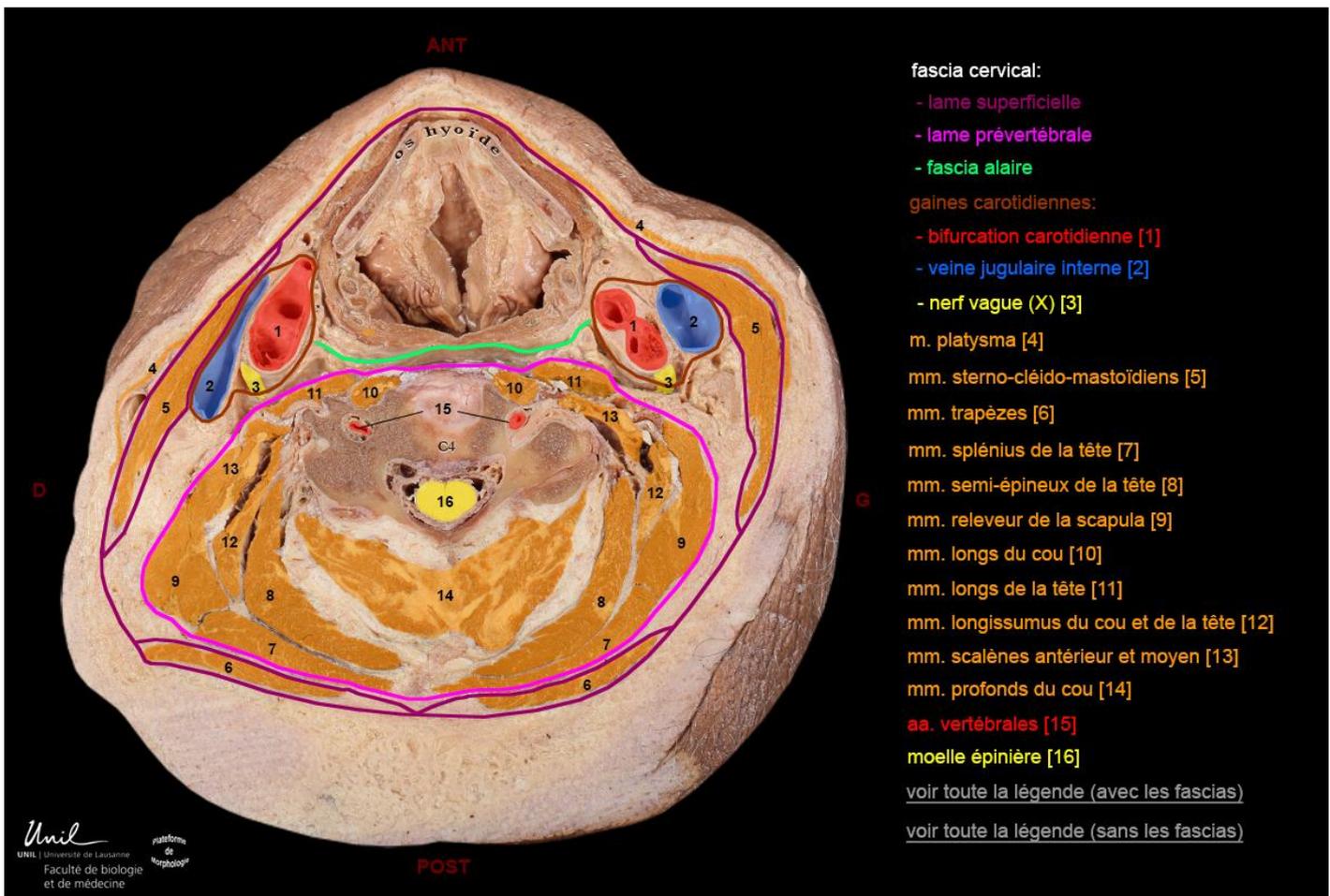


Figure 36: vue transversale inférieure d'une tranche du cou passant par la 4ème vertèbre cervicale

## DISCUSSION

Comme nous l'avons vu, en couplant la dissection et l'imagerie dans un objet didactique, on obtient un outil très puissant pour l'étude de l'anatomie, car ces deux approches se complètent et compensent leurs lacunes respectives:

- la dissection et l'étude sur les pièces disséquées permet d'encourager une pensée critique, d'avoir une appréciation "matérielle" de l'anatomie et de contribuer à une meilleure formation clinique<sup>3</sup>, mais présente des contraintes en termes d'accès (le temps consacré à l'étude est limité, il n'est pas possible de répéter les séances pratiques et ainsi de renforcer l'apprentissage qui en découle) et de moyens, le nombre de corps étant limité et le nombre d'étudiants toujours croissant;
- l'étude de l'anatomie au travers de l'imagerie rend possible une représentation des structures qui s'affranchit des limites physiques de la dissection. Les images, en particulier les reconstructions 3D, sont certes virtuelles, mais elles donnent une vue différente et très riche des structures, dont certaines sont parfois invisibles ou très difficiles à identifier sur les pièces. De plus, ces ressources sont utilisables pour un nombre illimités de fois, ce qui n'est pas le cas de la dissection. En outre, il est précieux d'introduire ce type d'outil de manière précoce, car plus tard lors de la pratique clinique, l'anatomie des patients ne sera évaluable qu'au moyen des différents examens d'imagerie uniquement, il ne sera plus possible de disséquer pour voir!

