

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE SANTE – DEPARTEMENT D'ODONTOLOGIE

ANNEE 2023

2023 TOU3 3037

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

par

Camille BASSET

le 30 mai 2023

SYSTEMATISATION DE LA LECTURE D'UN CBCT
GRAND CHAMP EN MEDECINE ORALE

Directeur de thèse : Pr Paul MONSARRAT

JURY

Président :	Pr Paul MONSARRAT
1 ^{er} assesseur :	Dr Marie GURGEL-GEORGELIN
2 ^{ème} assesseur :	Dr Delphine MARET-COMTESSE
3 ^{ème} assesseur :	Dr Arnaud L'HOMME



**UNIVERSITÉ
TOULOUSE III**
PAUL SABATIER



Université
de Toulouse



**Faculté de santé
Département d'Odontologie**

➔ **DIRECTION**

Doyen de la Faculté de Santé

M. Philippe POMAR

**Vice Doyenne de la Faculté de Santé
Directrice du Département d'Odontologie**

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

Directeurs Adjoints

Mme Sarah COUSTY
M. Florent DESTRUHAUT

Directrice Administrative

Mme Muriel VERDAGUER

Présidente du Comité Scientifique

Mme Cathy NABET

➔ **HONORARIAT**

Doyens honoraires

M. Jean LAGARRIGUE +
M. Jean-Philippe LODTER +
M. Gérard PALOUDIER
M. Michel SIXOU
M. Henri SOULET

Chargés de mission

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)
M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)
M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)
M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)
M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

➔ **PERSONNEL ENSEIGNANT**

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE
Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRIT-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY
Assistants : Mme Anne GICQUEL, M. Robin BENETAH
Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Mathieu TESTE, M. Daniel BANDON

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, M. Maxime ROTENBERG
Assistants : M. Vincent VIDAL-ROSSET, Mme Carole VARGAS JOULIA
Adjoints d'Enseignement : Mme. Isabelle ARAGON

56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES
Assistante : Mme Géromine FOURNIER
Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL
Mme Carole KANJ, Mme Mylène VINCENT-BERTHOUMIEUX, M. Christophe BEDOS

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Philippe KEMOUN)

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mme Sara LAURENCIN- DALICIEUX, Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS
Assistants : M. Joffrey DURAN, M. Antoine AL HALABI
Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,
Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT,

CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS
Assistants : M. Clément CAMBRONNE, M. Antoine DUBUC
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

BIOLOGIE ORALE

Professeurs d'Université : M. Philippe KEMOUN, M. Vincent BLASCO-BAQUE
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Matthieu MINTY
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT, Mme Sylvie LE
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANCO, M. Hugo BARRAGUE, Mme Inessa TIMOFEEVA-JOSSINET

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Franck DIEMER)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE
Assistants : M. Ludovic PELLETIER, Mme Laura PASCALIN, M. Thibault DECAMPS
M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ, M. Lorris BOIVIN
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLETT, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE, Mme Lucie RAPP

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR, M. Florent DESTRUHAUT,
Maîtres de Conférences : M. Rémi ESCLASSAN, M. Antoine GALIBOURG,
Assistants: Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY
M. Anthony LEBON
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Victor EMONET-DENAND, M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur d'Université : Mr. Paul MONSARRAT
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL
Assistants : M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES, M. Olivier DENY
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

Mise à jour pour le 02 Mai 2023

Remerciements

A mes parents, parce que je n'y serais jamais arrivé sans vous. Merci d'avoir toujours été là, d'avoir cru en moi et de m'avoir toujours poussée à faire mieux. Je vous dois une grande partie de ce travail. Merci d'être les exemples de courage, de détermination et d'amour inconditionnel que vous représentez pour moi. Merci d'avoir créé et travaillé à cette magnifique famille que nous formons. Vous contribuez chaque jour à mon bonheur. Je ne saurais être plus fière d'être votre fille. **A mon petit frère**, depuis longtemps bien plus grand. Merci pour ton humour, ta gentillesse et ton intelligence. Je suis reconnaissante d'avoir grandi à tes côtés et de vivre encore et toujours autant de choses avec toi. Partager tes vingt-deux premières années de vie a rendu les vingt-cinq miennes encore plus belles. Je suis fière d'être ta grande sœur. **A Dago**, le plus beau des Labrador. Tu as été le meilleur des compagnons de vie, merci. **A vous quatre**, à notre équipe. Je vous aime plus que tout.

A Paul, pour qui je ne remercierai jamais assez les gardes dans le service pendant la pandémie Covid. Qui aurait cru que ce demi à la pêche (un peu trop fort) et cette pizza pas très bonne nous conduiraient jusqu'ici. Merci d'être l'homme que tu es et merci de partager ma vie. Que nos magnifiques aventures durent jusqu'à la fin des temps. Je t'aime.

A mes grands-parents paternels, merci d'être et d'avoir été les grands-parents que vous êtes et avez été. Mamie, merci pour ces trajets d'école et ces délicieux chocolats chauds. Papi, merci pour les « plouf » à la piscine ; j'espère que là-haut tu t'en souviens encore. **A mes grands-parents maternels**, merci pour votre amour et votre gentillesse. Merci d'être et d'avoir été un si bel exemple de force, de courage et de résilience. Papi, merci pour ces promenades dans la campagne et pour ces interminables parties de Monopoly. Mamie, merci pour tout. Tu me manques chaque jour.

A ma marraine, pour ces voyages à Paris, pour m'avoir partagé toute ta connaissance de l'art et de la cuisine. Merci de m'y avoir donné goût et d'avoir façonné ma culture du bon café, des meilleures pâtisseries et des vêtements les plus chers des magasins. Merci d'être et d'avoir toujours été un soutien. **A mon parrain**, pour m'avoir partagé ton amour de la montagne et des randonnées. Ce sont des souvenirs que je n'oublierai jamais.

A Marion, sept années séparent le concours, nos fous-rires et toutes nos discussions jusqu'à 4 heures du matin mais j'ai l'impression que c'était hier. Merci d'être dans ma vie encore aujourd'hui. **Marielle**, mon binôme de clinique. Tu as été une superbe première empreinte alginate. Merci de m'avoir fait découvrir Toulouse et tous ces superbes petits salons de thé (et grosses parts de gâteaux). Merci d'être de si bon conseils en matière de films et de séries. A toutes nos futures découvertes toulousaines. **A Paul** (oui, encore toi) **et Guillaume**, merci pour ces journées entières de révisions à ne pas trop réviser, ces parties de jeux de société à perdre et à râler et merci pour ces soirées à écouter les plus nulles des musiques (et à avoir maintenant les pires suggestions Spotify). **A vous quatre**, merci de me faire autant rire et d'être les meilleurs amis que je n'aurais jamais pu rêver.

A Christophe, Tiphaine et Marie-Pierre, notre travail commun toutes ces années a permis celui-ci. Merci.

Au Docteur Michel BONZOMS, mon dentiste de toujours. Merci d'avoir été aussi disponible. Je chérirai toujours vos précieux conseils. J'aspire à soigner mes patients avec la même empathie et bienveillance que vous. En vous souhaitant la plus paisible des retraites, plus que bien méritée.

Aux Docteurs Benjamin ABADIE et Antoine TRIGALOU, merci pour votre accueil et votre disponibilité. J'ai beaucoup appris auprès de vous et j'en prends exemple pour ma pratique future. Avec tout mon respect, merci.

A notre président du jury et directeur de thèse,

Monsieur le Professeur Paul MONSARRAT,

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier - Spécialité Physiopathologie,
- Diplôme Universitaire d'Imagerie 3D maxillo-faciale,
- Diplôme Universitaire de Recherche Clinique en Odontologie,
- Habilitation à Diriger des Recherches (H.D.R.),
- Lauréat de la faculté de Médecine Rangueil et de Chirurgie Dentaire de l'Université Paul Sabatier,

Nous vous remercions d'avoir accepté la présidence de cette thèse.

Vous nous faites par-dessus tout l'honneur de l'avoir dirigée.

Merci d'être le professeur que vous avez été.

*Nous n'oublierons jamais votre gentillesse
et votre dévouement. Merci pour la bonne humeur
et l'énergie que vous n'avez cessé de partager. Veuillez trouver
par ces mots l'expression de ma plus sincère reconnaissance.*

A notre jury de thèse,

Madame le docteur Marie GURGEL-GEORGELIN,

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales,
- D.E.A. MASS Lyon III,
- Ancienne Interne des Hôpitaux,
- Doctorat d'Université – Université d'Auvergne-Clermont,

*Vous nous faites l'honneur d'accepter ce jury de thèse.
Nous nous souviendrons de la qualité de l'enseignement
que vous nous avez prodigué durant ces années
d'études théoriques et cliniques. Nous vous remercions
pour votre bienveillance, votre gentillesse et votre pédagogie.
Veuillez trouver ici l'expression de ma plus sincère reconnaissance.*

A notre jury de thèse,

Madame le docteur Delphine MARET-COMTESSE,

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Doctorat de l'Université de Toulouse,
- Diplôme Universitaire d'Imagerie 3D,
- Master 2 Recherche Épidémiologie Clinique,
- CES d'Odontologie Légale,
- Diplôme Universitaire de Recherche Clinique en Odontologie (DURCO),
- Enseignant-chercheur, Laboratoire Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS) CNRS,
- Habilitation à Diriger des Recherches (H.D.R.),
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier,

*Nous sommes reconnaissants pour vos travaux de recherches
qui nous ont permis de compléter ce travail.
Vous nous faites l'honneur d'avoir accepté de surcroît ce jury de thèse.
Veuillez trouver, par ces pages,
l'expression de mon plus profond respect.*

A notre jury de thèse,

Monsieur le docteur Arnaud L'HOMME,

- Adjoint d'Enseignement à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
- Ex Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- D.E.A. "Bio-morphologie quantitative - variabilité de la forme humaine",
- Diplôme d'Études Supérieures de Chirurgie Buccale,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,

*Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites
d'avoir accepté de siéger dans ce jury.
Nous admirons vos connaissances et sommes
reconnaissants pour votre gentillesse et votre disponibilité.
Pour la richesse de vos enseignements, veuillez
accepter ce travail en guise de ma profonde gratitude.*

SYSTEMATISATION DE LA LECTURE D'UN CBCT

GRAND CHAMP EN MEDECINE ORALE

Table des matières

Introduction	13
I. Prérequis à la lecture d'un CBCT	15
II. Variantes anatomiques des cavités nasales	17
A. Physio-anatomie du complexe ostioméatal.....	17
B. Septum nasal	22
1. <i>Déviation du septum nasal</i>	22
2. <i>Pneumatisation du septum nasal</i>	24
C. Cornets nasaux.....	24
1. <i>Variation du nombre de cornets</i>	24
2. <i>Pneumatisation des cornets</i>	25
3. <i>Variation de forme des cornets</i>	27
III. Variantes anatomiques des sinus paranasaux – fosse crânienne antérieure 29	
A. Étage antérieur de la base du crâne	29
1. <i>Sinus frontaux</i>	29
2. <i>Toit éthmoïdal</i>	31
3. <i>Crista galli</i>	34
B. Masses latérales de l'éthmoïde – partie antérieure	36
1. <i>Voies de drainage du complexe ostioméatal</i>	36
a) Voies de drainage du sinus frontal.....	36
b) Classification Internationale Anatomique du sinus Frontal (IFAC 2016).....	37
c) Voies de drainage du sinus maxillaire.....	44
d) Cellules de Haller	45
e) Hiatus semi-lunaire et infundibulum ethmoïdal	46
2. <i>Processus unciné de l'éthmoïde</i>	46
a) Variation d'attache supérieure du processus unciné	46
b) Pneumatisation du processus unciné	47
c) Déviations de l'extrémité libre du processus unciné	48
3. <i>Lame orbitaire</i>	50
C. Sinus maxillaires	51
1. <i>Cloisonnement intra-sinusien</i>	51
2. <i>Variations de pneumatisation du sinus maxillaire</i>	53
3. <i>Contingents vasculo-nerveux du sinus maxillaire</i>	58
D. Os lacrymal et voies lacrymo-nasales.....	61
E. Masses latérales de l'éthmoïde – partie postérieure.....	62
1. <i>Cellules éthmoïdales postérieures – cellules de Onodi</i>	62
2. <i>Artères éthmoïdales postérieures</i>	64

3.	<i>Voies de drainage du sinus sphénoïdal – ostium sphénoïdal</i>	65
IV.	Variantes anatomiques des sinus paranasaux – fosse crânienne moyenne..	66
A.	Sinus sphénoïdaux.....	66
1.	<i>Cloisonnement inter et intra-sinusien</i>	66
2.	<i>Variations et extension de pneumatisation</i>	68
3.	<i>Contingent vasculo-nerveux du sinus sphénoïdal</i>	70
B.	Fosse ptérygopalatine et foramina sphénoïdaux	72
C.	Région sellaire	75
V.	Variantes anatomiques de la région cervicale	76
A.	Région cervicale antérieure	76
1.	<i>Complexe stylo-hyoïdien</i>	76
2.	<i>Calcifications focales cervicales antérieures</i>	78
a)	Calcifications péri-mandibulaires	78
b)	Calcifications de la zone thyroïdienne.....	79
c)	Calcifications de l'artère carotide	80
3.	<i>Filière aérique</i>	81
B.	Charnière crano-rachidienne – étage postérieur de la base du crâne	83
1.	<i>Étage postérieur de la base du crâne</i>	85
a)	Variantes anatomiques du clivus	85
b)	Région cérébrale.....	87
2.	<i>Articulation atlanto-occipitale</i>	88
3.	<i>Articulations entre les vertèbres cervicales</i>	90
4.	<i>Variations de forme des vertèbres cervicales</i>	92
5.	<i>Contingent vasculaire</i>	94
VI.	Variantes anatomiques de la région auriculo-temporo-mandibulaire	96
A.	Articulation temporo-mandibulaire	96
1.	<i>Contours osseux de l'ATM</i>	97
2.	<i>Variations de densités osseuses de l'ATM</i>	100
B.	Région auriculo-temporale	103
1.	<i>Méat et conduit auditif externe</i>	103
2.	<i>Mastoïde et cellules mastoïdiennes</i>	105
VII.	Mise en application : systématisation de l'analyse d'un CBCT grand champ	107
	Conclusion	112
	Annexes :	113
A.	Espaces de la tête et du cou.....	113
B.	Compte rendu - cavités nasales.....	114
C.	Compte rendu – sinus paranasaux, étage antérieur, étage moyen de la base du crâne	
(1)	115	
D.	Compte rendu – sinus paranasaux, étage antérieur, étage moyen de la base du crâne	
(2)	116	

E. Coupes CBCT supplémentaires de la fosse ptérygopalatine et de ses composants..	117
F. Compte rendu – sinus paranasaux, étage antérieur, étage moyen de la base du crâne (3)	118
G. Compte rendu – région cervicale	119
H. Compte rendu – région auriculo-temporo-mandibulaire.....	120
Abréviations utilisées	121
Lexique	122
Table des illustrations.....	123
Bibliographie.....	130

Introduction

L'immense essor de la radiologie a profité à l'imagerie dento-maxillaire, plus particulièrement avec l'avènement de la tomodensitométrie à faisceau conique (CBCT), même si ce n'est pas son seul terrain d'application (1). Depuis sa première introduction en Europe et aux États-Unis entre 1998 et 2001, le CBCT a pris une place de plus en plus importante dans le diagnostic et la planification des traitements. En comparaison avec la tomodensitométrie médicale traditionnelle (MSCT ou scanner), le CBCT utilise des doses de rayonnement plus faibles, est moins coûteux et a une résolution plus élevée bien qu'il apparaisse moins de contraste au niveau des tissus mous (2,3). Il possède aujourd'hui des indications telles que l'implantologie, la chirurgie dento-maxillo-faciale, l'endodontie, la parodontologie, l'analyse des voies respiratoires et l'orthodontie. La planification implantaire semble être le motif de prescription le plus courant (3,4).

Le fonctionnement du *cone beam* se fait par un faisceau de rayons X le plus souvent conique. Par un mouvement circulaire, isocentrique et constant, l'appareil effectue une rotation unique autour du volume examiné. Le faisceau de rayons X, modulé par la traversée des tissus, est recueilli sur un détecteur qui enregistre de multiples images bidimensionnelles (2D). Elles seront traitées ultérieurement par des algorithmes de reconstruction volumique. Ils restitueront l'objet selon ses voxels, unité de volume dont dépend la résolution spatiale ou netteté. Des logiciels dédiés permettent d'obtenir des reconstructions 2D selon les trois directions de l'espace et 3D afin d'en réaliser analyses et mesures (1).

Alors que le risque d'exposition du patient aux rayons X est faible à l'échelle individuelle lors de la réalisation d'un CBCT, cumulé au cours de sa vie et multiplié par toutes les personnes de plus en plus nombreuses à subir des examens radiologiques, il peut devenir un problème de santé publique important (3,5). Depuis 2001, le Code de la Santé Publique prévoit, dans la législation de radioprotection, que le principe ALARA soit respecté. *As Low As Reasonably Achievable radiation exposure* signifie une exposition au rayonnement aussi basse que raisonnablement possible (1). Elle rend obligatoire pour les praticiens qu'ils évaluent les avantages potentiels des informations relevées lors de l'examen radiologique par rapport aux dépenses et aux risques de la procédure d'imagerie. Récemment, ALARA est devenu le principe ALADA pour « aussi bas que acceptable pour le diagnostic » ou ALARP « aussi bas que raisonnablement praticable » (3).

L'Association Européenne de Radiologie Dento-Maxillo-Faciale a élaboré des recommandations de bonne pratique (6) : vingt principes qui serviront de base aux décisions législatives européennes pour la maîtrise de l'utilisation du CBCT en odontostomatologie (2).

Ce consensus rapporte, entre autres, que « les examens CBCT doivent faire l'objet d'une analyse clinique approfondie [...] portant sur l'ensemble des données d'imagerie » par un « professionnel ayant reçu une formation adéquate à la pratique radiologique ainsi qu'à la radioprotection ». Autrement dit, il est fondamental que le volume du CBCT soit lu dans son intégralité par un chirurgien-dentiste compétent, sinon un radiologue spécialisé, car il met en jeu sa responsabilité médico-légale. Les variations anatomiques, dont une très large proportion est communément qualifiée de « caractères discrets », sont des particularités anatomiques non constantes et non pathologiques, qui peuvent être retrouvées sur quasiment tous les os du squelette humain. La fréquence de ces caractères peut varier en fonction de la population étudiée, du sexe, de la latéralité et de l'âge (7). Est utilisé le terme « découverte fortuite » pour parler des anomalies apparemment asymptomatiques découvertes de manière inattendue lors d'un examen d'imagerie car n'étant pas la raison pour laquelle celui-ci a été prescrit (3,4). Elles concernent 15 à 20% de l'ensemble des imageries (8). La plupart des variantes anatomiques, par leur caractère non-pathologique, sont des découvertes fortuites. Cependant, en fonction de leur emplacement, leur nature et de leurs effets sur les structures adjacentes, certaines peuvent nécessiter une intervention, des examens complémentaires ou une surveillance à long terme (9). Elles peuvent également conditionner les voies d'abord chirurgical ou de passage de l'endoscope. Lors de l'acquisition d'images CBCT, le champ de vision souhaité (*field of view* ou FOV) peut être adapté selon la taille et la localisation de la région d'intérêt (3,4). Pour cette responsabilité, ainsi que pour limiter la dose de rayonnement, la plus petite taille de champ possible doit être utilisée.

Permettre une lecture systématisée d'un CBCT est l'enjeu de ce travail. Nous avons essayé, au travers de ces pages, de recenser la majorité des variantes anatomiques que le chirurgien-dentiste peut être amené à rencontrer lors de l'exploration d'un CBCT du plus grand champ possible. Nous avons mis l'accent sur l'exploration des zones anatomiques situées en dehors de la sphère buccale proprement dite, considérant le chirurgien-dentiste « habitué » à analyser cette région. Elles sont reprises et détaillées dans les chapitres II à VI. Dans un souci de clarté, le plan de ce travail a été construit en essayant de respecter un ordre de présentation allant de la structure la plus antéro-supéro-médiale à la plus postéro-inféro-latérale facilitant la navigation au sein du logiciel de lecture. De plus, la séparation des données concernant les sinus paranasaux s'est effectuée en respectant la physiologie du drainage du complexe ostioméatal décrite ci-dessous (cf. Physio-anatomie du complexe ostioméatal).

Remarque : les abréviations ainsi qu'un lexique de la terminologie employée sont disponibles aux pages 121 et 122. Un résumé des structures anatomiques potentiellement retrouvées dans un CBCT est présenté dans le Tableau 10 (5), en annexe et regroupées en trois grandes sous-régions : la région crânienne, celle de la face et la région cervicale.

I. Prérequis à la lecture d'un CBCT

Les images radiologiques dépendant des rayons X résultent, par définition, du phénomène de modulation du faisceau par les structures traversées. Une zone de faible absorption voire une absence de modulation du faisceau traduit une image dite radio-claire. A l'inverse, une image dense ou radio-opaque témoigne d'une absorption plus ou moins complète du rayonnement. Très souvent, les images associent hyperdensité et hypodensité et sont alors dénommées « mixtes » (1). L'échelle des densités d'un CBCT est beaucoup moins large que celle du scanner en raison de la faible irradiation (10). Gardant bien à l'idée que le *cone beam* reste un examen complémentaire, il est particulièrement indiqué pour l'étude des structures de densités élevées (os, dent, massif facial, oreille moyenne) et de haut contraste, comme les cavités aériennes (1).

Les petits FOV (environ 4x4 cm) sont utilisés pour une région anatomique limitée du complexe maxillo-facial, tandis que les grands champs peuvent inclure les sinus paranasaux, les vertèbres cervicales, le cou, les voies respiratoires et les éléments des fosses crâniennes (3,4,11,12). Un moyen large champ (supérieur ou égal à 8x8cm), du maxillaire ou de la mandibule, montrera inévitablement la région pharyngo-cervicale (13) ; contrairement à un plus petit champ (environ 6 cm) qui, s'il est centré sur la mandibule, ne permettra pas l'analyse des ATM ni des voies aériennes (11).

Les caractéristiques des coupes obtenues dépendent de 3 contraintes : la taille des voxels, le volume exploré et les capacités de calcul du matériel informatique. Il en résulte qu'à temps de calcul égal, une étude à grand champ fournira une moindre résolution spatiale, mais tout aussi nécessaire à une évaluation globale des sinus, par exemple (10). A remarquer aussi que la qualité de l'image au centre du champ est supérieure à celle de la périphérie : les structures anatomiques latérales se lisent avec une résolution inférieure ; elles peuvent donc être source de sur ou sous-diagnostic (14).

Les analyses des plans de coupe du massif facial sont réalisées dans un plan frontal – le plan de référence, et dans un plan axial. Selon l'indication, elles seront complétées par des reconstructions sagittales strictes ou obliques dans l'axe nécessaire (Tableau 1) (15,16) :

	Horizontal	Frontal	Frontal oblique	Sagittal
Labyrinthe ethmoïdal	+++	++	++	+++
Toit de l'ethmoïde	+	+++	+++	++
Récessus ethmoïdaux-sphénoïdaux	+++	+	+	++
Canaux nasofrontaux	++	+	+++	++
Unité ostioméatale moyenne	++	+++	+++	-
Sinus frontaux, maxillaire et sphénoïdaux	+++	+++	+++	++
Parois latérales et médiales des orbites	+++	+++	+++	-
Toit et planchers des orbites	+	+++	+++	++
Régions profondes de la face	+++	++	-	+

Tableau 1 : intérêt des différents plans de reconstruction en fonction des régions anatomiques du massif facial (Lacan, 2016)

Les composantes osseuses des articulations temporo-mandibulaires (ATM), solidaires et mobiles, doivent être analysées simultanément pour une étude comparative ; un grand champ sera préféré pour obtenir une acquisition unique, en occlusion et en bouche ouverte. Une résolution de 250 µm est suffisante (1).

En matière d'imagerie des oreilles, seuls les examens de haute résolution (80-120 µm) peuvent prétendre à une exploration de l'oreille interne et du contenu de la pyramide pétreuse. Ils sont le plus souvent réalisés sur des petits champs. Il en est de même pour l'analyse précise des fosses crâniennes (3,4,10).

Au vue des connaissances acquises lors de la réalisation de ce travail, nous avons recensé à la manière de Lacan (16) (cf. Tableau 1), l'intérêt des différents plans de coupe pour les régions situées en dehors du massif facial (Tableau 2) :

	Horizontal	Frontal	Frontal oblique	Sagittal	Sagittal oblique
Voies aériennes	-	++	-	+++	-
Vertèbres cervicales	+++	+	-	++	-
Jonction crânio-rachidienne	+	+++	-	+++	-
Processus styloïde	-	-	+	+++	++
Articulations temporo-mandibulaires	+	++	++	++	++
Mastoïde et cellules mastoïdiennes	+++	++	++	+	+
Conduit auditif externe	+++	++	-	++	-
Oreille interne	+++ (HR)	+	-	+	+
Contenu de la pyramide pétreuse	+++ (HR)	+	-	+	-

Tableau 2 : intérêt des différents plans de reconstruction en fonction des régions cervicales et auriculo-temporo-mandibulaires. (HR) : haute-résolution (d'après l'auteur)

II. Variantes anatomiques des cavités nasales

A. **Physio-anatomie du complexe ostioméatal**

Les cavités nasosinusiennes constituent la porte d'entrée du système respiratoire ; elles forment, de chaque côté, un ensemble anatomique fonctionnel, totalement séparé du côté opposé. De chaque côté, la cavité nasale constitue l'élément central dans lequel débouchent les cavités sinusiennes homolatérales. Elle est définie comme une cavité irrégulière s'ouvrant en avant par l'ouverture pyriforme et en arrière, dans le naso-pharynx, par les choanes. Les cavités nasales sont toutes deux séparées en mésial par le septum nasal formé par le cartilage septal, la lame perpendiculaire de l'os éthmoïde et le vomer (Figure 1) (15,17).

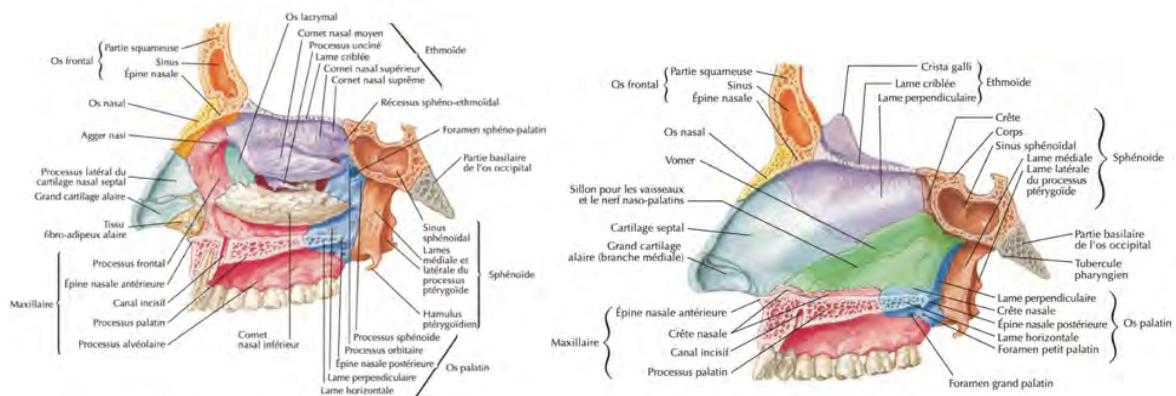


Figure 1 : dessins schématiques des parois latérale (à gauche) et médiale (à droite) de la cavité nasale (planches 37 et 38, Netter 2012)

Chaque paroi latérale est anfractueuse, en raison de la présence des cornets nasaux qui déterminent des voies de passage, les méats. Typiquement retrouvés au nombre de trois : un supérieur, le plus petit, un moyen, et un inférieur, le plus grand. Ils présentent une section transversale en spirale dans le plan coronal ainsi qu'une extrémité libre dirigée latéralement (Figure 3). Le cornet inférieur est un os indépendant, tandis que les autres font partis de l'os éthmoïde (12,17).

De chaque côté, les cavités sinusiennes sont des diverticules de la fosse nasale homolatérale. Séparées par le septum nasal et le septum inter-sphénoïdal, les cavités droite et gauche sont totalement indépendantes. Elles sont développées dans les masses latérales de l'éthmoïde (MLE ou labyrinthes éthmoïdaux (17)), l'os maxillaire, l'os frontal et l'os sphénoïde (Figure 2).

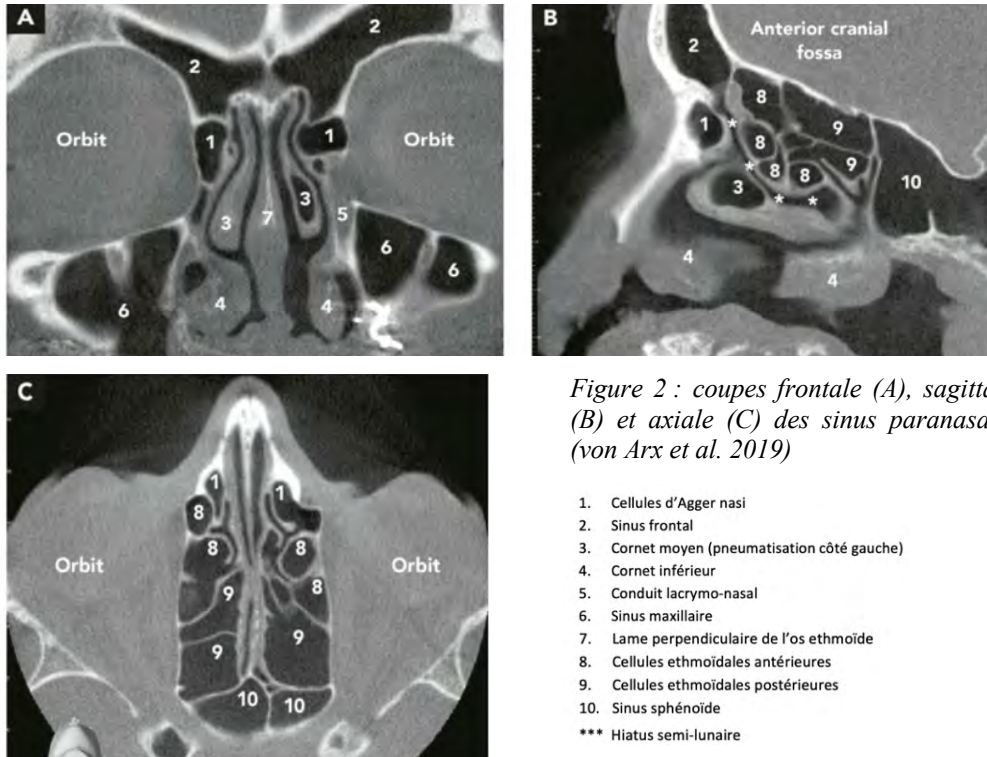


Figure 2 : coupes frontale (A), sagittale (B) et axiale (C) des sinus paranasaux (von Arx et al. 2019)

1. Cellules d'Agger nasi
2. Sinus frontal
3. Cornet moyen (pneumatisation côté gauche)
4. Cornet inférieur
5. Conduit lacrymo-nasal
6. Sinus maxillaire
7. lame perpendiculaire de l'os ethmoïde
8. Cellules ethmoïdales antérieures
9. Cellules ethmoïdales postérieures
10. Sinus sphénoïde
- *** Hiatus semi-lunaire

La MLE est l'élément central des cavités sinusiennes. Elle est subdivisée en plusieurs compartiments par des lames osseuses, les racines cloisonnantes (RC), prolongement des cornets (Figure 4, Figure 6, Figure 5) (15) :

- L'ethmoïde antérieur est délimité en postérieur par la racine cloisonnante du cornet moyen. Il est subdivisé en trois groupes de cellules – antéromédiales (•), antérolatérales (*) et bullaires - par deux structures osseuses constantes, le processus unciné et la RC de la bulle ethmoïdale
- L'ethmoïde postérieur possède un cloisonnement variable ; il se fait par la RC du cornet supérieur et, quand elle se trouve présente, par celle du cornet suprême, plus en arrière.

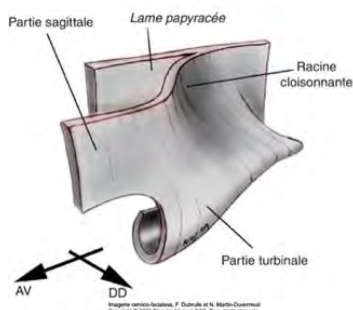


Figure 3 : schéma d'un cornet (F. Dubrulle et N. Martin-Duverneuil, 2021)

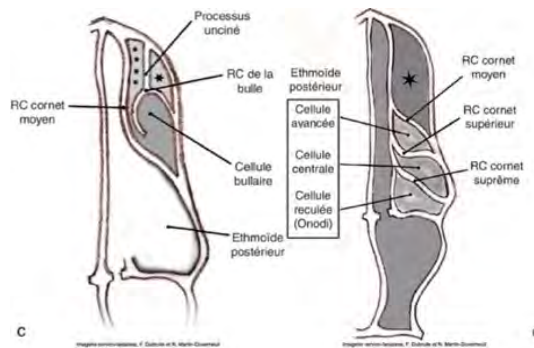


Figure 4 : schémas du système ethmoïdal antérieur (c) et postérieur (d) (F. Dubrulle et N. Martin-Duverneuil, 2021)

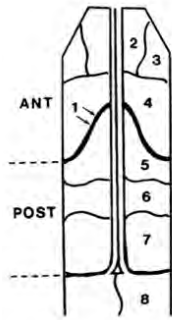


Figure 5 : vue schématique axiale des MLE (Variantes anatomique des sinus de la face, Dr Duprès)

1. RC du cornet moyen 2. Cellule antéro-médiale (méatique) 3. Cellule antérolatérale (uncinée) 4. Cellule bullaire 5. Cellule avancée 6. Cellule centrale 7. Cellule reculée (Onodi) 8. Sinus sphénoïdal

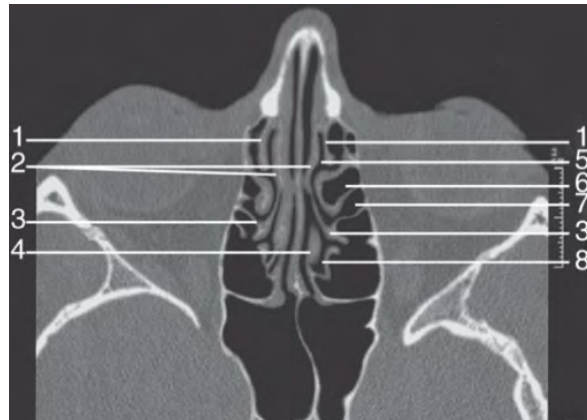


Figure 6 : coupe axiale des cavités nasosinusiennes (Martin-Duverneuill et al. 2018)

1. processus unciné ; 2. cornets moyens ; 3. RC du cornet moyen ; 4. cornet supérieur ; 5. infundibulum éthmoïdal ; 6. cellule intra bullaire ; 7. cellule supra bullaire ; 8. RC du cornet supérieur

Les trois cornets divisent la cavité nasale en quatre espaces, du plus crânial au plus caudal : le récessus sphéno-éthmoïdal, le méat supérieur, le méat moyen et le méat inférieur. Chaque espace limité en arrière et en dedans de la RC se draine dans le méat du même nom ; on obtient ainsi plusieurs systèmes fonctionnels éthmoïdaux indépendants (Figure 5 et Figure 7) (12,15,18,19) :

- Un système antérieur regroupant cellules éthmoïdales antérieures, sinus frontal et sinus maxillaire. La communication avec les cavités nasales se fait par l'intermédiaire du méat moyen ;
- Un système postérieur regroupant les cellules éthmoïdales postérieures et le sinus sphénoïdal dont le drainage passe par le méat supérieur (et/ou méat suprême lorsque présent). Chaque sinus sphénoïdal débouche dans la fosse nasale homolatérale par un ostium propre.

Le canal lacrymo-nasal (CNL) est une structure non apparentée aux sinus paranasaux mais se drainant elle aussi dans les cavités nasales. Il prend origine au niveau du sac lacrymal au coin antériorinférieur de la cavité orbitaire. Il s'ouvre dans le méat inférieur.

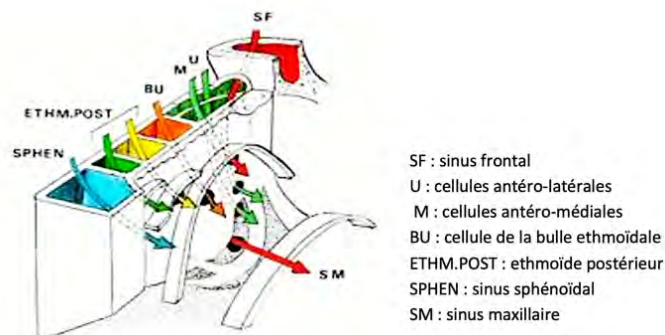


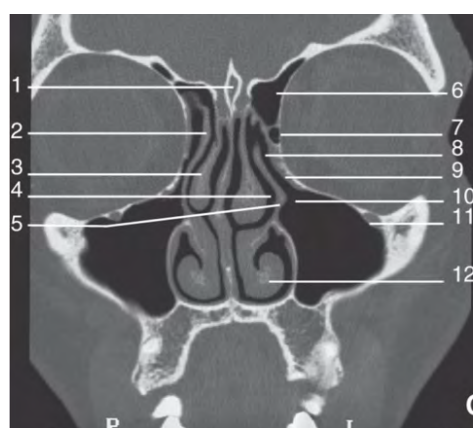
Figure 7 : schéma des trajets de drainage des différentes cellules des sinus paranasaux (Variantes anatomiques des sinus de la face.pdf, Dr. Duprès, CHR Mercy, 2019)

Le méat moyen constitue donc un véritable carrefour de drainage : c'est la notion de « complexe ostioméatal (COM) » (15). Bien qu'aucun consensus n'existe à ce jour concernant une définition exacte de ses limites anatomiques, la littérature semble s'accorder sur le fait que le COM est une unité fonctionnelle et physiologique comprenant les ostia et voies communes de drainage et de ventilation des cellules et sinus frontaux, maxillaires et éthmoïdaux antérieurs. Cela inclut le hiatus semi-lunaire, le processus unciné et l'infundibulum ethmoïdal (Figure 8) (19–22).

Le fonctionnement normal de chaque sinus dépend de la perméabilité de son ostium principal, de la qualité du mouvement mucociliaire et de phénomènes immunologiques locaux. Cela entraîne, dans le cas contraire, l'apparition d'inflammation voire d'infection rhino-sinusiennes (21,23).

Les « ostia » (*ostium* au singulier) sont des orifices permettant la communication des sinus paranasaux entre eux via les cavités nasales, dans lesquelles ils débouchent tous (Figure 7) (21,23). L'obstruction ostiale peut être d'origine inflammatoire ou tumorale. Néanmoins, la cause la plus fréquemment retrouvée est en fait liée aux nombreuses variantes anatomiques des cavités nasosinusiennes. Souvent associées entre elles et variables au sein même d'un individu, elles provoquent un rétrécissement des voies de drainage pouvant constituer un obstacle à celles-ci et/ou créer un risque de confinement (12,15,24,25). De plus, une variabilité assez conséquente d'ostia existe ; ils peuvent être ronds ou ovales et d'un calibre variable d'un individu à l'autre : entre 0,5 et 5 mm (leur valeur moyenne est de 2,4 mm). Les ostia ovales ont plus de risque de s'obstruer facilement que les ostia ronds. Certains ressemblent même à une gouttière ou un canal : le canal nasofrontal et l'infundibulum ethmoïdal (23).

Les sinus se développent à partir des fosses nasales et sont, pour cette raison, tapissés d'un tissu muqueux très ressemblant : une muqueuse type respiratoire. C'est un épithélium pseudostratifié cylindrique cilié qui joue un rôle clef dans la fonction de drainage ; la muqueuse est perméable aux gaz et permet les échanges avec le sang qui l'irrigue (1).



Légende Figure 8 :

1. apophyse crista galli
2. attache supérieure du processus unciné
3. cornet moyen
4. méat moyen
5. processus unciné
6. sinus frontal
7. cellule bullaire
8. hiatus semi-lunaire
9. infundibulum
10. ostium maxillaire
11. canal infra-orbitaire
12. cornet inférieur

Figure 8 : coupe frontale de l'anatomie du COM (Martin-Duverneuil et al. 2021)

Le sinus maxillaire est le plus grand et le premier des sinus paranasaux à se développer. Il contracte des rapports anatomiques avec la cavité orbitaire sus-jacente et l'arcade dentaire maxillaire sous-jacente importants en pathologie : le plancher orbitaire et la surface osseuse recouvrant l'apex des racines dentaires sont fins et fragiles, sièges de la majorité des fractures des parois de l'orbite ou du passage d'infections dentaires (15,26). On nomme membrane de Schneider (MS) la muqueuse tapissant le sinus maxillaire ; Bolger *et al.* (27) ont constaté qu'elle est la région la plus fréquemment touchée par des découvertes fortuites. Ses anomalies peuvent aller d'un épaissement minimal de la muqueuse à une opacification totale des sinus (27). Les épaisseurs moyennes de la MS varient entre 0,34 et 3,11 mm (22). Son épaisseur est considérée comme fine lorsqu'inférieure à 1 mm et pathologique lorsque supérieure à 2 mm (21,28). Plus son épaisseur est importante, plus les risques d'obstruction de l'ostium maxillaire sont importants. Lorsque saine, elle est difficilement repérable à l'imagerie (21).

La revue systématique de Amid *et al.* reportent une MS épaissie dans 42% des cas. Les causes sont multiples (traumatisme, infection, réaction à un corps étranger, conditions respiratoires, etc.). Il a, de plus, été montré que son épaisseur peut aussi varier selon le biotype gingival, la maladie parodontale, le tabagisme ou les saisons (28). La présence de septa est également associée à une muqueuse plus fine (cf. Cloisonnement intra-sinusien) (26). Quatre types d'épaisseurs membranaires sont habituellement retrouvés (Figure 9) : en rond, irrégulière, en cadre ou complète (21).



Figure 9 : classification des différents types d'épaississement membranaire sinusiens en coupes coronales CBCT (issue de la thèse du Dr Vadrot, 2017)

En conséquence, plusieurs auteurs recommandent fortement d'inclure le complexe ostioméatal dans l'imagerie CBCT et d'en analyser sa perméabilité. Est mise en évidence l'importance de faire une reconnaissance systématique de la position de ses structures, de l'existence de variantes anatomiques ainsi que de leur relation entre elles. Cet ensemble de facteurs conditionne également le protocole de réalisation d'une procédure d'élévation du plancher sinusien ou d'une chirurgie par voie endoscopique de la sphère ORL ou de la base du crâne (22).

B. Septum nasal

1. Déviation du septum nasal

Les formes de déviations internes du septum nasal (SN) les plus communément décrites dans la littérature ont été recensées dans la revue systématique de Teixeira *et al.* (29) rassemblant différents systèmes de classification. Ce sont des formes régulières où le septum prend une courbure de plus large rayon, qui se retrouvent dans le plan frontal et axial : les formes de C et de C inversé (*C-shaped* et *reverse C-shaped*) et de S et de S inversé (*S-shaped* et *reverse S-shaped*) (Figure 10).

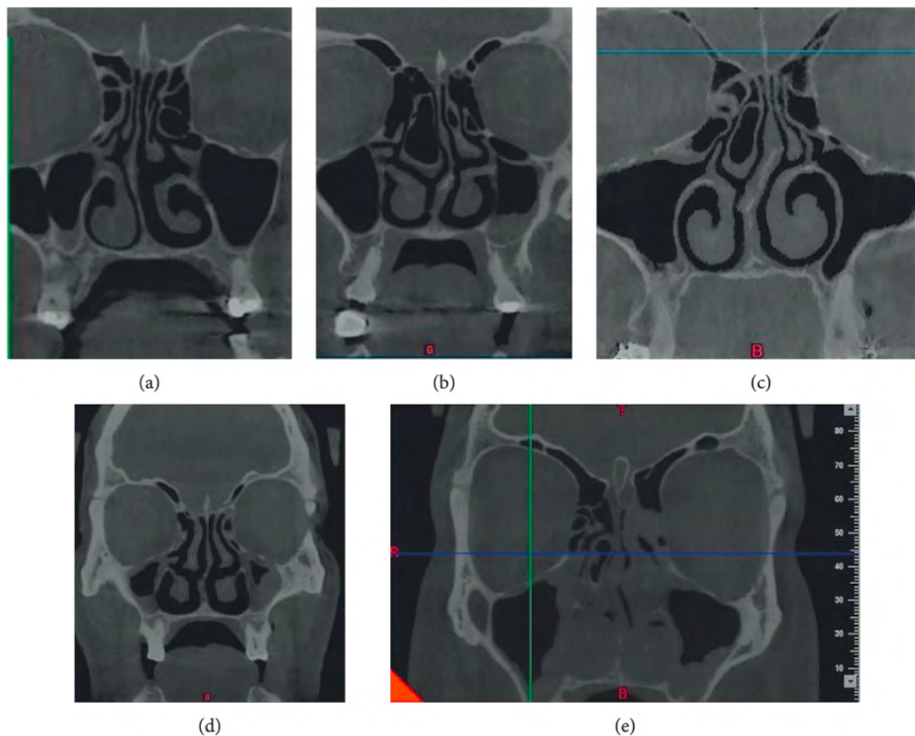


Figure 10 : coupes frontales des variations du septum nasal en *C-shaped* (a), *reverse C-shaped* (b), *reverse S-shaped* (c et d) et *S-shaped* (e) (Nikkerdar *et al.* 2022)

Leur évaluation quantitative utilisant la tomodensitométrie (TDM) a fait l'objet de récentes recherches (30). Les méthodes les plus simples incluent l'aire de déviation de la cloison nasale et son angle SDA (pour *Septal Deviation Angle*) : une ligne est tracée de l'intersection de la *crista galli* et de la lame criblée jusqu'au palais dur. Une seconde se dirige de l'intersection précédente vers le point de déviation le plus proéminent (Figure 11) (30,31). On considère qu'elle apparaît significative dès lors qu'elle s'éloigne de 4 à 5 mm de la ligne médiane (15).

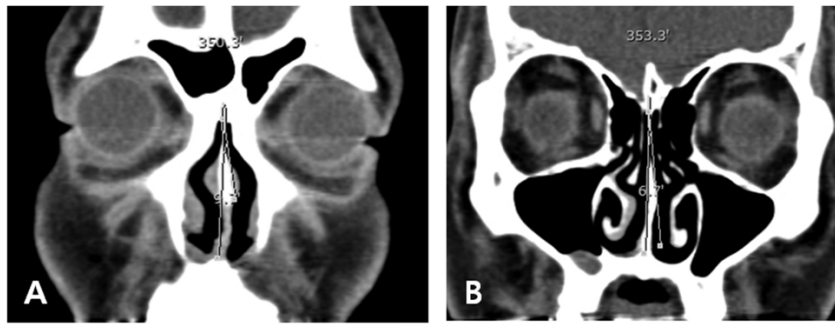


Figure 11 : calcul de l'angle de déviation du septum nasal (Lee et al. 2013)

Si non mise en évidence sur imagerie préopératoire, les déviations septales augmentent le risque d'échec des rhinoplasties. Elles peuvent être associées à plusieurs variantes des cornets nasaux (20,32). Leur sévérité serait proportionnellement liée à un risque plus important de sinusites chroniques (33).

Remarque : lors d'un traumatisme, il est possible de retrouver une déviation de la jonction chondro-vomérienne. Elle présente une forme plus irrégulière, angulaire voire disloquée (Figure 12) (34,35).

Souvent associées aux déviations du SN, les épines nasales sont localisées à la jonction de la lame perpendiculaire et du vomer et peuvent former des adhésions avec les cornets adjacents (Figure 13 et Figure 14) (30,36).



Figure 12 : coupe coronale d'une épine nasale septale (flèche) associée à une déviation focale angulaire du cartilage septal (Whyte et Boeddinghaus 2020)
Cartilage septal (CS)



Figure 13 : coupe coronale d'une épine nasale septale (flèche) orientée à gauche (Whyte et Boeddinghaus 2020)
Lame perpendiculaire de l'éthmoïde (E), vomer (V)



Figure 14 : coupe coronale d'une épine nasale septale (flèche), associée à une adhésion du cornet inférieur (Vaid et Vaid 2015)

La perforation de la cloison nasale fait référence à une communication entre ses deux cavités. Elle peut affecter la partie osseuse ou le cartilage septal (Figure 15) (37).

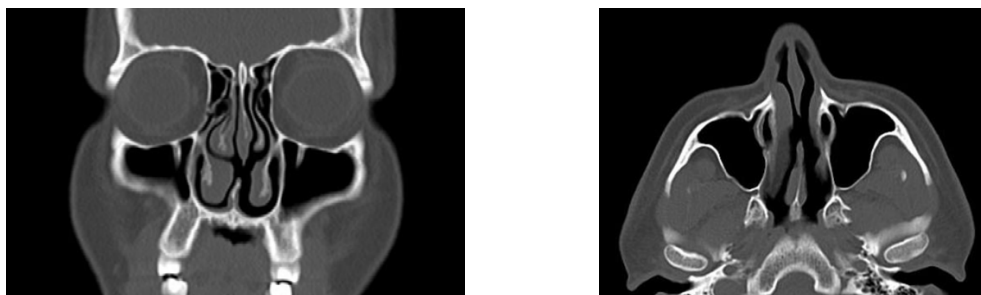


Figure 15 : perforation bilatérale du septum en vue coronaire (gauche) et axiale (droite) (Dr Dalia Ibrahim, Radiopaedia.org)

2. Pneumatisation du septum nasal

La pneumatisation du SN est due à une extension d'air du sinus sphénoïde ou de la *crista galli*. Elle peut concerner n'importe quelle pièce constituant le septum : la lame perpendiculaire de l'éthmoïde, le vomer, le cartilage septal. Elle est souvent anodine mais peut diminuer le récessus sphéno-éthmoïdal ou bloquer le drainage du méat moyen (Figure 16) (34–36).

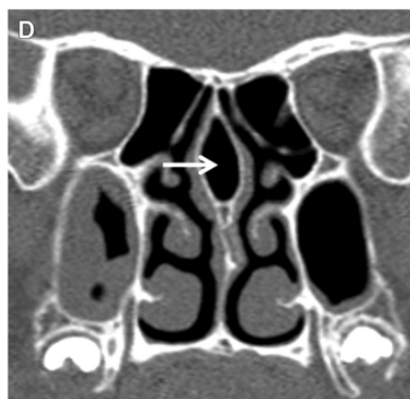


Figure 16 : coupe coronaire d'une pneumatisation septale postérieure (Vaid et Vaid 2015)

C. Cornets nasaux

1. Variation du nombre de cornets

Deux variations de nombre ont été rapportées concernant le cornet moyen. Elles se distinguent par leur origine de développement (Figure 17) (24,38) :

- Un deuxième cornet moyen : il est défini comme une saillie osseuse provenant de la paroi latérale du méat moyen ;
- Un cornet moyen accessoire : c'est un processus courbé en mésial et plié en antérieur provenant de la lame des cornets de l'os éthmoïde (paroi nasale latérale), parfois du

cornet inférieur ou dérivant du processus unciné de l'ethmoïde (cf. Variation d'attache supérieure du processus unciné).

Rarement, un quatrième cornet, le cornet suprême ou de Santorini est décrit comme étant situé à la face postéro-supérieure de la paroi nasale latérale près du bord latéral de l'ostium du sinus sphénoïdal, au-dessus du cornet supérieur. Rudimentaire, son architecture reste similaire à celle des autres cornets ethmoïdaux (Figure 18) (12,15,39). Il a été classifié par Cobzeanu selon son rapport au cornet supérieur : qu'il soit plus petit (Type A), de même taille (Type B) ou plus grand que le cornet supérieur (Type C). Leur prévalence suit le même ordre (40).

Enfin, il semblerait qu'un seul rapport de cas ne décrive la présence d'un deuxième cornet supérieur. Il possède une insertion indépendante au cornet supérieur et est situé sous celui-ci, dans le méat supérieur (Figure 19) (41).



Figure 17 : coupe frontale d'un second cornet moyen bilatéral (flèches) et de deux cornets moyens accessoires (tête de flèches) (Lin et al. 2006)

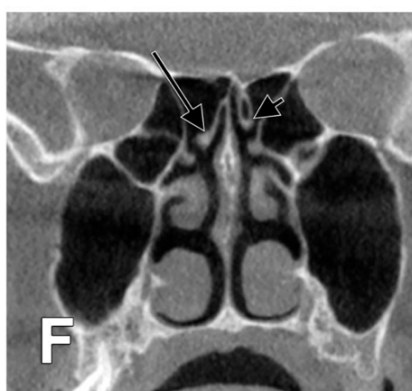


Figure 18 : vue coronale de deux cornets suprêmes (droite et gauche) dont le gauche est pneumatisé (flèches noires) (Sava et al. 2018)

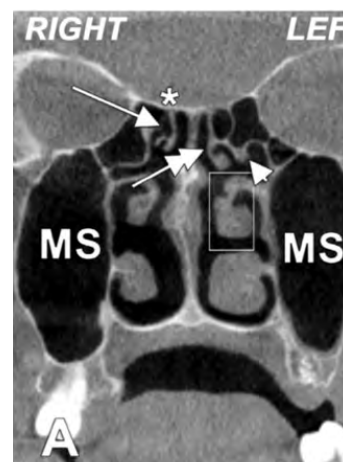


Figure 19 : vue coronale d'un cornet supérieur (flèche à double tête) ainsi qu'un second cornet supérieur (tête de flèche) localisé latéralement au cornet principal (Rusu et al. 2019)
MS : sinus maxillaire

2. Pneumatisation des cornets

Concha bullosa est le terme décrit pour parler de la pneumatisation des cornets. C'est la variation la plus communément retrouvée dans cette région anatomique (34). Étant principalement décrite pour le cornet moyen, Sava *et al.* (39) proposent de lui ajouter les adjectifs de « inférieur », « moyen », « supérieur » ou « suprême » selon quel(s) cornet(s) est/sont concernés par cette variante. Elle peut être unilatérale, bilatérale et de taille variable (34,42) ; ainsi, la cellule aérique peut elle-même être cloisonnée par un ou deux septas (Figure 23) (39,43).

Perić (44) relate même l'existence d'une formation osseuse pneumatisée et cloisonnée à l'intérieur d'un cornet déjà pneumatisé, baptisée plus tard « *concha bullosa* à l'intérieur d'une *concha bullosa* » (39).

La pneumatisation du cornet moyen reste la plus fréquemment rencontrée. Bolger *et al.* (27) en ont classifié les différents types (Figure 20, Figure 21 et Figure 24) :

- Lamellaire : pneumatisation de la lame verticale du cornet moyen ;
- Bulbaire : pneumatisation du segment bulbaire du cornet moyen ;
- *Concha bullosa* « vraie » ou étendue : pneumatisation de la lame verticale et du segment bulbaire.

Le cornet supérieur l'est rarement (Figure 22) et seulement quelques articles, majoritairement des rapports de cas, relatent d'une pneumatisation des cornets suprême et inférieur (Figure 18 et Figure 24) (12,24,27,34,39,45).

Peu de cas, extrêmement rares, ont été répertoriés à propos de la pneumatisation des six cornets pour un même patient. Fidan propose le terme de « *Panconcha bullosa* » pour les décrire (21).

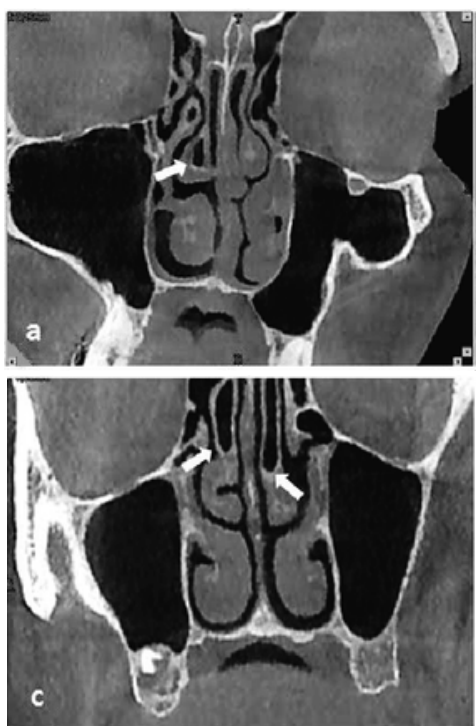


Figure 20 : coupes frontales d'un type bulbaire (a) et d'un type lamellaire (c) de concha bullosa (Kose *et al.* 2009)

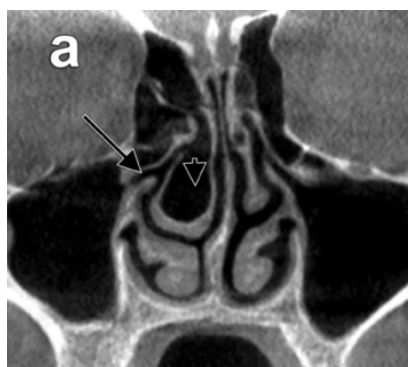


Figure 21 : coupe frontale d'un type étendue (tête de flèche) de concha bullosa (Sava *et al.* 2018)

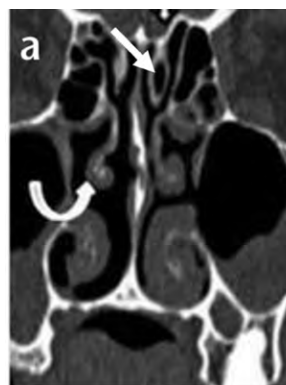


Figure 22 : coupe frontale d'une concha bullosa supérieure (flèche) et d'un cornet moyen à convexité paradoxale (flèche courbe) (Turna *et al.* 2014)

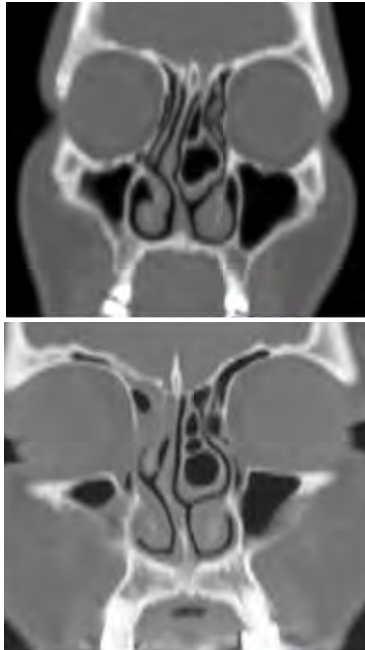


Figure 23 : coupes frontales d'une concha bullosa cloisonnée par un septum (à gauche), par deux septas (à droite) (San et al. 2015)



Figure 24 : coupe frontale coronale d'une concha bullosa inférieure gauche ainsi que d'une concha bullosa moyenne de type lamellaire, bilatérale (Ozcan et al. 2008)

3. Variation de forme des cornets

En général, la convexité des cornets est dirigée en mésial, vers le septum nasal. Un cornet à convexité paradoxale est une variation de forme, rare, uni ou bilatérale, où la courbure se dirige vers la paroi nasale latérale. Elle peut se retrouver sur les cornets supérieur, moyen et inférieur (Figure 22, Figure 25, Figure 26 et Figure 27) (24,34,45) ; ainsi que sur un segment antérieur, postérieur ou sur l'entièreté de la pièce osseuse (48).

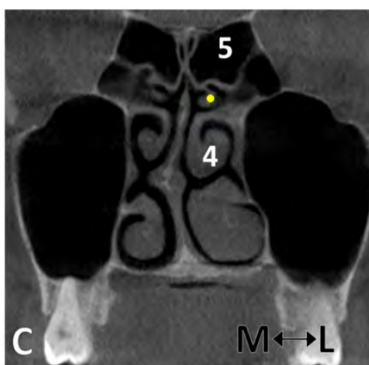


Figure 25 : coupe frontale d'un cornet supérieur (point blanc) à convexité paradoxale (Nicoleta et al. 2015)



Figure 26 : coupe frontale de deux cornets moyens droit et gauche à convexité paradoxale (Ozcan et al. 2008)



Figure 27 : coupe frontale d'un cornet inférieur (flèche noire) à convexité paradoxale (Nicoleta et al. 2015)

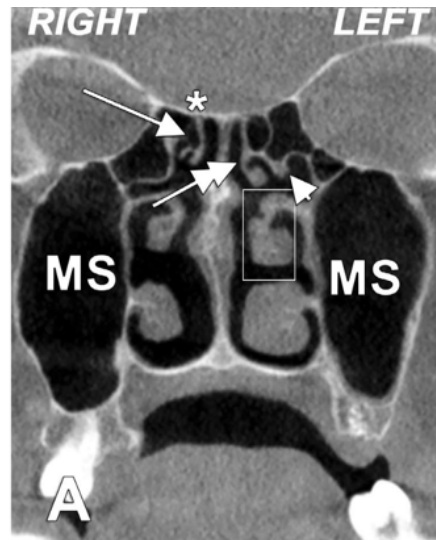


Figure 28 : coupe frontale d'un cornet supérieur (flèche simple) bifide (Rusu et al. 2019)
MS : sinus maxillaire

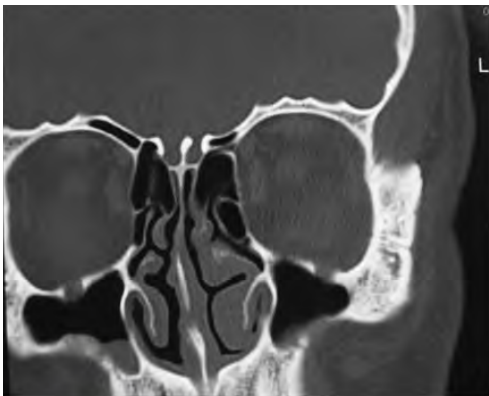


Figure 29 : coupe frontale des deux cornets inférieurs droit et gauche bifides (Ozcan et al. 2008)



Figure 30 : coupe frontale d'un cornet inférieur (IT) gauche hypertrophié (Whyte et Boeddinghaus 2020)

La bifidité des cornets moyens et inférieurs a plusieurs fois été reportée, uni ou bilatérale (Figure 29) (39,41,45). Ozcan *et al.* semblent être les premiers à imaginer celle du cornet supérieur (Figure 28).

Dans le cas d'une déviation du septum, par phénomène de compensation, le cornet inférieur peut s'hypertrophier ; il se surdéveloppe en controlatéral de la direction de déviation de la cloison, proportionnellement à la sévérité du septum dévié (Figure 30). Cette hypertrophie surviendrait, entre autres, pour protéger la muqueuse du dessèchement excessif (30,49).

Remarque : un compte rendu de l'analyse de cette région est proposé sous forme d'un tableau retrouvé en annexe.

III. Variantes anatomiques des sinus paranasaux – fosse crânienne antérieure

A. Étage antérieur de la base du crâne

L'étage antérieur de la base du crâne est défini comme le plancher éthmoïdo-frontal de la base du crâne compris entre la partie verticale de l'os frontal et le bord postérieur des petites ailes du sphénoïde (50). L'os ethmoïde contribue à la moitié supérieure du squelette de la face ; il a donc également une partie crânienne.

Le toit des fosses nasales – sa limite inférieure - est formé latéralement par la fovea ethmoïdale, la lamelle latérale et médialement par la lame criblée. Perpendiculaire à celle-ci, la *crista galli* fait saillie dans la fosse crânienne. Elle participe, par sa position médiale, aux gouttières olfactives droite et gauche. Celles-ci soutiennent les bulbes olfactifs et sont percées de nombreux orifices, les foramens ethmoïdaux, destinés aux nerfs de l'olfaction. La fovea ethmoïdale est une extension de la partie orbitaire de l'os frontal (Figure 31) (12,17,36,51).

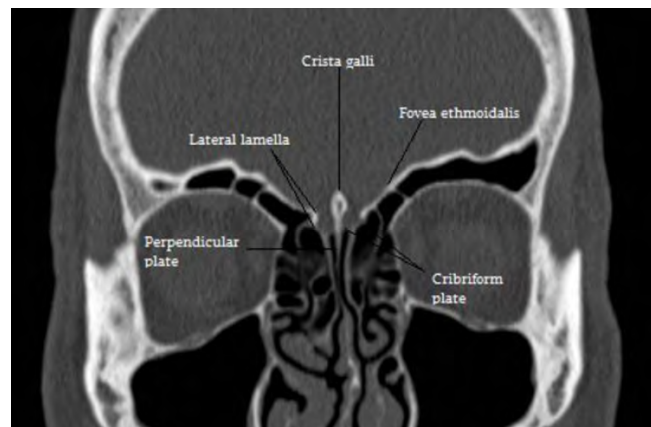


Figure 31 : coupe frontale du toit des fosses nasales (article du Dr Holland, Radiopaedia.org)

1. Sinus frontaux

Le développement de chaque sinus frontal est lié au développement de chaque os frontal. Ils sont totalement indépendants l'un de l'autre, expliquant leur taille et leur aspect souvent asymétriques (Figure 32). Ils sont séparés par un septum interfrontal qui les divise en deux cavités bien distinctes, chacune possédant ses propres voies de drainage (20,52).

Des variations inter et intra-individuelles basées sur la taille, la forme, la position du septum et la présence d'autres cellules et septas osseux ont été souvent recensées dans la littérature, du fait du risque de pénétration intracrânienne lors d'interventions chirurgicales (20,36). Des études sur des populations précises ont démontré l'influence de l'origine ethnique

dans la pneumatisation des sinus frontaux. On y retrouve, entre autres, une variabilité liée au sexe, aux conditions climatiques et au stress de la mastication (34,52).

L'aplasie sinusienne et l'hypo-pneumatisation sont relativement fréquentes (Figure 32) (34,53). Une hyper-pneumatisation frontale ou *pneumosinus dilatans frontalis* montre, quant à elle, une image typique (Figure 33) de bords festonnés et de cloisons osseuses internes (18,36). Ces variations de développement peuvent être uni ou bilatérales (34).

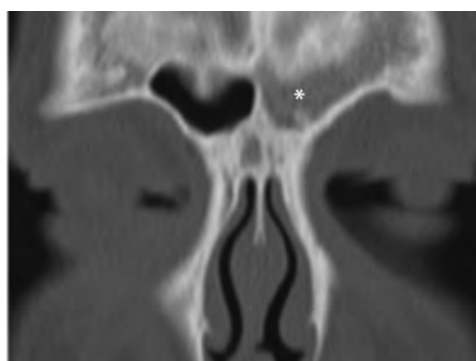


Figure 32 : coupe frontale d'un sinus aplasique gauche (*) (Lund et al. 2014)

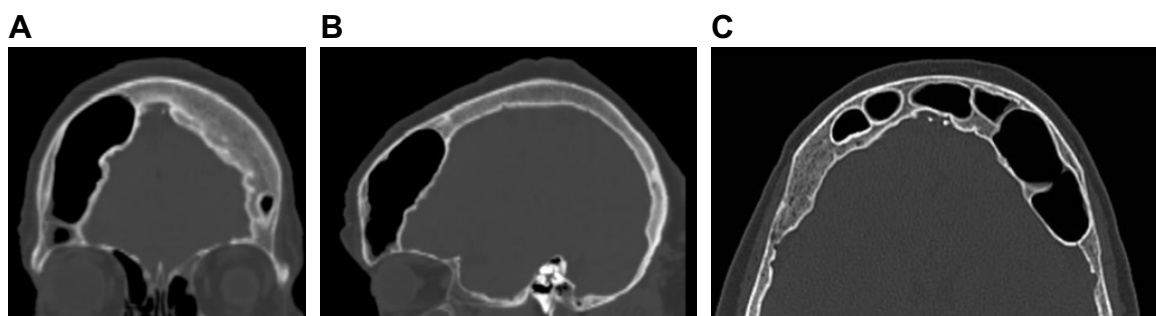


Figure 33 : coupes frontale (A), sagittale (B) et axiale (C) d'un pneumosinus dilatans frontalis (cas du Dr Di Muzio, Radiopaedia.org)

Eviatar *et al.* ont décrit une nouvelle variation anatomique du sinus frontal, le rostrum fronto-septal (Figure 36). Le sinus frontal s'invagine en antérieur, en inférieur et/ou en postérieur, pouvant impliquer, respectivement, le bec nasofrontal, la lame perpendiculaire de l'ethmoïde et/ou la *crista galli* (Figure 34) (54). Le bec nasofrontal (Figure 35) est une protrusion osseuse postéro-inférieure de la paroi antérieure du sinus frontal, participant à la formation de son ostium et de son récessus (52,55). Sa taille est directement liée au degré de pneumatisation de la cellule d'*Agger nasi* (35).

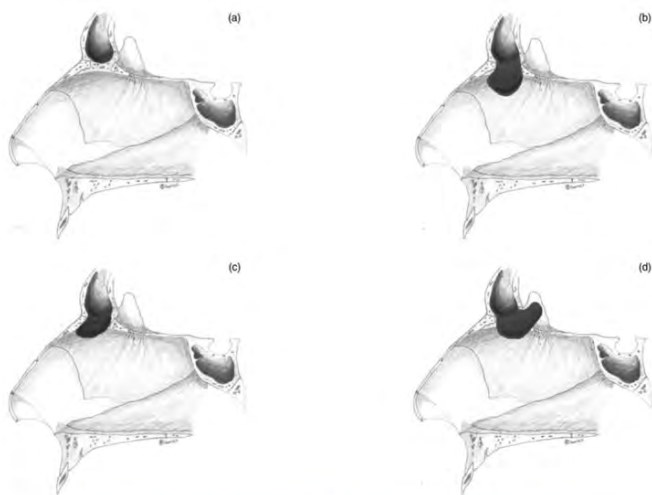


Figure 34 : classification du rostrum fronto-septal proposée par Eviatar (Eviatar et al. 2018)

(a) anatomie normale, (b) sous-type inférieur, (c) sous-type antérieur, (d) sous-type postérieur

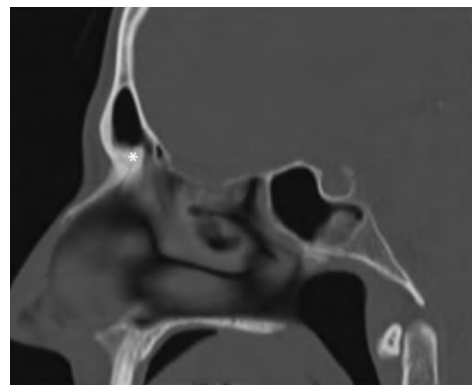


Figure 35 : coupe sagittale d'un bec nasofrontal (*) (Lund et al. 2014)



Figure 36 : coupe sagittale d'un rostrum fronto-septal (étoile) (Eviatar et al. 2018)

Sur des coupes sagittales, il est aussi nécessaire d'identifier un affinement ou des déhiscences focales des parois du sinus frontal, souvent induits par traumatisme chirurgical (36,52).

Remarque : la pneumatisation du septum interfrontal, désignée cellule fronto-septale (FSC) appartient à la classification IFAC traitée ci-après (cf. Classification Internationale Anatomique du sinus Frontal (IFAC 2016)).

2. Toit éthmoïdal

Il est fréquemment observé une inégalité et, surtout, une asymétrie d'obliquité du toit des fosses nasales. On parle d'inclinaison radiologiquement significative à partir de 2mm d'asymétrie (Figure 37 et Figure 38). Cette variante expose à un risque d'effraction de l'étage antérieur de la base du crâne, de fuite du liquide cérébro-spinal voire d'infections intracrâniennes. Un toit bas situé, par extension l'étage antérieur de la base du crâne abaissé, réduit la taille des cavités sinusiennes éthmoïdales et expose également à un risque chirurgical

(15,35,56). Il peut également se retrouver aminci, à la limite de la visibilité radiologique (Figure 38) (35,42,56).

Cinq motifs distincts de forme de fovéa ethmoïdale décrits par Jones *et al.* (57) permettent d'affiner la description radiologique de cette zone (Figure 39).

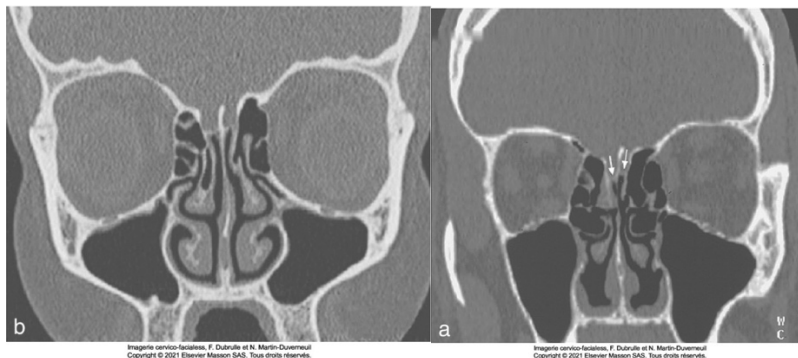


Figure 37 : coupes frontales d'une asymétrie de hauteur (a) et d'une inclinaison du toit ethmoïdal (b) (F. Dubrulle et N. Martin-Duverneuil, 2021)

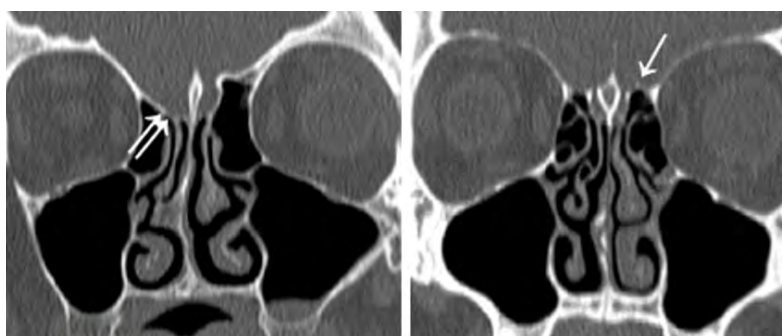


Figure 38 : coupes frontales d'une asymétrie (double flèche, (a)) et d'un amincissement du toit de l'éthmoïde (flèche, (b)) (Lehmann *et al.* 2009)

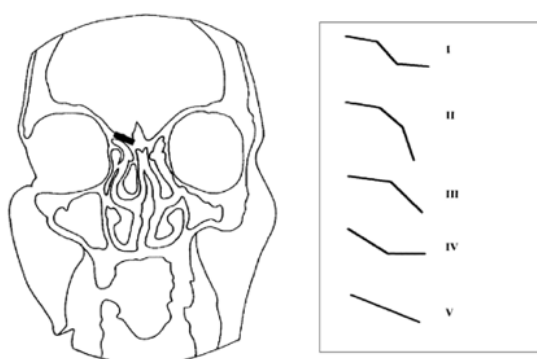


Figure 39 : les différents motifs de fovéa ethmoïdale (Jones *et al.* 2002)

L'artère ethmoïdale antérieure présente un trajet transversal de l'orbite à la cavité nasale en passant par la gouttière olfactive. Elle chemine dans son canal, le plus souvent dans l'épaisseur du toit des fosses nasales (15). Elle risque d'être lésée lors de chirurgie endoscopique dès lors que sa position varie (20,36) ; il convient donc de vérifier si elle présente un revêtement osseux, est procidente ou « pédiculée » et si son trajet est étroitement proche de la base du crâne

(15,18,35). Ces variations dépendent du degré de pneumatisation de la zone (20) ; en présence de cellules supraorbitaires ou d'un récessus supra-bullaire, il a été montré que l'artère, suspendue par une membrane muqueuse, fait son trajet sous le toit des fosses nasales (58).

Selon Souza *et al.* (58), le foramen ethmoïdal antérieur et le sulcus ethmoïdal antérieur sont deux repères anatomiques présents dans presque 100% des coupes CBCT permettant de la localiser (Figure 40, Figure 41 et Figure 42).

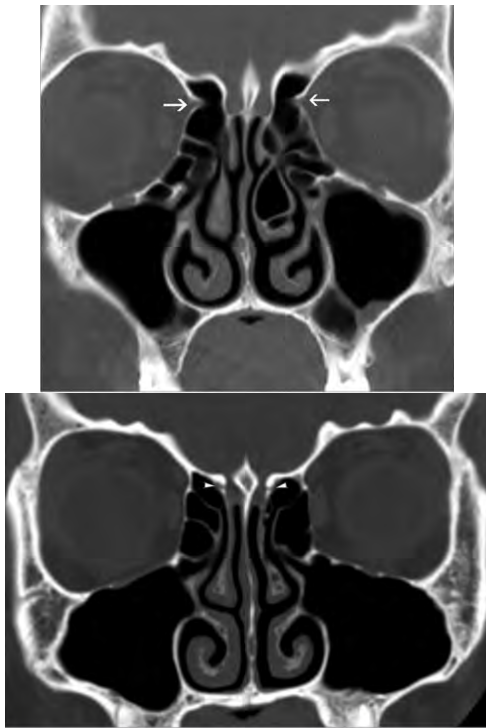


Figure 40 : coupes frontales d'un foramen ethmoïdal antérieur (flèches) et d'un sulcus ethmoïdal antérieur (tête de flèches) (Souza *et al.* 2009)



Figure 41 : coupes frontales montrant les canaux éthmoïdaux antérieurs (flèches) normaux, "osseux" (A) et les deux artères (flèches) pédiculées sans recouvrement osseux (B) (Vaid *et Vaid* 2015)

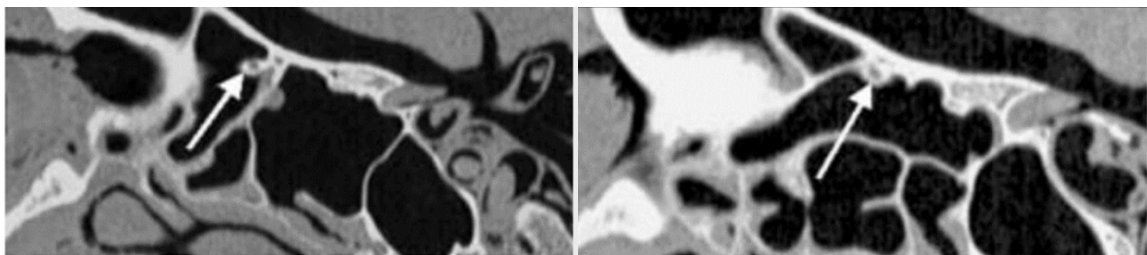


Figure 42 : coupes sagittales du canal ethmoïdal "osseux" pédiculé dans les cellules éthmoïdales (A) et au contact de la base du crâne (B) (Variantes anatomiques des sinus de la face.pdf, Dr Duprès, CHR Mercy)

Keros (59) décrit trois types de gouttière olfactive en 1962 (Figure 43). Sa classification se base sur la profondeur de la lame criblée par rapport au toit de l'ethmoïde, c'est-à-dire sur la paroi latérale de la fosse olfactive. La mesure s'effectue entre le bord interne de la masse latérale de l'ethmoïde et de la lame criblée (lamelle latérale). Lorsque la fosse olfactive est profonde, la lamelle latérale est à risque de traumatisme chirurgical (15,34,35).

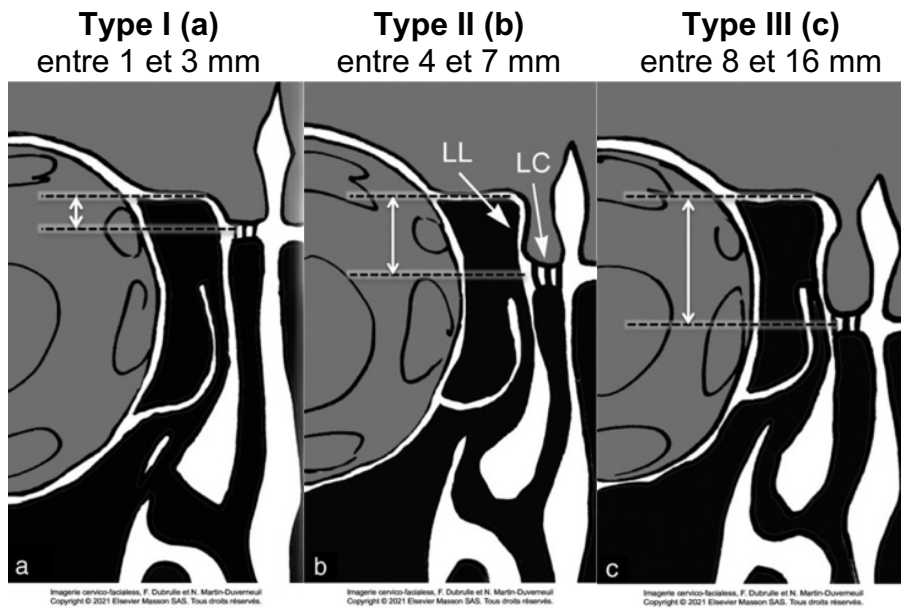


Figure 43 : classification de Keros (F. Dubrulle et N. Martin-Duverneuil, 2021)
 LL : lamelle latérale, LC : lame criblée

3. *Crista galli*

Souvent par extension d'air du sinus frontal, la *crista galli* apparait pneumatisée (Figure 44). Le terme de « *bulla galli* » est décrit par Bolger en 1991 (27). Il arrive qu'elle communique avec le récessus frontal et obstrue son ostium, entraînant, par exemple, des infections chroniques (Figure 45) (18,36,60).

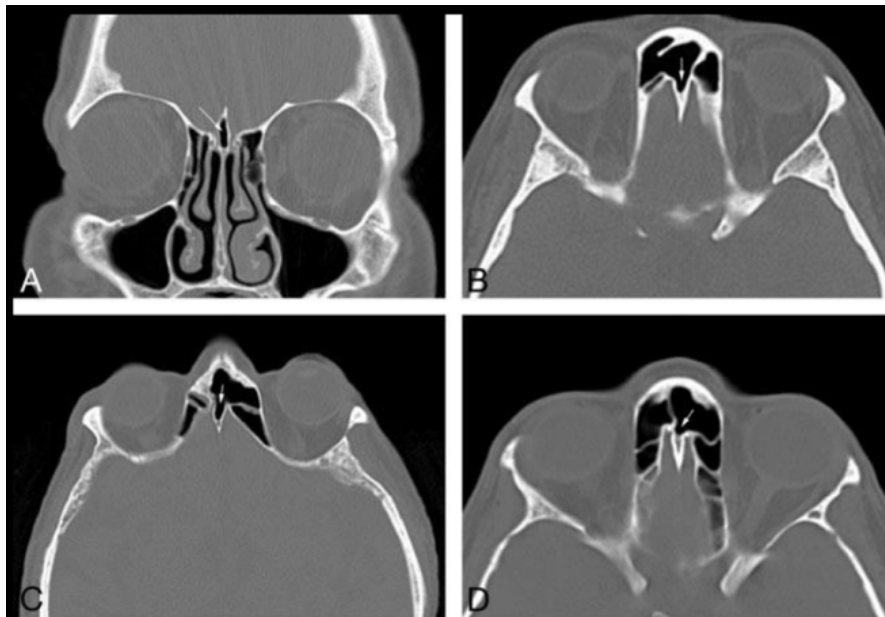


Figure 44 : coupes frontale (A) et axiales (B, C, D) d'une crista galli pneumatisée (Variantes anatomiques des sinus de la face.pdf, Dr Duprès, CHR Mercy, 2019)

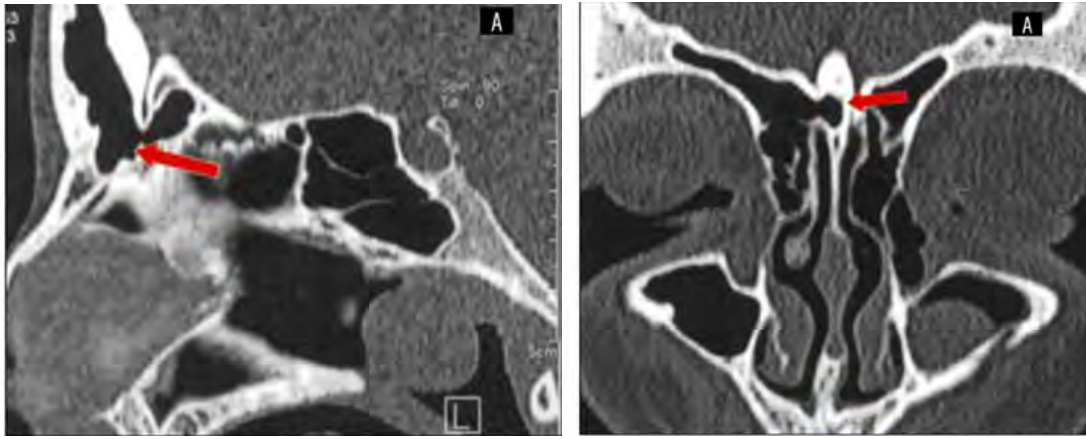


Figure 45 : coupes sagittale et frontale démontrant une connexion (flèche rouge) entre la chambre droite du sinus frontal et la pneumatisation de la crista galli (Poje et al. 2014)

De plus, la position de la base de la *crista galli* est variable et est définie selon la classification de Hajioannou comme suit (Figure 46) (61,62) :

- Type I : la base de la *crista galli* se situe au même niveau que la lame criblée
- Type II : moins de 50% de la taille de la *crista galli* se situe sous la lame criblée
- Type III : plus de 50% de la taille de la *crista galli* se situe sous la lame criblée

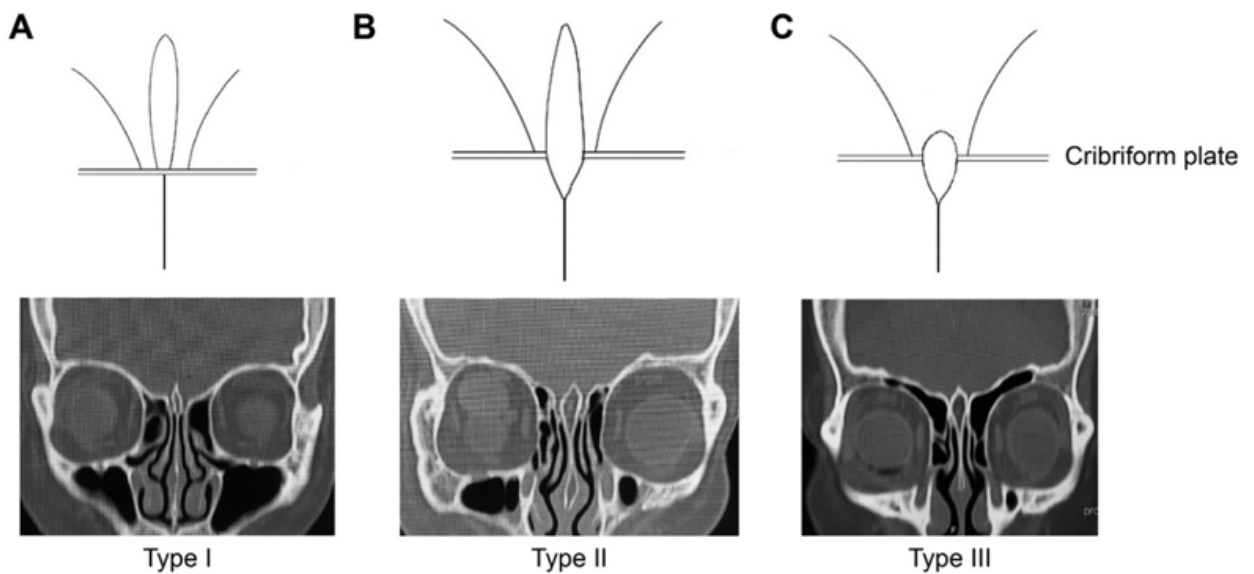


Figure 46 : classification de Hajioannou des variations de position de la crista galli (Akiyama et Kondo, 2020)

B. Masses latérales de l'ethmoïde – partie antérieure

1. Voies de drainage du complexe ostioméatal

a) Voies de drainage du sinus frontal

Il n'y a pratiquement jamais de « canal nasofrontal » (63). Il a été précédemment démontré que l'espace dans lequel le sinus frontal se draine est un récessus : une zone en forme d'entonnoir d'extrémité supérieure étroite correspondant à l'ostium du sinus frontal (Figure 47, Figure 48) (36,55).

Le récessus frontal mesure en moyenne 13 mm de diamètre antéropostérieur (35). Il est formé par le bec nasofrontal (en antérieur) et par les parois d'un certain nombre de cellules. Celles-ci peuvent en affecter la direction, la position, l'orientation et le diamètre : *l'agger nasi*, la bulle ethmoïdale ou des cellules accessoires surnuméraires, inconstantes. Une classification récente a proposé une terminologie internationale commune (cf. Classification Internationale Anatomique du sinus Frontal (IFAC 2016)) (52,55). Cette voie débouche soit dans l'infundibulum ethmoïdal, soit dans le méat moyen, selon l'attache supérieure du processus unciné (52,55,64).

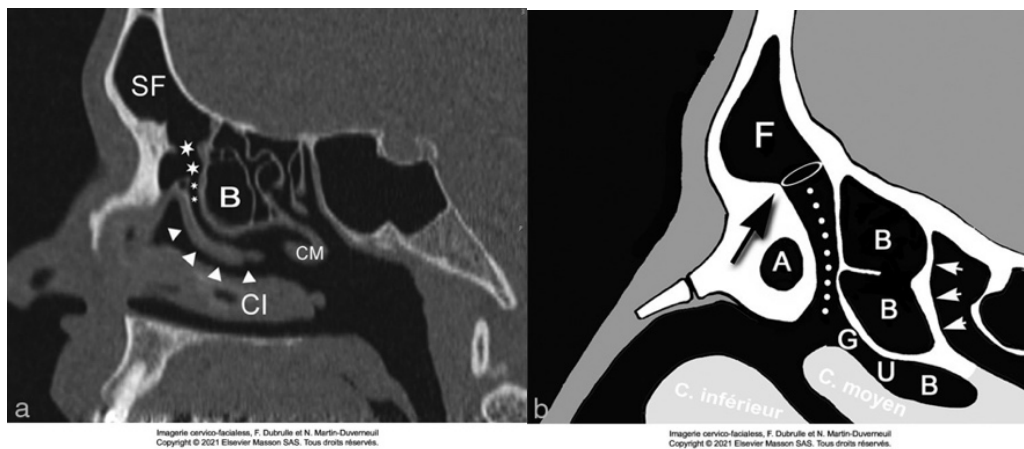


Figure 47 : coupe sagittale (a) et reconstruction schématique (b) des rapports du récessus frontal (Dubrulle et Martin-Duverneuil, 2021)

Légende : (a) Sinus frontal (SF), bulle ethmoïdale (B), cornet moyen (CM), cornet inférieur (CI), canal frontonasal (ligne étoilée) et processus unciforme (têtes de flèches) (b) Sinus frontal (F), son ostium, le bec nasofrontal (flèche noire), le canal frontonasal (ligne pointillée), les cellules de la bulle ethmoïdale (B), l'agger nasi (A), la RC du cornet moyen (flèches courtes) et la gouttière uncibulaire (GUB).



Figure 48 : coupe frontale d'un attachement du PU à la base du crâne. Le récessus frontal se draine latéralement, dans l'infundibulum éthmoïdal (Beale et al. 2009)

b) Classification Internationale Anatomique du sinus Frontal (IFAC 2016)

International Frontal sinus Anatomy Classification, classification consensuelle de 2016 (55) est basée sur plusieurs travaux, dont ceux de Kuhn en 1996 (63) et de Lund *et al.* en 2014 (20). Kuhn est le premier à avoir établi une classification des cellules frontales (36).

Le consensus de Wormald (55) donne une nomenclature plus précise, basée sur la position anatomique de ces cellules ; antérieures, postérieures et médiales aux voies de drainage du sinus frontal (52). Le Tableau 3 fait la comparaison de ces terminologies.

- Les cellules antérieures sont situées en avant. Elles déplacent le drainage en postérieur, médial ou postéro-médial. On retrouve l'*Agger nasi* (ANC), les cellules supra *agger* (SAC) et les cellules frontales supra *agger* (SAFC).
- Les cellules postérieures sont situées autour de la bulle éthmoïdale. Elles déplacent le drainage du sinus frontal vers l'avant : ce sont les cellules supra-bullaires (SBC), les cellules supra-bullaires frontales (SBFC) et les cellules éthmoïdales supraorbitaires (SOEC).
- Les cellules médiales correspondent aux cellules fronto-septales (FSC). Elles déplacent le drainage latéralement et souvent vers l'arrière.

Remarque : les auteurs recommandent d'obtenir des coupes de moins d'1 millimètre chacune de façon à éviter un effet « saccadé » des images dans le logiciel d'analyse. Le praticien doit également pouvoir faire défiler les coupes dans les 3 plans de l'espace simultanément (55).

Localisation	Kuhn 1996 (63)	Lund <i>et al.</i> 2014 (20)	Wormald <i>et al.</i> (IFAC 2016) (55)
Antérieure	<i>Agger nasi</i>	<i>Agger nasi</i>	<i>Agger nasi</i> (ANC)
	Cellule frontale type I et II	Cellule ethmoïdale antérieure	Cellule supra <i>agger</i> (SAC)
	Cellule frontale type III	Cellule fronto-ethmoïdale antérieure	Cellule frontale supra <i>agger</i> (SAFC)
	Cellule frontale type IV		
Postérieure	Bulle ethmoïdale	Bulle ethmoïdale	Bulle ethmoïdale
	Cellule supra-bullaire		Cellule supra-bullaire (SBC)
	Bulle frontale	Cellule fronto-ethmoïdale postérieure	Cellule supra-bullaire frontale (SBFC)
	Cellule supraorbitaire	Récessus supraorbitaire	Cellule ethmoïdale supraorbitaire (SOEC)
Médiale	Cellule interfrontale	Cellule interfrontale	Cellule fronto-septale (FSC)

Tableau 3 : comparaison de terminologies selon les classifications les plus récentes et les plus utilisées (d'après les travaux de thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)

(1) Cellules antérieures

Cellule d'*Agger nasi* (ANC)

C'est la plus constante des cellules ethmoïdales inconstantes, retrouvée dans plus de 95% des cas (65). Elle est la première pneumatisation vue sur coupe tomographique sagittale ou coronale et sert de repère chirurgical (Figure 49) (20,36). Elle est définie par l'IFAC comme une cellule ethmoïdale unique, développée au dépend du processus frontal du maxillaire, antérieure ou antérosupérieure à la portion antérieure du cornet moyen. Elle forme la paroi avant du récessus frontal (35,55).

Son degré de pneumatisation varie et, de fait, joue un rôle important dans la taille des voies de drainage. Hyper-pneumatisée, elle peut rétrécir le récessus frontal et/ou le canal lacrymo-nasal, voire pneumatiser également l'os lacrymal (19,20). Une petite pneumatisation de l'*Agger nasi* est associée à un bec nasofrontal plus proéminent entraînant un rétrécissement de l'ostium, souvent à l'origine de sinusites frontales à répétition (36).

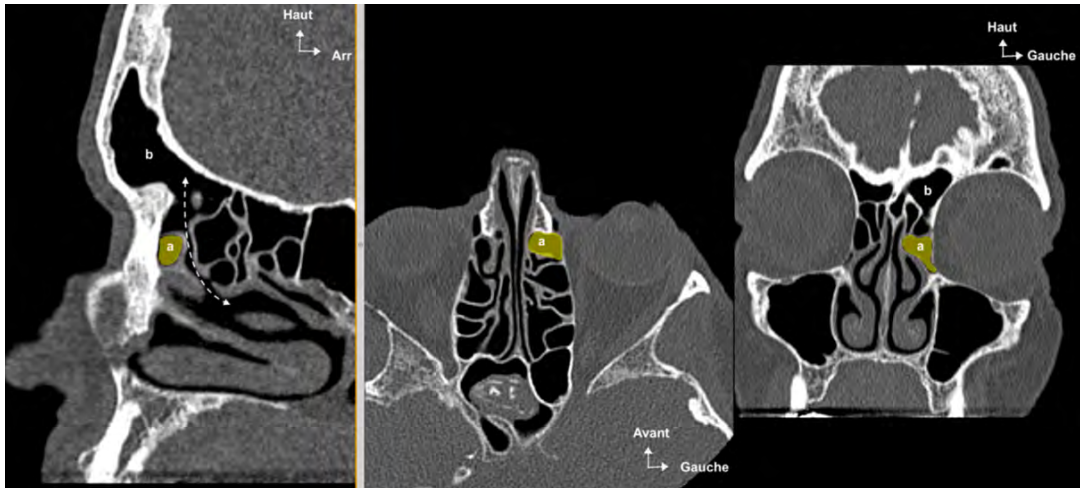


Figure 49 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule d'Agger nasi (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)
 b : sinus frontal, double flèche pointillée : récessus frontal

Cellule supra agger (SAC)

Retrouvée dans 50% des cas (65), la cellule supra agger est une cellule ethmoïdale antéro-latérale, unique ou multiple, située au-dessus de l'ANC derrière le bec nasofrontal. Elle n'atteint pas le plancher du sinus frontal (Figure 50) (52,55).



Figure 50 : : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule supra agger (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)
 b : agger nasi, double flèche pointillée : récessus frontal

Cellule frontale supra agger (SAFC)

La cellule frontale supra agger est une cellule ethmoïdale antéro-latérale retrouvée chez 36% des patients et s'étendant jusqu'au sinus frontal (Figure 51) (55,65). Wormald *et al.* montrent que, selon sa taille, ses rapports anatomiques diffèrent :

- Une petite cellule frontale supra agger reste en contact avec l'ANC et s'étend jusqu'au plancher du sinus frontal, juste au-dessus du bec nasofrontal.
- Une grande cellule frontale supra agger sera plutôt isolée de l'ANC et s'étendra jusqu'au toit du sinus frontal. Elle n'affecte que très peu les voies de drainage (52).

Remarque : il est important de différencier leur degré de pneumatisation car les voies d'abord chirurgical sont différentes ; déterminer si une cellule atteint le sinus frontal se fait sur une coupe tomographique coronale, en cherchant une continuité de l'os au niveau du plancher du sinus (correspondant au bec nasofrontal) (55).

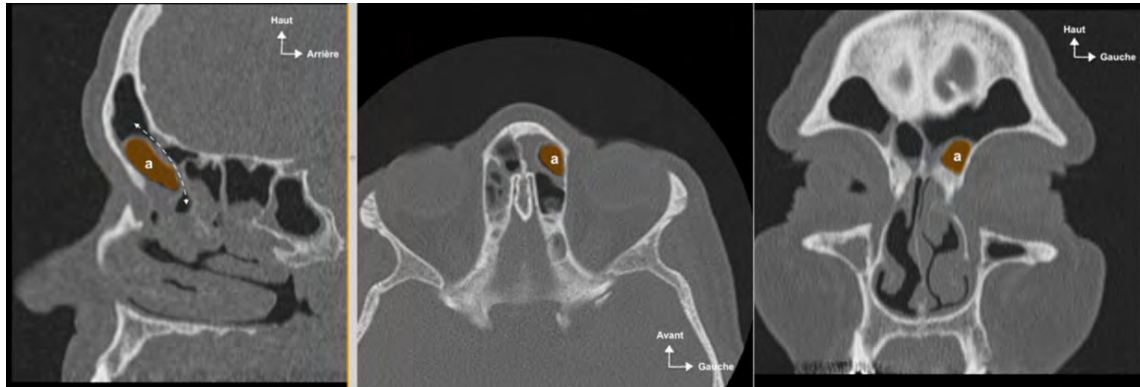


Figure 51 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule frontale supra agger (a), double flèche pointillée : récessus frontal (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)

(2) Cellules postérieures

Bulle ethmoïdale

La bulle ethmoïdale est souvent sur ou sous-développée (19,20,36). En l'absence de pneumatisation, elle n'existe pas. On parle de *torus ethmoïdalis* (19).

Si son développement n'atteint pas la base du crâne, il en résulte la formation d'un récessus supra-bullaire (Figure 52), s'ouvrant en antérieur dans le récessus frontal et souvent traversé par l'artère ethmoïdale antérieure. Le récessus supra-bullaire peut s'étendre en un récessus rétrobulbaire (Figure 52) si la paroi postérieure de la bulle ethmoïdale n'est pas en contact avec la lame basale du cornet moyen. Ils peuvent tout deux être en continuité ou séparé par une lamelle osseuse. Ils étaient nommés *sinus lateralis* dans la littérature mais ce terme a été abandonné (19,20). Ces espaces ne possèdent pas une unique ouverture pour la ventilation ou le drainage et, par conséquent, ne sont pas caractérisés comme des cellules (19).