A notre ère actuelle d'informatisation des ressources, il est très judicieux de développer des outils d'apprentissage utilisables en ligne, comme c'est le cas de cet outil interactif mis à disposition sur

une plateforme *moodle*, à laquelle les étudiants ont accès en tout temps, tout lieu et pour un nombre illimité de fois. D'autres ressources utiles dérivées de ce travail viendront s'y ajouter peu à peu, comme des séquences vidéo utilisées dans ce travail, un support d'apprentissage écrit intégrant des aspects de pathologie ou encore des exercices sous forme de quizz.

Ce travail de master a donc permis de produire différents outils permettant de multiplier les angles de vue d'une même région anatomique: deux pièces disséquées, coupes de CT-scan et reconstructions artérielles tridimensionnelles, de nombreuses images interactives, maquette, et encore d'autres en cours de développement.

Personnellement, ce travail m'a apporté de nombreux aspects positifs: il m'a permis d'approfondir mes connaissances dans l'anatomie de la tête et du cou ; il m'a poussé à avoir une réflexion critique, nécessaire pour élaborer les différents outils et leur donner un intérêt pédagogique ; il a challengé ma patience et ma détermination, certaines étapes étant longues à traverser comme la dissection ou la maquette ; il m'a rappelé qu'un projet nécessite un travail d'équipe et une excellente planification pour être mené dans de bonnes conditions ; j'ai finalement pu utiliser ce travail de master pour créer un produit utile et durable, comme je l'avais souhaité au départ.

Il reste maintenant à mentionner un certain nombre de limitations dans ce travail.

Premièrement, le projet n'est pas réellement basé sur un concept pédagogique défini, mais vient s'inscrire dans une continuité de travaux similaires effectués pour d'autres régions anatomiques. Ces anciens travaux permettent, avec l'appui des enseignants impliqués, de guider la réalisation des nouveaux travaux, afin de pouvoir constituer à terme un répertoire de nouvelles ressources pour l'enseignement. Cette démarche est tout à fait positive, mais elle laisse moins de place à la créativité personnelle.

Deuxièmement, il n'y a pas eu de rencontre avec les étudiants, faute de timing. Il n'a donc pas été possible de présenter les différents produits et d'avoir le feedback des principaux intéressés. Cependant, en s'appuyant sur d'anciens travaux de master similaires<sup>4,5</sup>, les constats suivant sont faits (bien que subjectifs):

- les étudiants sont plus facilement captivés lorsque des aspects de clinique et de pathologie sont évoqués en lien avec l'anatomie;
- l'introduction d'éléments d'imagerie est appréciée et provoque une réflexion critique, les étudiants n'étant pas habitués à étudier ce type d'images;
- il n'est pas vraiment possible de juger de l'importance de la plus-value, étant donné la subjectivité du feedback et l'impossibilité de quantifier une progression des connaissances en anatomie à court terme<sup>6</sup>, que ce soit en analysant des questions d'examens (pas assez nombreuses pour pouvoir interpréter un résultat) ou en évaluant à posteriori la qualité d'expert d'un médecin.

Cependant, il faut rappeler que la vérification d'un éventuel gain dans l'enseignement ne faisait pas vraiment partie des objectifs du présent travail.

Enfin, d'un point de vue plus technique, il est regrettable qu'une bonne partie du cou du premier corps ait été perdue lors de la séparation de la tête du reste du corps (dans le but de réserver le membre supérieur pour un autre projet, comme déjà mentionné). En conséquence, certaines structures importantes n'ont pas pu être exposées ou comparées avec leur images correspondantes sur les reconstructions 3D, pourtant de meilleure qualité chez ce corps.

## REMERCIEMENTS

Un grand merci à Beat Riederer, pour sa disponibilité et le management général du projet; à Egbert Welker, pour ses conseils lors de la dissection et pour son regard critique sur l'élaboration des images; à Julien Puyal, pour ses conseils stratégiques en général et pour ses conseils sur le travail numérique en particulier; à Hugues Cadas, pour son aide précieuse en début et fin de projet; à Silke Grabherr et Alexandre Dominguez pour l'acquisition des images par CT-scanner et l'aide à la réalisation des reconstructions 3D.

## RÉFÉRENCES

1. U. KOTHANDARAMAN, S. LOKANADHAM, Review on Anatomy of Cerebral Arterial System - Clinical Importance. *J Clin Biomed Sci*, 4(3):305-08; 2014
2. S. IQBAL, A Comprehensive Study of the Anatomical Variations of the Circle of Willis in Adult Human Brains. *J Clin Diagn Res.*, 7(11): 2423–2427; 2013
3. AVERSI-FERREIRA, T. A.; NASCIMENTO, G. N. L.; VERA, I. & LUCCHESI, R. The practice of dissection as teaching methodology in anatomy applied to medical education. *Int. J. Morphol.*, 28(1):265-272; 2010
4. A. HUGUENIN, Étude anatomique et enseignement pratique du plexus brachial en relation avec l'imagerie tomographique, Faculté de biologie et de médecine, Université de Lausanne; 2014
5. R. AYER, Étude d'un nouvel outil didactique pour l'apprentissage de la vascularisation du genou en première année de médecine, Faculté de biologie et de médecine, Université de Lausanne; 2012
6. R. YIOU & D. GOODENOUGH, Applying problem-based learning to the teaching of anatomy: the example of Harvard Medical School. *Surg Radiol Anat.*, 28: 189–194; 2006

Crédits pour l'image en Figure 1 et figure 14B:  
Orlando Cardiovascular Interventions ([www.orlandocvi.com](http://www.orlandocvi.com))