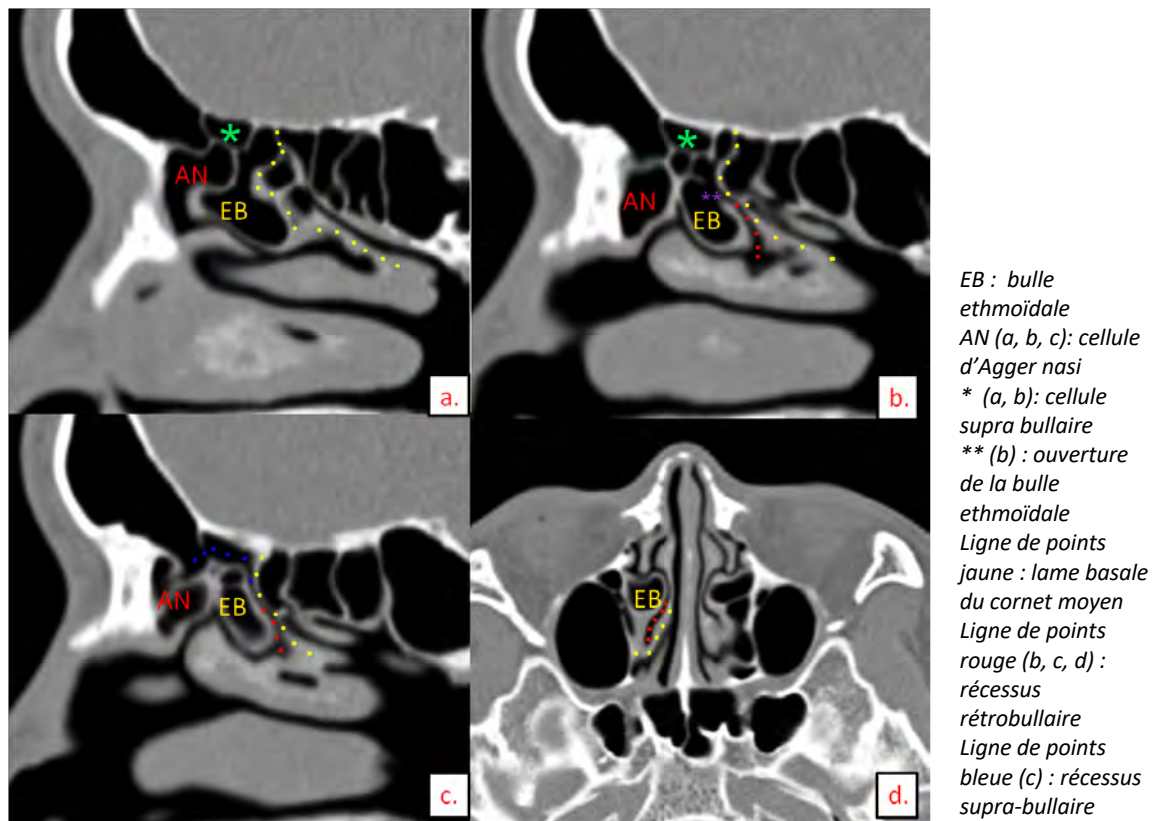


Figure 52 : coupes sagittales (a, b, c) et axiale (d) d'une bulle ethmoïdale (EB) (European Congress of Radiology, Hiyama et al. 2013)

La variante la plus commune de la bulle ethmoïdale est celle d'une cellule unitaire, s'ouvrant dans le hiatus semi-lunaire (ou le récessus rétrobullaire, si présent). Elle communique rarement avec l'infundibulum. Cependant, elle peut aussi se subdiviser en cellules plus petites avec plusieurs ouvertures (15,20,35,66).

L'hyper-pneumatisation de la bulle se définit par une taille supérieure à 10 mm dans le plan axial (Figure 53 et Figure 54) (56). Se développant dans la concavité du cornet moyen, elle peut entraîner l'horizontalisation du processus unciné et/ou compromettre le drainage des sinus maxillaire et frontal en modifiant la forme de l'infundibulum, du hiatus semi-lunaire et du récessus frontal (34,35,48,56).

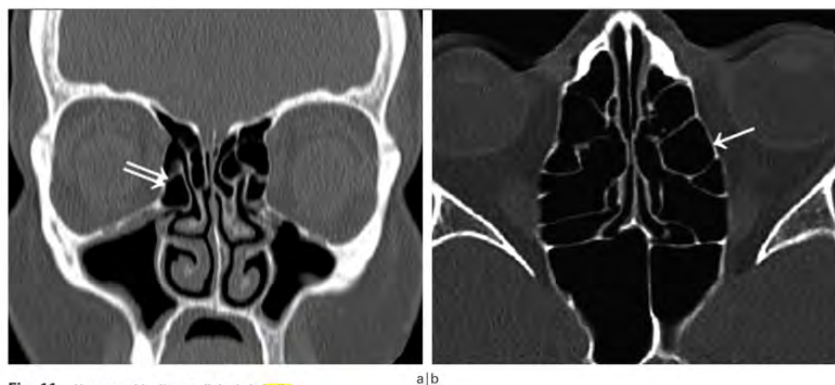


Figure 53 : coupes frontale (A) d'une cellule bullaire hypertrophiée (double flèche) et axiale (B) de cette même cellule (flèche) (Lehmann et al. 2009)



Figure 54 : coupe frontale d'une bulle ethmoïdale élargie (Lund et al. 2014)

Cellule supra-bullaie (SBC)

La cellule supra-bullaie est une cellule ethmoïdale située au-dessus de la bulle ethmoïdale (Figure 55). Elles ont toutes deux leur paroi antérieure presque en continuité. La cellule supra-bullaie ne franchit pas le plancher du sinus frontal (52,55). Elle se retrouve dans 60,8% des cas d'après la récente étude de Fawzi *et al.* (65).



Figure 55 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule supra-bullaie (a)
(thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)

b : bulle ethmoïdale, c : agger nasi, double flèche pointillée : récessus frontal

Cellule frontale supra-bullaire (SBFC)

Présente chez 53% des patients, la cellule frontale supra-bullaire (Figure 56) s'étend le long de la base du crâne vers la région postérieure du sinus frontal. La base du crâne forme sa limite postérieure (52,55,65).



Figure 56 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule frontale supra-bullaire (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)
b : SAFC, c : sinus frontal, double flèche pointillée : récessus frontal

Cellule ethmoïdale supraorbitaire (SOEC)

Les cellules supraorbitaires sont des cellules ethmoïdales antérieures qui s'étendent autour, en avant ou en arrière de l'artère ethmoïdale antérieure et vers le toit de l'orbite, augmentant le risque de lésion artérielle lors de chirurgie endoscopique (Figure 57) (20,36). Ce sont les cellules fronto-ethmoïdales les plus rares (5,5%) (65), variante anatomique se développant comme une extension des récessus frontal ou supra-bullaire (19) : elles forment souvent une partie de la paroi postérieure des sinus frontaux lorsqu'ils sont hyper-pneumatisés (55).

Elles sont plus facilement identifiées sur les coupes coronales et para-sagittales. Sur coupe axiale, elles peuvent être confondues avec une cellule frontale supra-bullaire (55).

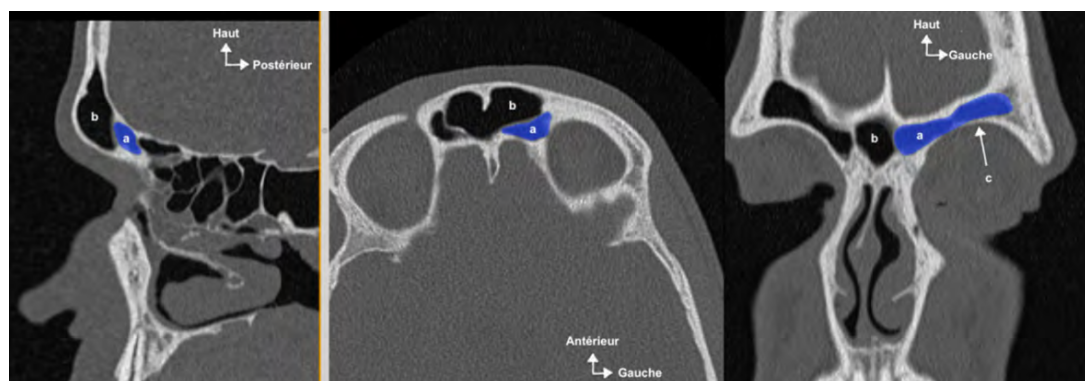


Figure 57 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule ethmoïdale supraorbitaire (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)
b : sinus frontal, c : toit orbitaire

(3) Cellules médiales

Cellule fronto-septale (FSC)

Les cellules fronto-septales sont des cellules médiales développées au niveau de l'ethmoïde antérieur ou de la partie inférieure du sinus frontal en contact ou directement localisées au niveau du septum interfrontal (Figure 58) (55). Leur prévalence est estimée à 8,3% (65).

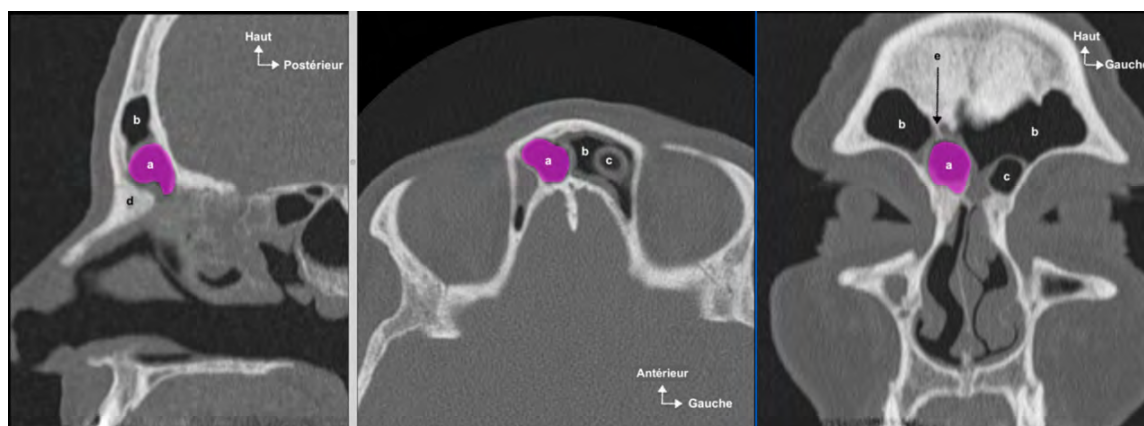


Figure 58 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule fronto-septale (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)

b : sinus frontal c : cellule supra-agger frontale associée ; d : bec nasofrontal ; e : septum interfrontal

c) Voies de drainage du sinus maxillaire

L'ostium du sinus maxillaire est localisé le long de la paroi médiale de son sinus, derrière le conduit lacrymonasal et entre les fontanelles nasales antérieure et postérieure – zones non osseuses, en continuité avec le périoste maxillaire et localisées sous l'insertion du cornet inférieur. Il se draine à la base de l'infundibulum ethmoïdal (12,20,36). Son meilleur plan d'étude est le plan coronal (56).

La communication de l'ostium maxillaire dans l'infundibulum ethmoïdal est la seule voie de drainage physiologique, bien que des déhiscences au niveau de zones non osseuses peuvent survenir ; on parle d'ostium maxillaire accessoire (Figure 59) (20,56). Les ostia maxillaires accessoires sont souvent localisés au niveau des fontanelles, notamment postérieure, derrière l'ostium maxillaire primaire (physiologique). Ils peuvent mesurer jusqu'à 1 centimètre de diamètre (19,20,36). Leur présence n'étant pas directement liée à celle de cloisons dans le sinus mais pouvant être concomitante, ils sont la cause de réentrée de sécrétions sinusiennes drainées par l'ostium physiologique ou de non-drainage de l'aire cloisonnée car ils ne sont pas pris en compte par la fonction muco-ciliaire (18,34). Une récente étude leur donne une prévalence de 40,5% et plusieurs travaux démontrent leur présence plus importante chez des patients souffrant de sinusites chroniques ; cela suggérerait une apparition en conséquence de la

pathologie (67). Par conséquent, il est important de les relier chirurgicalement à l'ostium primaire (36).

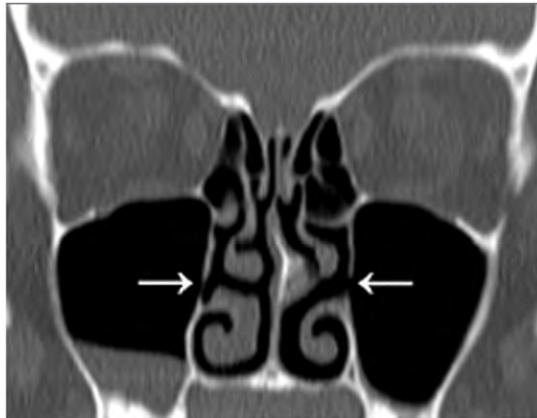


Figure 59 : coupe frontale de deux ostia maxillaires accessoires (flèches blanches) (Lehmann et al. 2009)

d) Cellules de Haller

Avec l'*Agger nasi*, les cellules ethmoïdales infra-orbitaires sont des cellules ethmoïdales inconstantes, plus bas situées que celles de la bulle (Figure 60) et retrouvées au sein des cellules ethmoïdales antérieures (15). Décrites par Haller en 1765, elles se développent dans la paroi osseuse du plancher de l'orbite, au-dessus de l'ostium maxillaire (12,19,56). Leur meilleur plan d'étude est le plan coronal (56). Si hypertrophiées, elles peuvent significativement réduire l'infundibulum ethmoïdal, l'ostium du sinus maxillaire, le méat moyen ou augmenter le risque d'effraction orbitaire en chirurgie endoscopique (20,48,56).

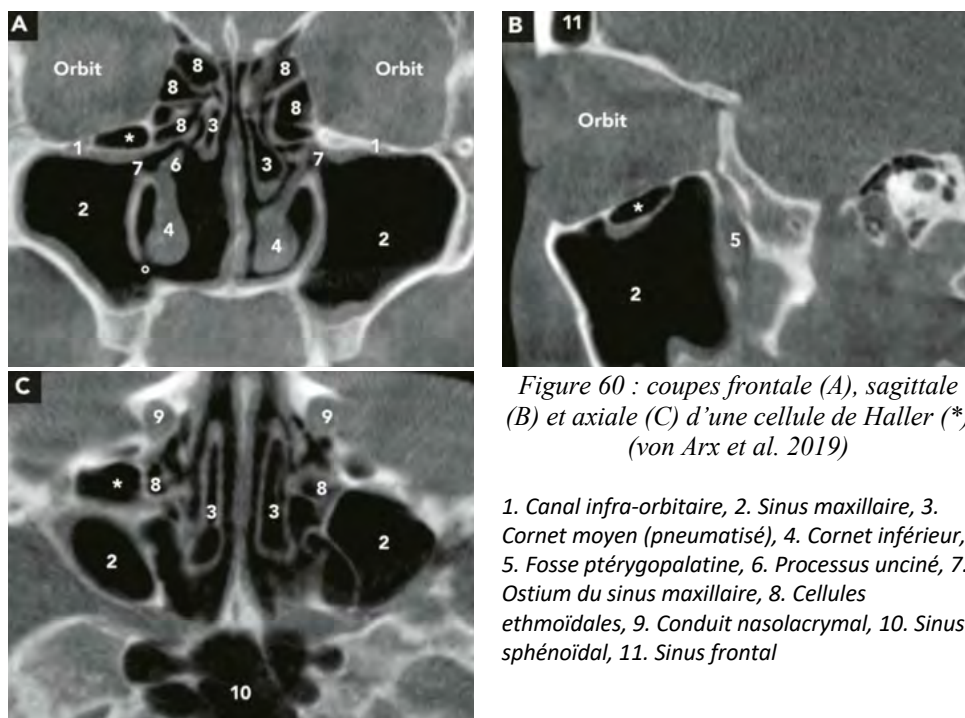


Figure 60 : coupes frontale (A), sagittale (B) et axiale (C) d'une cellule de Haller (*) (von Arx et al. 2019)

1. Canal infra-orbitaire, 2. Sinus maxillaire, 3. Cornet moyen (pneumatisé), 4. Cornet inférieur, 5. Fosse ptérygopalatine, 6. Processus unciné, 7. Ostium du sinus maxillaire, 8. Cellules ethmoïdales, 9. Conduit nasolacrimal, 10. Sinus sphénoïdal, 11. Sinus frontal

e) **Hiatus semi-lunaire et infundibulum ethmoïdal**

Espace arciforme séparant le processus unciné et la bulle ethmoïdale, le hiatus semi-lunaire possède une composante verticale antérieure et horizontale postérieure mais une grande variabilité morphologique de sa taille et de son degré de courbure, décrite en 2014 par Dahlstrom et Olinger (12,19,68). Il forme l'entrée de l'infundibulum ethmoïdal ou gouttière uncibulaire (12).

Leur taille est liée aux variations des structures adjacentes. Lorsque rétréci, Lund *et al.* parlent d'infundibulum atelectasique (20,35,53).

2. **Processus unciné de l'ethmoïde**

a) **Variation d'attache supérieure du processus unciné**

Lame osseuse orientée sagittalement, le processus unciné de l'ethmoïde (PU) se dirige en bas et en arrière et contribue au bord inférieur du hiatus semi-lunaire (15,17).

Il existe plusieurs variantes décrites concernant son insertion supérieure (par ordre de fréquence) : la lame papyracée, la base du crâne ou le méat moyen (12,69). Cette variation a été étudiée par Landsberg et Friedman qui l'ont classifiée en 6 types, illustrés ci-après (Figure 61) (70,71) :

- Type I : insertion au niveau de la lame papyracée
- Type II : insertion au niveau du mur postéro-médial des cellules d'*Agger nasi*
- Type III : insertion au niveau de la lame papyracée et à la jonction cornet moyen – lame criblée
- Type IV : insertion au niveau de la jonction cornet moyen – lame criblée
- Type V : insertion au niveau de la base du crâne
- Type VI : insertion au niveau du cornet moyen

Ces insertions modifient le trajet de drainage du sinus frontal : il s'effectuera en médial ou en latéral du PU (35,71). L'insertion de type I est la plus fréquente (70). Dans ce cas, elle forme un récessus terminal, séparant l'infundibulum du récessus frontal et permettant le drainage directement dans le méat moyen (Figure 62) (20). Sinon, l'infundibulum et le récessus frontal seront en continuité (Figure 48) (70–72). Ces variations d'attache impactent donc la taille de l'ostium et du bec frontal (52,55,64). Par extension, la partie supérieure de la gouttière uncibulaire s'en trouve impactée.

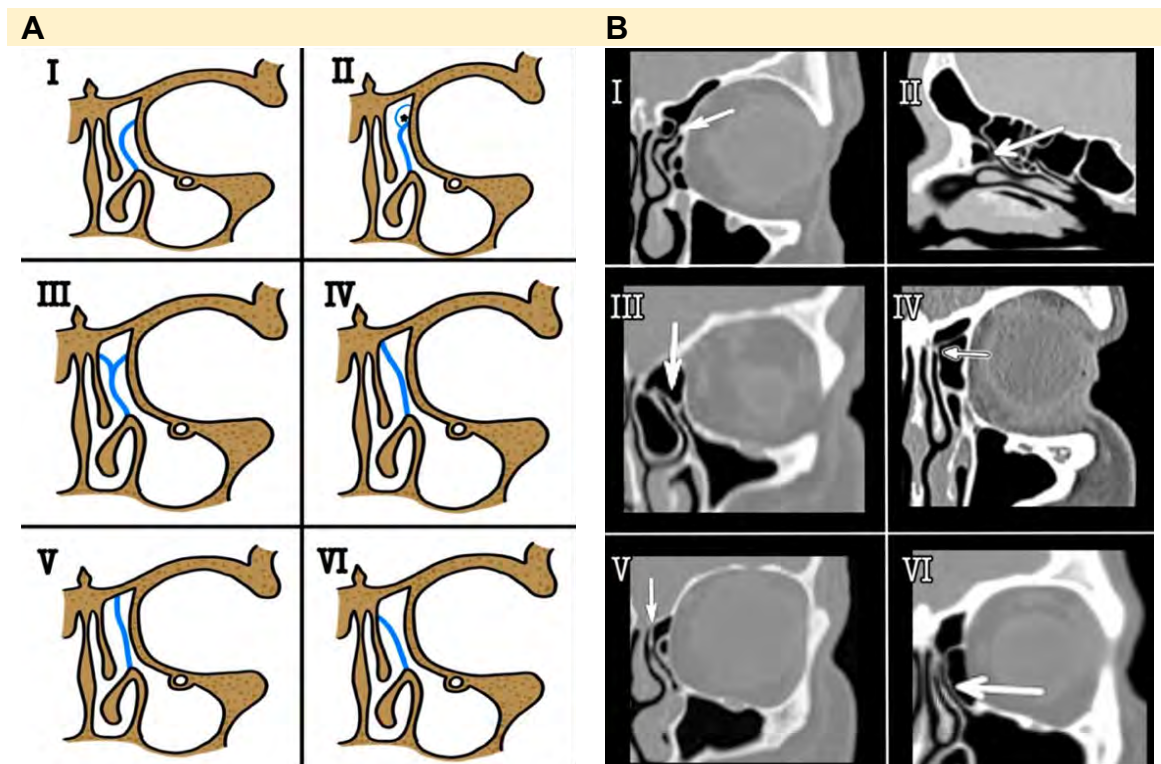


Figure 61 : schémas (A) et coupes associées (B) des 6 types d'attache supérieure du processus unciné (A, traits bleus, B flèches) selon Landsberg et Friedman (Calvo-Henriquez, 2022)
 (*) cellule d'agger nasi

b) Pneumatisation du processus unciné

Bolger décrit la pneumatisation du PU et en suggère plusieurs degrés ; d'une simple cellule à une pneumatisation étendue, ou bulle uncinée, elle se forme par extension de la cellule d'Agger nasi dans la partie antérosupérieure du PU et peut s'étendre à toute la pièce osseuse (Figure 63) (73). Elle peut être uni ou bilatérale (Figure 64) (35). Entraînant une augmentation du volume osseux, elle est associée à un risque de diminution de la ventilation sinusienne des régions adjacentes (34).



Figure 62 : coupe frontale d'un récessus terminal (*) (Lee et al. 2004)

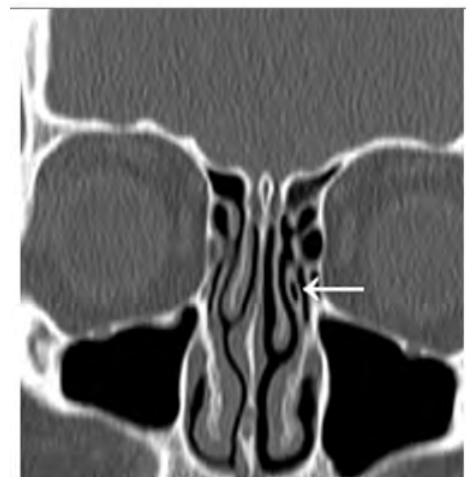


Figure 63 : coupe frontale d'un processus unciné gauche pneumatisé (flèche) (Lehmann et al. 2009)

c) Déviations de l'extrémité libre du processus unciné

L'extrémité libre du processus unciné – correspondant à sa partie postérieure, peut présenter des déformations en forme de crochet appelée « anomalie de déflexion » (Figure 67) ou s'hypertrophier, occultant parfois le cornet moyen (Figure 66) (34,56,74). Quelques cas de processus unciné bifides (Figure 65) ont été recensés mais restent rares (69).

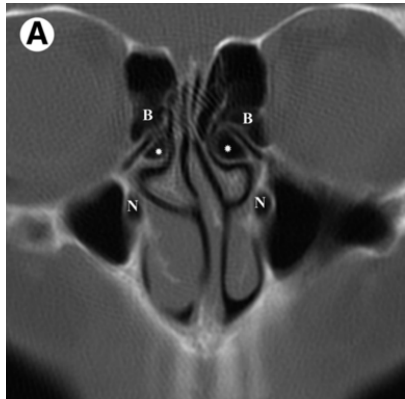


Figure 64 : coupe frontale d'une pneumatisation bilatérale (*) des processus uncinés (Beale et al. 2009)

B : bulle ethmoïdale

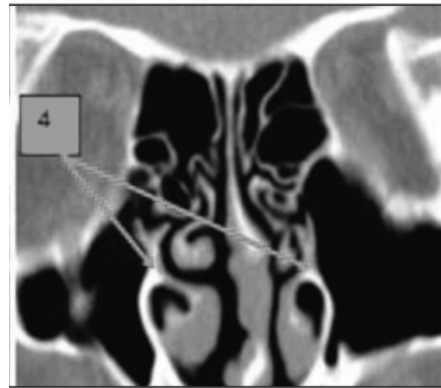


Figure 65 : coupe coronale des processus uncinés bifides droite et gauche (4) (Baldea et al. 2012)

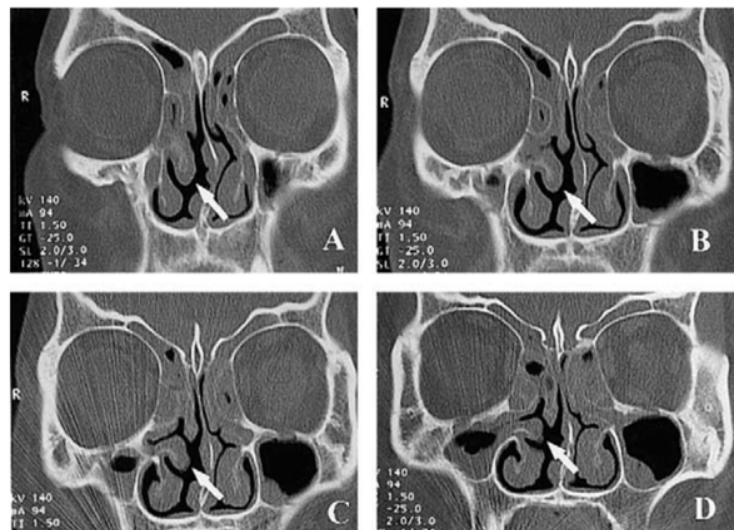


Figure 66 : coupes d'un processus unciné hypertrophié (flèche) mimant le cornet moyen droit (Chao 2005)

Il existe plusieurs anomalies de déflexion et donc parfois d'attachement aux structures osseuses avoisinantes. La plus couramment rencontrée est une courbure de l'extrémité en mésial vers le cornet moyen (Figure 67), nommée parfois cornet moyen accessoire (24,38).

Une orientation horizontale ou verticale (aussi décrite comme une latéralisation) sera dictée par les structures adjacentes ; une horizontalisation sera presque toujours associée à une bulle ethmoïdale élargie (Figure 69) (35,56). Les déviations latérales peuvent être favorisées par des anomalies des cornets moyens ou du sinus maxillaire (18,34,53,56) : une hypoplasie du processus unciné lui-même, une hypoplasie du sinus maxillaire, un syndrome du sinus silencieux

ou une atelectasie maxillaire chronique (cf. Sinus maxillaires). Dans ce cas, le PU fusionnera plus bas, à la jonction du plancher orbitaire et de son mur mésial (coin inféro-interne) (Figure 68). Une obstruction de l'infundibulum est alors à envisager (26,34,35,75).



Figure 67 : coupe coronale d'un processus unciné droit en « crochet » comparé au gauche normalement positionné (Beale et al. 2009)



Figure 68 : coupe coronale d'une anomalie de déflexion (double tête de flèche) (Lehmann et al. 2009)



Figure 69 (à gauche) : coupe coronale d'un processus unciné horizontalisé (3) associé à une bulle ethmoïdale (5) élargie. PU normal (4) (Baldea et al. 2012)

Remarque : la coupe coronale est la plus indiquée pour l'étude du processus unciné (56). Cependant, Landsberg et Friedman ont aussi montré que sur une coupe frontale habituellement réalisée – c'est-à-dire perpendiculaire au plan palatin, et parce que le PU a une forme oblique postéro-inférieure à antérosupérieure, il n'est pas possible d'y voir son extension complète sur une seule section (Figure 70) (70).

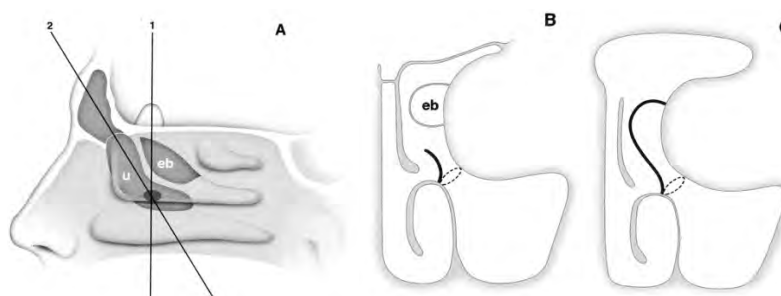


Figure 70 : (A) section sagittale schématique montrant un plan de coupe vertical standard (1) et sa section coronale correspondante (B), ainsi qu'une coupe oblique (2) et sa section coronale correspondante (C) (Landsberg et Friedman, 2001) eb : bulle ethmoïdale

3. **Lame orbitaire**

La lame orbitaire ou papyracée est très fine (20). Elle forme la paroi latérale des sinus ethmoïdaux, les séparant de l'orbite. De petits défauts osseux corticaux y sont parfois observés (Figure 71) mais sont sans signification clinique. D'autres, plus larges (Figure 72), sont à relever afin d'éviter toute blessure chirurgicale (36).

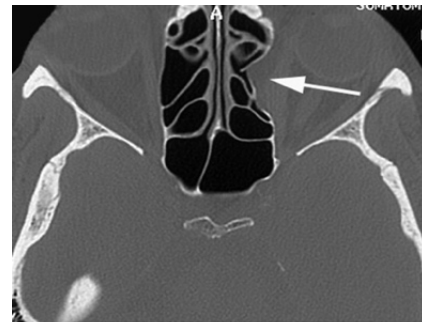
D'origine traumatique, congénitale ou iatrogène, une déhiscence de la lame orbitaire intervient majoritairement dans la partie antérieure, en avant de la RC du cornet moyen (56,76). Son meilleur plan d'étude est le plan axial (56) ; elle se traduit par une hernie du contenu orbitaire (graisseux ou musculaire) au sein des cavités ethmoïdales antérieures (15,76). Elle est associée à une diminution de la taille des cellules bullaires adjacentes, amenant à un risque d'effraction intra-orbitaire ou basi-crânienne (15,34,53,56).

Habituellement, sur coupes tomographiques coronaires, la lame orbitaire est alignée sur un même plan sagittal avec l'ostium du sinus maxillaire ; une hypoplasie de l'ethmoïde ou du sinus maxillaire peut mésialiser la position de la lame papyracée (Figure 71), prédisposant également à des lésions orbitaires (36).



Figure 71 (en haut) : coupes coronale (B) et axiales (A et C) d'une déhiscence de la lame orbitaire focale (A et B) et d'une mésialisation de la lame papyracée (C) (Vaid et Vaid 2015)

Figure 72 (à droite): coupe axiale d'une déhiscence de la lame orbitaire étendue (F. Dubrulle et N. Martin-Duverneuil, 2021)



C. Sinus maxillaires

1. Cloisonnement intra-sinusal

En 1910, Underwood (77) publie une description détaillée de l'anatomie du sinus maxillaire, démontrant la présence de cloisons internes aux formes et dimensions variées (78) : linéaires ou curvilignes avec une hauteur moyenne de 7,5 mm (26,79). Plusieurs auteurs considèrent que pour être décrit comme tel, un septum interne maxillaire doit avoir une dimension supérieure à 2,5 mm ; plus courts, il sera plutôt considéré comme une « crête » (Figure 73). Leur orientation est majoritairement vestibulo-palatine (transversale) se dirigeant vers le haut, sinon mésio-distale (sagittale) ou horizontale dans les plus rares cas (Figure 73 et Figure 74) (26,80).

La localisation des septas est également variable : osseux ou fibreux, ils présentent deux origines différentes, développementale ou acquise, liées à la présence ou non de dents sur l'arcade. Un septum primaire, d'origine congénitale, peut se développer dans toute la région du sinus maxillaire. Un septum secondaire (acquis) est le résultat consécutif à une perte dentaire. Il représente l'os résiduel de chaque côté d'une perte alvéolaire localisée (Figure 73). Les septa retrouvés dans le maxillaire édenté sont plus courts que ceux présents chez les patients dentés (21,26,36,78). Un nombre significativement plus important a été retrouvé à l'intérieur des sinus atrophiques ; il a été suggéré que leur présence permettait un renfort de la structure sinusienne et des fonctions masticatrices (34,80).

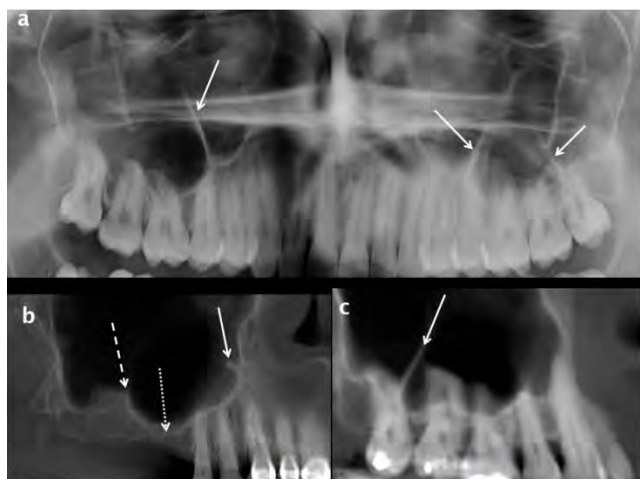


Figure 73 : coupes panoramique (a et c) et sagittale oblique (b) de septas (a et c) et de crêtes (b) intra-sinusiens maxillaires (Whyte et Boeddinghaus 2019)



Figure 74 : coupe sagittale d'une cloison de refend (flèche blanche) (thèse du Dr Antoine Vadrot 2017)

Ces septa divisent le sinus maxillaire en compartiments peu ou pas communicants ; les septas complets n'ont été observés que dans 0,3% des cas, entraînant potentiellement la présence

d'un ostium accessoire et affectant son drainage. Plusieurs septa peuvent saillir au sein d'un même sinus et/ou de façon bilatérale (Figure 75) (18,21,36,78,80).

Avec une prévalence de 28,4% selon l'analyse systématique de Pommer *et al.*, c'est la variation du sinus maxillaire la plus fréquemment rencontrée. La méthode de choix pour les observer est le CBCT, contrairement à l'OPT créant une majorité de faux ou de non-diagnostics, les septas ayant une orientation sagittale pouvant ne pas être visibles (78,80).

De plus, il a été montré que 1/5 sont associés à la présence de cellules de Haller ou à une protrusion du canal infra-orbitaire (Figure 76 et Figure 79) (20,26,36).

Leur présence peut compliquer les interventions chirurgicales ; il a été rapporté dans la littérature qu'ils peuvent interférer avec des procédures endoscopiques telles que l'extraction d'un corps étranger, d'une muqueuse pathologique ou de restes radiculaires dentaires ou augmenter le risque de perforation de la muqueuse lors d'une élévation chirurgicale du plancher sinusien (26,34). A ce titre, lors de la planification, il est essentiel d'en connaître les caractéristiques ; elles peuvent engendrer la modification de la fenêtre d'accès chirurgical, le changement de la position de l'implant ou entraîner l'impossibilité de réaliser une greffe osseuse (80). Une classification des septas a été proposée par Wen *et al.* (79) associant leur localisation, nombre, orientation et taille ainsi que les niveaux de difficultés chirurgicales conséquents. Une approche thérapeutique est suggérée pour chaque catégorie. Une modification a été proposée en 2022 par Schiller *et al.* ajoutant un niveau de difficulté supplémentaire (81).

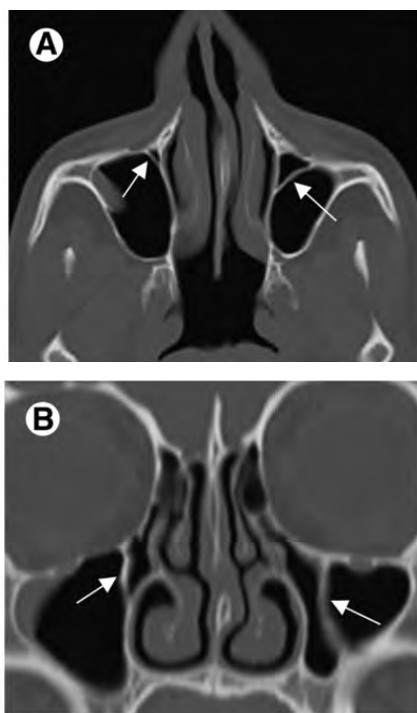


Figure 75 : coupe axiale (A) et coronale (B) de septas intra-sinusiens maxillaires complets et bilatéraux (Beale *et al.* 2009)

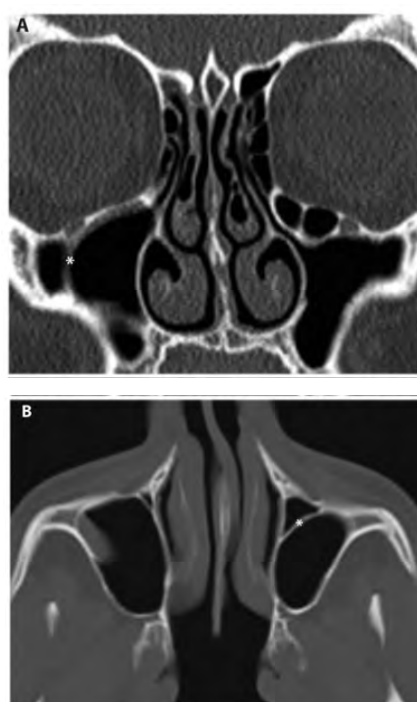


Figure 76 : coupe frontale (A) et axiale (B) d'une cloison de refend (*) impliquant le canal infra-orbitaire (Lund *et al.* 2014)

2. Variations de pneumatisation du sinus maxillaire

Le volume d'un sinus maxillaire est de 150mm^3 avec un écart de 100 à 250mm^3 . Son meilleur plan d'étude est le plan coronal. Outre ces valeurs moyennes, les variations de taille et de volume sont fréquentes et résumées dans le Tableau 4 ci-dessous. Les sinus peuvent être normaux, petits (hypoplasique), gros (mégasinus, pneumocèle) ou, très rarement, aplasique. Occasionnellement, leur taille change au cours du temps ; on parle de *pneumosinus dilatans* pour un élargissement. Une réduction peut être secondaire à une atélectasie chronique ; le plus souvent une atélectasie maxillaire chronique (AMC) ou un syndrome du sinus silencieux (SSS) (26,56,75).

	Sinus diminué	Sinus élargi
Étiologie congénitale	Développement incomplet Ex : Hypoplasie du sinus maxillaire (HSM) : Figure 77	Hyper-pneumatisation Ex : Mégasinus
Étiologie acquise	Sinus rétracté Ex : Syndrome du sinus silencieux / atélectasie maxillaire chronique (Figure 77) Réduction de volume par épaissement des parois osseuses (Figure 79) Processus inflammatoire chronique	Sinus expansif Ex : Pneumosinus dilatans

Tableau 4 : variations anatomiques du sinus maxillaire (26,75) (d'après de Dorlodot et al. 2017)

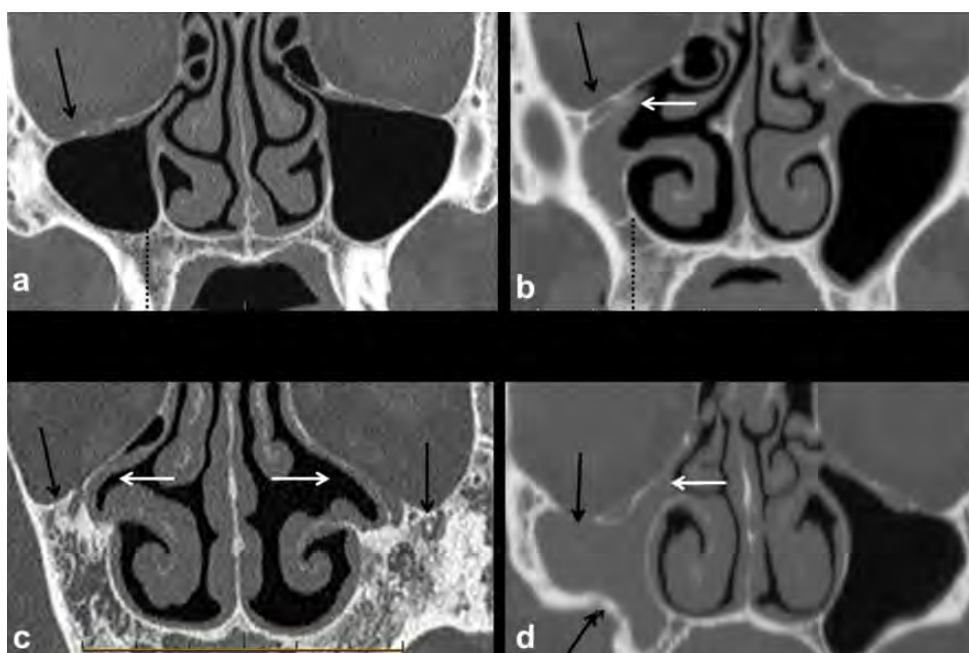


Figure 77 : coupes coronales d'un sinus maxillaire hypoplasique de type I (a), de type II (b), aplasique (c) et d'une atélectasie du sinus maxillaire (d) (Whyte et Boeddinghaus, 2019)

Flèche noire : dépression orbitaire droite, flèche blanche (a, b, c) : PU droit hypoplasique et latéralisé et PU gauche absent (c), flèche blanche (d) : infundibulum rétréci et occlus, ligne pointillée noire : asymétrie de hauteur des processus alvéolaires

Hypoplasie et aplasie du sinus maxillaire

Pour un sinus maxillaire de taille normale, le plancher sinusien est localisé sous le niveau de la cavité nasale. *A contrario*, lors d'une hypoplasie du sinus maxillaire, il sera supérieur (Figure 78) (22). L'aplasie quant à elle, est une anomalie congénitale extrêmement rare (Figure 77) (21,82).

Les principales caractéristiques d'imagerie d'une HSM sont (26) :

- une réduction globale de toutes les dimensions et de tout le volume sinusien,
- une augmentation de hauteur du processus alvéolaire,
- une paroi médiale du sinus latéralisée,
- un élargissement compensatoire de la cavité nasale.

Bolger (83) proposa une classification des degrés d'hypoplasies sinusiennes maxillaires (Tableau 5, Figure 77).

	Degré de diminution du volume sinusien	Aspect du PU	Aspect de l'infundibulum
Type I	Légère	Normal	Normal
Type II	Légère à modérée	Hypoplasique/absent	Diminué/absent
Type III	Élevée	Absent	Absent

Tableau 5 : classification des types d'hypoplasies sinusiennes proposée par Bolger et al. 1990 (83)

Selcuk (84) énumère par la suite quelques-unes des variations associées : un élargissement orbitaire, un épaissement osseux des parois sinusiennes, l'élévation de la fosse canine ou encore la présence d'un sinus ethmo-maxillaire (cf. Cellules ethmoïdales postérieures). La position de la lame papyracée (paroi orbitaire mésiale) est médialement décalée de façon proportionnelle au degré d'hypoplasie. Ajouté à un potentiel abaissement du plancher orbitaire (15), cela représente un risque d'effraction orbitaire majoré lors de chirurgies endoscopiques et sinusiennes. De plus, l'ostium maxillaire est, dans ces cas, plus difficile à identifier (26,36,76).

L'étude de Orhan *et al.* en 2013 fait une corrélation entre déviation du septum nasal et hypoplasie du sinus maxillaire ipsilatéral. De plus, l'HSM est souvent retrouvée dans plusieurs syndrome crâniofaciaux (Apert, Crouzon, Treacher Collins) (34,82). Dans les plus sévères, le processus unciné est souvent hypoplasique, latéralement déplacé voire absent et par conséquent, il en est de même pour l'infundibulum, augmentant la fréquence d'une opacification chronique du sinus (Figure 80) (26). Cette variation est, de fait, souvent confondue avec une sinusite chronique (34).

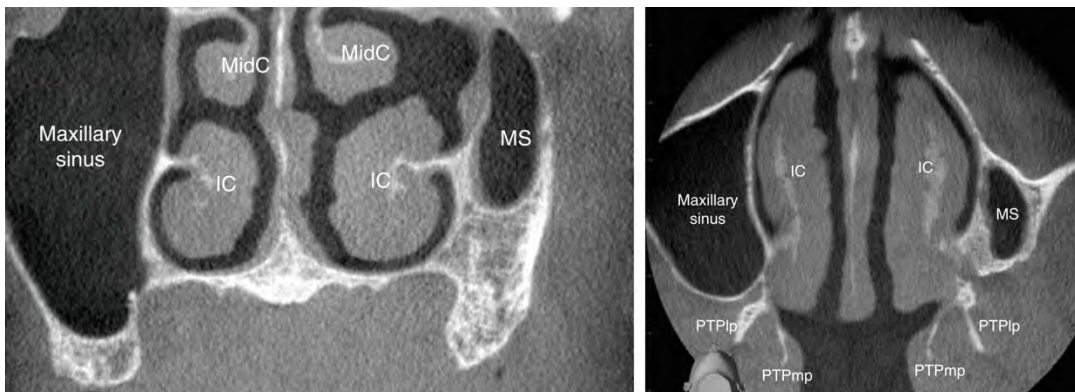


Figure 78 : coupes coronale (gauche) et axiale (droite) d'une HSM droite (von Arx et Lozanoff, 2017)
 MS : sinus maxillaire, MidC : cornet moyen, IC : cornet inférieur, PTP : processus ptérygoïde (lame latérale lp, lame médiale mp)

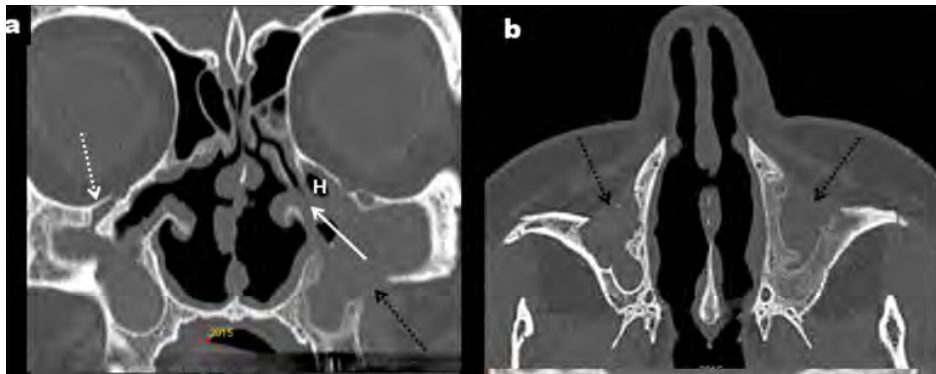


Figure 79 : coupes frontale (a) et axiale (b) de parois sinusiennes maxillaires épaissies à la suite d'une procédure de Caldwell-Luc (flèches noires) et d'une dépression du plancher orbitaire (flèche blanche pointillée). H : cellule de Haller. (Whyte et Boeddinghaus, 2019)



Figure 80 : coupe frontale d'une HSM droite (*) associée à une hypoplasie du processus unciné (**) (Lund et al. 2014)

Syndrome du sinus silencieux (SSS), Atélectasie maxillaire chronique (AMC)

Depuis leur apparition dans la littérature en 1994 et 1997, plusieurs auteurs se demandent si les termes « Syndrome du sinus silencieux » et « Atélectasie maxillaire chronique » sont vraiment deux entités pathologiques différentes. Elles sont décrites toutes deux comme des entités cliniques rares caractérisées par une implosion du sinus maxillaire associée ou non à des symptômes naso-sinusiens et se compliquant parfois en une énoptalmie homolatérale (par abaissement du plancher orbitaire (15)). D'après les travaux de de Dorlodot *et al.* (Tableau 6), il

semblerait que le SSS soit un grade III d'ACM, classification proposée par Salman *et al.* en 1997 (75,85). Leurs étiologies et pathogénèse restent encore méconnues, plusieurs théories sont à ce jour proposées.

	ACM grade I	ACM grade II	ACM grade III	SSS
Enophtalmie	Absente		Présente	
Réduction volume sinus maxillaire	Déformation membranaire radiologique	Déformation osseuse radiologique	Réduction radiologique du volume avec répercussions cliniques	
Symptômes de sinusites, douleurs faciales	Absents ou présents			Absents

Tableau 6 : critères diagnostiques d'une atélectasie maxillaire chronique et d'un syndrome du sinus silencieux (de Dorlodot *et al.*, 2017)

Les caractéristiques pathognomoniques observables sur CBCT (Figure 77 et Figure 81) sont une rétraction des parois sinusiennes, l'abaissement du plancher orbitaire, une diminution du volume maxillaire et une augmentation du volume orbitaire. Sont fréquemment associés une déviation septale ipsilatérale, un élargissement du méat moyen et parfois la latéralisation du cornet moyen (75).

Remarque : Whyte et Boeddinghaus (26) relèvent l'absence d'augmentation de hauteur du processus alvéolaire (comparaison réalisée entre les images a, b et d : Figure 77) comme un point supplémentaire à l'identification d'un SSS/ACM car soulignant le fait que pour ces deux phénomènes, le maxillaire est complètement développé (75).



Figure 81 : coupes frontale (gauche et droite) et axiale (milieu) d'une opacité maxillaire droite (gauche), d'un abaissement du plancher orbitaire (***) , d'une déviation septale associée et d'un cornet moyen latéralisé (de Dorlodot *et al.* 2017, Lund *et al.* 2014)

Élargissement sinusien

Comme les autres sinus, le sinus maxillaire peut présenter un tableau d'hyper-pneumatisation (Figure 84) : du mégasinus au *pneumosinus dilatans*, s'il s'expand en dehors de ses limites habituelles (18,53). On observe une extension palatine sous les cavités nasales atteignant la suture palatine médiane (Figure 82) (86). Seule une fine épaisseur de muqueuse sépare l'antre maxillaire des apex et prédispose donc à des sinusites d'origine dentaire récurrentes et des risques plus accrus de communication bucco-sinusiennes lors d'extraction dentaires (36).

Un rapport de cas de 2014 fait cas d'un potentiel unique sinus hyper-pneumatisé avec extension palatine allant jusqu'à la communication entre les deux par un canal que les auteurs ont nommé « canal maxillaire » (Figure 83) (87).

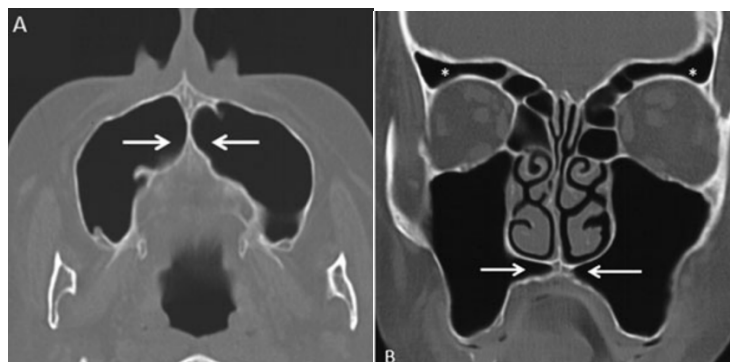


Figure 82 : coupes axiale (A) et coronale (B) d'une hyper-pneumatisation bilatérale des sinus maxillaires (flèches) (de Oliveira et al. 2013)

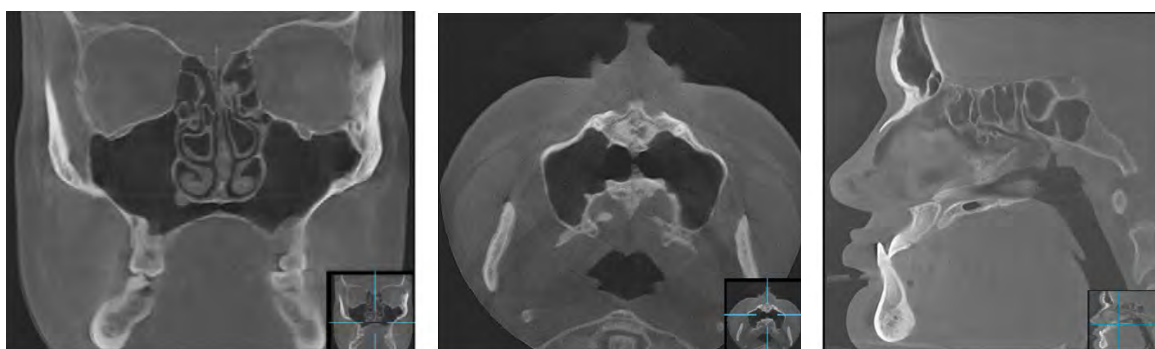


Figure 83 : coupes frontale (gauche), axiale (milieu) et sagittale (droite) d'une hyper-pneumatisation bilatérale des sinus maxillaires avec communication par le canal maxillaire (Nelke et al. 2014)

3. Contingents vasculo-nerveux du sinus maxillaire

Canal infra-orbitaire (CIO)

Le toit du sinus forme la majeure partie du plancher orbitaire et est traversé par le canal infra-orbitaire qui peut être déhiscent (20). Il contient le nerf (NIO) et les vaisseaux infra-orbitaires (branche du V₂) et peut parfois s'apparenter davantage en une cannelure ou un pseudo-canal (Figure 86) (88).

Lantos *et al.* (89) ont été les premiers, dans leur revue systématique, à calculer la prévalence de la protrusion du NIO dans le sinus maxillaire, révélant qu'il ne s'agit pas d'une variante rare (10,8 %) et qu'elle peut même être bilatérale (5,6%) (Figure 84) (26,34). Ference *et al.* (90) proposent une classification selon le degré de protrusion (Tableau 7).



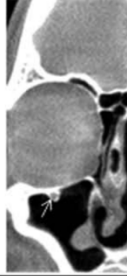

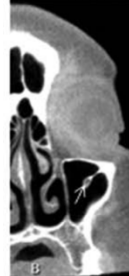

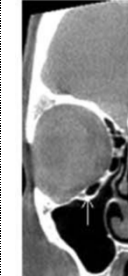
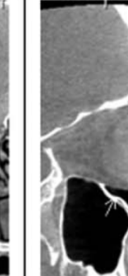
Type 1		Type 2		Type 3		Type 4	
NIO entièrement contenu dans le toit du sinus		NIO suspendu sous le toit mais lui reste juxtaposé		NIO descend sous le toit à l'intérieur d'un septum		NIO descend sous le toit rattaché à une cellule de Haller	
Coronal	Para-sagittal	Coronal	Para-sagittal	Coronal	Para-sagittal	Coronal	Para-sagittal
							

Tableau 7 : classification et exemples de position du nerf infra-orbitaire au niveau du sinus maxillaire (Ference *et al.* 2015)

Pour les types 2, 3 et 4, la longueur moyenne du septum reliant le CIO à la paroi du sinus maxillaire a été calculée à 4 mm [1–11 mm] par Lantos qui suggère de la mesurer avant toute intervention (89). Cette variante peut entraîner un risque accru de blessure lors d'une chirurgie des sinus telles qu'une technique de Caldwell-Luc ou une approche endoscopique (89,90). Dans les positions du CIO les plus antrales, le foramen infra-orbitaire (FIO) peut émerger plus bas, au niveau de la fosse canine (20). Chez 90% des sujets, le FIO est unique (26) mais plusieurs études ont rapporté des double ou triple foramina et, par voie de faits, des double ou triple canaux infra-orbitaires (Figure 85) (22,88).

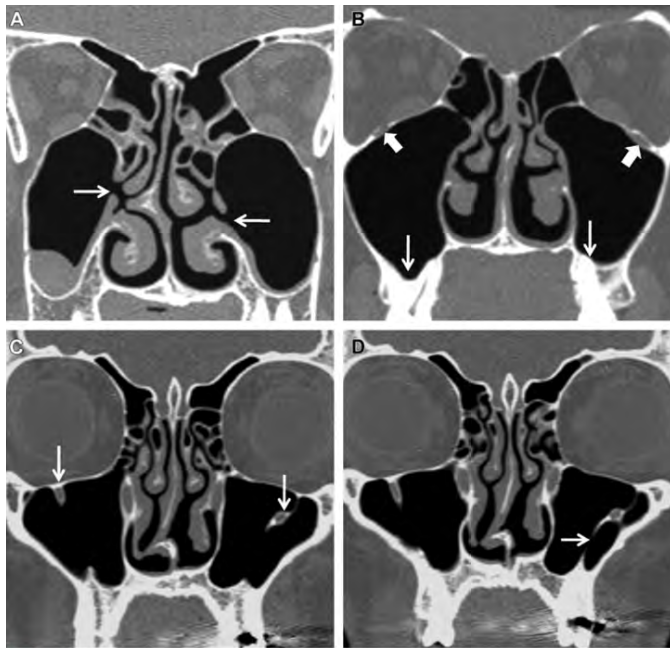


Figure 84 : coupes frontales de variantes anatomiques du sinus maxillaire (flèches) (Vaid et Vaid 2015)
 Ostium accessoire droite et gauche (A), sinus hyper-pneumatisé avec racines dentaires exposées (B), CIO normaux (flèches blocs, B), CIO déhiscents (C), septum intra-sinusien droite et gauche, relié au CIO à gauche (D)

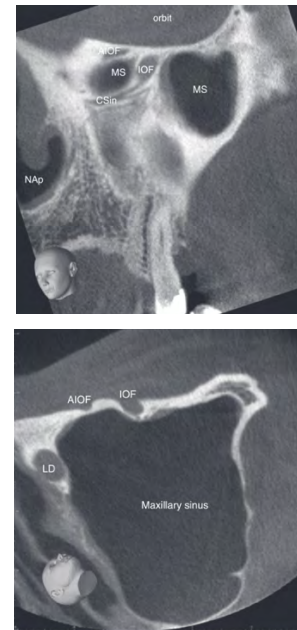


Figure 85 : coupes coronale (haut) et axiale (bas) d'un FIO accessoire (AIOF) (von Arx et Lozanoff, 2017)
 MS : sinus maxillaire, CSin : canalis sinuosus, LD : conduit lacrymal, NAp : ouverture nasale

Canalis sinuosus

Branche du canal infra-orbitaire, le canal alvéolaire antérosupérieur est connu sous le nom de *canalis sinuosus* (Figure 87) (22). Il est décrit comme transmettant les nerfs alvéolaires antérosupérieurs et les vaisseaux au niveau du maxillaire antérieur, vers qui il se dirige en passant le long de l'ouverture piriforme. De là, il se divise en canaux maxillaires accessoires étroits circulant vers les dents et le palais antérieur (Figure 88). Sa variante anatomique est l'existence d'un ou plusieurs canaux accessoires (Figure 86) ; la méthode de choix pour les observer est le CBCT (22,26,91).

Remarque : le *canalis sinuosus* et ses canaux accessoires sont parfois interprétés à tort comme des lésions pathologiques ; plusieurs études citent par exemple la lésion péri-apicale lorsqu'ils cheminent proche des apex. Les identifier permet, hormis les complications et risques chirurgicaux classiques, d'éviter une confusion diagnostique et des thérapeutiques inutiles (22,91).

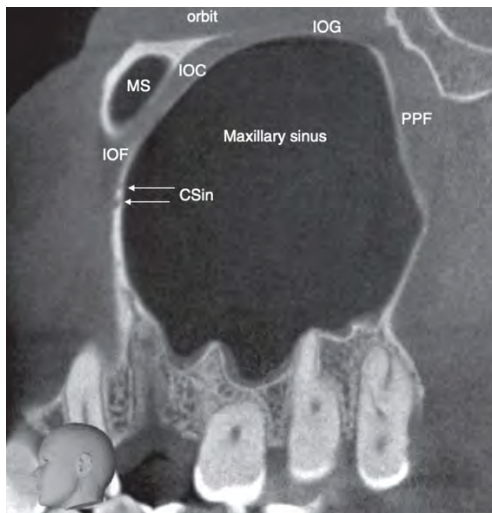


Figure 86 : coupe sagittale d'un double canalis sinuosus (CSin) (von Arx et Lozanoff, 2017)
MS : sinus maxillaire, IOF/IOC/IOG : foramen/canal/rainure infra-orbitaire, PPF : fosse ptérygopalatine

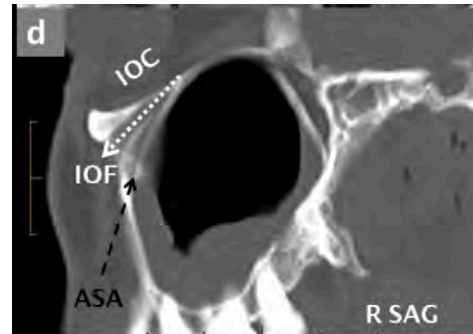
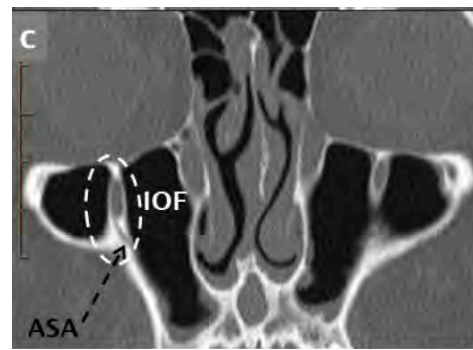


Figure 87 : coupes frontale (c) et (d) sagittale du maxillaire antérieur montrant le FIO (ovale) et le canalis sinuosus (flèche noire) (Whyte et Boeddinghaus 2019)

IOF : foramen infra-orbitaire, ASA : canal alvéolaire supéro-antérieur, IOC : canal infra-orbitaire

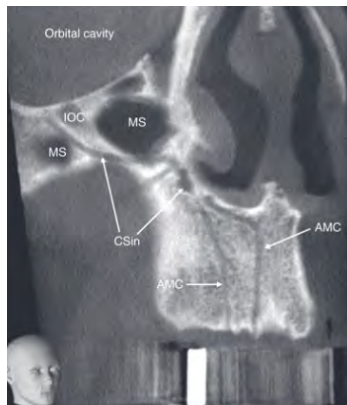


Figure 88 (à gauche) : coupe frontale d'un canalis sinuosus (CSin) se divisant en canaux maxillaires accessoires (AMC). IOC : canal infra-orbitaire (von Arx et Lozanoff, 2017)

Artère antrale

Une bonne connaissance de l'apport artériel du sinus maxillaire est obligatoire pour les interventions chirurgicales impliquant cette zone, telles que l'élévation du plancher sinusien et la pose de greffes ou d'implants pour prévenir les complications : perforation de la membrane de Schneider, lésions neurovasculaires ou saignements au cours de la chirurgie (92,93).

Anatomiquement, l'artère alvéolo-antrale est retrouvée dans 100% des cas, tandis que plusieurs auteurs s'accordent à dire qu'elle n'est visible radiologiquement que dans 1 cas sur 2 voire 1 cas sur 3. Trois positions lui sont décrites, par ordre de fréquence : intra-osseuse, intra-sinusale et superficielle (Figure 89) (93,94).

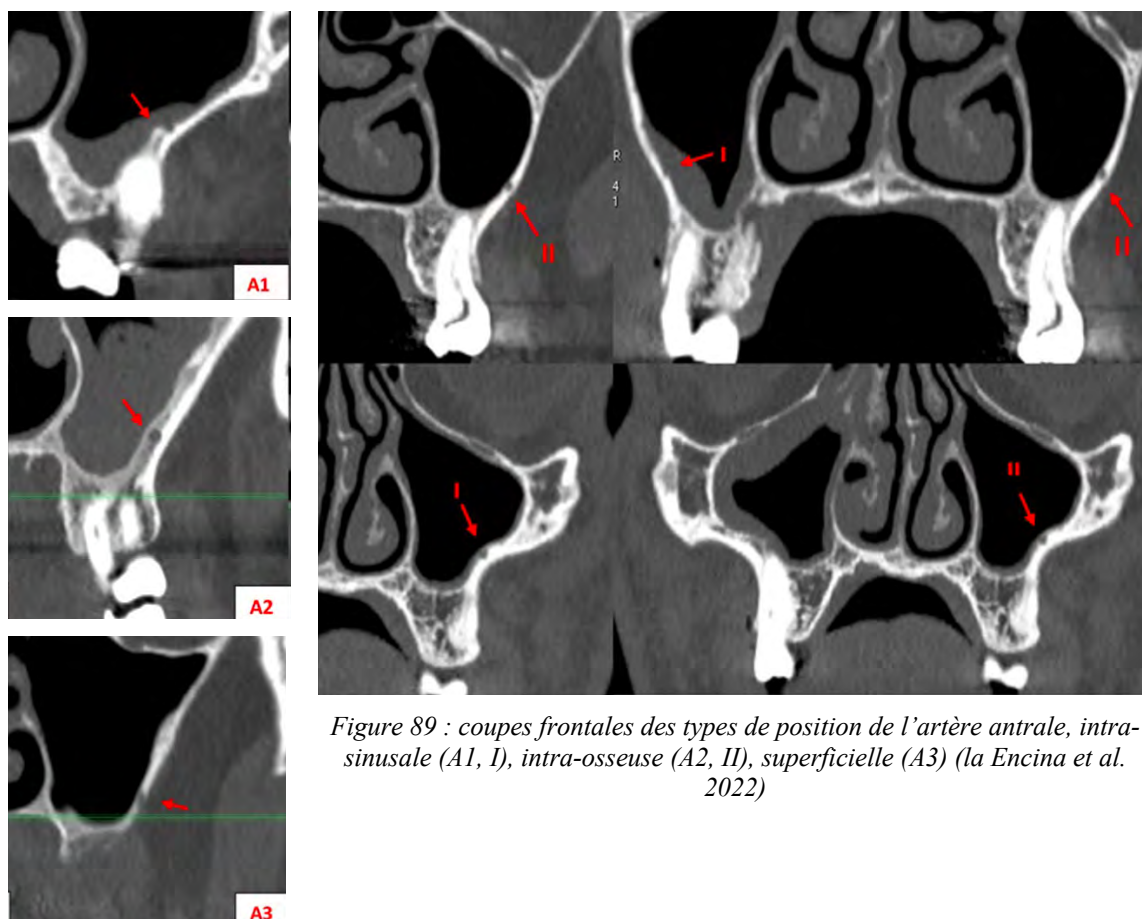


Figure 89 : coupes frontales des types de position de l'artère antrale, intra-sinusale (A1, I), intra-osseuse (A2, II), superficielle (A3) (la Encina et al. 2022)

En terme de diamètre, on note de grandes disparités (92–94). Un diamètre moyen a été déterminé à 1,3mm +/- 0,5mm. Ceci explique la faible occurrence d'hémorragies importantes, bien que ce risque existe (21).

Le positionnement de l'artère alvéolo-antrale par rapport à la crête a également été étudié. L'analyse de la littérature nous permet de situer cette artère entre 12 et 22 mm de la crête alvéolaire (21). Dans la région molaire, qui représente généralement le point le plus bas de l'artère, une hauteur de 15 mm est suggérée par plusieurs auteurs entre la fenêtre d'accès et l'artère comme « limite de sécurité » pour éviter de l'endommager pendant l'ostéotomie (93).

D. Os lacrymal et voies lacrymo-nasales

L'os lacrymal est très fin ; il possède un rapport anatomique étroit avec le PU lorsque son extrémité supérieure s'y fixe en antérieur (20). La valve de Hasner forme le repli muqueux séparant le conduit lacrymo-nasal du méat inférieur. Normalement totalement perméable, sa persistance « fermée » est à l'origine d'obstruction complète du drainage (20,95).

Groell *et al.* (96) ont été les premiers à étudier les variations de taille du complexe lacrymal. D'après leurs mesures, la longueur moyenne du conduit et du sac est respectivement

de 11,2 et de 11,8mm. Sa largeur n'excède pas 4mm, en dehors de la présence d'air qu'ils ont décelé sur 29,3% des cas et 12,9% de façon bilatérale (Figure 90).

Une cellule d'*Agger nasi* est parfois retrouvée avec une proximité importante voire recouvrant la partie supérieure du sac lacrymal. Cette proximité peut résulter en infections croisées entre ces deux structures (20,36).



Figure 90 (à droite): coupe axiale du canal nasolacrimal droit et gauche (Groell et al. 1997)

Légende :

Le sac nasolacrimal gauche (flèche courte) apparaît avec une densité de tissu mou dans la fosse lacrymale.

Le sac nasolacrimal droit (flèche longue) présente de l'air à l'intérieur

E. Masses latérales de l'éthmoïde – partie postérieure

1. Cellules éthmoïdales postérieures – cellules de Onodi

La fréquence des cellules éthmoïdales postérieures est reportée avec un large écart de 2% à 50%, attribué aux différents critères de définitions et difficulté d'évaluation sur des coupes TDM (34).

La définition d'une cellule de Onodi ou cellule sphéno-éthmoïdale (CSE) la plus souvent retrouvée dans la littérature est proposée par Stammberger et Kennedy (19) puis reprise par Lund *et al.* (20) comme « une cellule éthmoïdale postérieure se développant latéralement et/ou au-dessus du sinus sphénoïdal et intimement associée au nerf optique ». Parce qu'elle se pneumatise avant le sinus sphénoïdal, celui-ci est, de fait, plus médial et/ou inférieur. Le nerf optique et parfois l'artère carotide interne (ACI), peuvent se trouver à l'intérieur d'une cellule plutôt que sur la paroi latérale du sinus (Figure 92) (19,20,36). En accord avec cette définition et définissant la coupe coronale comme meilleure orientation pour les repérer, plusieurs auteurs proposent d'identifier des cellules de Onodi bilatérales en repérant le septum inter sphénoïdal formant une cloison cruciforme, droite ou oblique, entre les CSE et les deux sinus sphénoïdaux (Figure 91) (35,36,76).

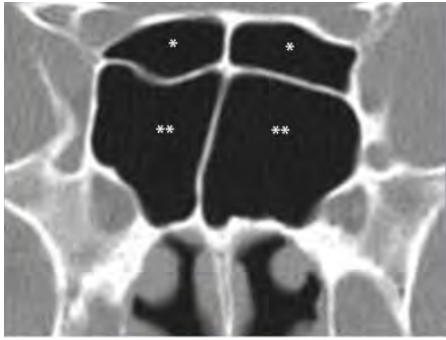


Figure 91 : coupe frontale d'une CSE (*) bilatérale et du sinus sphénoïdal (**)
(Lund et al. 2014)



Figure 92 : coupe frontale d'une cloison « cruciforme » entre deux cellules d'Onodi (O) et les sinus sphénoïdaux, avec les nerfs optiques passant à travers les cellules (flèches) (Vaid et Vaid 2015)

Cependant, il a été mis en évidence que leur situation n'était pas toujours supérieure au sinus sphénoïdal ; certains auteurs les classent en 3 groupes selon leur position (Figure 93) : supérieure, latérale ou supéro-latérale (ou combinée) (97).

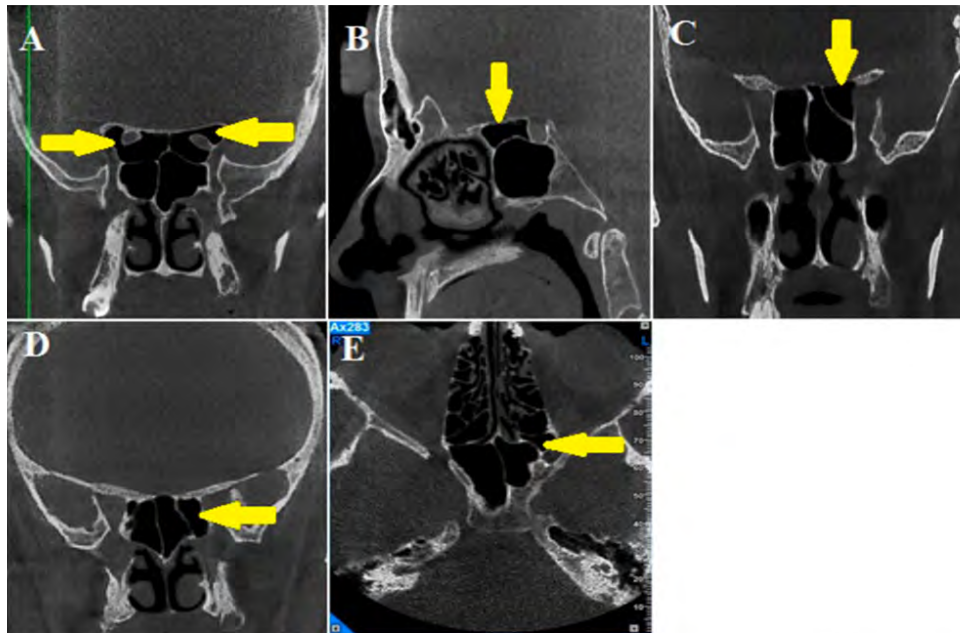


Figure 93 : coupes frontale (a, c, d), sagittale (b) et axiale (e) des différents types de cellules d'Onodi (flèches) : supérieures (a, b), latérales (d, e) et supéro-latérales (c) (Movahhedian et al. 2021)

Parce-que situées entre le sinus sphénoïde et la base du crâne, elles exposent le nerf optique au risque d'ischémie nerveuse par transmission des variations de pression intrasinusienne et augmentent le risque de traumatisme chirurgical du nerf optique en cas d'éthmoïdectomies postérieures (53,98). Elles favorisent la diffusion des infections nasosinusiennes à l'orbite (53). Souvent, elles interfèrent avec l'exposition du bord du plancher de la selle turcique et doivent être retirées afin d'inspecter et d'éliminer complètement les lésions des compartiments sellaïre, para-sellaïre et supra-sellaïre, obtenant de bons résultats en chirurgie hypophysaire (34).

Lorsque les CSE s'étendent plutôt vers le sinus maxillaire voire se développent à l'intérieur de celui-ci, on parle de sinus ethmo-maxillaire (SEM), variante anatomique d'une prévalence assez variable (0,7 à 7%) (12). Cette cellule se situe entre la partie postérieure du sinus maxillaire et le plancher de l'orbite et se draine dans le méat supérieur (Figure 94). Son degré de pneumatisation est variable ; elle peut réduire la taille des ostium maxillaire et méat moyen ipsilatéraux et est souvent confondue avec le sinus maxillaire lors d'endoscopie (98,99). La cloison entre l'ethmoïde et le sinus maxillaire se nomme le plateau ethmo maxillaire ; ici, il sépare le sinus ethmo-maxillaire du sinus maxillaire (Figure 94) (100).

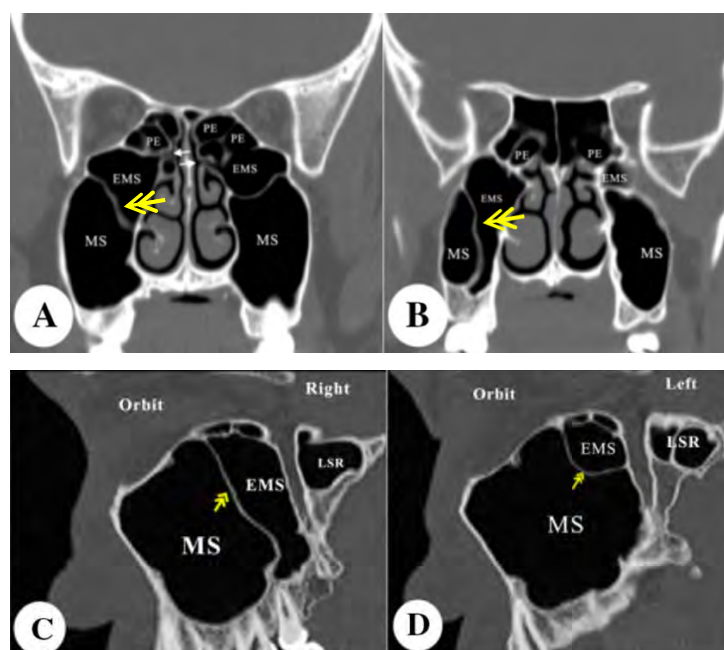


Figure 94 : coupe frontale (A, B) et sagittale oblique (C, D) d'un SEM situé dans la partie postérieure du sinus maxillaire. Méat supérieur (flèches, A et B). Plateau ethmo-maxillaire (flèches doubles B, C, D) (Liu et al. 2018)

MS : sinus maxillaire, EMS : sinus ethmo-maxillaire, LSR : récessus sphénoïdal latéral, PE : cellule ethmoïdale postérieure

Remarque : la différence entre un SEM et une cellule de Haller se fait par la position et le drainage : une cellule de Haller est localisée plus antérieure à un SEM et médial à la paroi infra-orbitaire. Le drainage d'une cellule de Haller se fait dans le méat moyen (99).

2. Artères ethmoïdales postérieures

Dans 25 à 50% des cas, le sillon de l'artère ethmoïdale postérieure est identifiable sur coupe coronale (Figure 95). Des variations du trajet et du nombre d'artères ethmoïdales antérieure et postérieure ont été décrites dans la littérature (cf. page 31). L'une ou l'autre de ces artères peut être absente d'un ou des deux côtés (14 % et 2 % respectivement) (20). Elle passe généralement à l'intérieur du toit de l'ethmoïde devant et au-dessus de la partie antérieure du

sinus sphénoïdal, presque jamais sous le niveau de la base du crâne. Elle est, de fait, moins vulnérable lors des chirurgies (20).

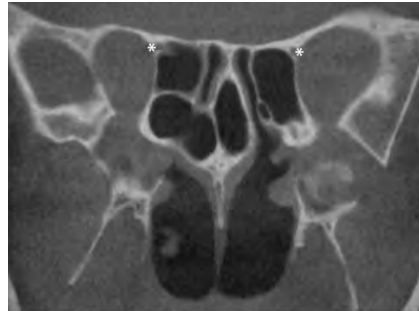


Figure 95 : coupe frontale du sillon de l'artère ethmoïdale postérieure (*) (Lund et al. 2014)

3. Voies de drainage du sinus sphénoïdal – ostium sphénoïdal

L'ostium sphénoïdal est localisé au niveau de la paroi antérieure du sinus sphénoïde (SSP) (Figure 96) (19,20,35,101). Il a été décrit de position médiale ou, plus rarement, latérale à l'extrémité postérieure du cornet supérieur modifiant, de fait, la forme du récessus sphéno-ethmoïdal et rendant plus difficile son repérage (20).

Le diamètre du récessus sphéno-ethmoïdal dépend de la pneumatisation des cellules adjacentes et du septum nasal (35). Il est important d'un point de vue pathologique car les sécrétions des cavités aériennes postérieures ont tendance à s'y recueillir (de la même manière que celles des cavités antérieures se rassemblent dans le hiatus semi-lunaire) (100). Chirurgicalement, c'est lui qui est traversé pour pénétrer dans le sinus. Certaines distances verticale, horizontale et oblique entre l'ostium et plusieurs points définis comme l'épine nasale antérieure, le cornet supérieur et le toit des fosses nasales, par exemple, sont utilisés par plusieurs auteurs comme guides (100,101).

Remarque : son ouverture osseuse est plus grande que l'ostium observé en endoscopie, dû à la présence d'une muqueuse de recouvrement (20).

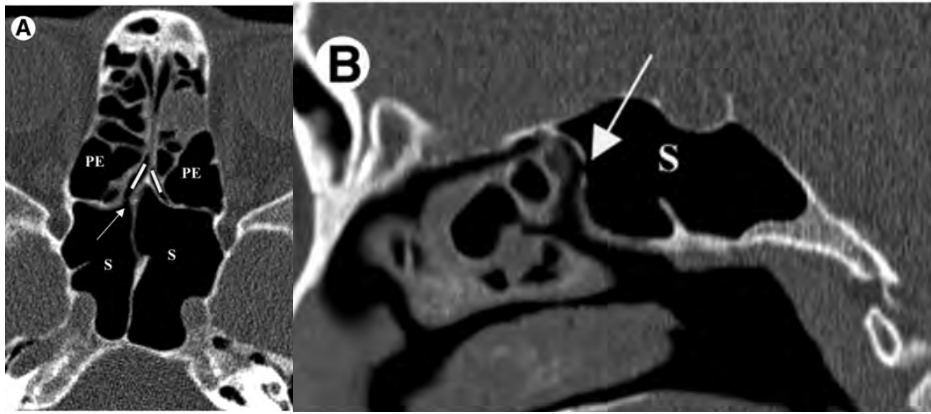


Figure 96 : coupes axiale (A) et coronale (B) de l'ostium du sinus sphénoïde (flèche) et de son récessus sphéno-éthmoïdal (ligne blanche). PE : ethmoïde postérieur, S : sinus sphénoïde (Beale et al. 2009)

IV. Variantes anatomiques des sinus paranasaux – fosse crânienne moyenne

L'os sphénoïde est un os présent avec de multiples ailes et processus se rattachant à un corps central qui accueille les SSP. De plus il contient plusieurs fissures, canaux et foramina qui transportent des structures neurovasculaires de la fosse crânienne moyenne à la région maxillo-faciale (Figure 97) (102).

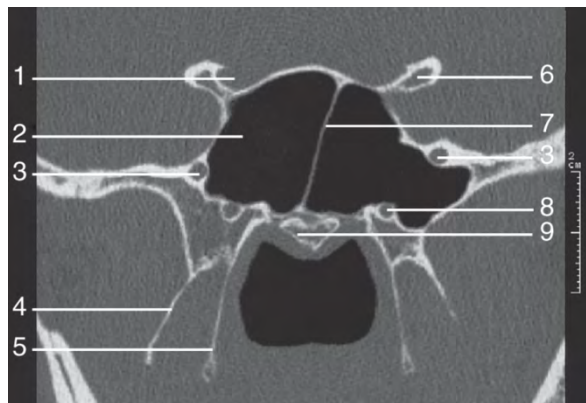


Figure 97 (à gauche): coupe frontale de l'os sphénoïde (Martin-Duverneuil et al. 2008)

1. Canal optique, 2. Sinus sphénoïdal, 3. Foramen rond, 4. Processus ptérygoïde latéral, 5. Processus ptérygoïde médial, 6. Processus clinéoïde antérieur, 7. Septum du sinus sphénoïdal, 8. Canal ptérygoïdien, 9. Vomer

A. Sinus sphénoïdaux

1. Cloisonnement inter et intra-sinusien

Les deux SSP occupent une partie plus ou moins importante du corps du sphénoïde, du fait d'une pneumatisation variable (15). Généralement, ils sont séparés par une cloison osseuse, la cloison inter-sphénoïdale qui prolonge en arrière le septum nasal. Étant rarement localisée dans le plan sagittal médian mais souvent dévié en latéral, les SSP forment deux cavités

asymétriques (Figure 97). Le sinus le plus large est référé comme sinus « dominant » (20,101,102). Certains montrent même une subdivision en plusieurs récessus par des septas accessoires, souvent incomplets pour les sinus très pneumatisés (Figure 98, Figure 111) (76,102). Cela implique qu'en chirurgie sinusienne endoscopique, le septum inter sphénoïdal ne soit pas un guide fiable pour approcher la ligne médiane.

Un sinus sphénoïdal sans cloison complète formant un antre unique (Figure 99) a été rapporté dans la littérature avec une prévalence de 0,33% (103).

Il arrive cependant que ces septums osseux s'insèrent au niveau de la paroi sinusienne supéro-latérale (Figure 108), dans la région de l'artère carotide interne et du tubercule du nerf optique notamment lorsque ceux-ci sont protractifs voire déhiscentes (cf. page 70) (20). Une traction excessive de ces septa (lors de leur avulsion, par exemple) peut entraîner un arrachement des parois osseuses et des complications graves, comme une lésion de l'artère carotide, la formation retardée d'un pseudo-anévrisme ou la cécité (36,101).

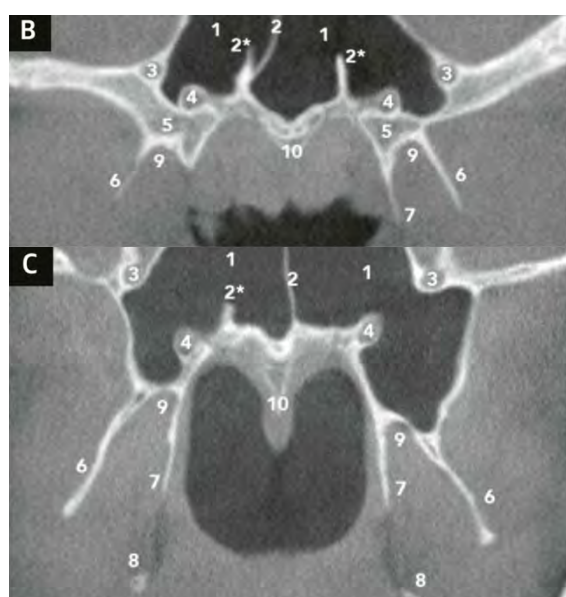


Figure 98 : coupes coronales de degré de pneumatisation différents (von Arx et al. 2020)

B : Le sinus sphénoïdal atteint le niveau des canaux ptérygoïdiens
 C : Le sinus sphénoïdal s'étend profondément dans la base du processus ptérygoïdien

Légende Figure 98 :
 1 = sinus sphénoïdal
 1* gonflement de la membrane du sinus sphénoïdal
 2 = septum du sinus sphénoïdal
 2* = septum accessoire
 3 = foramen rond
 4 = canal ptérygoïdien
 5 = base du processus ptérygoïdien ;
 6 = plaque latérale du processus ptérygoïdien ;
 7 = plaque médiale du processus ptérygoïdien ;
 8 = hamulus ;
 9 = fosse ptérygoïde ;
 10 = vomer



Figure 99 : coupes frontale (gauche) et axiale (droite) de l'absence du septum inter-sphénoïdal (flèche) (Jaworek-Troć et al. 2021)

2. Variations et extension de pneumatisation

L'accès chirurgical à la selle et l'état des structures neurovasculaires environnantes sont déterminés et affectés par le degré et la forme de pneumatisation des SSP (101). La classification conventionnelle la plus largement acceptée est celle de Hammer et Radberg (104) proposée en 1961. Elle décrit la pneumatisation du sinus sphénoïdal comme suit (Figure 100) :

- Conchale : la pneumatisation est absente, le sinus sphénoïde est rempli d'os spongieux ;
- Pré sellaire (ou juvénile (102)) : la cavité sinusienne reste antérieure et ne dépasse pas la partie antérieure de la selle turcique ;
- Sellaire (ou adulte (102)) : la pneumatisation s'étend au-delà, dans la selle turcique.

Conchale (flèche)



Pré sellaire (*)



Sellaire (*)

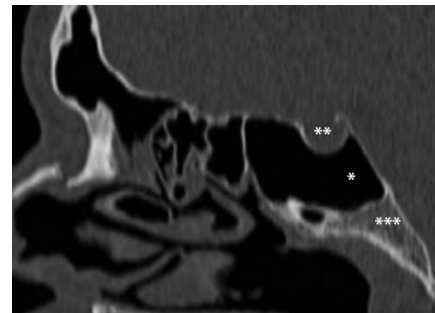


Figure 100 : classification de la pneumatisation du sinus sphénoïde de Hammer et Radberg. ** : fosse hypophysaire, *** : clivus (illustrations de Jaworek-Troć et al. 2021 et Lund et al. 2014)

Un sinus aplasique est un phénomène très rare souvent associé, entres autres, à des syndromes crânio-faciaux bien que possiblement isolé (101,103). Il est rapporté dans la littérature une prévalence inférieure à 0,7%. Plusieurs auteurs (20,36,101) le distinguent de la forme conchale, pouvant comporter une légère pneumatisation mais la distinction n'est pas très précise.

Pour Wang (105), les variations d'extensions du SSP peuvent faciliter l'entrée vers des lésions bordantes car elles forment des récessus et proéminences qui agissent comme des « fenêtres » s'ouvrant depuis le sinus dans différentes zones de la base du crâne. Elles peuvent faciliter un accès peu invasif aux lésions dans les zones correspondantes ; Wang propose donc en 2010 une reclassification de la précédente ; au sein du type sellaire, il ajoute 6 autres types de pneumatisation en fonction de sa direction : « corps sphénoïdal », « latéral », « clivus », « petite aile », « antérieure » et « combinée ». De plus, le sinus sphénoïdal peut également s'étendre dans les grandes ailes (Figure 101), les processus ptérygoïdes (Figure 98), et les processus clinoides antérieurs (PCA), ceux-ci jusqu'à 13% des cas (Figure 102, Figure 103) (18,27,36,56,102,106).

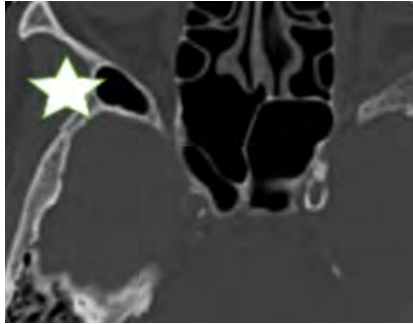


Figure 101 (à gauche) : coupe axiale d'une pneumatisation de la grande aile du sphénoïde droite (étoile) (Yèkpè et al. 2018)

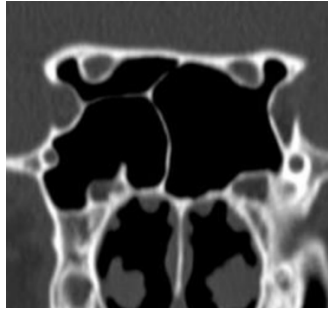


Figure 102 : coupe frontale de la pneumatisation bilatérale des PCA (Variantes anatomiques des sinus de la face, Dr Duprès, CHR Mercy)



Figure 103 : coupe frontale d'une pneumatisation unilatérale des PCA (*) et procidence intra-sinusienne du nerf optique (triangle) (Lehmann et al. 2009)

Remarque : l'extension de pneumatisation des sinus sphénoïdaux ne s'étend jamais au-delà de la synchondrose sphéno-occipitale (101).

Le plateau sphéno-maxillaire, de la même manière que le plateau éthmoïdo-maxillaire (cf. Sinus maxillaires) est le nom donné à la cloison osseuse séparant le SSP du sinus maxillaire lorsqu'il y a hyper-pneumatization d'un des deux sinus (Figure 104). Son identification sur des images TDM est primordiale dans des cas d'éthmoïdectomie transantrale afin de ne pas confondre le sinus sphénoïdal des cellules éthmoïdales postérieures et d'éviter des complications orbitaires lors d'une chirurgie du sinus maxillaire (84,100).



Figure 104 : coupe frontale d'un plateau sphéno-maxillaire (Meloni et al. 1992)

3. Contingent vasculo-nerveux du sinus sphénoïdal

Quatre structures courent le long du sinus sphénoïdal : le nerf optique dans la paroi supéro-latérale, l'artère carotide interne dans la paroi médiale, la branche maxillaire du nerf trijumeau dans la paroi inférolatérale et le nerf ptérygoïdien dans le plancher du sinus. Leur position est déterminée par le degré de pneumatisation du SSP ; elles peuvent indenter les parois sinusiennes, être exposées dans la cavité elle-même ou être plus ou moins reliées à leur base par des lamelles osseuses ou fibreuses (36,76,100–102).

Selon les recommandations de la *Terminologia Anatomica* (107), la terminologie officielle de l'anatomie humaine, l'artère carotide interne peut être « découpée » en quatre segments : cervical, pétreux, caverneux et cérébral, dont le premier commence au point de bifurcation des artères carotides internes et externes (ACE) et dont le dernier désigne ses branches terminales (101). Davantage utilisée que la précédente par les radiologues et les neurochirurgiens car elle permet une analyse plus précise en angiographie, la classification de Bouthillier (108) en décrit sept (Figure 105). Des coupes coronale et axiale sont indispensables pour montrer son trajet (76).

La situation du nerf optique par rapport aux cellules ethmoïdales et au sinus sphénoïdal est classée par DeLano *et al.* de 1 à 4 (109). Il s'agit à ce jour de la classification la plus fréquemment utilisée :

- Type 1 : le plus fréquent (76 % des cas). Le nerf optique est adjacent au sinus sans indentation de la paroi osseuse du sinus sphénoïdal
- Type 2 : correspond à un nerf optique proche du sinus avec une indentation osseuse (15 % des cas)
- Type 3 : correspond à un trajet intra-sphénoïdal (6 % des cas)
- Type 4 : le nerf optique traverse le sphénoïde et l'ethmoïde postérieur (3 % des cas)

Le nerf optique et l'artère carotide sont séparés par une petite dépression nommée le récessus optico-carotidien (101), située sur la paroi postéro-latérale du SSP (Figure 107). Sa profondeur est variable car elle dépend entre autres, du degré de pneumatisation des PCA (19,20). Dans environ 80 % des cas lors de leur pneumatisation, le nerf optique présentera une malposition antrale (Figure 108) (20). Une déhiscence a été rapportée survenir dans 25% des cas (36).



Figure 105 : dessin illustrant la segmentation de l'ACI (Bouthillier et al. 1996)

- C1 : segment cervical
- C2 : segment pétreux (horizontal)
- C3 : segment déchiré (lacerum)
- C4 : segment caverneux
- C5 : segment clinoïde
- C6 : segment ophtalmique (supra-clinoïdien)
- C7 : segment communicant (terminal)

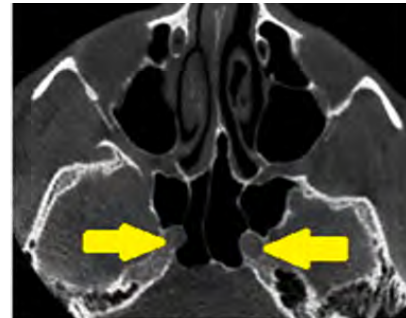
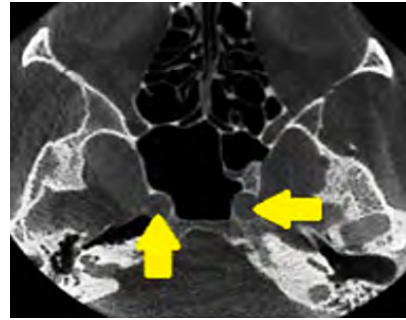


Figure 106 : coupes axiales de protrusions de l'ACI (Movahhedian, 2021)

Une malposition de l'ACI dans le sinus est rapportée chez 34 à 93 % des cas (Figure 106) (102). 28,6 à 40% concernent une malposition du nerf maxillaire (Figure 110) ; les déhiscences, uni ou bilatérales étant plus rares. Le canal ptérygoïdien (Figure 109, Figure 110) ne suit pas son trajet dans 18 à 38% des cas ; il navigue complètement dans la cavité sinusienne chez 10% de patients (100).

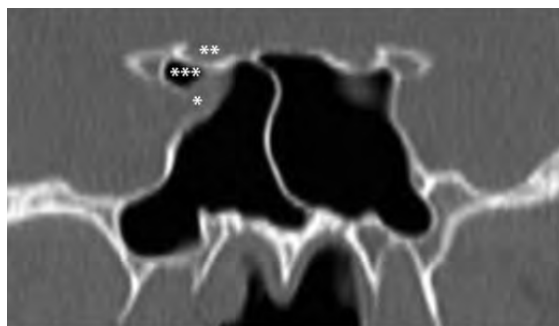


Figure 107 : coupe frontale du récessus optico-carotidien (**), du nerf optique (***) et de l'ACI (*) (Lund et al. 2014)

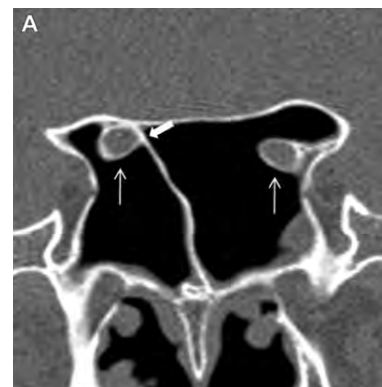


Figure 108 : coupe coronale d'une protrusion (d'où s'insère le septum (flèche épaisse)) des nerfs optiques droite et gauche (flèches fines) (Vaid et Vaid 2015)

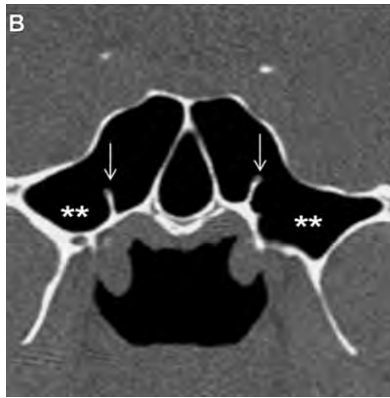


Figure 109 : coupe coronale d'une protrusion du canal ptérygoïdien droit et gauche (flèche). ** sinus sphénoïdal (Vaid et Vaid 2015)



Figure 110 : coupe frontale d'une protrusion du canal ptérygoïdien (flèche rouge) et du nerf maxillaire (flèche blanche) (Yèkpè et al. 2018)

Toutes ces structures sont donc à risque lors de chirurgies ou pathologies impliquant le sinus (35). Indépendamment de la classification utilisée pour décrire son trajet, une lésion même mineure sur n'importe quel segment de l'ACI peut entrainer le pronostic vital du patient. On retrouve notamment des risques d'hémorragie sévère, de fistule carotido-caverneuse ou de faux anévrisme dans les chirurgies hypophysaires transsphénoïdales (56,101). Une névralgie du trijumeau voire une perte d'acuité visuelle peut survenir lorsque le nerf optique est endommagé. De plus, son risque de traumatisme est augmenté lors de la présence de cellules d'Onodi (35,101).

Remarque : l'artère ophtalmique est généralement inférolatérale au nerf dans le canal optique mais dans 15 % des cas, elle passe en dedans, dans le quadrant inféro-médial. Il y a alors plus de risques lors de procédures de décompression du nerf optique (20).

B. Fosse ptérygopalatine et foramina sphénoïdaux

Les fosses ptérygopalatines (FPP) droite et gauche font partie des régions anatomiques les plus complexes. Elles sont décrites comme des « espaces inter sinusiens », puisqu'elles sont entourées des sinus sphénoïdaux, ethmoïde postérieur et maxillaire (Figure 111). Elles se situent sous le corps du sphénoïde et servent de carrefour majeur entre la fosse crânienne moyenne, les cavités nasales et buccale, le nasopharynx et l'orbite via fissures, canaux et foramina synthésisés dans le Tableau 8 (20,102).

ELEMENT CONTENU OU PASSANT DANS LA FPP	CONTENU VASCULO-NERVEUX	Commentaires (20,102)
Fosse crânienne moyenne (postérieur)		
Foramen <i>rotundum</i>	Plexus veineux Nerf maxillaire (V ₂)	<i>Parfois déhiscent dans SSP (Figure 112) (36)</i>
Canal ptérygoidien (canal Vidien)	Artère, veine et nerf ptérygoïdiens	<i>Origine au niveau du foramen déchiré, parfois déhiscent dans le sinus sphénoïdal</i>
Nasopharynx (postérieur)		
Canal palato-vaginal (canal pharyngé)	Branches pharyngiennes de l'artère et du nerf maxillaire	
Canal voméro-vaginal	Petites artères et nerfs indéterminés	<i>Inconstant, très proche voire superposé au canal palato-vaginal</i>
Fosse infra-temporale (latéral)		
Fissure ptérygo-maxillaire	Entrée de l'artère maxillaire, sortie de l'artère, de la veine et des nerfs alvéolaires postérosupérieurs	
Orbite (antérieur)		
Fissure orbitaire inférieure	Artère, veine et nerf infra-orbitaire Branche zygomatique du nerf maxillaire	
Cavité nasale (médial)		
Foramen sphéno-palatin	Artère et veine sphéno-palatines Branches nasales du nerf maxillaire	<i>1 à 3 foramina ont été rapportés</i>
Palais (inférieur)		
Canal ptérygo-palatin	Artère et veine palatine descendante Nerfs grand et petit palatins	<i>Se divise dans le palais en canaux petit et grand palatin</i>

Tableau 8 : multiples voies de communication de la FPP aux zones anatomiques contigües (von Arx et al. 2020, commentaires rajoutés par l'auteur)

Ne traversant pas la fosse ptérygopalatine, les foramina ovale, veineux, épineux et pétreux sont quatre autres repères anatomiques visibles sur un CBCT grand champ (102) :

- Le foramen ovale transporte le nerf mandibulaire (V₃) (Figure 191) et est souvent interrompu par l'ossification du ligament ptérygo-épineux et du ligament innommé de Hyrtl ou ptérygo-alair pouvant respectivement masquer l'accès au foramen et comprimer les branches du V₃. Ces deux ligaments ossifiés forme un foramen de même nom (Figure 111)

- Le foramen veineux (anciennement trou de Vésale) est inconstant et antéro-médial au foramen ovale (Figure 113). Il donne une voie veineuse supplémentaire reliant le sinus caverneux au plexus veineux ptérygoïdien. Un élargissement de ce foramen peut être lié à des fistules carotido-caverneuses

Le foramen épineux (

- Annexe) est parfois absent ou conflue avec le foramen ovale. Il contient l'artère et la veine méningée moyenne ainsi que le nerf épineux.
- Le foramen pétreux (foramen d'Arnold) est un foramen d'apparence variable entre le foramen épineux et le foramen ovale. Il transmet le petit nerf pétreux.

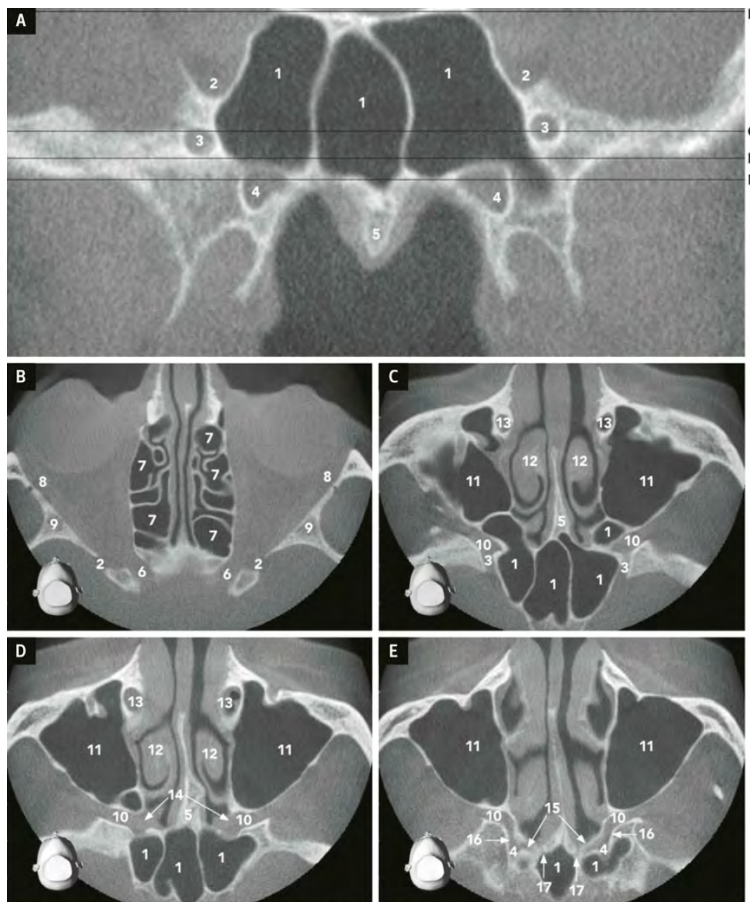


Figure 111 (à gauche) : coupe coronale (A) et axiales à quatre niveaux différents (B, C, D, E) démontrant la fosse ptérygopalatine et diverses communications (von Arx et al. 2020)

- 1 = sinus sphénoïdal
- 2 = fissure orbitaire supérieure
- 3 = foramen rond
- 4 = foramen déchiré
- 5 = vomer
- 6 = canal optique
- 7 = cellules ethmoïdales
- 8 = foramen cranio-orbitaire (de Hyrtl) ;
- 9 = grande aile de l'os sphénoïde ;
- 10 = fosse ptérygopalatine ;
- 11 = sinus maxillaire ;
- 12 = cornet moyen ;
- 13 = canal lacrymo-nasal ;
- 14 = foramen sphéno-palatin ;
- 15 = canal palatovaginal (pharyngé) ;
- 16 = canal ptérygoïdien (Vidien) ;
- 17 = canal vomérovaginal

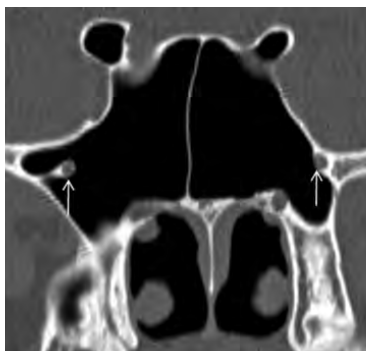


Figure 112 (à droite) : coupe frontale d'une protrusion droite et gauche (flèche) du foramen rond (Vaid et Vaid 2015)

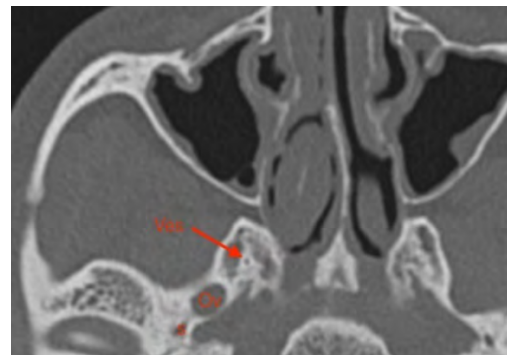


Figure 113 : coupe axiale du foramen veineux (foramen de Vesalii, flèche rouge). Ov : foramen ovale, S : foramen épineux (cas du Dr Hacking, Radiopaedia.org (110))

Remarque : afin de ne pas surcharger cette partie et pour faciliter la visualisation de cette zone anatomique, d'autres coupes légendées de la FPP sont proposées en annexe.

C. Région sellaire

La région de la selle turcique fait partie de la fosse crânienne moyenne et comprend le jugum sphénoïdal, la selle turcique (ou fosse hypophysaire) et l'hypophyse ainsi que les sinus caverneux symétriquement latéraux à la fosse hypophysaire. Celle-ci forme le toit du SSP en arrière du jugum (20). Des structures de haute densité de forme irrégulière observées dans une selle turcique d'apparence normale peuvent indiquer des calcifications hypophysaires bénignes (Figure 114). Elles sont souvent idiopathiques, rarement associées à des tumeurs (111).

Les calcifications de la glande pinéale ou épiphyse (Figure 116), située dans la fosse crânienne moyenne, sont une des découvertes fortuites les plus fréquemment rencontrées. Elles sont un facteur de risque d'hémorragie intracérébrale ou d'infarctus cérébral ainsi que de maladies infectieuses, cancéreuses ou dégénératives, éventuellement liées à une diminution de la production de mélatonine (5,111).



Figure 114 : coupe sagittale d'une calcification de la glande hypophysaire (Singer et al. 2021)

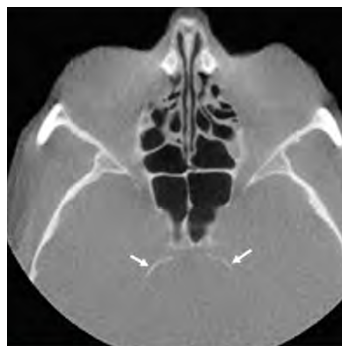


Figure 115 : coupe axiale des ligaments pétro-sphénoïdiens calcifiés (Singer et al. 2021)

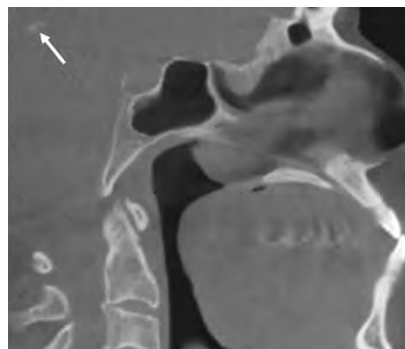


Figure 116 : coupe sagittale d'une calcification de la glande pinéale (Singer et al. 2021)

Les ligaments pétro-sphénoïdaux relient l'apex pétreux de l'os temporal au processus clinéoïde postérieur droite et gauche. La calcification de ces ligaments (Figure 115) devient plus fréquente avec l'âge du patient et peut être unilatérale ou bilatérale (111).

Remarque : un compte rendu de l'analyse de cette partie (IV) et de la partie précédente (III) est proposé sous forme de trois tableaux successifs retrouvés en annexe.

V. Variantes anatomiques de la région cervicale

Lors de la réalisation d'un CBCT du maxillaire postérieur et/ou de la mandibule, le pharynx et même la colonne vertébrale cervicale deviennent partiellement ou entièrement visibles sur le volume radiographié. De fait, les vertèbres cervicales (C1-C7) servent de références pour la position verticale des structures anatomiques du pharynx. C4 est un repère majoritaire puisqu'il désigne généralement le niveau du menton, du corps de l'os hyoïde, de la base de l'épiglotte et de la bifurcation de l'artère carotide commune (13).

Les voies aériennes supérieures (VAS) sont fréquemment examinées par les radiologues lors d'imageries neurologiques, maxillo-faciales, nasosinusiennes et cervico-faciales (112). Anatomiquement, le pharynx est divisé en trois segments : le nasopharynx, l'oropharynx et le laryngopharynx. Ils communiquent tous en avant avec une cavité correspondante ; respectivement les cavités nasales, la cavité buccale et le larynx. Certains auteurs différencient un « vélopharynx » s'étendant caudalement du niveau du palais dur à la pointe de la luette, représentant ainsi la partie inférieure du nasopharynx (Figure 117) (13).

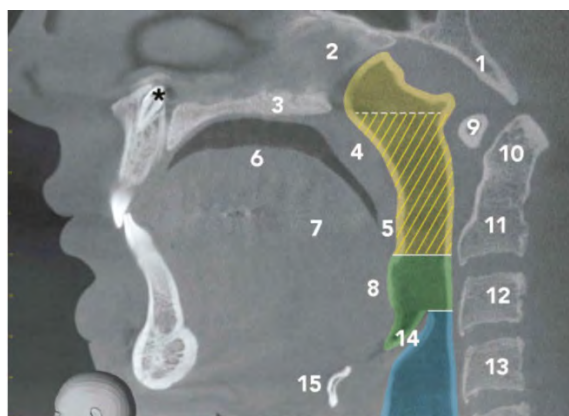


Figure 117 (à gauche) : coupe sagittale médiane mettant en évidence le nasopharynx (jaune), l'oropharynx (vert) et le laryngopharynx (bleu) (von Arx et al. 2020)

Zone hachurée = vélopharynx

1 = clivus (os occipital); 2 = vomer ; 3 = palais dur ; 4 = palais mou ; 5 = luette ; 6 = dos de la langue ; 7 = corps de la langue ; 8 = base de la langue ; 9 = arc antérieur de C1 (atlas) ; 10 = processus odontoïde de C2 (axis) ; 11 = corps de C2 ; 12 = corps de C3 ; 13 = corps de C4 ; 14 = épiglotte ; 15 = os hyoïde (corps médian).

A. Région cervicale antérieure

1. Complexe stylo-hyoïdien

Le complexe stylohyoïdien (CSH) est un complexe anatomique multi-structurel composé de l'apophyse styloïde (AS), du ligament stylohyoïdien (LSH) et de la petite corne de l'os hyoïde. L'apophyse styloïde est un processus osseux bilatéral en forme d'aiguille prenant origine sous le rocher temporal (13). Bien que l'OPT ait été fréquemment choisi car il s'agit d'un examen de routine pour le chirurgien-dentiste, le chevauchement possible des structures anatomiques, l'apparition de distorsions et/ou de grossissements le rendent caduque pour l'analyse morphologique du CSH. Le CBCT en est l'examen de choix (113).

Remarque : sur coupes axiales, l'apophyse styloïde peut être confondue avec des calcifications de la région latérale supérieure du cou ou avec l'os hyoïde (13).

En tant que telle, c'est une structure anatomique riche en variations : sont retrouvées différentes longueurs d'AS, plusieurs degrés d'ossification du LSH et diverses fusions des éléments anatomiques le composant. Aujourd'hui, la longueur normale du processus styloïde est considérée par la plupart des auteurs à moins de 30 mm (13).

L'allongement de l'AS et la minéralisation du complexe dans son ensemble présentent de multiples symptômes cliniques et aspects radiographiques. Les symptômes ne sont présents que pour 1 à 5% des patients (114). Ils sont causés par la compression des nerfs ou de l'artère carotide ou par une tendinite ; sont décrites des douleurs cervico-faciales, de la gorge et/ou une dysphagie (5). Dans ces cas, sont employés les termes de syndrome d'Eagle, syndrome du processus styloïde allongé, syndrome stylohyoïdien ou névralgie du processus styloïde pour les décrire (114). En ce qui concerne les images radiologiques, Langlais *et al.* (114) proposèrent une classification du CSH minéralisé en 3 types (Figure 118) ; le type I étant le plus fréquent :

- Type I : CSH allongé ; image radiologique ininterrompue
- Type II : CSH pseudo-articulé ; ses éléments anatomiques sont apparemment reliés les uns aux autres par une pseudo-articulation
- Type III : CSH segmenté ; apparaissent plusieurs segments de l'apophyse et/ou du ligament plus ou moins longues et discontinues.

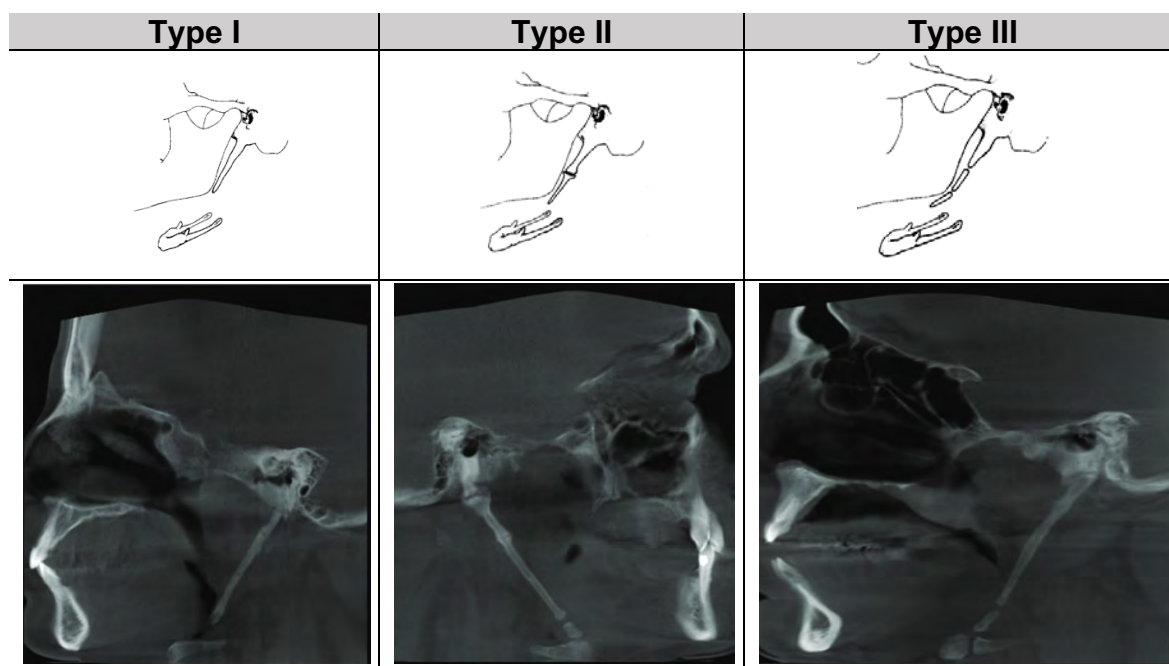


Figure 118 : classification de minéralisation du CSH de Langlais *et al.* 1986 (coupes de Donmez *et al.* 2017)

Afin d'affiner et de compléter la description radiologique du CSH, les auteurs développèrent également un schéma de calcification (Figure 119) (114) :

- Calcification des contours : fine bordure radio-opaque. Associée à une radio-clarté centrale, elle a l'aspect d'un os long
- Calcification partielle : contour radio-opaque plus épais voire opacification presque complète, mais persistance de petites zones radio-claires parfois discontinues
- Calcification nodulaire : les contours sont noués ou festonnés. Le CSH peut être partiellement ou complètement calcifié avec différents degrés de radio-clartés centrales
- Calcification complète : entièrement radio-opaque

De plus, son absence totale ou partielle a quelques fois été retrouvée dans la littérature, de façon uni ou bilatérale (115).

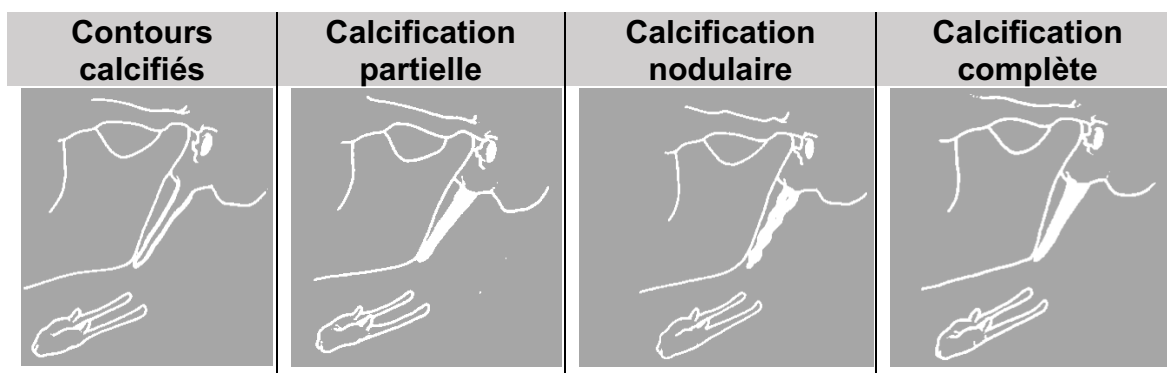


Figure 119 : motifs de calcifications du CSH (Langlais et al. 1986)

2. Calcifications focales cervicales antérieures

a) Calcifications péri-mandibulaires

Les amygdalites ou tonsillolithes sont des découvertes fortuites courantes, identifiées chez 16 à 24 % des patients (Figure 121). Aucun traitement n'est requis pour la plupart des calcifications amygdaliennes (9).

La calcification des ganglions lymphatiques cervicaux (CGLC) est rare (9). Ils sont de forme irrégulière et de taille variable (Figure 120). Les patients sont généralement asymptomatiques. Ils doivent être différenciés des sialolithes au sein des canaux salivaires (9,111).

Les phlébolithes sont des calcifications habituellement retrouvées au sein de veines variqueuses (50). Des cas au niveau du maxillaire ont été recensés ; radiographiquement, ils se présentent sous la forme d'un beignet (Figure 122) (111). Malgré leur faible prévalence, ils nécessitent un suivi et des examens complémentaires. En effet, les phlébolithes peuvent être

associés à des malformations artérioveineuses ou des hémangiomes ; les ganglions lymphatiques calcifiés suggèrent des antécédents de pathologies carcinomateuses ou granulomateuses telle que la tuberculose (9,116).



Figure 120 : OPT d'un CGLC sous mandibulaire droit (Singer et al. 2021)



Figure 121 : coupe coronaire d'un tonsillolithe au sein d'une amygdale (Barghan et al. 2016)

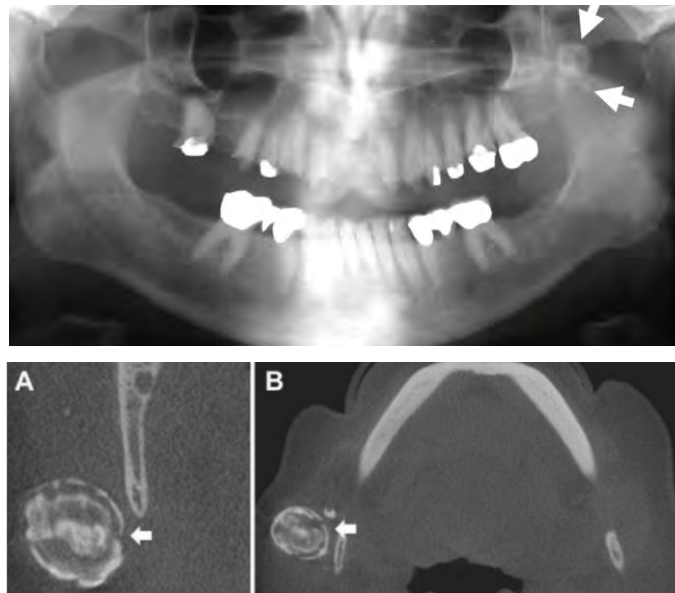


Figure 122 : OPT (haut) et coupes coronale (A) et axiale (B) d'un phlébolithe maxillaire (flèches blanches) (Singer et al 2021, Missias et al 2018)

b) Calcifications de la zone thyroïdienne

Typiquement, la corne supérieure du cartilage thyroïde, le cartilage cricoïde et la grande corne de l'os hyoïde sont trois des principales zones cervicales qui peuvent se calcifier avec l'âge (Figure 123 et Figure 124). Elles ne nécessitent pas de traitement et ont une faible prévalence. Le cartilage cricoïde se trouve entre la corne supérieure du cartilage thyroïde et la grande corne de l'os hyoïde. Il est généralement superposé aux voies respiratoires (111). Il convient de mentionner que les coupes CBCT jouent un rôle important dans le diagnostic de ces affections, souvent impossible ou biaisé avec une radiographie conventionnelle en raison du chevauchement

des structures ; le cartilage cricoïde est le plus susceptible d'être confondu avec la calcification d'une plaque d'athérome au niveau de la bifurcation carotidienne (111,116,117).

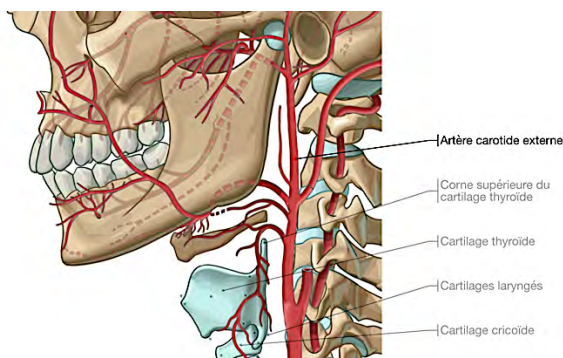


Figure 123 : schéma des rapports de la région thyroïdienne avec l'artère carotide (IMAOS.com)

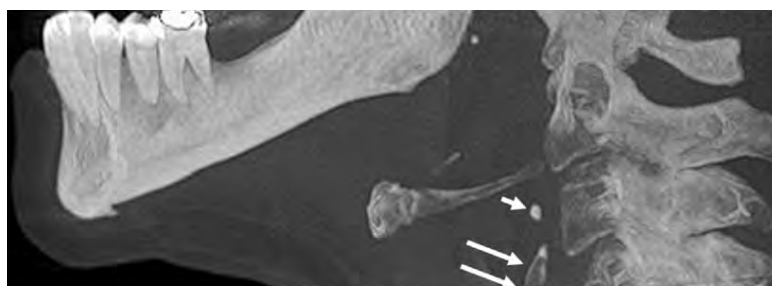


Figure 124 : coupe sagittale des cartilages cricoïde et thyroïde calcifiés (Singer et al. 2021)

c) Calcifications de l'artère carotide

La calcification de plaques d'athéromes présentes dans l'artère carotide sont fréquemment découvertes de manière fortuite. Souvent, la forme des artères est tracée par les calcifications, simplifiant leur identification. Elles peuvent être uni ou bilatérale (111). Les calcifications situées au niveau du segment cervical de l'ACI se présentent sur coupes axiale et sagittale comme des « grains de riz » de forme linéaire ou curviligne, uniques ou multiples, d'opacité homogène (Figure 125) (118). Typiquement, elles surviennent au niveau de la bifurcation carotidienne, en regard de C4 (Figure 126) (111).

La présence de calcifications de l'artère carotide est associée à un risque significativement accru de pathologies cardiovasculaires telles que l'infarctus du myocarde ou l'AVC ischémique. Leur prévalence s'avère plus élevée dans les populations présentant des facteurs de risque systémiques, notamment le diabète de type 2, le syndrome métabolique, le syndrome d'apnée obstructive du sommeil (SAOS) ou les femmes ménopausées. L'âge, les antécédents de tabagisme, le taux de cholestérol total et l'hypertension doivent également être inclus dans l'évaluation globale du risque (5,118). Pour cette raison, les patients présentant des calcifications carotidiennes identifiées sur des images CBCT doivent être adressés à un

spécialiste des pathologies cardiovasculaires pour des examens axés sur le contrôle et la gestion des facteurs de risque et, si nécessaire, pour l'ablation chirurgicale de la plaque d'athérome (116).

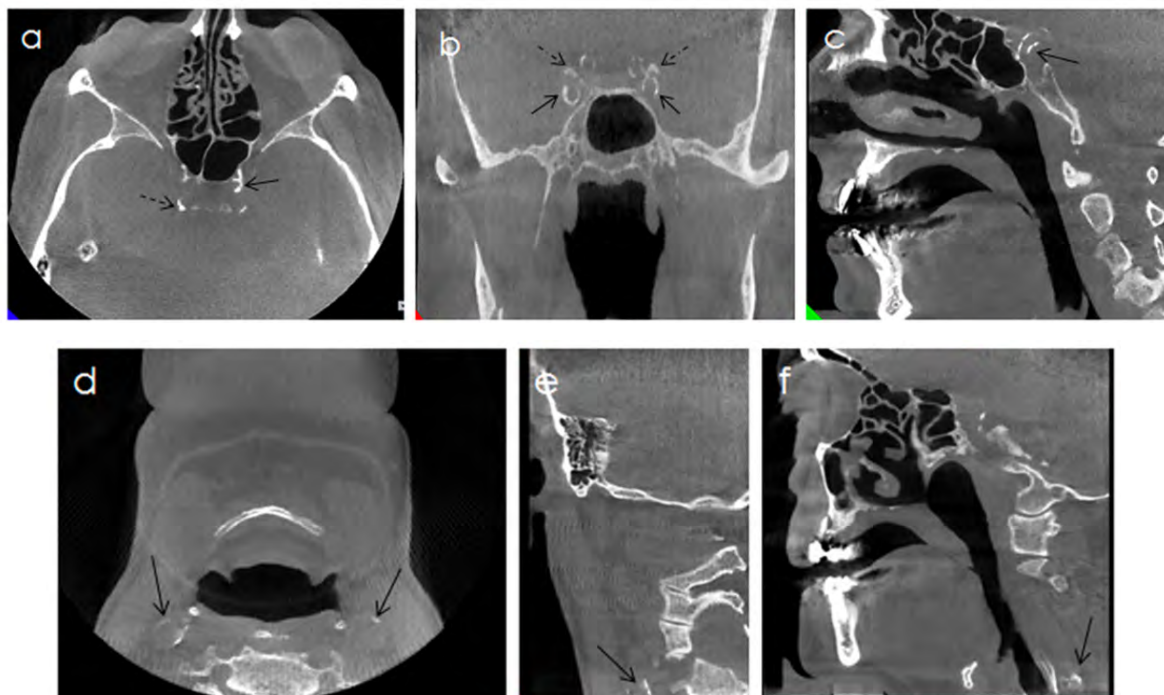


Figure 125 : coupes axiales (a, d), coronales (b, e) et sagittales (c, f) de calcifications du segment cervical (d, e, f) et des segments intracrâniens (a, b, c) de l'artère carotide interne désignées par les flèches (Damaskos et al. 2015)

(a) : processus clinioïde postérieur droit (flèche pointillée), (b) : processus clinioïde antérieur droit et gauche (flèches pointillées)



Figure 126 (à gauche) : coupe coronale au niveau des voies aériennes des calcifications (flèches) au niveau de la bifurcation carotidienne (Singer et al. 2021)

3. Filière aérique

Les VAS sont une zone anatomique importante et complexe liée au développement de pathologies multiples (119). La revue systématique de Guijarro & Swennen a démontré que l'analyse 3D des VAS à l'aide du CBCT est précise et fiable. Les découvertes fortuites à ce niveau y sont détectées chez 21 à 52 % des patients. La détection automatique des bords du pharynx grâce à l'imagerie CBCT a facilité les progrès dans la quantification de la taille et de la forme des voies respiratoires (13).

Le nasopharynx contient plusieurs structures anatomiques importantes sujettes à de nombreuses pathologies, allant du lipome au carcinome nasopharyngé, tumeur maligne la plus fréquente du nasopharynx et la plus souvent localisé dans la fossette de Rosenmüller (120,121). La fossette de Rosenmüller, ou récessus pharyngé, est localisée de façon symétrique sous l'ostium de la trompe d'Eustache, sur la paroi latérale du pharynx et recouverte de muqueuse (Figure 127) (13,121). La trompe d'Eustache est l'ancien nom du conduit auditif ; c'est un canal ostéo-cartilagineux qui unit la paroi antérieure de la cavité tympanique à la paroi latérale du nasopharynx (50).

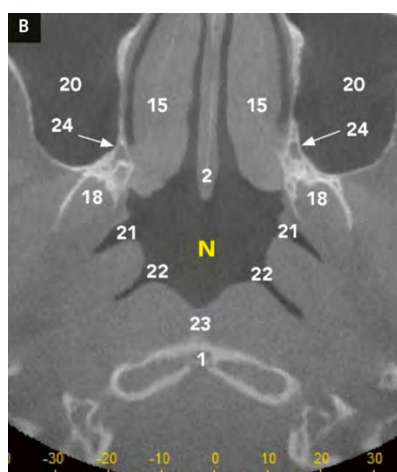


Figure 127 (à gauche) : coupe axiale du nasopharynx (N) au niveau des conduits auditifs (von Arx et al. 2020)

- 1 = clivus (os occipital);
- 2 = vomer ;
- 15 = cornet inférieur ;
- 18 = fosse ptérygoïde ;
- 20 = sinus maxillaire ;
- 21 = ouverture du conduit auditif;
- 22 = récessus pharyngé (fossette de Rosenmüller) ;
- 23 = paroi rétro-pharyngée ;
- 24 = canal grand palatin

Le vélopharynx est responsable de la séparation des cavités buccale et nasale lors de la parole et de la déglutition par sa composition majoritairement musculaire. L'incompétence de ce mécanisme peut entraîner une hypernasalité, des ronflements et/ou une régurgitation nasopharyngée (13).

Il a été largement prouvé qu'une largeur étroite et une longueur augmentée de l'oropharynx est fortement corrélée avec l'affaissement des voies respiratoires et les épisodes apnéiques pendant le sommeil et ce de façon proportionnelle à la gravité d'un SAOS (112). Le syndrome d'apnée obstructive du sommeil se caractérise par un collapsus récurrent des voies respiratoires supérieures pendant le sommeil, entraînant une hypoxie chronique et répétitive, une hypercapnie et un sommeil fragmenté. Sa pathogenèse n'est pas entièrement comprise et le diagnostic est généralement retardé.

Lors d'une imagerie CBCT, Whyte définit comme repère la mesure de la dimension transversale minimale des VAS. Elle est considérée à risque lorsqu'inférieure à 10mm (112). La revue systématique de Chen *et al.* (122) a suggéré qu'une aire calculée sur la section transversale minimale de faible valeur est la caractéristique anatomique la plus pertinente afin de caractériser

cet effondrement des voies respiratoires (Figure 128, Figure 129). Ceci est confirmé par leur étude suivante, où les auteurs obtiennent en moyenne $97,2 \text{ mm}^2$ chez des patients contrôles contre $65,5 \text{ mm}^2$ pour ceux souffrant d'un SAOS. La longueur de l'oropharynx suit le même schéma : $65,2 \text{ mm}$ contre $56,1 \text{ mm}$ pour le groupe contrôle (123). Whyte *et al.* trouvèrent un allongement supérieur à 70 mm pour considérer le patient à risque (112).

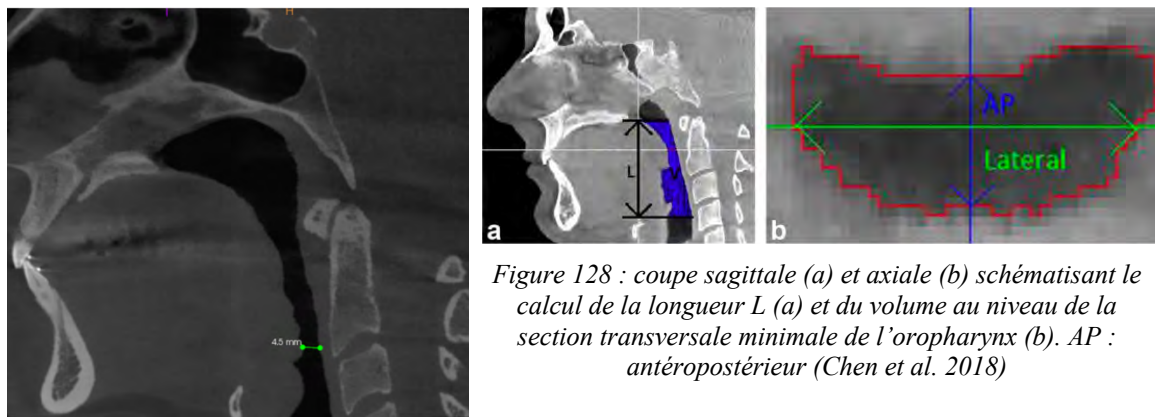


Figure 128 : coupe sagittale (a) et axiale (b) schématisant le calcul de la longueur L (a) et du volume au niveau de la section transversale minimale de l'oropharynx (b). AP : antéropostérieur (Chen *et al.* 2018)

Figure 129 : (à gauche): coupe sagittale d'un exemple de mesure des voies respiratoires (Dr de Bataille)

Même si le volume des voies respiratoires n'est pas accessible sur tous les examens CBCT réalisés par les chirurgiens-dentistes, l'étude de De Bataille (119) démontre que les éléments anatomiques suivant peuvent être des marqueurs de leur réduction : la dimension horizontale du palais mou, la langue, la position de l'os hyoïde et la position antéropostérieure de la mandibule et du maxillaire. Whyte *et al.* calculèrent, prenant le plan mandibulaire comme référence, une position dite basse de l'os hyoïde dès que supérieure à 18 mm (112).

Remarque : un bourrelet dit de « Passavant » est décrit chez environ 20 % de la population comme un renflement le long de la paroi postérieure du pharynx dû à la contraction du muscle constricteur supérieur du pharynx. Plusieurs auteurs pensent qu'il participerait à la fermeture vélo-pharyngée, bien que cela reste controversé (124).

B. Charnière cranio-rachidienne – étage postérieur de la base du crâne

Le toit du nasopharynx forme le plancher du clivus (12). Celui-ci désigne anatomiquement uniquement la base de l'os occipital et appartient donc à l'étage postérieur de la base du crâne (20). C'est une zone anatomique majoritairement capturée par les CBCT moyens et grands champs (125). La frontière avec le sphénoïde est la synchondrose sphéno-occipitale.

Entre les deux, faisant partie du clivus, le *dorsum sellae*, ou dos de la selle, forme la partie postérieure de la fosse hypophysaire (20).

L'os occipital, l'atlas et l'axis forment la jonction craniale-vertébrale (Figure 130). Les vertèbres C3 à C6 présentent en général les caractéristiques typiques des vertèbres (Figure 131) ; leur processus épineux est bifide et de chaque côté, latéral au corps vertébral, se trouve le foramen transverse. Collectivement, ces structures renferment la moelle épinière et les nerfs crâniens inférieurs (14).

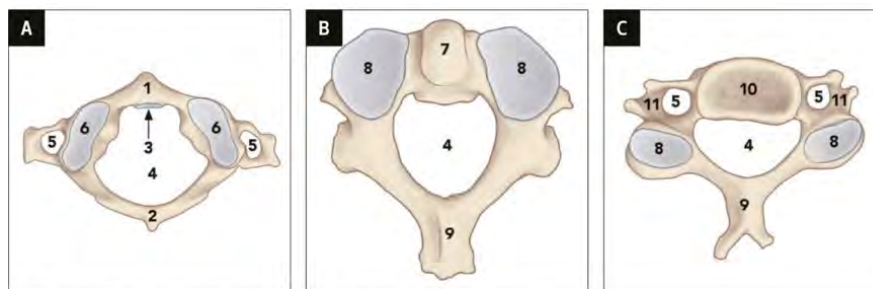


Figure 130 : illustrations en vue supérieure de l'atlas (A), axis (B) et des vertèbres typiques C3-C6 (C) (von Arx et al. 2020)

1 = arc antérieur, 2 = arc postérieur, 3 = surface articulaire pour le processus odontoïde de C2, 4 = foramen vertébral, 5 = foramen transverse, 6 = surface articulaire de l'articulation atlanto-occipitale, 7 = processus odontoïde de l'axis, 8 = surface articulaire supérieure, 9 = processus épineux, 10 = corps vertébral, 11 = processus transverse avec tubercules antérieur et postérieur

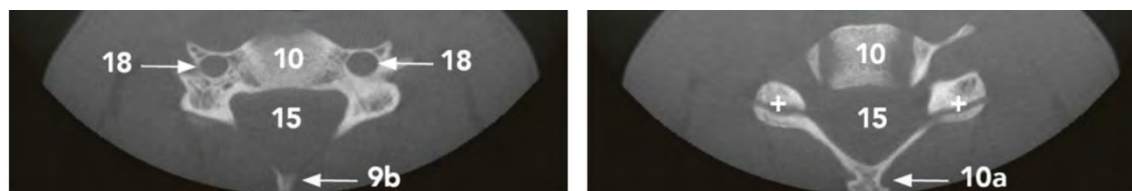


Figure 131 : coupes axiales au niveau de C4 (von Arx, 2020)

9b = processus épineux de C3 ; 10 = corps vertébral de C4 ; 10a = processus épineux de C4 ; 15 = foramen vertébral ; 18 = foramen transverse ; + = surface articulaire supérieure

1. Étage postérieur de la base du crâne

a) Variantes anatomiques du clivus

Fossa navicularis magna (FNM) (Figure 132 et Figure 133) est décrit comme une dépression osseuse en forme d'encoche, circulaire, sur la surface inférieure du clivus (14,125,126).

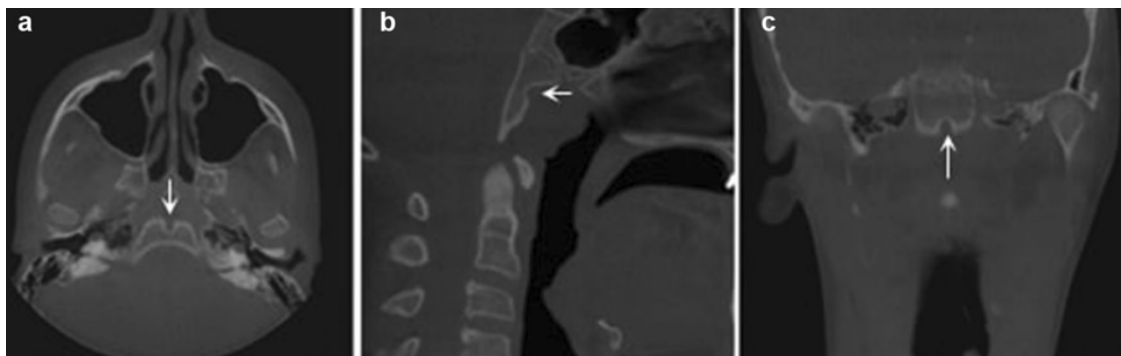


Figure 132 : coupes axiale (a), sagittale (b) et coronale (c) d'un FNM (flèche) (Bayrak et al. 2019)



Figure 133 : coupe sagittale médiane d'un FNM (flèche) (McCartney et Mupparapu, 2021)

Canalis basilaris medianus (CBM) est une variation en forme de canal présenté avec 3 sous-types complets et 3 sous-types incomplets (Figure 134) ; son apparence est donc davantage variable. Il a été retenu, dans un sens général, une radio-clarté cortiquée en forme de canal entre le pharynx et la fosse crânienne postérieure. À première vue, l'image pourrait ressembler à une fracture du clivus ; le diagnostic différentiel se fait par l'absence de tout autre processus ostéolytique (14,125,126).

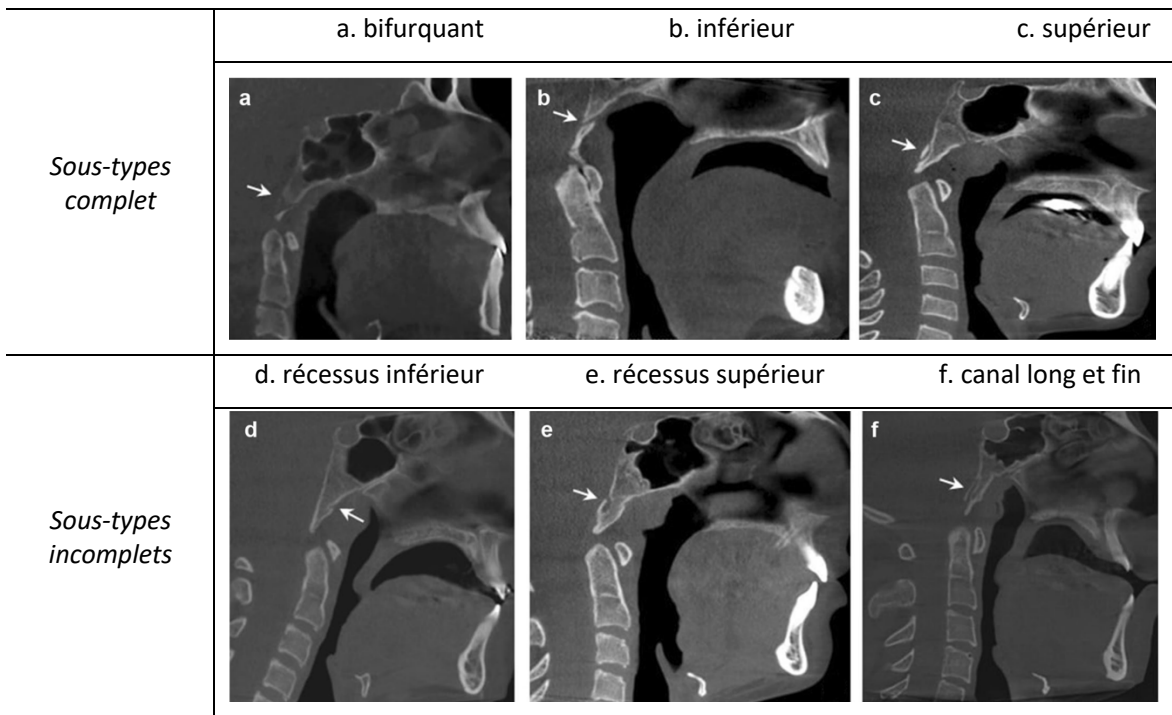


Figure 134 : coupes sagittales des 6 sous-types de CBM (a,b,c,d,e,f) (Bayrak et al. 2019)

Les cas récurrents d'infection, en particulier la méningite, ou les symptômes courants de fièvre, de douleur cervicale et de raideur de la nuque sans infections associées sont autant de raisons de suspecter la possibilité d'une de ces variations du clivus dont il existe plusieurs approches thérapeutiques. L'image radiologique associée est alors moins nette ; un processus ostéolytique et la présence d'une masse ou d'un abcès au niveau du clivus peuvent se remarquer. Cependant, la majorité des patients sont asymptomatiques. La lésion est radiologiquement bien définie en périphérie et cortiquée (125).

Le canal hypophysaire persistant (anciennement canal de Sternberg) est un défaut osseux congénital du clivus caractérisé par la communication entre le nasopharynx et la selle turcique via la base du crâne (36,127). Il se nomme également canal craniopharyngé latéral lorsqu'il atteint 1,5mm de diamètre, bien que les auteurs ne soient pas unanimes sur sa terminologie (Figure 135, Figure 136) (127). Sa prévalence a été rapportée entre 0,42 et 4% des adultes (20,126,127). Le plus souvent asymptomatique, il peut en résulter un prolapsus de la glande hypophysaire dans le nasopharynx ou un écoulement de liquide céphalo-rachidien (127).

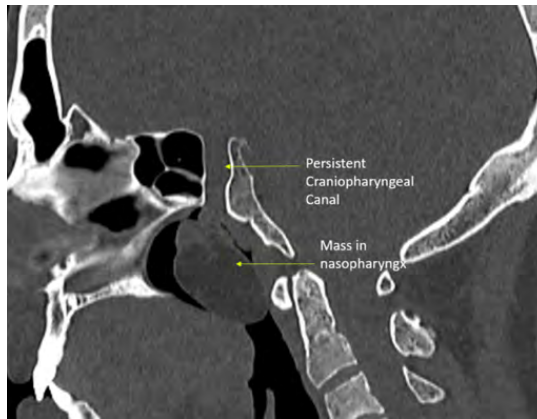


Figure 135 : coupe para-sagittale d'un canal craniopharyngé latéral (cas du Dr Nanjaraj, 2019, European Society Radiology (128))

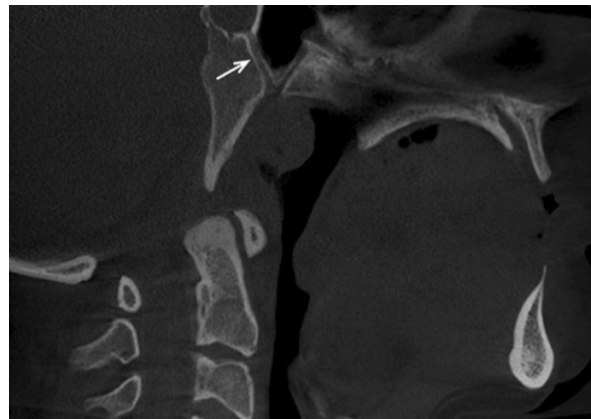


Figure 136 : coupe coronale d'un canal craniopharyngé persistant (flèche) (Bayrak et al. 2019)

b) Région cérébrale

La faux du cerveau est une structure de tissus mous composée d'une partie de la dure-mère située sur la ligne médiane cérébrale entre les hémisphères. Sa calcification partielle (Figure 137) est généralement une variante idiopathique et est considérée physiologique (111,129).

Les plexus choroïdes sont un site de production de liquide céphalo-rachidien. Leurs calcifications sont souvent observées par paires, de forme irrégulière, dans la fosse crânienne postérieure (Figure 138), généralement en dessous du niveau de la glande pinéale. Elles sont le plus souvent physiologiques, mais ont été associées plusieurs fois à de la schizophrénie (111).

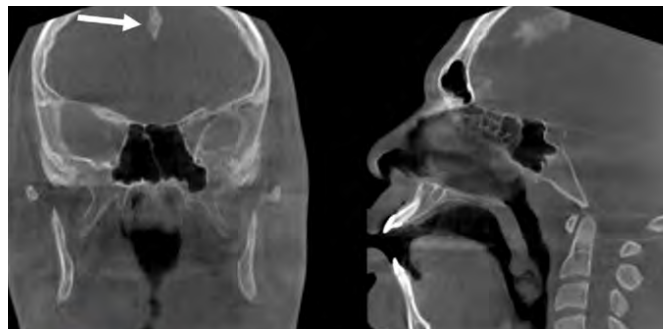


Figure 137 : coupes coronale (gauche) et sagittale (droite) d'une calcification partielle de falx cerebri (Singer et al. 2021)

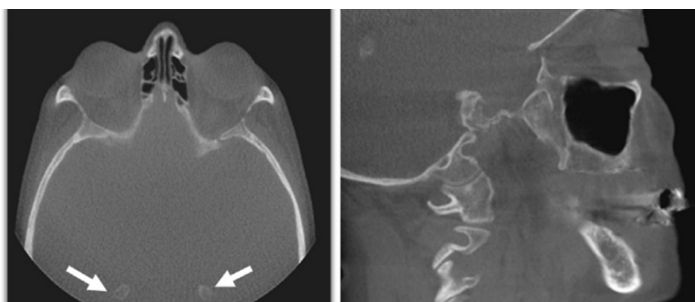


Figure 138 : coupes axiale (gauche) et sagittale (droite) de la calcification des plexus choroïdes (Singer et al. 2021)

2. Articulation atlanto-occipitale

Un défaut d'alignement des vertèbres cervicales ou du processus odontoïde (Figure 139) voire une scoliose, peuvent être notés dans le compte-rendu du CBCT en mentionnant la nécessité d'une corrélation clinique, afin d'exclure une mauvaise position du patient pendant l'examen. La scoliose fait référence à des courbures anormales de la colonne vertébrale au-delà de sa lordose physiologique cervicale et lombaire (14).

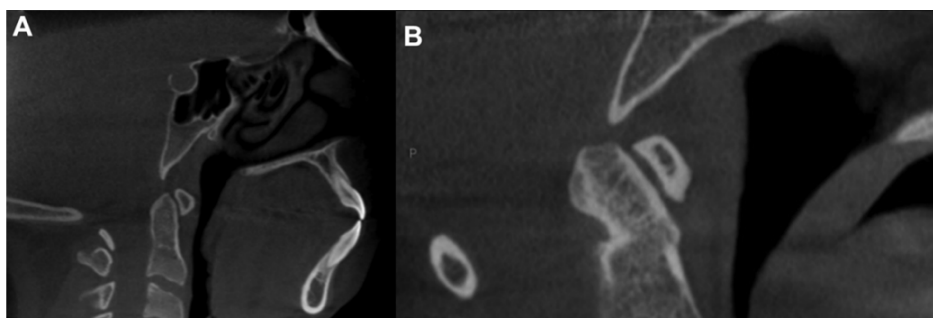
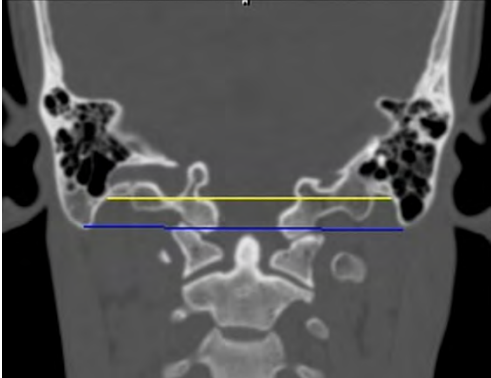
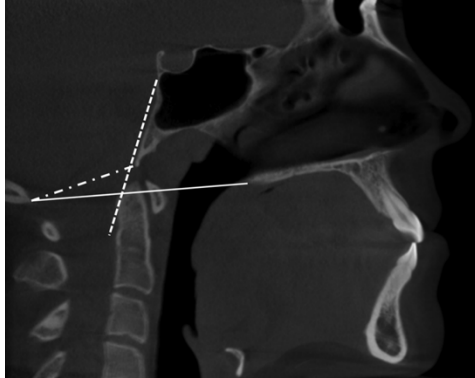


Figure 139 : coupes sagittales d'un mauvais alignement de l'arc postérieur de C1 (A) et du processus odontoïde (B) par rapport au rachis (Alsufyani 2017)

L'invagination basilaire, également appelée impression basilaire, est une anomalie congénitale ou acquise de la jonction cranio-cervicale où le sommet du processus odontoïde (PO) de l'axis se projette au-dessus du foramen magnum. C'est une anomalie très rare qui, lorsque congénitale, est asymptomatique jusqu'à l'âge adulte. Cinq lignes ont été décrites et utilisées par la plupart des radiologues pour évaluer l'invagination basilaire sur des radiographies frontales et latérales du crâne ainsi que sur des reconstructions coronaires et sagittales médianes de scanner, CBCT et IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) (Figure 140, Figure 141) (130). L'hypoplasie du clivus est presque toujours associée (14).

Coupe frontale	Coupe sagittale
<p><u>Ligne digastrique (jaune)</u> : la pointe du PO est normalement située entre 11 et 21mm en dessous de cette ligne.</p> <p><u>Ligne bimastoïdienne (bleue)</u> : la pointe du PO ne dépasse normalement pas cette ligne de plus de 10mm.</p>	<p><u>Ligne de McRae (ligne tiret-point)</u> : relie le basion* et l'opisthion**. La pointe du PO se projette normalement en dessous de cette ligne.</p> <p><u>Ligne de Chamberlain (ligne pleine)</u> : relie le bord postérieur du palais dur et l'opisthion. La pointe du PO ne dépasse normalement pas cette ligne de plus de 3mm.</p> <p><u>Ligne de Wackenheims ou ligne basilaire (ligne de tirets)</u> : tracée le long du clivus jusqu'au canal cervical. La pointe du PO lui est normalement ventrale et tangentielle.</p>
	
<p>Figure 140 : coupe frontale de lignes de la jonction crano-vertébrale (cas du Dr Prashant Mudgal, Radiopaedia)</p>	<p>Figure 141 : coupe sagittale des lignes de la jonction crano-vertébrale (Alsufyani 2017)</p>

*Basion : point de repère anthropométrique situé au centre du bord antérieur du foramen magnum (131)

**Opisthion : point craniométrique médian du bord postérieur du foramen magnum (50)

Remarque : la ligne de McGregor est une modification de la ligne de Chamberlain utilisée lorsque l'opisthion n'est pas identifié sur les radiographies standards. Elle relie le bord postérieur du palais dur au point le plus caudal de l'os occipital. Le PO se situe normalement à moins de 4,5 mm au-dessus de cette ligne (130).

La terminologie *occipital vertebrae* désigne un ensemble de variantes anatomiques très rares résultant d'une fusion incomplète ou aberrante des centres d'ossification osseux occipitaux. Il en résulte des anomalies de forme de l'articulation atlanto-occipitale. Les reconstructions densitométriques permettent leur diagnostic lorsqu'une projection osseuse ou un arc est visible entre l'os occipital et C1. On retrouve notamment un condyle tertiaire et un processus para-

condyloïde (Figure 143). Les symptômes sont rares (132). Le condyle tertiaire (Figure 142) peut s'articuler avec le PO ou l'arc antérieur de C1 (133).



Figure 142 : coupe frontale d'un condyle tertiaire (flèche) (Occipital vertebrae, Radiopaedia.org)

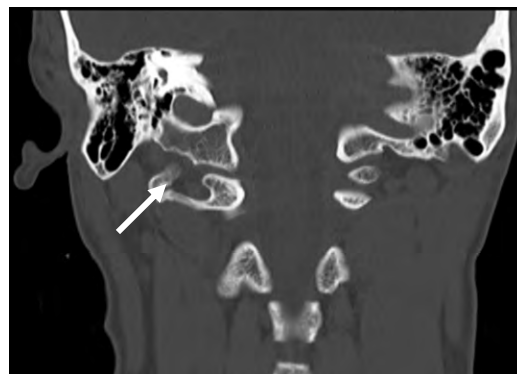


Figure 143 : coupe frontale d'un processus paracondyloïde non fusionné (flèche) latéral au condyle occipital droit (Occipital vertebrae, Radiopaedia.org)

3. Articulations entre les vertèbres cervicales

Un processus inflammatoire chronique et/ou à la fois fonction et para fonction peuvent provoquer un remodelage de l'os dans la région des articulations ; on parle de pathologies articulaires dégénératives (PAD). Elles sont caractérisées par le rétrécissement de l'espace articulaire, la sclérose, les érosions, la formation d'ostéophytes et de corps étrangers intra-articulaires (Figure 144). Les disques intervertébraux vieillissent également, dégèrent et des calcifications se développent (14,111,134).

L'ostéoarthrite désigne un phénomène inflammatoire, un ensemble de signes cliniques et radiologiques associés à de la douleur, pouvant survenir à tout âge. L'ostéoarthrose, quant à elle, est utilisée pour décrire une pathologie liée à l'âge et au vieillissement des structures. On retrouve souvent des symptômes radiologiques ne présentant pas forcément de signe clinique ou symptomatique (50,134). Finalement, le terme « arthralgie » regroupe les signes cliniques et symptomatiques de douleur articulaire, sans forcément de découvertes radiologiques (134).

Les découvertes fortuites au niveau vertébral cervical concernent entre 9,7% et 47,8% des patients selon les auteurs. Les PAD en représentent la majorité (Figure 145) (9). Les études montrent que l'articulation C5-C6 est la plus souvent impliquée. La fréquence diminue par ordre décroissant vers C2-C3. Cependant, elles ne sont pas limitées à la colonne vertébrale cervicale mais peuvent concerner le clivus ou l'os occipital (14). *A contrario*, la spondylarthrite ankylosante n'a pas été rapportée comme découverte fortuite de CBCT. Cependant, des images typiques de colonne vertébrale « en bambou » peuvent se lire (Figure 146) (14).



Figure 144 : coupes sagittales de PAD de la colonne vertébrale cervicale (B) et de C2-C3 (A) avec formations osseuses hétérotopique, érosion et ostéophytes. Calcification du disque C4-C5 (B) (Alsufyani 2017)

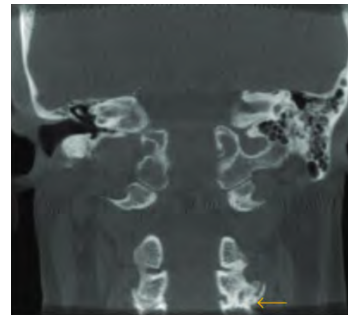


Figure 145 : coupe coronale de pathologies articulaires dégénératives de C3-C4 avec formation d'ostéophyte (Barghan et al. 2016)

Figure 146 (à gauche) : coupe sagittale d'une spondylarthrite ankylosante et image en bamou de la colonne vertébrale cervicale (Alsufyani 2017)



Remarque : la spondylarthrite peut être associée à une ossification du ligament longitudinal postérieur (OLLP) pouvant être asymptomatique jusqu'à la 4^{ème} ou 6^{ème} décennie (Figure 147). La pathogenèse n'est pas connue (14,135). De façon symétrique, l'ossification du ligament longitudinal antérieur (OLLA) (Figure 148), quant à elle, est plutôt associé à de la dysphagie (111).



Figure 147 : coupes sagittales d'une OLLP au niveau de C3 (gauche) et plus étendue (droite) (Alsufyani 2017 et Radiopaedia.org (135))



Figure 148 : coupe sagittale montrant le ligament longitudinal antérieur calcifié (Singer et al. 2021)

Le *limbus vertebrae* (Figure 149) apparaît comme un fragment osseux triangulaire dans un angle du corps vertébral imitant une fracture ou une infection. Il se forme par ossification de

contenu du disque vertébral ayant hernié. Il est retrouvé de manière fortuite en antérieur, le plus souvent, car asymptomatique (111,136).

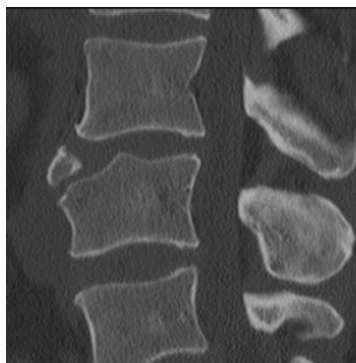


Figure 149 : coupe sagittale d'un limbus vertebrae antérieur (Alsufyani 2017)

Ces pathologies dégénératives articulaires, l'OLLP et le *limbus vertebrae* peuvent provoquer une compression postérieure du canal rachidien et entraîner des dysfonctionnements neurologiques (14,111,136).

4. Variations de forme des vertèbres cervicales

La fusion des vertèbres cervicales porte un intérêt dans la littérature dentaire car les anomalies vertèbre-base du crâne affectent le développement cranio-mandibulaire avec des conséquences potentielles sur les VAS ; la dislocation d'éléments osseux issus de défaut de fusion peut s'étendre vers les VAS, provoquant un rétrécissement (Figure 153). De plus, elles peuvent être multiples ou suffisamment graves pour augmenter le risque de compression de la moelle épinière et avoir des implications neurologiques. Ainsi, même si légère ou asymptomatiques, elles doivent être relevées. La fusion peut être partielle ou complète et impliquer les éléments vertébraux postérieurs (processus transverses ou épineux) ou empêcher la séparation d'une ou plusieurs vertèbres adjacentes (Figure 152). La fusion variable de C1 à l'occiput entraîne son « occipitalisation » (Figure 150) (14). La prévalence de fusion vertébrale varie de 0,4 à 0,77% (9).

Souvent reportés dans la littérature orthodontique, les fusions incomplètes peuvent aller des fentes partielles (Figure 151) à l'agénésie totale. Les fentes vertébrales peuvent être associées à une légère douleur au cou due à des déficits neurologiques après une blessure mineure à la colonne cervicale ou à la tête. Elles peuvent être diagnostiquées à tort comme des fractures. Les fentes de l'arc postérieur sont plus fréquentes que les fentes de l'arc antérieur (14).

Remarque : dans des cas avancés, les ostéophytes et les corps étrangers intra-articulaires s'ajoutent aux risques de rétrécissement des VAS (14).

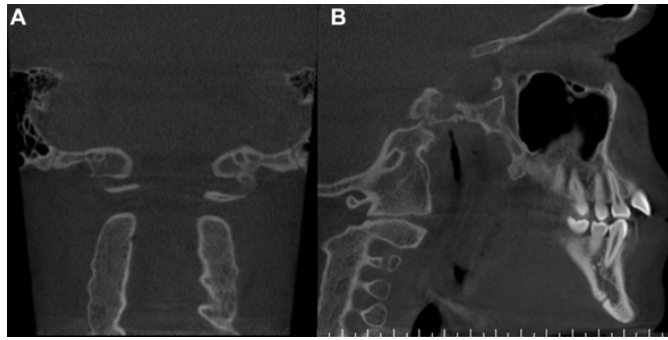


Figure 150 : coupe frontale (A) et sagittale (B) de la fusion entre C1 et la base du crâne et entre le processus transverse de C2 à C5 (Alsufyani 2017)

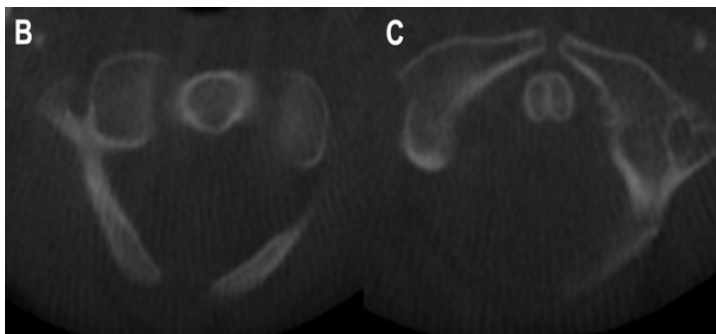


Figure 151 : coupes axiales d'une fusion incomplète d'une même vertèbre (Alsufyani 2017)

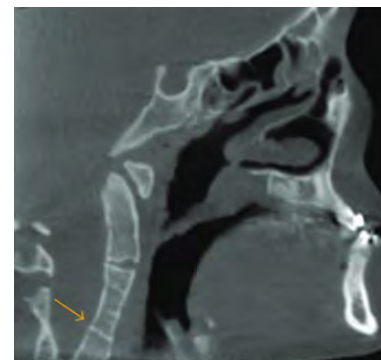


Figure 152 : coupe sagittale d'une fusion de C3-C4 (Barghan et al. 2016)

L'os *odontoideum* ou apophyse odontoïde mobile (Figure 153) est une anomalie rare caractérisée par la séparation complète ou partielle du processus odontoïde. Sa position peut alors être orthotopique ou dystopique. Les patients asymptomatiques le deviennent le plus souvent après un traumatisme, même mineur. Cela va de la douleur à la paraplégie (14).

A ne pas confondre avec l'osselet de Bergmann, ou *persistens ossiculum terminale* (Figure 154), lui aussi un défaut de fusion du PO. Il apparaît comme un petit os bien cortiqué à l'extrémité du PO, généralement dans la ligne médiane. Le diagnostic différentiel doit en plus se faire avec la fracture du processus odontoïde ou la présence de corps étrangers intra-articulaires (137).

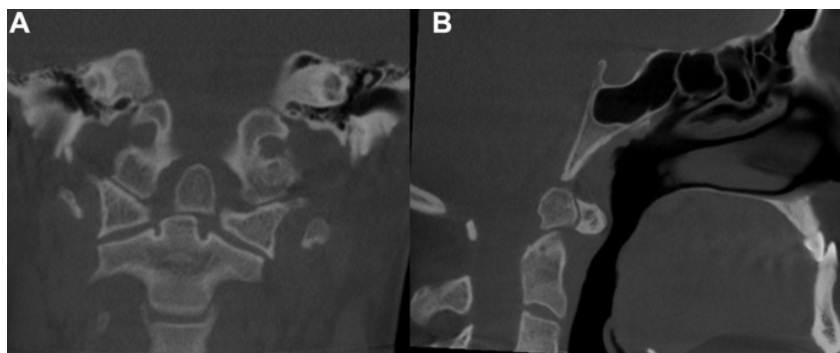


Figure 153 : coupe frontale (A) et sagittale (B) d'un défaut de fusion du processus odontoïde et d'un os odontoideum disloqué affectant la morphologie des VAS (Alsufyani 2017)

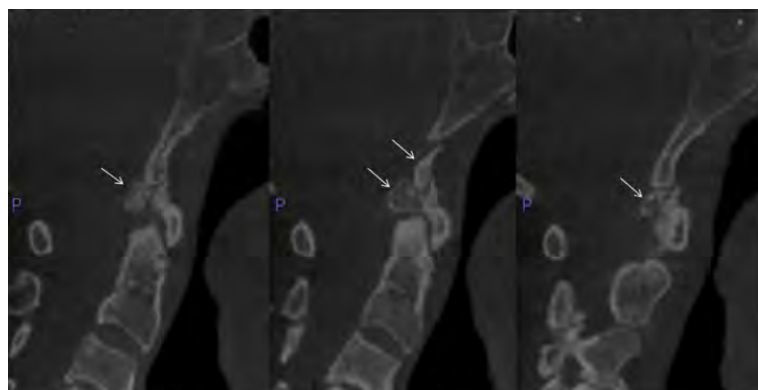


Figure 154 : coupes sagittales de deux osselets de Bergmann (flèches) interposés entre l'extrémité du clivus, l'arc antérieur de C1 et C2 (Alsufyani 2017)

5. Contingent vasculaire

L'artère vertébrale, depuis sa naissance au niveau de l'artère subclavière, pénètre le foramen transverse de C6 puis tous les foramina transverses de bas en haut jusqu'à celui de l'atlas, qu'elle quitte pour rejoindre le tronc céphalique par le foramen magnum (50). Elle est située dans un sillon sur le bord postéro-latéral de l'arc postérieur de C1 lorsqu'elle s'y dirige (14). Si le sillon est complètement ou partiellement refermé par une petite proéminence osseuse, on parle de *ponticulus posticus* (PP) (Figure 155, Figure 156) (138). Cette variante de l'atlas n'est pas rare, avec une prévalence d'environ 7 % à 26,2 % sur CBCT (14). Elle peut être associée à des maux de tête, des vertiges et douleurs cervicales inexplicables (5).

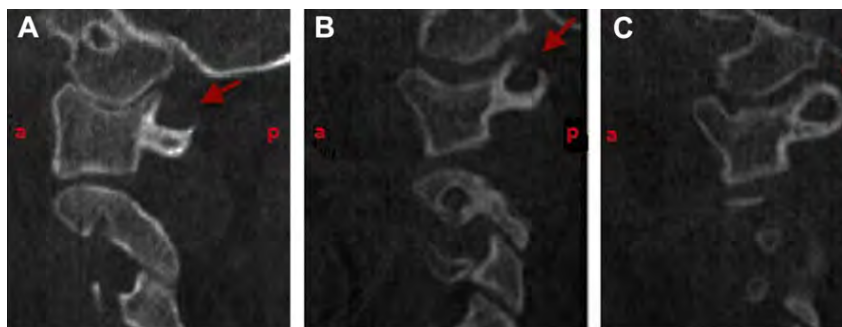


Figure 155 : coupes sagittales d'un PP absent (A), partiel (B) et complet (C) (Bayrakdar et al. 2014)



Figure 156 : coupe sagittale d'un PP complet (Alsufyani 2017)

Remarque : il est possible d'identifier à tort un PP comme un large arc dorsal de l'atlas. Un arc dorsal normal s'amincit latéralement et ne se courbe pas crânialement, alors qu'il s'élargit latéralement et s'étend vers le haut pour un PP (138).

Certains auteurs montrent également qu'il existerait une corrélation entre l'artère vertébrale et les foramina transverses dont elle influencerait la configuration, selon son trajet de passage (139). Zibis *et al.* (140) ont relevé des taux étonnamment élevés de foramina transverses

hypoplasiques (d'un diamètre inférieur à 2mm), doubles voire triples, appelés aussi « accessoires » (141). L'étude de Moreira et Herrero (139) les illustre ci-dessous (Figure 157).

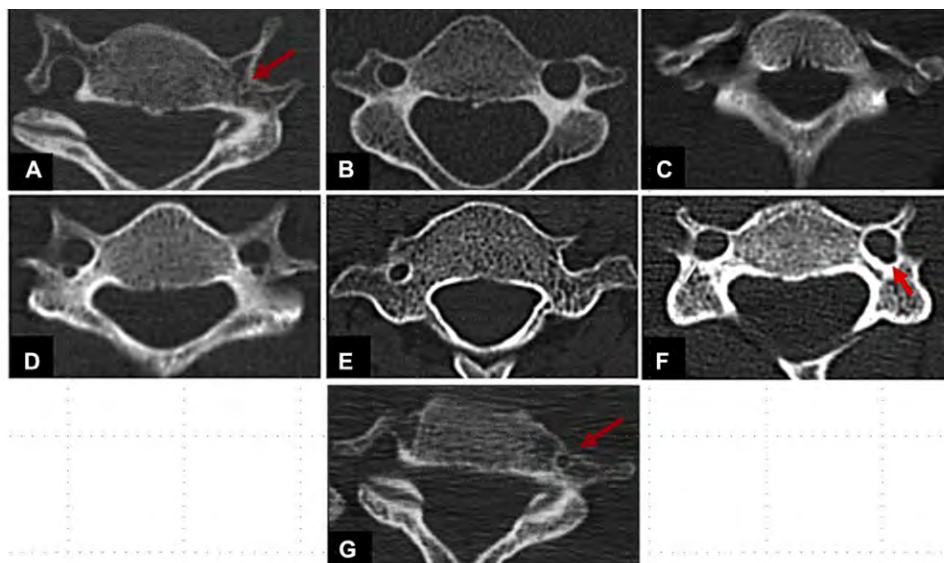


Figure 157 : coupes axiales des variantes anatomiques du foramen transverse : agénésie (A), asymétrie (B), arête cervicale* (C), double foramina (D), foramen ouvert (E), formation d'un sulcus* (F) et hypoplasie (G) (Moreira et Herrero 2020)

*L'arête cervicale est la présence d'une formation osseuse rudimentaire en forme d'arête. La formation d'un sulcus est une indentation au niveau du foramen.

Remarque : une articulation dite « accessoire » peut survenir entre les processus transverses (141).

De plus, un compte rendu de l'analyse de cette région est proposé sous forme d'un tableau retrouvé en annexe.

VI. Variantes anatomiques de la région auriculo-temporo-mandibulaire

A. Articulation temporo-mandibulaire

L'ATM est une articulation synoviale complexe. Individuellement de type ellipsoïde, chacune possède un fonctionnement simultané (17). Semblable aux autres articulations synoviales du corps, elle est formée d'un disque, de surfaces articulaires, d'une capsule fibreuse, de liquide et d'une membrane synoviale ainsi que de ligaments (Figure 158 et Figure 159) (22,142). La surface articulaire temporale est située en avant du méat acoustique externe (MAE) et sur la face inférieure de la racine du processus zygomatique. Le disque articulaire est un fibrocartilage biconcave adhérent à la capsule articulaire par des ligaments discaux antérieur et postérieurs. Il partage la cavité articulaire en deux cavités synoviales, supérieure et inférieure. La tête de la mandibule, nommée condyle mandibulaire, est oblongue légèrement en arrière et en médial (17). Son apparence est très variable entre individus et entre groupes d'âges différents (142).

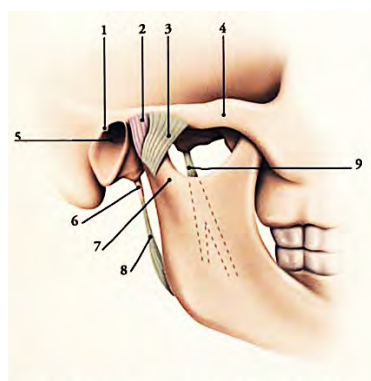


Figure 158 : dessin de l'ATM en vue latérale (page 89, Kamina 2006)

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1. Épine supra-méatique | 6. Processus styloïde |
| 2. Capsule articulaire | 7. Col de la mandibule |
| 3. Lgt latéral | 8. Lgt stylo-mandibulaire |
| 4. Arcade zygomatique | 9. Lgt sphéno-mandibulaire |
| 5. Méat acoustique externe | |

*Lgt = ligament

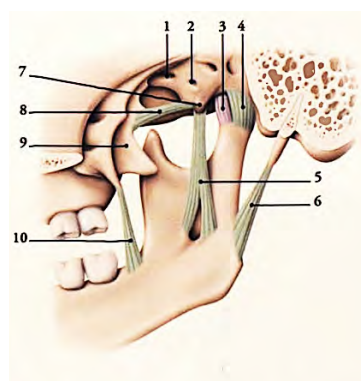


Figure 159 : dessin de l'ATM en vue médiale (page 89, Kamina 2006)

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. Foramen ovale | 6. Lgt stylo-mandibulaire |
| 2. Foramen épineux | 7. Épine du sphénoïde |
| 3. Capsule articulaire | 8. Lgt ptérygo-épineux |
| 4. Lgt médial | 9. Lame latérale du processus ptérygoïde |
| 5. Lgt sphéno-mandibulaire | 10. Raphé ptérygo-mandibulaire |

Différentes modalités d'imagerie sont disponibles pour imager l'ATM, chacune avec ses forces et ses faiblesses inhérentes. L'IRM est la plus utilisée et la technique diagnostique de choix, notamment grâce à sa capacité d'acquisition d'images en bouche ouverte et bouche fermée, permettant l'étude de la fonctionnalité de l'articulation (142). Ayant un rôle limité dans l'évaluation de l'ATM, le panoramique est indiqué par *L'American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology* utile pour y détecter les variations osseuses « grossières » (143). La tomodensitométrie quant à elle, est utilisée pour évaluer les éléments osseux de l'ATM ainsi que

les tissus mous adjacents (Figure 160) ; elle est idéale pour l'évaluation des fractures, PAD, infections, tumeurs ou anomalies congénitales (22,142,144). Lors de l'observation de l'ATM au CBCT, il conviendra de repérer (1) :

- L'absence d'altération des contours osseux,
- L'absence de modifications de densité ou de structure osseuse,
- L'absence de corps étranger articulaires ou de calcifications capsulo-ligamentaires.

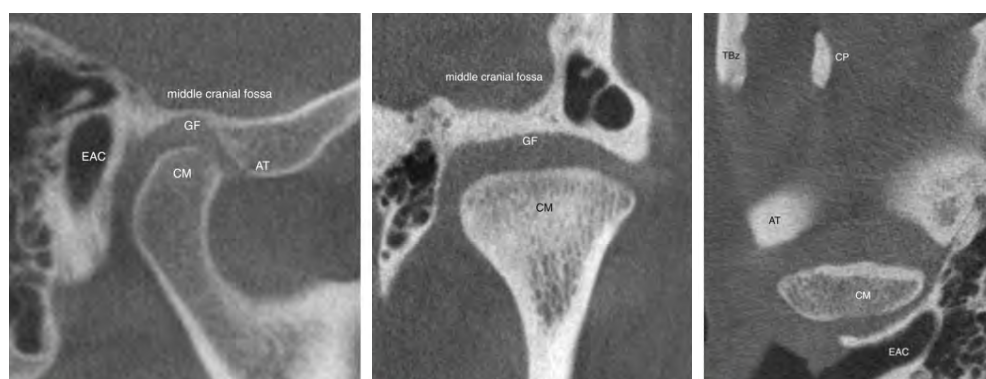


Figure 160 : coupes sagittale (gauche), coronale (milieu) et axiale (droite) d'une ATM (von Arx et Lozanoff, 2017)

CM : condyle mandibulaire, EAC : conduit acoustique externe, GF : fosse glénoïde, AT : tubercule articulaire, CP : processus coronoïde, TBz : processus zygomatique de l'os temporal

1. Contours osseux de l'ATM

En plus de fonctionner comme une articulation, l'ATM agit également comme un site de croissance adaptative. Le condyle mandibulaire est unique par sa capacité à se remodeler et à donner lieu plusieurs types morphologiques (145). Yale *et al.* ont été les premiers à reporter les différentes formes de condyle mandibulaires. Leur évaluation lors d'autopsie de l'ATM a révélé que la plupart avaient une taille et une forme normales (146) supposée convexe et symétrique entre le droite et le gauche (144). La revue systématique de Hegde *et al.* (144) concluent que les formes de condyles mandibulaires humains peuvent être de 5 formes différentes : aplati, convexe, angulé, rond et concaves. Thimmaiah (145) reprend cette classification et l'associe à des mesures visuelle et analytique sur coupes coronales (Tableau 9) ; la ligne horizontale est tracée à la base de la courbure. Lorsque présent, les points les plus hauts de la surface y sont reliés par des lignes verticales.

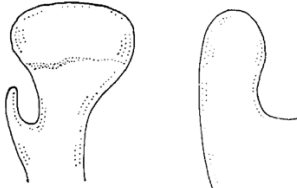
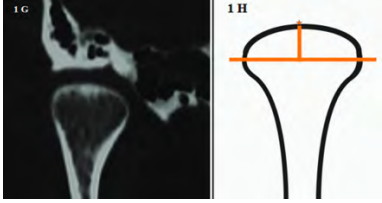
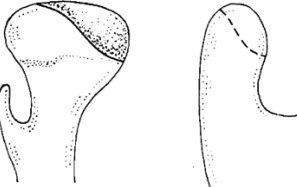
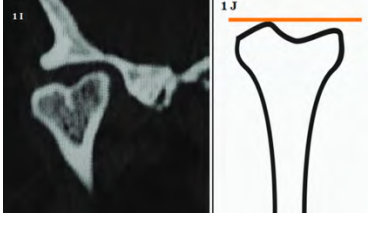
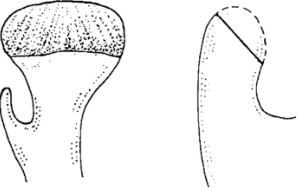
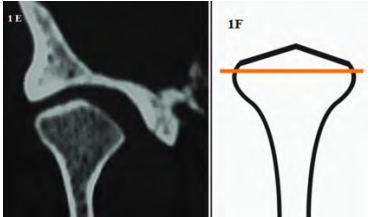
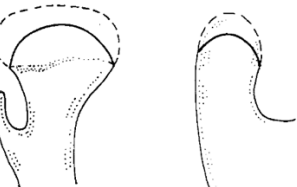
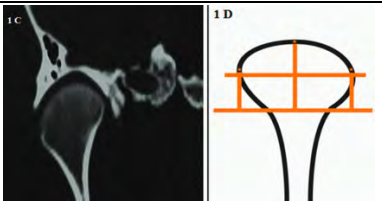
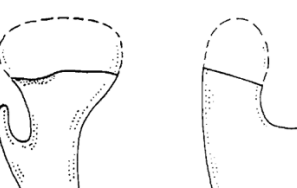
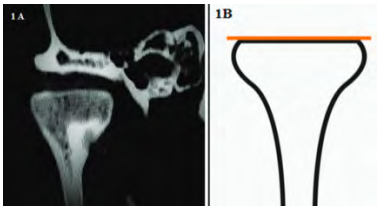
Forme du condyle	Dessins en vue frontale (gauche) et latérale (droite) (Juniper 1994)	Coupe TDM frontale et mesures associées (Thimmaiah 2017)
Convexe		
Irrégulière, concave		
Angulée		
Arrondie		
Plate		

Tableau 9 : classification des formes de condyles mandibulaire (tableau réalisé par l'auteur)

Le terme “bifide” dérive du Latin et signifie « une fente entre deux parties ». Un condyle mandibulaire bifide (Figure 161, Figure 162) est une malformation anatomique souvent diagnostiquée comme découverte fortuite lors d'un examen radiologique de routine et ne présente généralement pas de symptômes distincts (142,147). Cette variation se présente de façon uni ou bilatérale avec un ratio approximatif de 4,4 pour 1 (22). La multiplication de la tête condylienne peut se produire dans le plan sagittal (fente antéropostérieure) ou dans le plan coronal avec une extrémité antérieure et l'autre postérieure (fente sagittale) (22,142,144). Leur étiologie et pathogénie restent floues, bien que l'hypothèse du traumatisme soient la plus souvent retrouvée dans la littérature (142,147,148).

Quelques rares cas de condyles trifides (Figure 163, Figure 164) sont recensés (148). Un seul cas de tétrafidie a été retrouvée (Figure 164) (147).

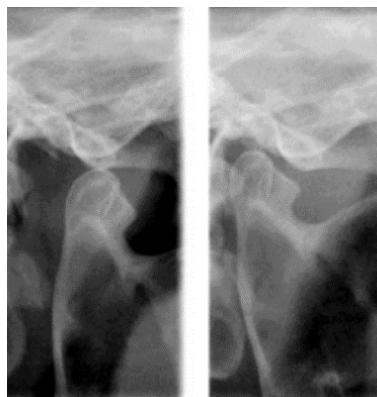


Figure 161 : image panoramique d'un condyle mandibulaire bifide (Hegde et al. 2013)



Figure 162 : coupe frontale d'un condyle bifide (flèche) (Bag et al. 2014)



Figure 163 : coupe axiale d'un condyle trifide (Zoabi et al. 2022)

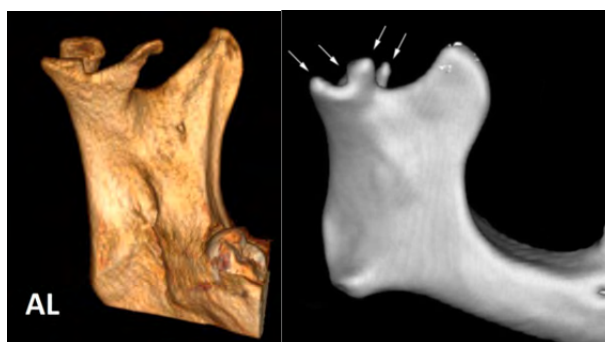


Figure 164 : reconstitutions CBCT 3D d'un condyle trifide (AL) et tétrafide (flèches) (Zoabi et al. 2022, Sahman et al. 2011)

L'hyperplasie condylienne (Figure 165) est une malformation osseuse rare caractérisée par une croissance excessive d'un ou des deux condyles mandibulaires. Elle est fréquemment associée à une augmentation du volume du ramus et du corps de la mandibule. Les hyperplasies se révèlent le plus souvent à l'âge adulte ; les traumatismes ou une perturbation hormonale sont souvent mis en cause. A terme, la déformation osseuse progressive de la mandibule devient cliniquement évidente et entraîne des désordres articulaires dento-dentaires puis une asymétrie faciale (1,142,144).



Figure 165 (à gauche) : coupe panoramique d'une hypertrophie condylienne (tête de flèche) et ramique (flèche) gauche (Bag et al. 2014)

2. Variations de densités osseuses de l'ATM

L'arthrose fait partie des pathologies articulaires dégénératives. C'est un processus chronique qui affecte de manière caractéristique le cartilage articulaire des articulations synoviales et est associée à un remodelage de l'os sous-chondral sous-jacent avec une atteinte secondaire de la synoviale, souvent inflammatoire. C'est la pathologie articulaire la plus fréquente affectant l'ATM (50,134). Typique de ce phénomène, les changements observés à l'imagerie ne sont pas toujours en corrélation avec les symptômes ; la récente étude de Bianchi *et al.* (134) relève jusqu'à 82% de patients asymptomatiques. On retrouve le plus souvent (111,142,149) :

- l'aplatissement de la surface articulaire antérieure des condyles et de la face postérieure des éminences articulaires (Figure 167, Figure 168),
- l'amincissement de l'os cortical (Figure 166),
- la sclérose de l'os médullaire (Figure 167),
- la formation d'ostéophytes (Figure 166, Figure 167), de calcifications intra-articulaires (Figure 169, Figure 170) et de kystes sous-chondraux (Figure 166).

Les érosions (Figure 166) représentent un stade précoce du processus dégénératif, indiquant une altération des surfaces articulaires entraînant par la suite des modifications de l'occlusion. Elles sont décrites radiographiquement comme une zone localisée dans le condyle où la densité de l'os cortical et médullaire est réduite. *A contrario*, les ostéophytes sont présents à un stade plus avancé. Ils se formeraient pour stabiliser et élargir la surface articulaire afin de mieux résister aux forces et charges axiales (142,150).

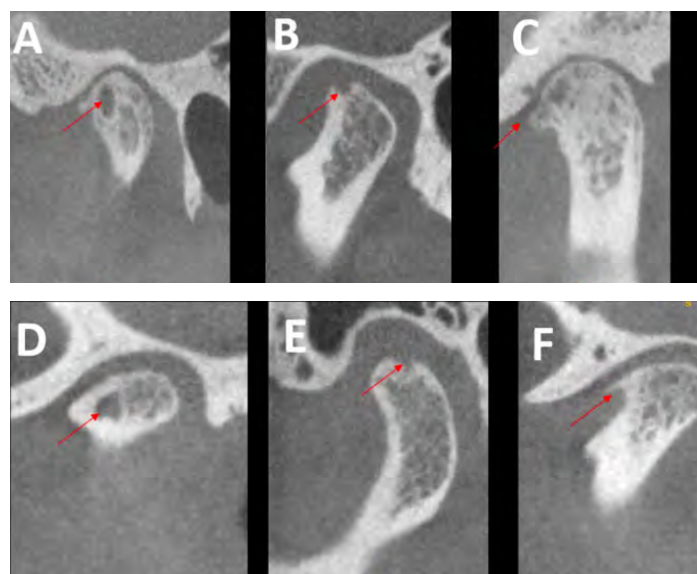


Figure 166 : coupes sagittales d'un kyste sous-chondral (a, d), d'érosions (b, e) et d'ostéophytes (c, f) (Bianchi *et al.* 2021)

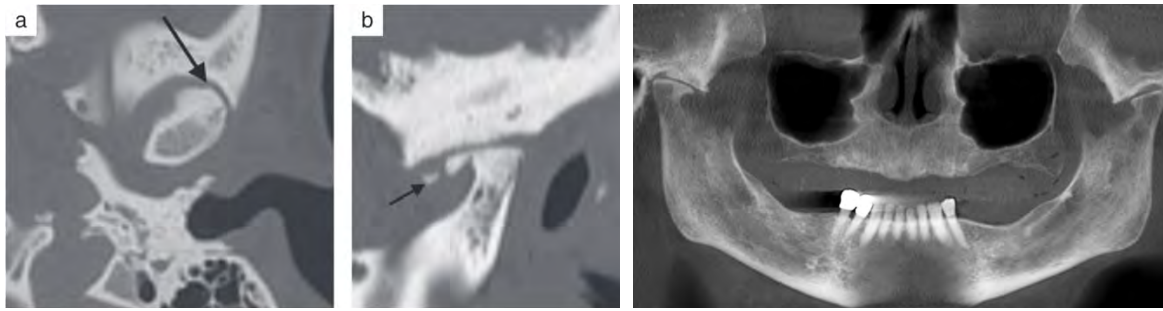


Figure 167 : coupes axiale (a) et sagittale oblique (b) d'un phénomène arthrosique montrant sclérose osseuse, aplatissement de la surface condylienne (flèche, a), ostéophyte (b) et corps calcifié (flèche, b) (Boeddinghaus et Whyte, 2013)

Figure 168 : coupe panoramique d'un aplatissement des surfaces articulaires droite et gauche (Singer et al. 2021)

Les corps libres dans l'espace articulaire peuvent se former à la suite de ce processus dégénératif ou, de façon primaire, par une métaplasie de type chondrocalcinose ou chondromatose synoviale. Une fois calcifiés, ils peuvent être visualisés sur imagerie. Ils sont le plus souvent retrouvés dans le disque articulaire (Figure 169, Figure 170). Ils peuvent être asymptomatiques (142,151).



Figure 169 : coupe sagittale oblique de multiples corps étrangers dans la cavité synoviale (flèches) (Bag et al. 2014)

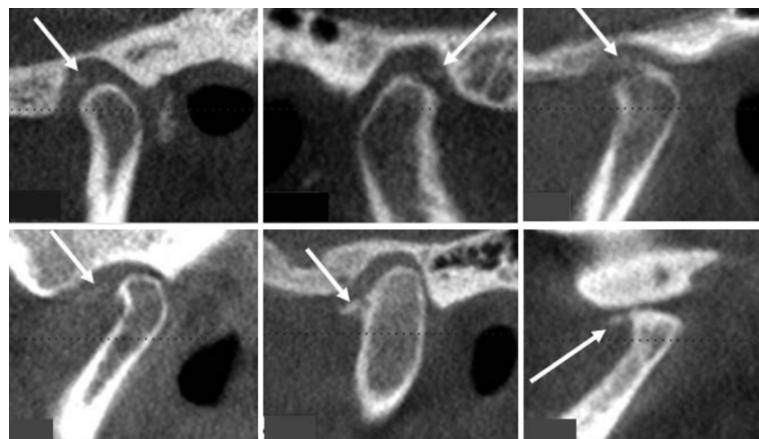


Figure 170 : coupes sagittales montrant des calcifications (flèches) dans l'ATM (de Almeida et al. 2020)

L'ankylose de l'ATM (Figure 172) peut être de localisation intra- ou extra-articulaire, de nature fibreuse ou osseuse. L'union entre les deux structures ankylosées peut être partielle ou totale. L'ankylose intra-articulaire observe un rétrécissement marqué de l'espace articulaire avec une irrégularité réciproque des surfaces donnant souvent un aspect en «dent de scie» (Figure 171). L'ankylose extra-articulaire se forme entre l'apophyse coronoïde et le rebord de l'arcade zygomatique. Leur étiologie est souvent celle d'un traumatisme antérieur (142,149).



Figure 171 : coupe frontale d'une ankylose complète droite et presque complète gauche (flèche) de l'ATM (Bag et al. 2014)



Figure 172 : coupe sagittale d'une ankylose fibreuse et osseuse de l'ATM gauche (Singer et al. 2021)

Remarque : ces variations anatomiques, inter ou intra individuelles, auront plus ou moins d'implications lors d'arthroscopies ou de chirurgies. Les processus pathologiques peuvent être développementaux ou survenir après un remodelage lié à une malocclusion, à un traumatisme ou à d'autres anomalies secondaires du développement (142). Les remodelages osseux peuvent s'étaler sur des décennies. Les para-fonctions et la perte de la dimension verticale sont un exemple de facteurs les accélérant (111).

B. Région auriculo-temporale

L'os temporal est formé de la fusion de l'os pétreux, squameux, tympanique et styloïde. Il contient l'organe vestibulo-cochléaire (17,152). Son anatomie est complexe, majorée par la petite taille et l'orientation tridimensionnelle de ses structures (153). Deux coupes tomодensitométriques axiales de son anatomie normale sont présentées ci-dessous (Figure 173) :

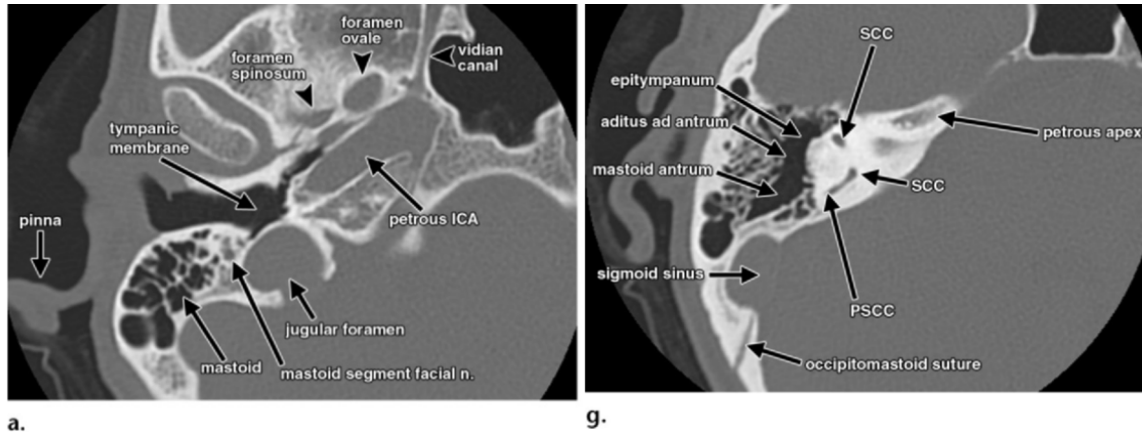


Figure 173 : coupes axiales de l'anatomie normale de l'os temporal de sa partie inférieure (a) à supérieure (g) (Phillips et al. 2012)

IAC = conduit auditif interne, ICA = artère carotide interne, n. = nerf, PSCC = canal semi-circulaire postérieur, SCC = canal semi-circulaire supérieur, pinna = pavillon

1. Méat et conduit auditif externe

Le foramen de Huschke, ou *foramen tympanicum*, est un défaut de développement de la face antéroinférieure du MAE. C'est une variation anatomique rare, traduisant la persistance d'un foramen au niveau de la lame tympanique, postéro-médial à l'ATM, normalement ossifié au cours de la croissance (Figure 174). La lame tympanique est une partie de la lame spirale osseuse qui, dans la cochlée, sépare la rampe tympanique au-dessous de la rampe vestibulaire au-dessus (50).

Tozoğlu *et al.*, dans leur étude de coupes CBCT, estiment une prévalence de 17,9% de *foramen tympanicum* persistants, dont 6,3% de façon bilatérale. Cette communication entre l'ATM et le MAE prédispose à des désordres temporo-mandibulaires, d'une hernie de tissus mou, d'un écoulement salivaire depuis la parotide vers le méat ainsi qu'au passage plus aisé des infections, processus inflammatoires ou tumeurs. Le risque de complications otologiques est augmenté lors de la réalisation d'arthroscopie (142,154).

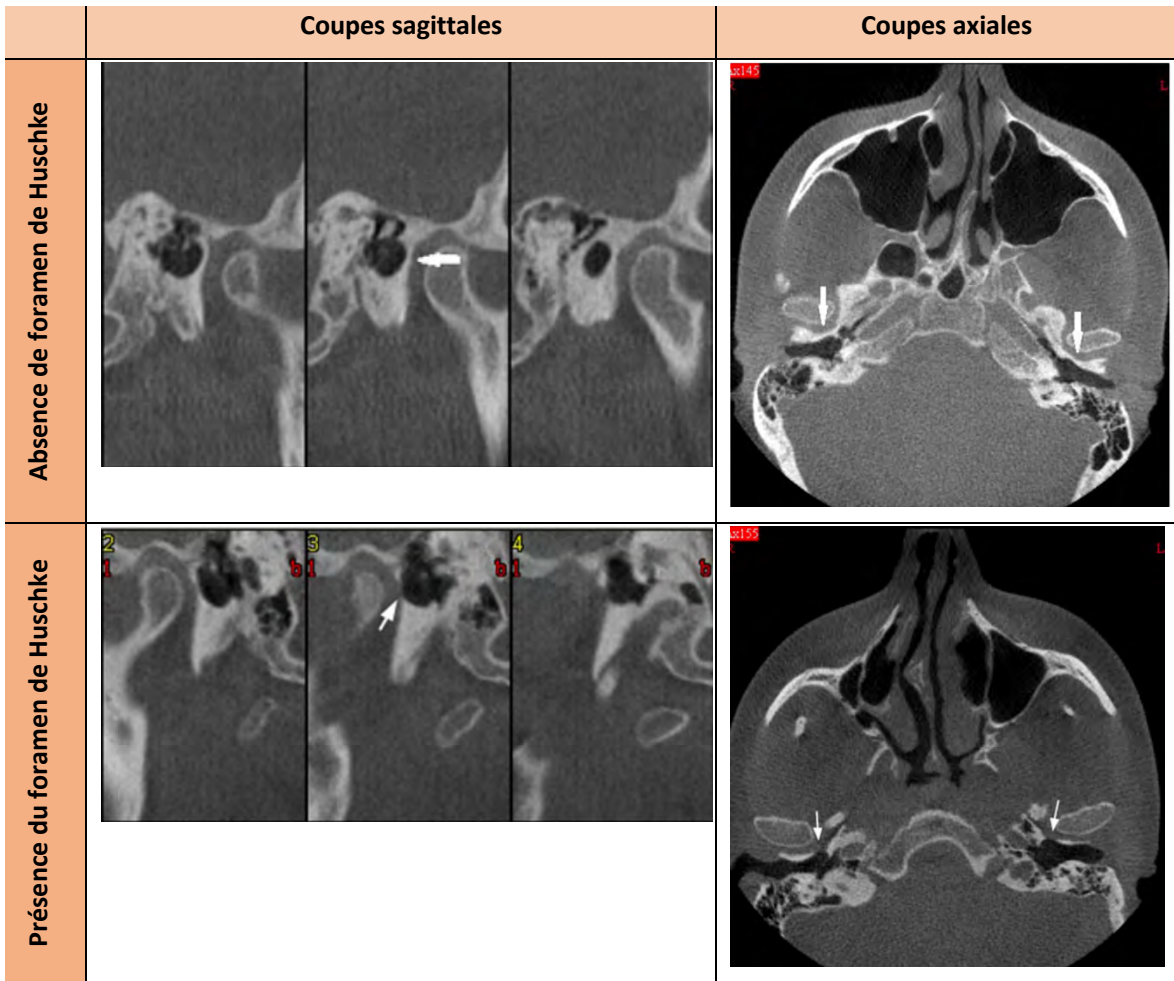


Figure 174 : coupes comparant la présence et l'absence du foramen tympanicum (flèches) (Tozoğlu et al. 2012, tableau réalisé par l'auteur)

« Petrified ears » ou calcifications auriculaires (Figure 175) est une entité clinique qui décrit un durcissement auriculaire, généralement dû à une calcification ectopique ou, moins fréquemment, à une ossification du cartilage du pavillon de l'oreille et/ou du conduit auditif externe (155,156).

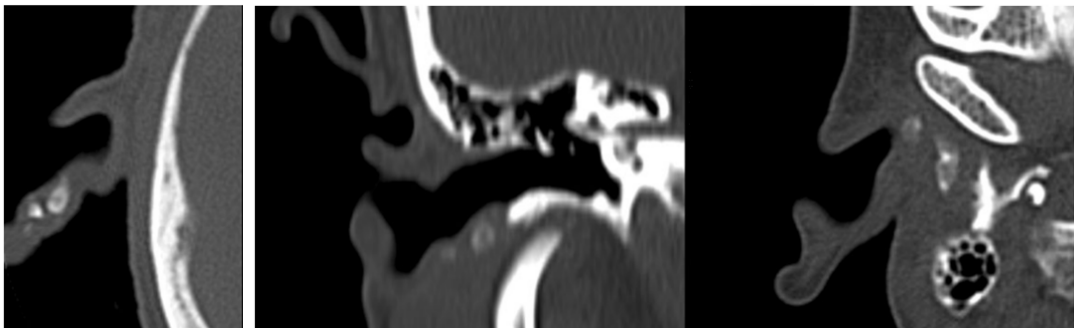


Figure 175 : coupes de calcifications auriculaires (Gossner 2014)

Les définitions et classifications du cholestéatome (Figure 176) sont multiples. Nous retiendrons simplement qu'il est possible d'observer lors de l'analyse d'un CBCT et de façon fortuite, une masse d'épithélium kératinisé naissant au niveau de la membrane tympanique. Si douleurs ou trouble de l'audition associés, un examen IRM sera celui de choix à réaliser (157,158).

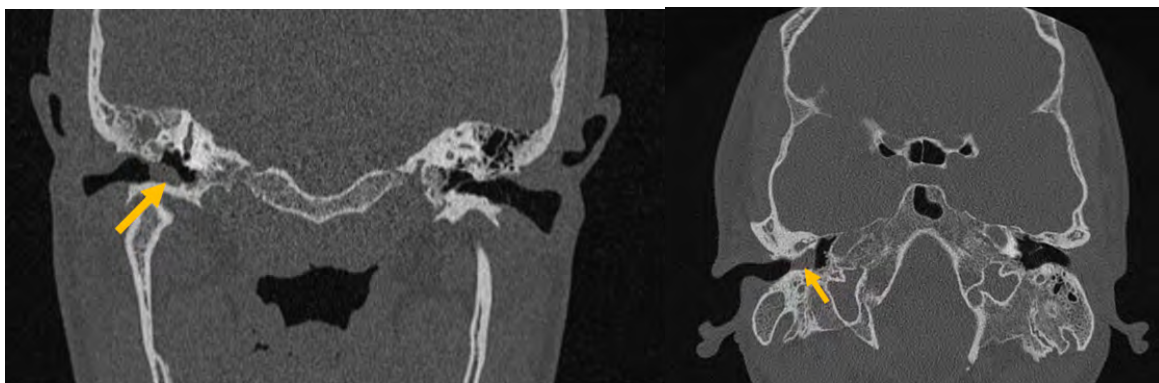


Figure 176 : coupes frontale (gauche) et axiale (droite) d'un cholestéatome (flèche) droit (cas du Dr Bickle, Radiopaedia.org)

Le reste des découvertes potentielles au niveau de l'oreille moyenne et interne ne sont pas décrits dans ce travail car nous avons supposé que la réalisation d'un large champ de vue était incompatible avec une analyse fines des structures normalement réalisée à résolution spatiale plus élevée.

2. Mastoïde et cellules mastoïdiennes

La pneumatisation des cellules mastoïdiennes est divisée en 3 types (Figure 177) (152):

- Mastoïde sclérotique : pas de pneumatisation
- Mastoïde diploïque : la pneumatisation est rare
- Mastoïde pneumatique : le degré de pneumatisation est normal ou très étendu.

Il existe une grande variabilité dans l'étendue de la pneumatisation de l'os temporal (Figure 178, Figure 179) (159). Sa classification est complexe. Elle est habituellement décrite comme divisée en cinq régions : celle de l'oreille moyenne, la région de la mastoïde (divisée en un antre mastoïdien et sa région périphérique), la région péri-labyrinthique, celle de l'apex pétreux et enfin la région accessoire (comprenant l'écaïlle temporale, la région zygomatique-orbitale et la styloïde) (160).

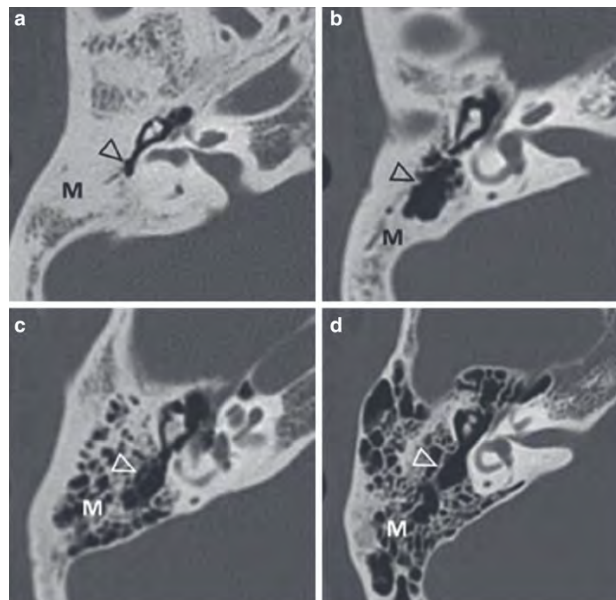


Figure 177 : coupes axiales des différents types de mastoïde (M) : sclérotique (a), diploïque (b), normalement pneumatisée (c), hyper-pneumatisée (d). Antre (tête de flèche) (Mansour et al. 2019)

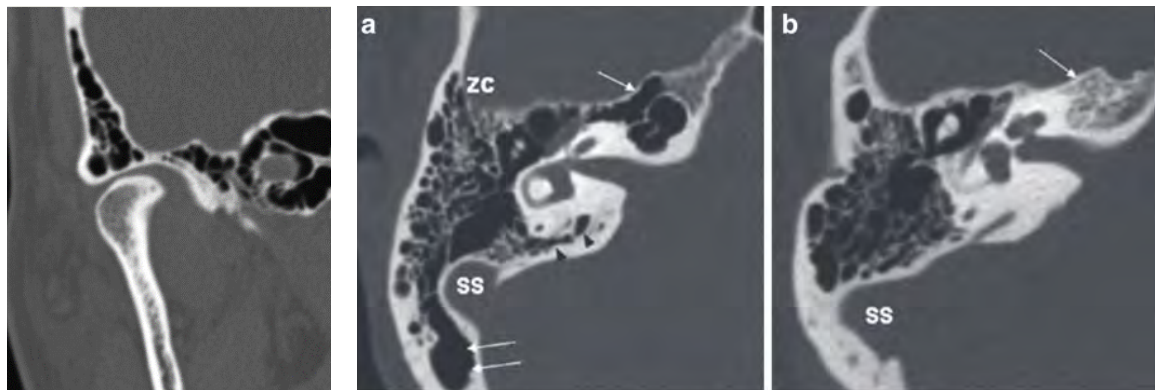


Figure 178 : coupe coronaire d'une pneumatisation étendue à l'éminence articulaire (Bag et al. 2014)

Figure 179 : coupes axiales d'une pneumatisation mastoïdienne (a) étendue à l'apex pétreux (flèche), à l'écaïlle (double flèche), à l'os zygomatique (ZC) et d'un apex pétreux diploïque (b, flèche). SS : sinus sigmoïde (Mansour et al. 2019)

Pneumatisées, les cellules deviennent des sites de résistance minimale et facilitent la propagation de pathologies et de fractures dans l'articulation ; l'otite et la mastoïdite peuvent impliquer l'ATM et entraîner son ankylose. Ce sont également des facteurs de complications possibles dans les chirurgies de l'ATM et de la base du crâne, avec une incidence plus élevée d'écoulement de liquide cérébro-spinal (142,159,161,162). Plusieurs auteurs ont donc recommandé que des études d'imagerie soient réalisées avant toute intervention chirurgicale ; les orthopantomogrammes ont été considérés comme la méthode initiale de choix. Avec l'amélioration de la résolution du CBCT, celui-ci dépasse aujourd'hui leur précision diagnostique (142,152,161,162).

Remarque : les images TDM de l'otite moyenne aiguë ne sont pas spécifiques; peut s'observer une opacification totale ou partielle de l'oreille moyenne. La mastoïdite (complication

principale de l'otite aigue ou chronique) survient généralement à la suite d'un dysfonctionnement de longue durée du conduit auditif. Elle se caractérise par une perte de cloisons osseuses des cellules mastoïdiennes voire de leur corticale remplacée par une opacification liquidienne (153).

De plus, un compte rendu de l'analyse de cette région est proposé sous forme d'un tableau retrouvé en annexe.

VII. Mise en application : systématisation de l'analyse d'un CBCT grand champ

Mme V, 17 ans, est adressée par son orthodontiste pour l'avulsion de ses 4 dents de sagesse. Une exploration CBCT grand champ (résolution spatiale de 300 microns) est réalisée.

Une description sommaire du CBCT est premièrement proposée. Le motif de consultation sera analysé en suivant.

Analyse des cavités nasales

Le septum nasal est pneumatisé au niveau de la lame perpendiculaire de l'ethmoïde (Figure 181). Aucune déviation significative n'est remarquée. Les cornets sont intacts et orientés de façon physiologique. Cependant, les cornets supérieurs droit et gauche semblent bifides (Figure 188). La perméabilité des cavités nasales est conservée.

Analyse de la fosse crânienne antérieure

Le toit de l'ethmoïde porte une asymétrie significative, une inclinaison supérieure à 2mm de type II (Jones *et al.*) ainsi qu'une profondeur de type II à droite, de type I à gauche (Keros). La *crista galli* est au même niveau que la lame criblée (type I de Hajioannou *et al.*) (Figure 180, Figure 182).



Figure 180 : coupes frontale et sagittale des fosses nasales. Artère ethmoïdale antérieure procidente (flèche).

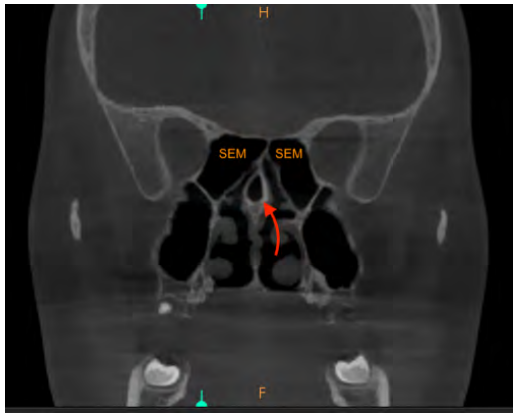


Figure 181 : coupe frontale d'un SN pneumatisé (flèche) et de la présence de SEM



Figure 182 : coupe frontale du toit de l'ethmoïde

Analyse des sinus paranasaux

Le sinus frontal est physiologique. L'artère ethmoïdale antérieure lui est procidente (Figure 180). L'ostium du sinus maxillaire semble rétréci. La présence d'un sinus ethmomaxillaire (SEM) est remarquée (Figure 181).

L'attache supérieure du processus unciné est de type IV (Landsberg et Friedman) ; elle se fait au niveau de la jonction cornet moyen – lame criblée (Figure 183). Son extrémité libre semble pneumatisée à gauche (Figure 184).



Figure 183 : coupe frontale oblique de l'attache supérieure du processus unciné (flèches vertes)

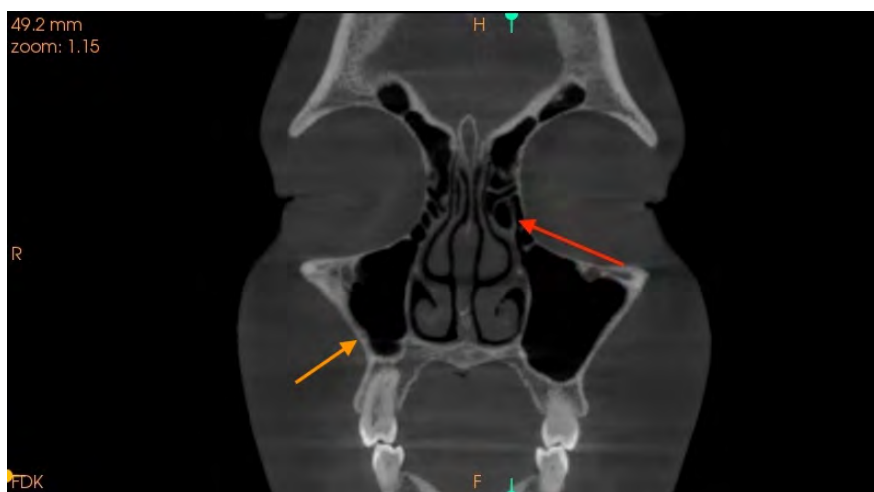


Figure 184 : coupe frontale de l'extrémité libre du PU pneumatisée (flèche rouge) et de l'artère antrale droite (flèche orange)

Les sinus sphénoïdaux possèdent des septas accessoires. Leur pneumatisation est de type pré-sellaire. Aucune protrusion n'est relevée (Figure 185).

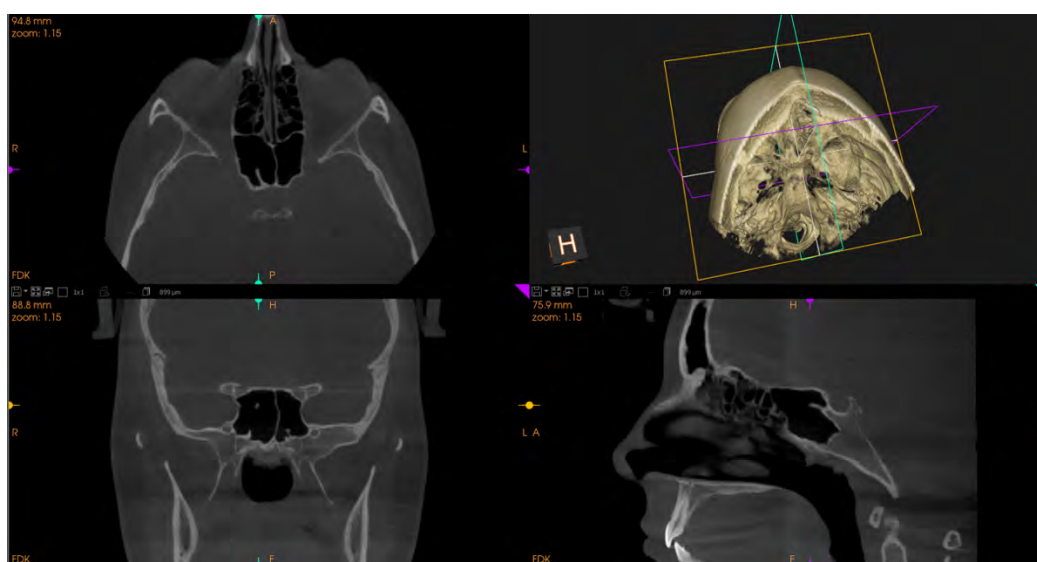


Figure 185 : coupe frontale, axiale et sagittale des sinus sphénoïdaux

Analyse de la région cervicale

Le naso-pharynx présente un aspect physiologique. Aucune dimension de l'oropharynx n'est réalisable par manque de visibilité de la zone sur le cliché. Les lignes verticales semblent normales (Figure 186). Aucune pathologie dégénérative n'est remarquée.

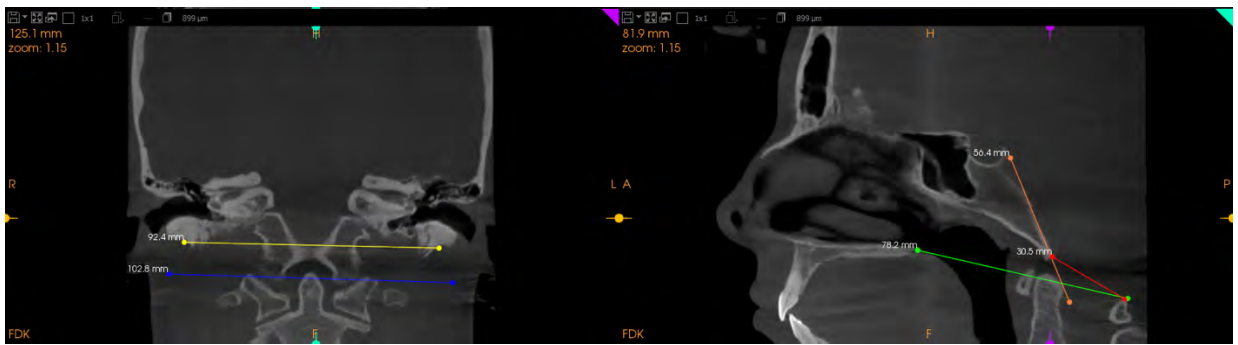


Figure 186 : coupes frontale et sagittale des lignes cervicales

Analyse de la région auriculo-temporo-mandibulaire

Les condyles mandibulaires sont de forme angulaire. Aucune pathologie dégénérative n'est remarquée.

Analyse de la zone maxillaire et mandibulaire pour l'avulsion des dents de sagesse

Le sinus maxillaire est clair. Un septum semble y être présent en regard de la dent n°27 (Figure 187) ainsi qu'une crête en regard de la dent n°15. Le canal infra-orbitaire est suspendu sous le toit du sinus mais lui reste juxtaposé (type 2, Ference *et al.*) (Figure 188). L'artère antrale semble intra-sinusale à droite (Figure 184, Figure 188). Elle n'est pas visible à gauche sur ce cliché.

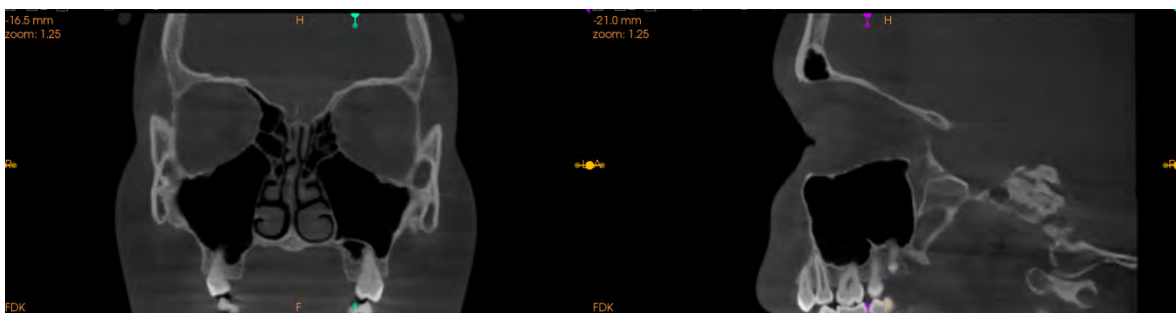


Figure 187 : coupes frontale et sagittale d'un septum sinusien maxillaire en regard de 27

La proximité des 38 et 48 avec le nerf alvéolaire inférieur est reportée sur les coupes ci-dessous (Figure 189 Figure 190). Aucune lésion radiculo-dentaire n'est relevée.

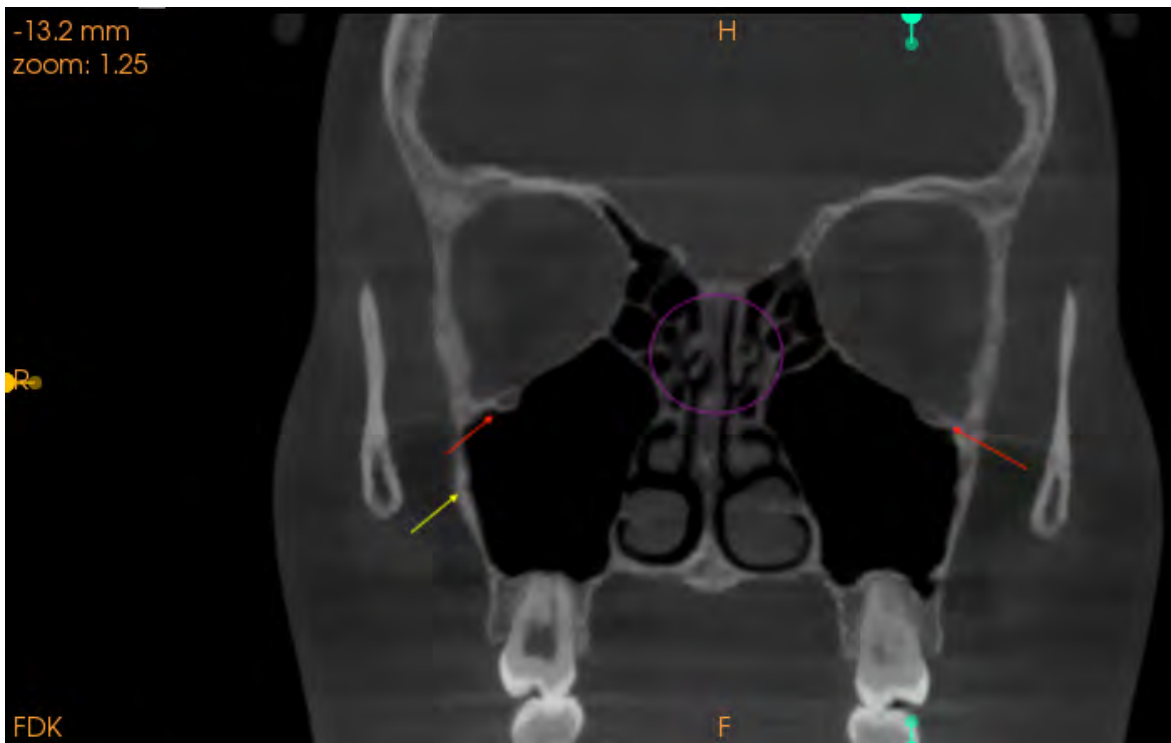


Figure 188 : coupe frontale des cavités nasales et sinus paranasaux

Flèches rouges : CIO

Flèche jaune : a. antrale

Rond violet : cornets supérieurs droit et gauche bifides



Figure 189 : tracé du nerf alvéolaire inférieur (trait jaune)



Figure 190
(à gauche) :
coupes
obliques
centrées sur
18, 28, 38 et
48

Conclusion

Bien que la planification implantaire semble être le motif de prescription le plus courant, le CBCT possède aujourd'hui des indications multiples (3,4). Il permet une évaluation morphologique et tridimensionnelle de la zone d'intérêt ainsi que des structures avoisinantes (1). L'Association Européenne de Radiologie Dento-Maxillo-Faciale, au travers de ses recommandations de bonne pratique, souligne la nécessité que le volume du CBCT soit lu dans son intégralité, car il met en jeu la responsabilité médico-légale de celui qui l'analyse (6).

Une revue d'imagerie médicale de 2017 (14) a attiré l'attention sur la forte prévalence des découvertes fortuites en imagerie et sur la nécessité de directives précises sur leur prise en charge (5). Ce sont des anomalies apparemment asymptomatiques découvertes de manière inattendue lors d'un examen d'imagerie car n'étant pas la raison pour laquelle celui-ci a été prescrit (3,4). Elles concernent 15 à 20% de l'ensemble des imageries (8) et se situent le plus souvent en dehors de la région d'intérêt (5). En fonction de leur emplacement, leur nature et de leurs effets sur les structures adjacentes, certaines peuvent nécessiter une intervention, des examens complémentaires ou une surveillance à long terme (9). Elles peuvent aussi conditionner les voies d'abord chirurgical ou de passage de l'endoscope.

Ceci souligne ainsi la nécessité d'inspecter le volume avec attention, par une approche systématique. Lors de la réalisation d'un grand champ, la possibilité d'une deuxième lecture par un radiologue professionnel peut également être envisagée (5).

Restant défini par la Haute Autorité de Santé (HAS) comme un examen de seconde intention, le principe ALARA du Code de la Santé Publique rend obligatoire pour les praticiens qu'ils évaluent les avantages potentiels des informations relevées par rapport aux dépenses et aux risques de la procédure d'imagerie (1,2). Il n'est cependant pas toujours aisé de distinguer une variante anatomique normale d'un aspect pathologique. La clinique prend alors toute son importance. L'évaluation par l'imagerie ne prend de valeur médicale et diagnostique qu'en fonction des attendus de l'interrogatoire, de l'examen clinique, parfois biologique et souvent anatomopathologique du patient (1).

Le président et directeur de thèse, le 25/04/2023

Pr Paul MONSARRAT



Annexes :

A. Espaces de la tête et du cou

Région crânienne					
Calvaria	Base du crâne			Appareil de l'audition et de l'équilibration	
	Étage antérieur	Étage moyen	Étage postérieur		
Os pariétal Os temporal – écaille Sutures : - Coronale - Sagittale - Lambdoïde Points : - Bregma - Lambda - Pterion	Os frontal Os éthmoïde : - lame criblée - cornet supérieur - cornet moyen Sphénoïde – petite aile et canal optique	Sphénoïde – corps et grande aile - Selle turcique - Sinus sphénoïde - Fissure orbitaire sup - Fissure orbitaire inf - Foramen rond - Foramen ovale - Foramen épineux Os temporal – pyramide pétreuse - Foramen déchiré	Sphénoïde : - Clivus Os temporal : - Processus styloïde - Canal carotidien - Foramen stylo-mastoïdien - Foramen jugulaire Os occipital : - Foramen magnum - Condyle occipital - Protubérance externe	Oreille externe, moyenne, interne : - Méat acoustique externe - Malleus, stapes, incus - Cochlée - Canaux semi circulaires - Méat acoustique interne Os temporal – processus mastoïde	
Région de la face					
Squelette de la face	Voies aériennes naso-oropharyngiennes	Sinus paranasaux	Articulation temporo-mandibulaire	Région cervicale antérieure	Région cervicale vertébrale
Os nasal Os lacrymal Cornet inférieur Orifice pyriforme Vomer Os zygomatique Os palatin Os maxillaire Os mandibulaire - Foramen mandibulaire - Foramen mentonnier	Sinus ethmoïde Méat supérieur, moyen et inférieur Cavum Fosse de Rosenmüller Tonsilles palatines Sillon glosso-épiglottique Tonsilles pharyngiennes	Sinus maxillaire Sinus frontal Sinus sphénoïde	Fosse temporale Tubercule articulaire Condyle mandibulaire Espace articulaire	Os hyoïde	Atlas : - Arc antérieur - Arc postérieur Axis : - Apophyse odontoïde Autres vertèbres cervicales

Tableau 10 : structures osseuses et espaces de la tête et du cou potentiellement retrouvées sur un CBCT grand champ (Monsarrat et al. 2019)

B. Compte rendu - cavités nasales

Cavités nasales			
Septum nasal			
Déviation ?	Pneumatisation ?	Epine nasale ?	Perforation ?
OUI / NON	OUI / NON	OUI / NON	OUI / NON
Forme : S / S inversé C / C inversé Mesure = <u> </u> mm ≥ 4 mm	Localisation : lame perpendiculaire vomer cartilage septal	Adhésion ? OUI / NON	Localisation : lame perpendiculaire vomer cartilage septal
Commentaires :			
Cornets nasaux			
Nombre	Pneumatisation	Septum	Convexité / forme
Cornet supérieur	OUI / NON lamellaire / bulbaire / étendue	OUI / NON	Normale / paradoxale / bifide
Cornet moyen	OUI / NON lamellaire / bulbaire / étendue	OUI / NON	Normale / paradoxale / bifide
Cornet inférieur	OUI / NON lamellaire / bulbaire / étendue	OUI / NON	Normale / paradoxale / bifide
Cornets surnuméraires : Cornet suprême ? OUI / NON Cornet supérieur n°2 ? OUI / NON Cornet moyen n°2 ? OUI / NON Cornet moyen accessoire ? OUI / NON			
Voies de drainage des cavités nasales : Rétrécissement : OUI / NON Perméabilité : OUI / NON			
Commentaires : cornet droite (D) et/ou cornet gauche (G)			

C. Compte rendu – sinus paranasaux, étage antérieur, étage moyen de la base du crâne (1)

Sinus paranasaux - fosse crânienne antérieure (1)

Fosse crânienne antérieure	
Sinus frontal Pneumatisation ? OUI → Hyperpneumatisme Physiologique ou Hypoplasie Invagination : OUI / NON BNF / LPE / Crista galli Symétrie : OUI / NON FSC : OUI / NON	Toit éthmoïdal Inclinaison ≥ 2mm ? OUI → Motifs (Jones 2002) : type I/ II/ III/ IV/ V a. éthmoïdale antérieure gouttière olfactive → procidente → non visible
Profondeur (Keros) : Type I Type II Type III	Crista Galli Pneumatisation ? OUI / NON Communication récessus frontal : OUI / NON

Commentaires :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Voie de drainage du sinus frontal :
 OUI / NON
 Rétrécissement : OUI / NON
 Perméabilité : OUI / NON

Cellules éthmoïdales antérieures			
Classification internationale anatomique du sinus frontal (IFAC)			
Antérieures		Postérieures	
ANC	SAC	SBC	SBFC
	SAFC	SBC	SBFC
	Bulle éthm.	SBC	SBFC
		SOEC	SOEC
		FSC	FSC
		Cellule de Haller	Cellule de Haller

Commentaires :

présence à droite (D) et/ou à gauche (G)
 hypertrophie (H)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

D. Compte rendu – sinus paranasaux, étage antérieur, étage moyen de la base du crâne (2)

Sinus paranasaux - fosses crâniennes antérieure et moyenne (2)

Processus unciné de l'éthmoïde

Orientation extrémité libre

Physiologique → Horizontale → Verticale

Adhérences? → OUI → Non

Lame orbitaire → Cornet

Autres variations

Pneumatisation: OUI / NON
 Hypertrophie: OUI / NON
 Bifidité: OUI / NON

Commentaires:

Attache supérieure

Classification (Landsberg et Friedman):
 Type I
 Type II
 Type III
 Type IV
 Type V
 Type VI

Septum intra-sinusien

Dimension: ≥ 2,5mm : septum < 2,5mm : crête

Contingent vasculo-nerveux a. antrale

Degré protrusion (Ference):
 Type 1
 Type 2
 Type 3
 Type 4

FIO accessoire: OUI / NON

Commentaires:

Pneumatisation ?

OUI → Physiologique → Hyperpneumatisation → Extension sous les cavités nasales: OUI / NON

NON → Aplasie ou Hypoplasie type I/ II/ III (Bolger) ou ASM grade I/ II/ III (de Dorlodot) ou SSS

Contingent vasculo-nerveux

Structures vasculo-nerveuse impliquées: OUI / NON

Voie de drainage: ostium principal OUI / NON

Rétrécissement: OUI / NON

Perméabilité: OUI / NON

E. Coupes CBCT supplémentaires de la fosse ptérygopalatine et de ses composants

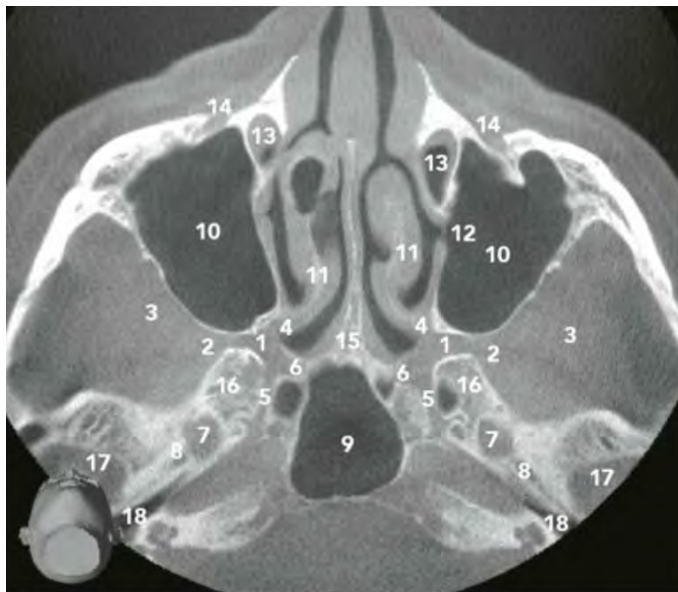


Figure 191 (à gauche): coupe axiale au niveau des foramina sphéno-palatins (von Arx et al. 2020)

- 1 = fosse ptérygopalatine
- 2 = fissure ptérygo-maxillaire
- 3 = fosse infra-temporale
- 4 = foramen sphéno-palatin
- 5 = canal ptérygoïdien (Vidian)
- 6 = canal palatovaginal (pharyngé)
- 7 = foramen ovale
- 8 = foramen épineux
- 9 = sinus sphénoïdal
- 10 = sinus maxillaire
- 11 = cornet moyen
- 12 = ostium maxillaire
- 13 = canal lacrymo-nasal
- 14 = foramen sous-orbitaire
- 15 = vomer
- 16 = corps de l'os sphénoïde (partie inférolatérale)
- 17 = cavité glénoïde de l'os temporal
- 18 = canal acoustique externe

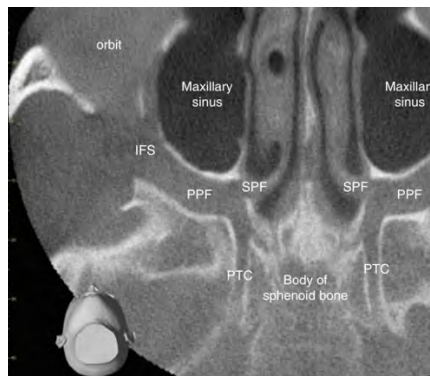


Figure 193 : coupe axiale au niveau des canaux ptérygoïdiens (PTC). IFS : fissure orbitaire inférieure, PPF : fosse ptérygopalatine, SPF : foramen sphéno-palatin (von Arx et Lozanoff, 2017)

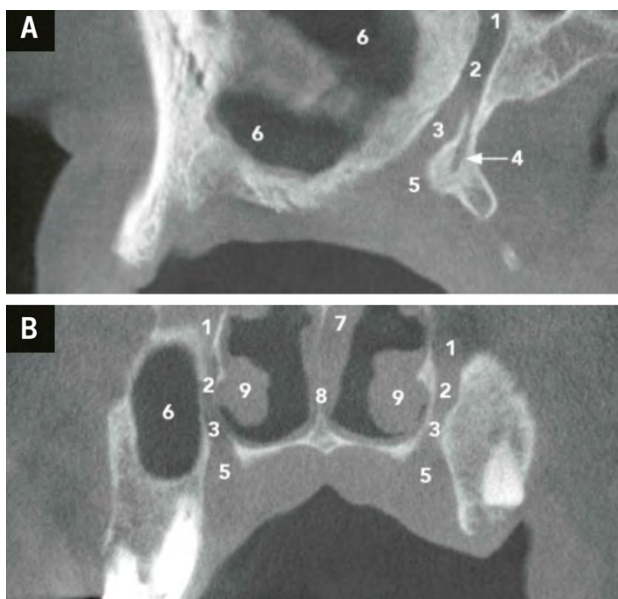


Figure 192 (à gauche): coupes sagittale (A) et coronale (B) illustrant les canaux ptérygopalatins (2) (von Arx et al. 2020)

- 1 = fosse ptérygopalatine
- 2 = canal ptérygopalatin
- 3 = canal grand palatin
- 4 = canal petit palatin
- 5 = foramen grand palatin
- 6 = sinus maxillaire
- 7 = lame perpendiculaire d'os ethmoïde
- 8 = vomer
- 9 = cornet inférieur

H. Compte rendu – région auriculo-temporo-mandibulaire

Région auriculo-temporo-mandibulaire

Articulation temporo-mandibulaire	
<p>Forme du condyle</p> <p>(Hegde) Aplati Convexe Angulé Rond Concave</p> <p><u>Bifide/trifide</u> : OUI / NON</p> <p><u>Hyperplasie</u> : OUI / NON</p>	<p>Densité osseuse</p> <p><u>Image de pathologies art. dégénératives</u></p> <p>Erosion Ostéophyte Corps libres dans l'espace articulaire</p> <p>Ankylose OUI / NON</p> <p>OUI / NON OUI / NON OUI / NON OUI / NON</p>

Commentaires :
 Variations droite (D) et/ou gauche (G)

Région auriculo-temporale	
<p>Conduit auditif externe</p> <p>Foramen tympanicum Cholestéatome Calcifications auriculaires</p>	<p>Mastoïde et cellules mastoïdiennes</p> <p><u>Pneumatisation</u> : sclérotique diploïde pneumatique</p> <p>Extensions ?</p>

Commentaires :
 Variations droite (D) et/ou gauche (G)

Abréviations utilisées

- ACE : artère carotide externe
- ACI : artère carotide interne
- AMC : atélectasie maxillaire chronique
- AS : apophyse ou processus styloïde
- ATM : articulation temporo-mandibulaire
- CAC : calcification de l'artère carotide
- CBCT : *Cone Beam Computed Tomography* ou tomodensitométrie à faisceau conique
- CBM : canalis basilaris medianus
- CD : chirurgien-dentiste
- CGLC : calcification des ganglions lymphatiques cervicaux
- CIO : canal infra-orbitaire
- CNL : conduit nasolacrimal
- COM : complexe ostioméatal
- CSE : cellule sphéno-éthmoïdale
- CSH : complexe stylo-hyoïdien
- FIO : foramen infra-orbitaire
- FNM : fossa navicularis magna
- FOS : fissure orbitaire supérieure
- FOV : *field of view* = champ de vision
- FPP : fosse ptérygopalatine
- FR : fossette de Rosenmüller
- HAS : Haute Autorité de Santé
- HSM : hypoplasie du sinus maxillaire
- IRM : imagerie par résonance magnétique
- LPE : lame perpendiculaire de l'éthmoïde
- LSH : ligament stylo-hyoïdien
- MAE : méat acoustique externe
- MLE : masses latérales de l'éthmoïde = labyrinthes éthmoïdaux
- MS : membrane de Schneider
- MSCT : Multi-Slice Computer Tomography
- NIO : nerf infra-orbitaire
- OLLA : ossification du ligament longitudinal antérieur
- OLLP : ossification du ligament longitudinal postérieur
- OPT : orthopantomogramme
- PAD : pathologies articulaires dégénératives
- PCA : processus clinéoïde antérieur
- PO : apophyse ou processus odontoïde
- PP : posticus ponticus
- PU : processus unciné de l'éthmoïde
- RC : racine cloisonnante
- ROC : récessus optico-carotidien
- SAOS : Syndrome d'Apnée Obstructive du Sommeil
- SEM : sinus ethmo-maxillaire
- SN : septum nasal
- SSP : sinus sphénoïdal
- SSS : syndrome du sinus silencieux
- TDM : tomodensitométrie
- VAS : voies aériennes supérieures

Lexique

Sources : (20,53,101,131,163)

Atélectasie : défaut d'extension, de dilatation

Aplasia : arrêt congénital de développement d'un tissu ou d'un organe

Déhiscence : séparation naturelle ou une ouverture spontanée. Il est fréquemment retrouvé dans la littérature qu'une déhiscence concerne la procidence complète de l'organe dans une cavité, sans rattachement osseux ou fibreux à sa zone d'origine.

Enophthalmie : situation anormale du globe oculaire qui est enfoncé plus profondément dans l'orbite qu'à l'état normal

Hiatus : tout orifice anatomique de forme étroite et allongée

Hypoplasie : développement insuffisant d'un tissu ou d'un organe

Ostium : ouverture ou court canal vers une cavité ou qui permet la communication entre deux cavités

Pneumatisation : la pneumatisation est, par définition, la formation d'alvéoles ou de cavités remplies d'air (cellules) dans un tissu. Le diagnostic d'hyper-pneumatisation sinusienne s'établit sur l'élargissement d'un groupe cellulaire ou d'un sinus pouvant être à l'origine d'un mégasinus (ou hypersinus), d'un *pneumosinus dilatans* et d'un pneumocèle ou pneumatocèle :

- Hyper sinus ou méga sinus : sinus largement pneumatisé sans expansion pariétale
- *Pneumosinus dilatans* : le sinus s'expand en dehors de ses limites, présente des parois convexes non amincies
- Pneumocèle ou pneumatocèle : le sinus est normalement aéré mais présente un amincissement de ses parois, général ou focal

Protrusion : une protrusion est un processus qui pousse en avant un organe de façon anormale, le résultat de ce processus. Les termes « procidence » et « protrusion » sont employés ici de façon synonyme. Lors de la qualification d'un canal/vaisseaux, les auteurs s'accordent sur un minimum de 1/3 ou 1/2 de sa circonférence faisant saillie dans une cavité.

Récessus : nom donné à des organes ou parties d'organes normalement évaginés

Table des illustrations

Tableau 1 : intérêt des différents plans de reconstruction en fonction des régions anatomiques du massif facial (Lacan, 2016)	16
Tableau 2 : intérêt des différents plans de reconstruction en fonction des régions cervicales et auriculo-temporo-mandibulaires. (HR) : haute-résolution (d'après l'auteur)	16
Tableau 3 : comparaison de terminologies selon les classifications les plus récentes et les plus utilisées (d'après les travaux de thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)	38
Tableau 4 : variations anatomiques du sinus maxillaire (26,75) (d'après de Dorlodot et al. 2017) .	53
Tableau 5 : classification des types d'hypoplasies sinusiennes proposée par Bolger et al. 1990 (83)	54
Tableau 6 : critères diagnostiques d'une atelectasie maxillaire chronique et d'un syndrome du sinus silencieux (de Dorlodot et al, 2017)	56
Tableau 7 : classification et exemples de position du nerf infra-orbitaire au niveau du sinus maxillaire (FERENCE et al. 2015).....	58
Tableau 8 : multiples voies de communication de la FPP aux zones anatomiques contiguës (von Arx et al. 2020, commentaires rajoutés par l'auteur)	73
Tableau 9 : classification des formes de condyles mandibulaire (tableau réalisé par l'auteur)	98
Tableau 10 : structures osseuses et espaces de la tête et du cou potentiellement retrouvées sur un CBCT grand champ (Monsarrat et al. 2019).....	113
Figure 1 : dessins schématiques des parois latérale (à gauche) et médiale (à droite) de la cavité nasale (planches 37 et 38, Netter 2012)	17
Figure 2 : coupes frontale (A), sagittale (B) et axiale (C) des sinus paranasaux (von Arx et al. 2019)	18
Figure 3 : schéma d'un cornet (F. Dubrulle et N. Martin-Duverneuil, 2021)	18
Figure 4 : schémas du système ethmoïdal antérieur (c) et postérieur (d) (F. Dubrulle et N. Martin-Duverneuil, 2021).....	18
Figure 5 : vue schématique axiale des MLE (Variantes anatomique des sinus de la face, Dr Duprès)	19
Figure 6 : coupe axiale des cavités nasosinusiennes (Martin-Duverneuil et al. 2018)	19
Figure 7 : schéma des trajets de drainage des différentes cellules des sinus paranasaux (Variantes anatomiques des sinus de la face.pdf, Dr. Duprès, CHR Mercy, 2019).....	19
Figure 8 : coupe frontale de l'anatomie du COM (Martin-Duverneuil et al. 2021)	20
Figure 9 : classification des différents types d'épaississement membranaire sinusiens en coupes coronales CBCT (issue de la thèse du Dr Vadrot, 2017)	21
Figure 10 : coupes frontales des variations du septum nasal en C-shaped (a), reverse C-shaped (b), reverse S-shaped (c et d) et S-shaped (e) (Nikkerdar et al. 2022).....	22
Figure 11 : calcul de l'angle de déviation du septum nasal (Lee et al. 2013)	23
Figure 12 : coupe coronale d'une épine nasale septale (flèche) associée à une déviation focale angulaire du cartilage septal (Whyte et Boeddinghaus 2020).....	23
Figure 13 : coupe coronale d'une épine nasale septale (flèche) orientée à gauche (Whyte et Boeddinghaus 2020).....	23
Figure 14 : coupe coronale d'une épine nasale septale (flèche), associée à une adhésion du cornet inférieur (Vaid et Vaid 2015)	23
Figure 15 : perforation bilatérale du septum en vue coronaire (gauche) et axiale (droite) (Dr Dalia Ibrahim, Radiopaedia.org).....	24
Figure 16 : coupe coronaire d'une pneumatisation septale postérieure (Vaid et Vaid 2015)	24
Figure 17 : coupe frontale d'un second cornet moyen bilatéral (flèches) et de deux cornets moyens accessoires (tête de flèches) (Lin et al. 2006)	25

Figure 18 : vue coronale de deux cornets suprêmes (droite et gauche) dont le gauche est pneumatisé (flèches noires) (Sava et al. 2018).....	25
Figure 19 : vue coronale d'un cornet supérieur (flèche à double tête) ainsi qu'un second cornet supérieur (tête de flèche) localisé latéralement au cornet principal (Rusu et al. 2019)	25
Figure 20 : coupes frontales d'un type bulbaire (a) et d'un type lamellaire (c) de concha bullosa (Kose et al. 2009).....	26
Figure 21 : coupe frontale d'un type étendue (tête de flèche) de concha bullosa (Sava et al. 2018) 26	
Figure 22 : coupe frontale d'une concha bullosa supérieure (flèche) et d'un cornet moyen à convexité paradoxale (flèche courbe) (Turna et al. 2014).....	26
Figure 23 : coupes frontales d'une concha bullosa cloisonnée par un septum (à gauche), par deux septas (à droite) (San et al. 2015).....	27
Figure 24 : coupe frontale coronale d'une concha bullosa inférieure gauche ainsi que d'une concha bullosa moyenne de type lamellaire, bilatérale (Ozcan et al. 2008).....	27
Figure 25 : coupe frontale d'un cornet supérieur (point blanc) à convexité paradoxale (Nicoleta et al. 2015).....	27
Figure 26 : coupe frontale de deux cornets moyens droit et gauche à convexité paradoxale (Ozcan et al. 2008).....	27
Figure 27 : coupe frontale d'un cornet inférieur (flèche noire) à convexité paradoxale (Nicoleta et al. 2015).....	28
Figure 28 : coupe frontale d'un cornet supérieur (flèche simple) bifide (Rusu et al. 2019)	28
Figure 29 : coupe frontale des deux cornets inférieurs droit et gauche bifides (Ozcan et al. 2008) .28	
Figure 30 : coupe frontale d'un cornet inférieur (IT) gauche hypertrophié (Whyte et Boeddinghaus 2020).....	28
Figure 31 : coupe frontale du toit des fosses nasales (article du Dr Holland, Radiopaedia.org)	29
Figure 32 : coupe frontale d'un sinus aplasique gauche (*) (Lund et al. 2014).....	30
Figure 33 : coupes frontale (A), sagittale (B) et axiale (C) d'un pneumosinus dilatans frontalis (cas du Dr Di Muzio, Radiopaedia.org).....	30
Figure 34 : classification du rostrum fronto-septal proposée par Eviatar (Eviatar et al. 2018)	31
Figure 35 : coupe sagittale d'un bec nasofrontal (*) (Lund et al. 2014)	31
Figure 36 : coupe sagittale d'un rostrum fronto-septal (étoile) (Eviatar et al. 2018).....	31
Figure 37 : coupes frontales d'une asymétrie de hauteur (a) et d'une inclinaison du toit ethmoïdal (b) (F. Dubrulle et N. Martin-Duverneuil, 2021).....	32
Figure 38 : coupes frontales d'une asymétrie (double flèche, (a)) et d'un amincissement du toit de l'éthmoïde (flèche, (b)) (Lehmann et al. 2009).....	32
Figure 39 : les différents motifs de fovéa ethmoïdale (Jones et al. 2002).....	32
Figure 40 : coupes frontales d'un foramen ethmoïdal antérieur (flèches) et d'un sulcus ethmoïdal antérieur (tête de flèches) (Souza et al. 2009).....	33
Figure 41 : coupes frontales montrant les canaux éthmoïdaux antérieurs (flèches) normaux, "osseux" (A) et les deux artères (flèches) pédiculées sans recouvrement osseux (B) (Vaid et Vaid 2015).....	33
Figure 42 : coupes sagittales du canal ethmoïdal "osseux" pédiculé dans les cellules éthmoïdales (A) et au contact de la base du crâne (B) (Variantes anatomiques des sinus de la face.pdf, Dr Duprès, CHR Mercy).....	33
Figure 43 : classification de Keros (F. Dubrulle et N. Martin-Duverneuil, 2021).....	34
Figure 44 : coupes frontale (A) et axiales (B, C, D) d'une crista galli pneumatisée (Variantes anatomiques des sinus de la face.pdf, Dr Duprès, CHR Mercy, 2019).....	34
Figure 45 : coupes sagittale et frontale démontrant une connexion (flèche rouge) entre la chambre droite du sinus frontal et la pneumatisation de la crista galli (Poje et al. 2014).....	35
Figure 46 : classification de Hajioannou des variations de position de la crista galli (Akiyama et Kondo, 2020).....	35
Figure 47 : coupe sagittale (a) et reconstruction schématique (b) des rapports du récessus frontal (Dubrulle et Martin-Duverneuil, 2021).....	36

Figure 48 : coupe frontale d'un attachement du PU à la base du crâne. Le récessus frontal se draine latéralement, dans l'infundibulum éthmoïdal (Beale et al. 2009)	37
Figure 49 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule d'Agger nasi (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)	39
Figure 50 : : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule supra agger (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)	39
Figure 51 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule frontale supra agger (a), double flèche pointillée : récessus frontal (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)	40
Figure 52 : coupes sagittales (a, b, c) et axiale (d) d'une bulle ethmoïdale (EB) (European Congress of Radiology, Hiyama et al. 2013)	41
Figure 53 : coupes frontale (A) d'une cellule bullaire hypertrophiée (double flèche) et axiale (B) de cette même cellule (flèche) (Lehmann et al. 2009)	41
Figure 54 : coupe frontale d'une bulle ethmoïdale élargie (Lund et al. 2014).....	42
Figure 55 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule supra-bullaire (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)	42
Figure 56 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule frontale supra-bullaire (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019).....	43
Figure 57 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule ethmoïdale supraorbitaire (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019).....	43
Figure 58 : coupe sagittale (gauche), axiale (milieu) et frontale (droite) d'une cellule fronto-septale (a) (thèse du Dr Amaury Dugas, 2019)	44
Figure 59 : coupe frontale de deux ostia maxillaires accessoires (flèches blanches) (Lehmann et al. 2009).....	45
Figure 60 : coupes frontale (A), sagittale (B) et axiale (C) d'une cellule de Haller (*) (von Arx et al. 2019).....	45
Figure 61 : schémas (A) et coupes associées (B) des 6 types d'attache supérieure du processus unciné (A, traits bleus, B flèches) selon Landsberg et Friedman (Calvo-Henriquez, 2022)	47
Figure 62 : coupe frontale d'un récessus terminal (*) (Lee et al. 2004)	47
Figure 63 : coupe frontale d'un processus unciné gauche pneumatisé (flèche) (Lehmann et al. 2009)	47
Figure 64 : coupe frontale d'une pneumatisation bilatérale (*) des processus uncinés (Beale et al. 2009).....	48
Figure 65 : coupe coronale des processus uncinés bifides droite et gauche (4) (Baldea et al. 2012).....	48
Figure 66 : coupes d'un processus unciné hypertrophié (flèche) mimant le cornet moyen droit (Chao 2005).....	48
Figure 67 : coupe coronale d'un processus unciné droit en « crochet » comparé au gauche normalement positionné (Beale et al. 2009).....	49
Figure 68 : coupe coronale d'une anomalie de déflexion (double tête de flèche) (Lehmann et al. 2009)	49
Figure 69 (à gauche) : coupe coronale d'un processus unciné horizontalisé (3) associé à une bulle ethmoïdale (5) élargie. PU normal (4) (Baldea et al. 2012).....	49
Figure 70 : (A) section sagittale schématisée montrant un plan de coupe vertical standard (1) et sa section coronale correspondante (B), ainsi qu'une coupe oblique (2) et sa section coronale correspondante (C) (Landsberg et Friedman, 2001) eb : bulle ethmoïdale.....	49
Figure 71 (en haut) : coupes coronale (B) et axiales (A et C) d'une déhiscence de la lame orbitaire focale (A et B) et d'une mésialisation de la lame papyracée (C) (Vaid et Vaid 2015).....	50
Figure 72 (à droite): coupe axiale d'une déhiscence de la lame orbitaire étendue (F. Dubrulle et N. Martin-Duverneuil, 2021)	50
Figure 73 : coupes panoramique (a et c) et sagittale oblique (b) de septas (a et c) et de crêtes (b) intrasinusiens maxillaires (Whyte et Boeddinghaus 2019)	51
Figure 74 : coupe sagittale d'une cloison de refend (flèche blanche) (thèse du Dr Antoine Vadrot 2017).....	51

Figure 75 : coupe axiale (A) et coronale (B) de septas intra-sinusiens maxillaires complets et bilatéraux (Beale et al. 2009)	52
Figure 76 : coupe frontale (A) et axiale (B) d'une cloison de refend (*) impliquant le canal infra-orbitaire (Lund et al. 2014)	52
Figure 77 : coupes coronales d'un sinus maxillaire hypoplasique de type I (a), de type II (b), aplasique (c) et d'une atélectasie du sinus maxillaire (d) (Whyte et Boeddinghaus, 2019).....	53
Figure 78 : coupes coronale (gauche) et axiale (droite) d'une HSM droite (von Arx et Lozanoff, 2017).....	55
Figure 79 : coupes frontale (a) et axiale (b) de parois sinusiennes maxillaires épaissies à la suite d'une procédure de Caldwell-Luc (flèches noires) et d'une dépression du plancher orbitaire (flèche blanche pointillée). H : cellule de Haller. (Whyte et Boeddinghaus, 2019)	55
Figure 80 : coupe frontale d'une HSM droite (*) associée à une hypoplasie du processus unciné (**) (Lund et al. 2014)	55
Figure 81 : coupes frontale (gauche et droite) et axiale (milieu) d'une opacité maxillaire droite (gauche), d'un abaissement du plancher orbitaire (***), d'une déviation septale associée et d'un cornet moyen latéralisé (de Dorlodot et al. 2017, Lund et al. 2014).....	56
Figure 82 : coupes axiale (A) et coronale (B) d'une hyper-pneumatisation bilatérale des sinus maxillaires (flèches) (de Oliveira et al. 2013).....	57
Figure 83 : coupes frontale (gauche), axiale (milieu) et sagittale (droite) d'une hyper-pneumatisation bilatérale des sinus maxillaires avec communication par le canal maxillaire (Nelke et al. 2014)	57
Figure 84 : coupes frontales de variantes anatomiques du sinus maxillaire (flèches) (Vaid et Vaid 2015).....	59
Figure 85 : coupes coronale (haut) et axiale (bas) d'un FIO accessoire (AIOF) (von Arx et Lozanoff, 2017).....	59
Figure 86 : coupe sagittale d'un double canalis sinuosus (CSin) (von Arx et Lozanoff, 2017)	60
Figure 87 : coupes frontale (c) et (d) sagittale du maxillaire antérieur montrant le FIO (ovale) et le canalis sinuosus (flèche noire) (Whyte et Boeddinghaus 2019)	60
Figure 88 (à gauche) : coupe frontale d'un canalis sinuosus (CSin) se divisant en canaux maxillaires accessoires (AMC). IOC : canal infra-orbitaire (von Arx et Lozanoff, 2017).....	60
Figure 89 : coupes frontales des types de position de l'artère antrale, intra-sinuale (A1, I), intra-osseuse (A2, II), superficielle (A3) (la Encina et al. 2022).....	61
Figure 90 (à droite): coupe axiale du canal nasolacrimal droite et gauche (Groell et al. 1997).....	62
Figure 91 : coupe frontale d'une CSE (*) bilatérale et du sinus sphénoïdal (**) (Lund et al. 2014).....	63
Figure 92 : coupe frontale d'une cloison « cruciforme » entre deux cellules d'Onodi (O) et les sinus sphénoïdaux, avec les nerfs optiques passant à travers les cellules (flèches) (Vaid et Vaid 2015) ..	63
Figure 93 : coupes frontale (a, c, d), sagittale (b) et axiale (e) des différents types de cellules d'Onodi (flèches) : supérieures (a, b), latérales (d, e) et supéro-latérales (c) (Movahhedian et al. 2021)	63
Figure 94 : coupe frontale (A, B) et sagittale oblique (C, D) d'un SEM situé dans la partie postérieure du sinus maxillaire. Méat supérieur (flèches, A et B). Plateau ethmo-maxillaire (flèches doubles B, C, D) (Liu et al. 2018).....	64
Figure 95 : coupe frontale du sillon de l'artère ethmoïdale postérieure (*) (Lund et al. 2014)	65
Figure 96 : coupes axiale (A) et coronale (B) de l'ostium du sinus sphénoïde (flèche) et de son récessus sphéno-éthmoïdal (ligne blanche). PE : ethmoïde postérieur, S : sinus sphénoïde (Beale et al. 2009).....	66
Figure 97 (à gauche): coupe frontale de l'os sphénoïde (Martin-Duverneuil et al. 2008).....	66
Figure 98 : coupes coronales de degré de pneumatisation différents (von Arx et al. 2020)	67
Figure 99 : coupes frontale (gauche) et axiale (droite) de l'absence du septum inter-sphénoïdal (flèche) (Jaworek-Trocé et al. 2021).....	67
Figure 100 : classification de la pneumatisation du sinus sphénoïde de Hammer et Radberg. ** : fosse hypophysaire, *** : clivus (illustrations de Jaworek-Trocé et al. 2021 et Lund et al. 2014)	68
Figure 101 (à gauche) : coupe axiale d'une pneumatisation de la grande aile du sphénoïde droite (étoile) (Yèkpe et al. 2018)	69

Figure 102 : coupe frontale de la pneumatisation bilatérale des PCA (Variantes anatomiques des sinus de la face, Dr Duprès, CHR Mercy).....	69
Figure 103 : coupe frontale d'une pneumatisation unilatérale des PCA (*) et procidence intrasinusienne du nerf optique (triangle) (Lehmann et al. 2009)	69
Figure 104 : coupe frontale d'un plateau sphéno-maxillaire (Meloni et al. 1992).....	69
Figure 105 : dessin illustrant la segmentation de l'ACI (Bouthillier et al. 1996)	71
Figure 106 : coupes axiales de protrusions de l'ACI (Movahhedian, 2021).....	71
Figure 107 : coupe frontale du récessus optico-carotidien (***), du nerf optique (**) et de l'ACI (*) (Lund et al. 2014)	71
Figure 108 : coupe coronale d'une protrusion (d'où s'insère le septum (flèche épaisse)) des nerfs optiques droite et gauche (flèches fines) (Vaid et Vaid 2015)	71
Figure 109 : coupe coronale d'une protrusion du canal ptérygoïdien droit et gauche (flèche). ** sinus sphénoïdal (Vaid et Vaid 2015)	72
Figure 110 : coupe frontale d'une protrusion du canal ptérygoïdien (flèche rouge) et du nerf maxillaire (flèche blanche) (Yèkpè et al. 2018).....	72
Figure 111 (à gauche) : coupe coronale (A) et axiales à quatre niveaux différents (B, C, D, E) démontrant la fosse ptérygopalatine et diverses communications (von Arx et al. 2020).....	74
Figure 112 (à droite): coupe frontale d'une protrusion droite et gauche (flèche) du foramen rond (Vaid et Vaid 2015).....	74
Figure 113 : coupe axiale du foramen veineux (foramen de Vesalii, flèche rouge). Ov : foramen ovale, S : foramen épineux (cas du Dr Hacking, Radiopaedia.org (110))	74
Figure 114 : coupe sagittale d'une calcification de la glande hypophysaire (Singer et al. 2021).....	75
Figure 115 : coupe axiale des ligaments pétro-sphénoïdiens calcifiés (Singer et al. 2021).....	75
Figure 116 : coupe sagittale d'une calcification de la glande pinéale (Singer et al. 2021).....	75
Figure 117 (à gauche) : coupe sagittale médiane mettant en évidence le nasopharynx (jaune), l'oropharynx (vert) et le laryngopharynx (bleu) (von Arx et al. 2020)	76
Figure 118 : classification de minéralisation du CSH de Langlais et al. 1986 (coupes de Donmez et al. 2017).....	77
Figure 119 : motifs de calcifications du CSH (Langlais et al. 1986)	78
Figure 120 : OPT d'un CGLC sous mandibulaire droit (Singer et al. 2021)	79
Figure 121 : coupe coronaire d'un tonsillolithe au sein d'un amygdale (Barghan et al. 2016)	79
Figure 122 : OPT (haut) et coupes coronale (A) et axiale (B) d'un phlébolithe maxillaire (flèches blanches) (Singer et al 2021, Missias et al 2018).....	79
Figure 123 : schéma des rapports de la région thyroïdienne avec l'artère carotide (IMAOS.com)..	80
Figure 124 : coupe sagittale des cartilages tricoïde et thyroïde calcifiés (Singer et al. 2021)	80
Figure 125 : coupes axiales (a, d), coronales (b, e) et sagittales (c, f) de calcifications du segment cervical (d, e, f) et des segments intracrâniens (a, b, c) de l'artère carotide interne désignées par les flèches (Damaskos et al. 2015)	81
Figure 126 (à gauche) : coupe coronale au niveau des voies aériennes des calcifications (flèches) au niveau de la bifurcation carotidienne (Singer et al. 2021)	81
Figure 127 (à gauche) : coupe axiale du nasopharynx (N) au niveau des conduits auditifs (von Arx et al. 2020).....	82
Figure 128 : coupe sagittale (a) et axiale (b) schématisant le calcul de la longueur L (a) et du volume au niveau de la section transversale minimale de l'oropharynx (b). AP : antéropostérieur (Chen et al. 2018).....	83
Figure 129 : (à gauche): coupe sagittale d'un exemple de mesure des voies respiratoires (Dr de Bataille)	83
Figure 130 : illustrations en vue supérieure de l'atlas (A), axis (B) et des vertèbres typiques C3-C6 (C) (von Arx et al. 2020).....	84
Figure 131 : coupes axiales au niveau de C4 (von Arx, 2020)	84
Figure 132 : coupes axiale (a), sagittale (b) et coronale (c) d'un FNM (flèche) (Bayrak et al. 2019)	85

Figure 133 : coupe sagittale médiane d'un FNM (flèche) (McCartney et Mupparapu, 2021).....	85
Figure 134 : coupes sagittales des 6 sous-types de CBM (a,b,c,d,e,f) (Bayrak et al. 2019)	86
Figure 135 : coupe para-sagittale d'un canal craniopharyngé latéral (cas du Dr Nanjaraj, 2019, European Society Radiology (128)).....	87
Figure 136 : coupe coronale d'un canal craniopharyngé persistant (flèche) (Bayrak et al. 2019)....	87
Figure 137 : coupes coronale (gauche) et sagittale (droite) d'une calcification partielle de falx cerebri (Singer et al. 2021)	87
Figure 138 : coupes axiale (gauche) et sagittale (droite) de la calcification des plexus choroïdes (Singer et al. 2021)	88
Figure 139 : coupes sagittales d'un mauvais alignement de l'arc postérieur de C1 (A) et du processus odontoïde (B) par rapport au rachis (Alsufyani 2017)	88
Figure 140 : coupe frontale de lignes de la jonction crani-vertébrale (cas du Dr Prashant Mudgal, Radiopaedia).....	89
Figure 141 : coupe sagittale des lignes de la jonction crani-vertébrale (Alsufyani 2017)	89
Figure 142 : coupe frontale d'un condyle tertiaire (flèche) (Occipital vertebrae, Radiopaedia.org) 90	
Figure 143 : coupe frontale d'un processus para-condyloïde non fusionné (flèche) latéral au condyle occipital droit (Occipital vertebrae, Radiopaedia.org)	90
Figure 144 : coupes sagittales de PAD de la colonne vertébrale cervicale (B) et de C2-C3 (A) avec formations osseuses hétérotopique, érosion et ostéophytes. Calcification du disque C4-C5 (B) (Alsufyani 2017)	91
Figure 145 : coupe coronale de pathologies articulaires dégénératives de C3-C4 avec formation d'ostéophyte (Barghan et al. 2016)	91
Figure 146 (à gauche) : coupe sagittale d'une spondylarthrite ankylosante et image en bamou de la colonne vertébrale cervicale (Alsufyani 2017)	91
Figure 147 : coupes sagittales d'une OLLP au niveau de C3 (gauche) et plus étendue (droite) (Alsufyani 2017 et Radiopaedia.org (135)).....	91
Figure 148 : coupe sagittale montrant le ligament longitudinal antérieur calcifié (Singer et al. 2021)	91
Figure 149 : coupe sagittale d'un limbus vertebrae antérieur (Alsufyani 2017).....	92
Figure 150 : coupe frontale (A) et sagittale (B) de la fusion entre C1 et la base du crâne et entre le processus transverse de C2 à C5 (Alsufyani 2017).....	93
Figure 151 : coupes axiales d'une fusion incomplète d'une même vertèbre (Alsufyani 2017).....	93
Figure 152 : coupe sagittale d'une fusion de C3-C4 (Barghan et al. 2016).....	93
Figure 153 : coupe frontale (A) et sagittale (B) d'un défaut de fusion du processus odontoïde et d'un os odontoïdeum disloqué affectant la morphologie des VAS (Alsufyani 2017).....	93
Figure 154 : coupes sagittales de deux osselets de Bergmann (flèches) interposés entre l'extrémité du clivus, l'arc antérieur de C1 et C2 (Alsufyani 2017)	94
Figure 155 : coupes sagittales d'un PP absent (A), partiel (B) et complet (C) (Bayrakdar et al. 2014)	94
Figure 156 : coupe sagittale d'un PP complet (Alsufyani 2017)	94
Figure 157 : coupes axiales des variantes anatomiques du foramen transverse : agénésie (A), asymétrie (B), arête cervicale* (C), double foramina (D), foramen ouvert (E), formation d'un sulcus* (F) et hypoplasie (G) (Moreira et Herrero 2020)	95
Figure 158 : dessin de l'ATM en vue latérale (page 89, Kamina 2006)	96
Figure 159 : dessin de l'ATM en vue médiale (page 89, Kamina 2006)	96
Figure 160 : coupes sagittale (gauche), coronale (milieu) et axiale (droite) d'une ATM (von Arx et Lozanoff, 2017).....	97
Figure 161 : image panoramique d'un condyle mandibulaire bifide (Hegde et al. 2013)	99
Figure 162 : coupe frontale d'un condyle bifide (flèche) (Bag et al. 2014).....	99
Figure 163 : coupe axiale d'un condyle trifide (Zoabi et al. 2022).....	99
Figure 164 : reconstitutions CBCT 3D d'un condyle trifide (AL) et tétrafide (flèches) (Zoabi et al. 2022, Sahman et al. 2011).....	99

Figure 165 (à gauche) : coupe panoramique d'une hypertrophie condylienne (tête de flèche) et ramique (flèche) gauche (Bag et al. 2014)	99
Figure 166 : coupes sagittale d'un kyste sous-chondral (a, d), d'érosions (b, e) et d'ostéophytes (c, f) (Bianchi et al. 2021)	100
Figure 167 : coupes axiale (a) et sagittale oblique (b) d'un phénomène arthrosique montrant sclérose osseuse, aplatissement de la surface condylienne (flèche, a), ostéophyte (b) et corps calcifié (flèche, b) (Boeddinghaus et Whyte, 2013)	101
Figure 168 : coupe panoramique d'un aplatissement des surfaces articulaires droite et gauche (Singer et al. 2021)	101
Figure 169 : coupe sagittale oblique de multiples corps étrangers dans la cavité synoviale (flèches) (Bag et al. 2014)	101
Figure 170 : coupes sagittales montrant des calcifications (flèches) dans l'ATM (de Almeida et al. 2020)	101
Figure 171 : coupe frontale d'une ankylose complète droite et presque complète gauche (flèche) de l'ATM (Bag et al. 2014)	102
Figure 172 : coupe sagittale d'une ankylose fibreuse et osseuse de l'ATM gauche (Singer et al. 2021)	102
Figure 173 : coupes axiales de l'anatomie normale de l'os temporal de sa partie inférieure (a) à supérieure (g) (Phillips et al. 2012)	103
Figure 174 : coupes comparant la présence et l'absence du foramen tympanicum (flèches) (Tozoğlu et al. 2012, tableau réalisé par l'auteur)	104
Figure 175 : coupes de calcifications auriculaires (Gossner 2014)	104
Figure 176 : coupes frontale (gauche) et axiale (droite) d'un cholestéatome (flèche) droit (cas du Dr Bickle, Radiopaedia.org)	105
Figure 177 : coupes axiales des différents types de mastoïde (M) : sclérotique (a), diploïque (b), normalement pneumatisée (c), hyper-pneumatisée (d). Antre (tête de flèche) (Mansour et al. 2019)	106
Figure 178 : coupe coronaire d'une pneumatisation étendue à l'éminence articulaire (Bag et al. 2014)	106
Figure 179 : coupes axiales d'une pneumatisation mastoïdienne (a) étendue à l'apex pétreux (flèche), à l'écaïlle (double flèche), à l'os zygomatique (ZC) et d'un apex pétreux diploïque (b, flèche). SS : sinus sigmoïde (Mansour et al. 2019)	106
Figure 180 : coupes frontale et sagittale des fosses nasales. Artère ethmoïdale antérieure procidente (flèche).	107
Figure 181 : coupe frontale d'un SN pneumatisé (flèche) et de la présence de SEM	108
Figure 182 : coupe frontale du toit de l'ethmoïde	108
Figure 183 : coupe frontale oblique de l'attache supérieure du processus unciné (flèches vertes)	108
Figure 184 : coupe frontale de l'extrémité libre du PU pneumatisée (flèche rouge) et de l'artère antrale droite (flèche orange)	109
Figure 185 : coupe frontale, axiale et sagittale des sinus sphénoïdaux	109
Figure 186 : coupes frontale et sagittale des lignes cervicales	110
Figure 187 : coupes frontale et sagittale d'un septum sinusien maxillaire en regard de 27	110
Figure 188 : coupe frontale des cavités nasales et sinus paranasaux	111
Figure 189 : tracé du nerf alvéolaire inférieur (trait jaune)	111
Figure 190 (à gauche) : coupes obliques centrées sur 18, 28, 38 et 48	111
Figure 191 (à gauche): coupe axiale au niveau des foramina sphéno-palatins (von Arx et al. 2020)	117
Figure 192 (à gauche): coupes sagittale (A) et coronaire (B) illustrant les canaux ptérygopalatins (2) (von Arx et al. 2020)	117
Figure 193 : coupe axiale au niveau des canaux ptérygoïdiens (PTC). IFS : fissure orbitaire inférieure, PPF : fosse ptérygopalatine, SPF : foramen sphéno-palatin (von Arx et Lozanoff, 2017)	117

Bibliographie

1. Cavézian R, Pasquet G. Cone beam: Imagerie diagnostique en odontostomatologie : Principes, résultats et perspectives. Elsevier Masson; 2012.
2. Haute Autorité de Santé. HAS [Internet]. Haute Autorité de Santé. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/fe_2873790/fr/professionnels
3. Maret D, Vergnes JN, Peters OA, Peters C, Nasr K, Monsarrat P. Recent Advances in Cone-beam CT in Oral Medicine. *Current Medical Imaging Reviews*. 1 juin 2020;16(5):553-64.
4. Edwards R, Altalibi M, Flores-Mir C. The frequency and nature of incidental findings in cone-beam computed tomographic scans of the head and neck region: a systematic review. *J Am Dent Assoc*. févr 2013;144(2):161-70.
5. Monsarrat P, Galibourg A, Nasr K, Telmon N, Maret D. Incidental Findings in Dental Radiology are Concerning for Family Doctors. *Open Med (Wars)*. 2019;14:467-78.
6. Horner K, Islam M, Flygare L, Tsiklakis K, Whaites E. Basic principles for use of dental cone beam computed tomography: consensus guidelines of the European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology. *Dentomaxillofacial Radiology*. mai 2009;38(4):187-95.
7. Verna E. Les variations osseuses asymptomatiques du squelette postcrânien humain : leur contribution à l'identification en anthropologie médico-légale. *BMSAP*. 1 oct 2016;28(3-4):226-32.
8. Pommier R. Les découvertes fortuites en médecine diagnostique. In: *Traité de bioéthique* [Internet]. Toulouse: Érès; 2018. p. 363-76. (Espace éthique - Poche). Disponible sur: <https://www.cairn.info/traite-de-bioethique-iv--9782749260839-p-363.htm>
9. Barghan S, Tahmasbi Arashlow M, Nair MK. Incidental Findings on Cone Beam Computed Tomography Studies outside of the Maxillofacial Skeleton. *Int J Dent*. 2016;2016:9196503.
10. Hodez C, Griffaton-Taillandier C, Bensimon I. Cone-beam imaging: Applications in ENT. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*. 1 avr 2011;128(2):65-78.
11. Lopes IA, Tucunduva RMA, Handem RH, Capelozza ALA. Study of the frequency and location of incidental findings of the maxillofacial region in different fields of view in CBCT scans. *Dentomaxillofacial Radiology*. janv 2017;46(1):20160215.
12. von Arx T, Lozanoff S, Bornstein MM. Extraoral anatomy in CBCT – a literature review. Part 1: Nasoethmoidal regio. *Swiss Dent J*. 1 oct 2019;129(10):804-15.
13. von Arx T, Lozanoff S, Bornstein MM. Extraoral anatomy in CBCT – a literature review. Part 4: Pharyngocervical region. *Swiss Dent J*. 12 oct 2020;130(10):768-84.
14. Alsufyani NA. Cone beam computed tomography incidental findings of the cervical spine and clivus: retrospective analysis and review of the literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. juin 2017;123(6):e197-217.
15. Dubrulle F, Martin-Duverneuil N. Imagerie cervico-faciale: massif facial, sinus, voies aérodigestives supérieures, pathologies cervicales, espaces profonds de la face. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson; 2021. (Imagerie médicale, précis).
16. Lacan A. Imagerie des sinus. Montpellier: Sauramps médical; 2016.
17. KAMINA, P. Anatomie Clinique, tome 2: tête, cou, dos. 3 e éd. Edition Maloine, 2006.
18. Duprès R. Variantes anatomiques des sinus de la face.pdf [Internet]. Disponible sur: <http://onclepaul.net/wp-content/uploads/2011/07/Variantes-anatomiques-des-sinus-de-la-face-RD-2019.pdf>
19. Stammberger HR, Kennedy DW. Paranasal Sinuses: Anatomic Terminology and Nomenclature. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1 oct 1995;104(10_suppl):7-16.
20. Lund VJ, Stammberger H, Fokkens WJ, Beale T, Bernal-Sprekelsen M, Eloy P, et al. European position paper on the anatomical terminology of the internal nose and paranasal sinuses. *Rhinol Suppl*. mars 2014;24:1-34.

21. Vadrot A. Évaluation par CBCT des variations anatomiques des sinus maxillaires et des fosses nasales avant la réalisation d'un sinus lift [Internet]. Université Paris Diderot - Paris 7 - UFR Odontologie; 2017. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02074572>
22. von Arx T, Lozanoff S. *Clinical Oral Anatomy* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2017. Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-41993-0>
23. Eloy P, Nollevaux MC, Bertrand B. Physiologie des sinus paranasaux. *EMC - Oto-rhino-laryngologie*. 1 mai 2005;2(2):185-97.
24. Maru N, Rusu M, Săndulescu M. Variant anatomy of nasal turbinates: Supreme, superior and middle conchae bullosae, paradoxical superior and inferior turbinates, and middle accessory turbinate. *Romanian journal of morphology and embryology = Revue roumaine de morphologie et embryologie*. 14 déc 2015;56:1223-6.
25. Martin-Duverneuil N, Sahli-Amor M, Chiras J. Anatomie et imagerie du massif facial normal chez l'adulte. *EMC - Radiologie et imagerie médicale - Musculosquelettique - Neurologique - Maxillofaciale*. 1 janv 2008;3:1-20.
26. Whyte A, Boeddinghaus R. The maxillary sinus: physiology, development and imaging anatomy. *Dentomaxillofac Radiol*. déc 2019;48(8):20190205.
27. Bolger WE, Parsons DS, Butzin CA. Paranasal sinus bony anatomic variations and mucosal abnormalities: CT analysis for endoscopic sinus surgery. *The Laryngoscope*. 1991;101(1):56-64.
28. Amid R, Kadkhodazadeh M, Moscowchi A, Nami M. Effect of Schneiderian Membrane Thickening on the Maxillary Sinus Augmentation and Implantation Outcomes: A Systematic Review. *J Maxillofac Oral Surg*. déc 2021;20(4):534-44.
29. Teixeira J, Certal V, Chang ET, Camacho M. Nasal Septal Deviations: A Systematic Review of Classification Systems. *Plast Surg Int*. 2016;2016:7089123.
30. Whyte A, Boeddinghaus R. Imaging of adult nasal obstruction. *Clinical Radiology*. 1 sept 2020;75(9):688-704.
31. Lee DC, Shin JH, Kim SW, Kim SW, Kim BG, Kang JM, et al. Anatomical analysis of nasal obstruction. *The Laryngoscope*. 2013;123(6):1381-4.
32. Gaillard F. Deviated nasal septum | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/deviated-nasal-septum?lang=us>
33. Nikkerdar N, Karimi A, Bazmayoon F, Golshah A. Comparison of the Type and Severity of Nasal Septal Deviation between Chronic Rhinosinusitis Patients Undergoing Functional Endoscopic Sinus Surgery and Controls. *International Journal of Dentistry*. 25 avr 2022;2022:e2925279.
34. Papadopoulou AM, Chrysikos D, Samolis A, Tsakotos G, Troupis T. Anatomical Variations of the Nasal Cavities and Paranasal Sinuses: A Systematic Review. *Cureus*. 13(1):e12727.
35. Beale TJ, Madani G, Morley SJ. Imaging of the Paranasal Sinuses and Nasal Cavity: Normal Anatomy and Clinically Relevant Anatomical Variants. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*. 1 févr 2009;30(1):2-16.
36. Vaid S, Vaid N. Normal Anatomy and Anatomic Variants of the Paranasal Sinuses on Computed Tomography. *Neuroimaging Clinics*. 1 nov 2015;25(4):527-48.
37. Ibrahim D. Nasal septal perforation | Radiology Case | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/cases/nasal-septal-perforation-2?lang=gb>
38. Lin YL, Lin YS, Su WF, Wang DCH. A secondary middle turbinate co-existing with an accessory middle turbinate: an unusual combination of two anatomic variations. *Acta Oto-Laryngologica*. 1 janv 2006;126(4):429-31.
39. Sava CJ, Rusu MC, Săndulescu M, Dincă D. Vertical and sagittal combinations of concha bullosa media and paradoxical middle turbinate. *Surg Radiol Anat*. juill 2018;40(7):847-53.

40. Cobzeanu MD, Bâldea V, Bâldea MC, Vonica PS, Cobzeanu BM. The anatomo-radiological study of unusual extrasinusal pneumatizations: superior and supreme turbinate, crista galli process, uncinate process. *Rom J Morphol Embryol.* 2014;55(3 Suppl):1099-104.
41. Rusu MC, Săndulescu M, Sava CJ, Dincă D. Bifid and secondary superior nasal turbinates. *Folia Morphologica.* 2019;78(1):199-203.
42. Turna O, Aybar M, Karagoz Y, Tuzcu G. Anatomic Variations of the Paranasal Sinus Region: Evaluation with Multidetector CT. *Istanbul Medical Journal.* 19 janv 2014;15.
43. San T, San S, Gürkan E, Erdoğan B. The role of septated concha bullosa on sinonasal pathologies. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 1 juin 2015;272(6):1417-21.
44. Perić A, Matković-Jožin S, Baletić N. Large Doubly Septated Concha Bullosa: An Unusual Anatomic Variation. *Acta Med (Hradec Kralove, Czech Repub).* 2009;52(3):129-31.
45. Ozcan KM, Selcuk A, Ozcan I, Akdogan O, Dere H. Anatomical variations of nasal turbinates. *J Craniofac Surg.* nov 2008;19(6):1678-82.
46. Fidan V. Panconcha Bullosa: New Definition in the Literature. *Journal of Craniofacial Surgery.* mai 2012;23(3):e253.
48. Lloyd GA. CT of the paranasal sinuses: study of a control series in relation to endoscopic sinus surgery. *J Laryngol Otol.* juin 1990;104(6):477-81.
49. Tomblinson CM, Cheng MR, Lal D, Hoxworth JM. The impact of middle turbinate concha bullosa on the severity of inferior turbinate hypertrophy in patients with a deviated nasal septum. *American Journal of Neuroradiology.* juill 2016;37(7):1324-30.
50. Dictionnaire de l'Académie Nationale de Médecine [Internet]. Disponible sur: <http://dictionnaire.academie-medecine.fr>
51. Holland M. Keros classification of olfactory fossa | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/keros-classification-of-olfactory-fossa>
52. Dugas A. Abord du sinus frontal : bases anatomiques et systématisation des différentes techniques chirurgicales. Université de Caen Normandie; 2019.
53. Marsot-Dupuch K, Genty E. Anatomic variants of paranasal sinuses. *J Radiol.* avr 2003;84(4 Pt 1):357-67.
54. Eviatar E, Golan Y, Gavriel H. Fronto-septal rostrum: prevalence, classification and clinical implications. *J Laryngol Otol.* mai 2018;132(5):423-8.
55. Wormald PJ, Hoseman W, Callejas C, Weber RK, Kennedy DW, Citardi MJ, et al. The International Frontal Sinus Anatomy Classification (IFAC) and Classification of the Extent of Endoscopic Frontal Sinus Surgery (EFSS). *Int Forum Allergy Rhinol.* juill 2016;6(7):677-96.
56. Lehmann P, Bouaziz R, Page C, Warin M, Saliou G, Deschepper B, et al. Cavités sinusiennes de la face : aspect scanographique des variantes anatomiques et leur risque chirurgical. *Journal de Radiologie.* 1 janv 2009;90(1, Part 1):21-9.
57. Jones T m., Almahdi J m. d., Bhalla R k., Lewis-Jones H, Swift A c. The radiological anatomy of the anterior skull base. *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences.* 2002;27(2):101-5.
58. Souza SA, Souza MMA de, Gregório LC, Ajzen S. Anterior ethmoidal artery evaluation on coronal CT scans. *Rev Bras Otorrinolaringol.* févr 2009;75:101-6.
59. Keros P. [On the practical value of differences in the level of the lamina cribrosa of the ethmoid]. *Z Laryngol Rhinol Otol.* nov 1962;41:809-13.
60. Poje G, Mladina R, Skitarelić N, Marjanović Kavanagh M. Some radiological and clinical aspects of the sinus crista galli. *Romanian Journal of Rhinology.* 1 janv 2014;4.
61. Hajjioannou J, Owens D, Whittet HB. Evaluation of anatomical variation of the crista galli using computed tomography. *Clin Anat.* mai 2010;23(4):370-3.

62. Akiyama O, Kondo A. Classification of crista galli pneumatization and clinical considerations for anterior skull base surgery. *Journal of Clinical Neuroscience*. 1 déc 2020;82:225-30.
63. Kuhn FA. Chronic frontal sinusitis: The endoscopic frontal recess approach. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 1 sept 1996;7(3):222-9.
64. Kansu L. The relationship between superior attachment of the uncinate process of the ethmoid and varying paranasal sinus anatomy: an analysis using computerised tomography. *ENT Updates*. 1 août 2019;9.
65. Fawzi NEA, Lazim NM, Aziz ME, Mohammad ZW, Abdullah B. The prevalence of frontal cell variants according to the International Frontal Sinus Anatomy Classification and their associations with frontal sinusitis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. févr 2022;279(2):765-71.
66. Hiyama T. The ethmoid bone: clinical imaging anatomy from an embryological point of view. 2013;2973 words.
67. Bani-Ata M, Aleshawi A, Khatatbeh A, Al-Domaidat D, Alnussair B, Al-Shawaqfeh R, et al. Accessory Maxillary Ostia: Prevalence of an Anatomical Variant and Association with Chronic Sinusitis. *Int J Gen Med*. 8 mai 2020;13:163-8.
68. Dahlstrom K, Olinger A. Anatomic description of the middle meatus and classification of the hiatus semilunaris into five types based upon morphological characteristics. *Clinical Anatomy*. 2014;27(2):176-81.
69. Baldea V, Cobzeanu MD, Mihalcea F. Anatomical variants of the uncinate process – CT scan imaging study. *Romanian Journal of Rhinology*. 2012;2(7):10.
70. Landsberg R, Friedman M. A computer-assisted anatomical study of the nasofrontal region. *Laryngoscope*. déc 2001;111(12):2125-30.
71. Calvo-Henríquez C, Ruano-Ravina A, Martinez-Capoccioni G, Huaranca M, Lattomus K, Martin-Martin C. The lamellar cell: a radiological study and a new classification proposal. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 1 nov 2018;275(11):2713-7.
72. Lee W, Kuhn F, Citardi M. 3D computed tomographic analysis of frontal recess anatomy in patients without frontal sinusitis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. sept 2004;131(3).
73. Bolger WE, Woodruff W, Parsons DS. CT demonstration of pneumatization of the uncinate process. *AJNR Am J Neuroradiol*. mai 1990;11(3):552.
74. Chao TK. Uncommon anatomic variations in patients with chronic paranasal sinusitis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. févr 2005;132(2):221-5.
75. de Dorlodot C, Collet S, Rombaux P, Horoi M, Hassid S, Eloy P. Chronic maxillary atelectasis and silent sinus syndrome: two faces of the same clinical entity. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. sept 2017;274(9):3367-73.
76. Meyers RM, Valvassori G. Interpretation of Anatomic Variations of Computed Tomography Scans of the Sinuses: A Surgeon's Perspective. *The Laryngoscope*. 1998;108(3):422-5.
77. Underwood AS. An Inquiry into the Anatomy and Pathology of the Maxillary Sinus. *J Anat Physiol*. juill 1910;44(Pt 4):354-69.
78. Krennmair G, Ulm C, Lugmayr H. Maxillary sinus septa: incidence, morphology and clinical implications. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 1 oct 1997;25(5):261-5.
79. Wen SC, Chan HL, Wang HL. Classification and management of antral septa for maxillary sinus augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2013;33(4):509-17.
80. Pommer B, Ulm C, Lorenzoni M, Palmer R, Watzek G, Zechner W. Prevalence, location and morphology of maxillary sinus septa: systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*. août 2012;39(8):769-73.
81. Schiller LA, Barbu HM, Iancu SA, Brad S. Incidence, Size and Orientation of Maxillary Sinus Septa-A Retrospective Clinical Study. *J Clin Med*. 24 avr 2022;11(9):2393.

82. Orhan I, Ormeci T, Aydin S, Altin G, Urger E, Soyly E, et al. Morphometric analysis of the maxillary sinus in patients with nasal septum deviation. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 1 avr 2014;271(4):727-32.
83. Bolger WE, Woodruff WW, Morehead J, Parsons DS. Maxillary sinus hypoplasia: classification and description of associated uncinat process hypoplasia. *Otolaryngol Head Neck Surg*. nov 1990;103(5 (Pt 1)):759-65.
84. Selcuk A, Ozcan KM, Akdogan O, Bilal N, Dere H. Variations of Maxillary Sinus and Accompanying Anatomical and Pathological Structures. *Journal of Craniofacial Surgery*. janv 2008;19(1):159.
85. Salman S, Weber AL, Kass ES, Rubin PAD, Montgomery WW. Chronic Maxillary Atelectasis. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1 févr 1997;106(2):109-16.
86. de Oliveira AG, dos Santos Silveira O, Francio LA, de Andrade Marigo Grandinetti H, Manzi FR. Anatomic variations of paranasal sinuses—clinical case report. *Surg Radiol Anat*. 1 août 2013;35(6):535-8.
87. Nelke KH, Pawlak W, Morawska-Kochman M, Guziński M. Unique canal communicating between both maxillary sinuses through the palatine recess with hypertrophy of sinuses. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1 oct 2014;52(8):764-6.
88. Nguyen DC, Farber SJ, Um GT, Skolnick GB, Woo AS, Patel P. Anatomical Study of the Intraosseous Pathway of the Infraorbital Nerve. *J Craniofac Surg*. juin 2016;27(4):1094-7.
89. Lantos JE, Pearlman AN, Gupta A, Chazen JL, Zimmerman RD, Shatzkes DR, et al. Protrusion of the Infraorbital Nerve into the Maxillary Sinus on CT: Prevalence, Proposed Grading Method, and Suggested Clinical Implications. *AJNR Am J Neuroradiol*. févr 2016;37(2):349-53.
90. Ference EH, Smith SS, Conley D, Chandra RK. Surgical anatomy and variations of the infraorbital nerve. *The Laryngoscope*. 2015;125(6):1296-300.
91. de Oliveira-Neto OB, Barbosa FT, de Lima FJC, de Sousa-Rodrigues CF. Prevalence of canalis sinuosus and accessory canals of canalis sinuosus on cone beam computed tomography: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. janv 2023;52(1):118-31.
92. Rosano G, Taschieri S, Gaudy JF, Weinstein T, Del Fabbro M. Maxillary sinus vascular anatomy and its relation to sinus lift surgery. *Clinical Oral Implants Research*. 2011;22(7):711-5.
93. la Encina AC de, Martínez-Rodríguez N, Ortega-Aranegui R, Cortes-Bretón Brinkmann J, Martínez-González JM, Barona-Dorado C. Anatomical variations and accessory structures in the maxilla in relation to implantological procedures: an observational retrospective study of 212 cases using cone-beam computed tomography. *Int J Implant Dent*. 28 nov 2022;8:59.
94. Kang SJ, Shin SI, Herr Y, Kwon YH, Kim GT, Chung JH. Anatomical structures in the maxillary sinus related to lateral sinus elevation: a cone beam computed tomographic analysis. *Clinical Oral Implants Research*. 2013;24(A100):75-81.
95. Rezaee A. Obstruction of nasolacrimal drainage apparatus | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/obstruction-of-nasolacrimal-drainage-apparatus?lang=us>
96. Groell R, Schaffler GJ, Uggowitz M, Szolar DH, Muellner K. CT-anatomy of the nasolacrimal sac and duct. *Surg Radiol Anat*. 1 mai 1997;19(3):189-91.
97. Movahhedian N, Paknahad M, Abbasinia F, Khojatepour L. Cone Beam Computed Tomography Analysis of Sphenoid Sinus Pneumatization and Relationship with Neurovascular Structures. *J Maxillofac Oral Surg*. mars 2021;20(1):105-14.
98. Liu J, Dai J, Wen X, Wang Y, Zhang Y, Wang N. Imaging and anatomical features of ethmoid maxillary sinus and its differentiation from surrounding air cells. *Surg Radiol Anat*. févr 2018;40(2):207-15.

99. Zhou F, Cao C, Fan W, Tan L, Liu P, Lv H, et al. The imaging anatomy of ethmoid maxillary sinus and its impact on chronic rhinosinusitis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 1 mars 2021;278(3):719-26.
100. Meloni F, Mini R, Rovasio S, Stomeo F, Teatini GP. Anatomic variations of surgical importance in ethmoid labyrinth and sphenoid sinus. A study of radiological anatomy. *Surg Radiol Anat*. 1992;14(1):65-70.
101. Anusha B, Baharudin A, Philip R, Harvinder S, Shaffie BM. Anatomical variations of the sphenoid sinus and its adjacent structures: a review of existing literature. *Surg Radiol Anat*. 1 juill 2014;36(5):419-27.
102. von Arx T, Lozanoff S, Bornstein MM. Extraoral anatomy in CBCT – a literature review. Part 3: Retromaxillary region. *Swiss Dent J*. 9 mars 2020;130(3):216-28.
103. Jaworek-Troć J, Walocha JA, Lipski M, Popovchenko S, Shafarenko K, Gładysz T, et al. Agenesis of the sphenoid sinus and a single sphenoid sinus: a computed tomography anatomical evaluation. *Folia Morphol (Warsz)*. 2021;80(4):947-53.
104. Hammer G, Radberg C. The sphenoidal sinus. An anatomical and roentgenologic study with reference to transsphenoid hypophysectomy. *Acta radiol*. déc 1961;56:401-22.
105. Wang J, Bidari S, Inoue K, Yang H, Rhoton AJ. Extensions of the Sphenoid Sinus: A New Classification. *Neurosurgery*. avr 2010;66(4):797.
106. Yèkpè P, Akanni D, Souza C, Adjadohoun S, Kiki M, Savi de Tove KM, et al. Anatomic Variants of Sphenoid Sinuses and Adjacent Structures: A Study of 225 Skull CT Scans at CNHU-HKM in Benin, West Africa. *Open Journal of Radiology*. 1 janv 2018;08:181-90.
107. Federative Committee on Anatomical Terminology. *Terminologia anatomica: international anatomical terminology*. Georg Thieme Verlag. 1998.
108. Bouthillier A, van Loveren HR, Keller JT. Segments of the internal carotid artery: a new classification. *Neurosurgery*. 1 mars 1996;38(3):425-32; discussion 432-3.
109. DeLano MC, Fun FY, Zinreich SJ. Relationship of the optic nerve to the posterior paranasal sinuses: a CT anatomic study. *AJNR Am J Neuroradiol*. avr 1996;17(4):669-75.
110. Hacking C. Foramen Vesalii | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/foramen-vesalii-1?lang=us>
111. Singer SR, Kim IH, Creanga AG, Mupparapu M. Physiologic and Pathologic Calcifications of Head and Neck Significant to the Dentist. *Dental Clinics of North America*. 1 juill 2021;65(3):555-77.
112. Whyte A. Imaging of adult obstructive sleep apnoea. *European Journal of Radiology*. 2018;12.
113. Donmez M, Okumus O, Pekiner FN. Cone beam computed tomographic evaluation of styloid process: A retrospective study of 1000 patients. *Eur J Dent*. avr 2017;11(02):210-5.
114. Langlais RP, Miles DA, Van Dis ML. Elongated and mineralized stylohyoid ligament complex: A proposed classification and report of a case of Eagle's syndrome. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1 mai 1986;61(5):527-32.
115. Onbas O, Kantarci M, Murat Karasen R, Durur I, Cinar Basekim C, Alper F, et al. Angulation, length, and morphology of the styloid process of the temporal bone analyzed by multidetector computed tomography. *Acta Radiol*. 1 déc 2005;46(8):881-6.
116. Missias EM, Nascimento E, Pontual M, Pontual AA, Freitas DQ, Perez D, et al. Prevalence of soft tissue calcifications in the maxillofacial region detected by cone beam CT. *Oral Dis*. mai 2018;24(4):628-37.
117. Anatomie de la cavité orale et de la bouche : illustrations annotées avec définitions | e-Anatomy [Internet]. IMAIOS. Disponible sur: <https://www.imaios.com/fr/e-anatomy/tete-et-cou/cavite-orale>

118. Damaskos S, Aartman I, Tsiklakis K, Stelt PF, Berkhout E. Association between extra- and intracranial calcifications of the internal carotid artery: A CBCT imaging study. *Dento maxillo facial radiology*. 18 févr 2015;44:20140432.
119. de Bataille C, Bernard D, Dumoncel J, Vaysse F, Cussat-Blanc S, Telmon N, et al. Machine Learning Analysis of the Anatomical Parameters of the Upper Airway Morphology: A Retrospective Study from Cone-Beam CT Examinations in a French Population. *J Clin Med*. 22 déc 2022;12(1):84.
120. Guijarro-Martinez R, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography imaging and analysis of the upper airway: a systematic review of the literature. 2011;11.
121. Kaplan FA, Sağlam H, Bilgir E, Bayrakdar İ, Orhan K. Radiological Evaluation of the Recesses on the Posterior Wall of the Nasopharynx with Cone-beam Computed Tomography. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. janv 2022;25(1):55.
122. Chen H, Aarab G, de Ruiter MHT, de Lange J, Lobbezoo F, van der Stelt PF. Three-dimensional imaging of the upper airway anatomy in obstructive sleep apnea: a systematic review. *Sleep Medicine*. 1 mai 2016;21:19-27.
123. Chen H, Li Y, Reiber JH, de Lange J, Tu S, Aarab G. Analyses of aerodynamic characteristics of the oropharynx applying CBCT: obstructive sleep apnea patients versus control subjects. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018;9.
124. Raol N, Hartnick CJ. Anatomy and physiology of velopharyngeal closure and insufficiency. *Adv Otorhinolaryngol*. 2015;76:1-6.
125. McCartney TE, Mupparapu M. Anomalies of the clivus of interest in dental practice: A systematic review. *Imaging Sci Dent*. déc 2021;51(4):351-61.
126. Bayrak S, Göller Bulut D, Orhan K. Prevalence of anatomical variants in the clivus: fossa navicularis magna, canalis basilaris medianus, and craniopharyngeal canal. *Surg Radiol Anat*. 1 avr 2019;41(4):477-83.
127. Gaillard F. Persistent hypophyseal canal | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/persistent-hypophyseal-canal?lang=us>
128. Nanjaraj C P. A rare case of persistent hypophyseal canal with ectopic pituitary teratoma [Internet]. *Eurorad - Brought to you by the ESR*. Disponible sur: <https://www.eurorad.org/case/16584>
129. Ovalle RR. Calcification of the falx cerebri | Radiology Case | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/cases/calcification-of-the-falx-cerebri>
130. Dixon A. Basilar invagination | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/basilar-invagination?lang=us>
131. Dictionnaire de la Langue Française [Internet]. La langue française. Disponible sur: <https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire>
132. Venkatesh M. Occipital vertebra | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/occipital-vertebra?lang=us>
133. Hofmann E, Prescher A. The Clivus: Anatomy, Normal Variants and Imaging Pathology. *Clin Neuroradiol*. 1 juin 2012;22(2):123-39.
134. Bianchi J, Gonçalves JR, Ruellas AC de O, Bianchi JVP, Ashman LM, Yatabe M, et al. Radiographic interpretation using high-resolution Cbct to diagnose degenerative temporomandibular joint disease. *PLOS ONE*. 10 août 2021;16(8):e0255937.
135. Gaillard F. Ossification of the posterior longitudinal ligament | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/ossification-of-the-posterior-longitudinal-ligament?lang=us>
136. Gaillard F. Limbus vertebra | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/limbus-vertebra?lang=us>

137. Gaillard F. Persistent ossiculum terminale | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/persistent-ossiculum-terminale?lang=us>
138. Bayrakdar IS, Miloglu O, Altun O, Gumussoy I, Durna D, Yilmaz AB. Cone beam computed tomography imaging of ponticulus posticus: prevalence, characteristics, and a review of the literature. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 1 déc 2014;118(6):e210-9.
139. Moreira JJ, Herrero CFPS. Anatomical Variations and Morphometric Features of the Foramen Transversarium in the Cervical Vertebrae of a Latin American Population: A Brazilian Study. *World Neurosurgery*. 1 mai 2020;137:e18-26.
140. Zibis AH, Mitrousias V, Baxevanidou K, Hantes M, Karachalios T, Arvanitis D. Anatomical variations of the foramen transversarium in cervical vertebrae: findings, review of the literature, and clinical significance during cervical spine surgery. *Eur Spine J*. 1 déc 2016;25(12):4132-9.
141. Luijkx T. Typical cervical vertebrae | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/articles/typical-cervical-vertebrae?lang=us>
142. Bag AK, Gaddikeri S, Singhal A, Hardin S, Tran BD, Medina JA, et al. Imaging of the temporomandibular joint: An update. *World J Radiol*. 28 août 2014;6(8):567-82.
143. Brooks SL, Brand JW, Gibbs SJ, Hollender L, Lurie AG, Omnell KA, et al. Imaging of the temporomandibular joint: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. mai 1997;83(5):609-18.
144. Hegde S, Bn P, Shetty S. Morphological and Radiological Variations of Mandibular Condyles in Health and Diseases: A Systematic Review. *Dentistry*. 1 janv 2013;3.
145. Thimmaiah VT. Curvature Analysis of Mandibular Condyle by Multidetector Computed Tomography. 2017;6.
146. Juniper RP. The shape of the condyle and position of the meniscus in temporomandibular joint dysfunction. *Br J Oral Maxillofac Surg*. avr 1994;32(2):71-6.
147. Sahman H, Etöz O, Sekerci A, Etöz M, Sisman Y. Tetrafid mandibular condyle: A unique case report and review of the literature. *Dento maxillo facial radiology*. 1 déc 2011;40:524-30.
148. Zoabi N, Kats L, Ram A, Emodi-Perlman A. Trifid Mandibular Condyle: Case Report and Current Review of the Literature. *Life (Basel)*. 29 juin 2022;12(7):976.
149. Boeddinghaus R, Whyte A. Computed tomography of the temporomandibular joint. *J Med Imaging Radiat Oncol*. août 2013;57(4):448-54.
150. Akerman S. Morphologic, radiologic and thermometric assessment of degenerative and inflammatory temporomandibular joint disease. An autopsy and clinical study. *Swed Dent J Suppl*. 1987;52:1-110.
151. de Almeida D, de Souza PSAP, de Mendonça LP, Verner FS, Devito KL. Intra-articular calcifications of the temporomandibular joint and associations with degenerative bone alterations. *Imaging Sci Dent*. juin 2020;50(2):99-104.
152. Mansour S, Magnan J, Ahmad HH, Nicolas K, Louryan S. Comprehensive and Clinical Anatomy of the Middle Ear [Internet]. Mansour S, Magnan J, Ahmad HH, Nicolas K, Louryan S, éditeurs. Cham: Springer International Publishing; 2019. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15363-2_5
153. Phillips GS, LoGerfo SE, Richardson ML, Anzai Y. Interactive Web-based Learning Module on CT of the Temporal Bone: Anatomy and Pathology. *RadioGraphics*. mai 2012;32(3):E85-105.
154. Tozoğlu U, Caglayan F, Harorlı A. Foramen tympanicum or foramen of Huschke: anatomical cone beam CT study. *Dentomaxillofac Radiol*. mai 2012;41(4):294-7.

155. Gossner J. Prevalence of the petrified ear: a computed tomographic study. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 1 janv 2014;271(1):195-7.
156. Recalcati S, Fantini F. Petrified Ears: A Clue for Adrenal Insufficiency. *Dermatopathology.* mars 2021;8(1):45-8.
157. Rutkowska J, Ozgirgin N, Olszewska E. Cholesteatoma Definition and Classification: A Literature Review. *Int Adv Otol.* 17 août 2017;13(2):266-71.
158. Bickle I. Cholesteatoma | Radiology Case | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. Disponible sur: <https://radiopaedia.org/cases/cholesteatoma-26?lang=us>
159. Dexian Tan A, Ng JH, Lim SA, Low DYM, Yuen HW. Classification of Temporal Bone Pneumatization on High-Resolution Computed Tomography: Prevalence Patterns and Implications. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1 oct 2018;159(4):743-9.
160. Allam AF. V Pneumatization of the Temporal Bone. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1 févr 1969;78(1):49-64.
161. Ladeira DBS, Barbosa GLR, Nascimento MCC, Cruz AD, Freitas DQ, Almeida SM. Prevalence and characteristics of pneumatization of the temporal bone evaluated by cone beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg.* juin 2013;42(6):771-5.
162. Miloglu O, Yilmaz AB, Yildirim E, Akgul HM. Pneumatization of the articular eminence on cone beam computed tomography: prevalence, characteristics and a review of the literature. *Dentomaxillofac Radiol.* févr 2011;40(2):110-4.
163. Larousse É. Larousse.fr : encyclopédie et dictionnaires gratuits en ligne. In: Larousse [Internet]. Larousse; Disponible sur: <https://www.larousse.fr/>

RESUME EN ANGLAIS :

Although implant planning seems to be the most common reason for prescription, CBCT today has multiple indications. It allows a morphological and three-dimensional evaluation of the area of interest as well as surrounding structures. The European Association of Dento-Maxillo-Facial Radiology, through its recommendations, emphasizes the need for the CBCT volume to be read in its entirety, as it involves the medico-legal liability of the person analyzing it. In addition, there is a high prevalence of incidental findings in imaging, most often located outside the region of interest. Therefore, a complete and systematic reading of each radiological examination is required. The majority of the anatomical variants that the dental surgeon may encounter during the exploration of a CBCT of the largest possible field have been inventoried within this work.

**SYSTEMATISATION DE LA LECTURE D'UN CBCT GRAND CHAMP
EN MEDECINE ORALE**

RESUME EN FRANÇAIS :

Bien que la planification implantaire semble être le motif de prescription le plus courant, le CBCT possède aujourd'hui des indications multiples. Il permet une évaluation morphologique et tridimensionnelle de la zone d'intérêt ainsi que des structures avoisinantes. L'Association Européenne de Radiologie Dento-Maxillo-Faciale, au travers de ses recommandations, souligne la nécessité que le volume du CBCT soit lu dans son intégralité, car il met en jeu la responsabilité médico-légale de celui qui l'analyse. De plus, il existe une forte prévalence de découvertes fortuites en imagerie, se situant le plus souvent en dehors de la région d'intérêt. Par conséquent, une lecture complète et systématique de chaque examen radiologique est requise. La majorité des variantes anatomiques que le chirurgien-dentiste peut être amené à rencontrer lors de l'exploration d'un CBCT de plus grand champ possible a été recensée au sein de ce travail.

TITRE EN ANGLAIS : Systematization of the reading of a large field CBCT in oral medicine

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

MOTS-CLES : CBCT, grand champ, région anatomique, variations anatomiques, découvertes fortuites, cavité nasale, sinus para-nasaux, rachis cervical, articulation temporo-mandibulaire

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier

Faculté de santé – Département d'Odontologie 3 chemin des Maraichers 31062
Toulouse Cedex 09

Directeur de thèse : Pr Paul MONSARRAT