



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ACADÉMIE DE NANCY-METZ
UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ NANCY 1
FACULTÉ D'ODONTOLOGIE

Année 2010
N°

THÈSE
pour le
DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE

par
Claude KOERPERICH

Né le 5 août 1983 à Luxembourg

**INTERET DE LA TOMOGRAPHIE VOLUMIQUE A FAISCEAU
CONIQUE DANS LE DIAGNOSTIC DES PATHOLOGIES DU
SINUS MAXILLAIRE D'ORIGINE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 29 mars 2010

Examineurs de la thèse :

M. J.P. ARTIS	Professeur de 1^{er} Grade	Président
<u>M. P. BRAVETTI</u>	Maître de Conférences des Universités	Juge
<u>Mme. A. LÊ</u>	Docteur en Chirurgie Dentaire	Juge
Mme. A. SOURDOT	Assistante Hospitalière Universitaire	Juge
M. C. HODEZ	Docteur en Médecine	Juge

Président : Professeur J.P. FINANCE

Doyen : Docteur Pierre BRAVETTI

Vice-Doyens : Pr. Pascal AMBROSINI - Dr. Jean-Marc MARTRETTE

Membres Honoraires : Dr. L. BABEL - Pr. S. DURIVAUX - Pr. G. JACQUART - Pr. D. ROZENCWEIG - Pr. M. VIVIER

Doyen Honoraire : Pr. J. VADOT

Sous-section 56-01 Odontologie pédiatrique	Mme <u>DROZ Dominique (Desprez)</u> M. PREVOST Jacques M. BOCQUEL Julien Mlle PHULPIN Bérengère M. SABATIER Antoine	Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant
Sous-section 56-02 Orthopédie Dento-Faciale	Mme <u>FILLEUL Marie Pierryle</u> M. BOLENDER Yves Mlle PY Catherine M. REDON Nicolas	Professeur des Universités* Maître de Conférences Assistant Assistant
Sous-section 56-03 Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie légale	M. <u>Par intérim ARTIS Jean Paul</u> Poste vacant Mme JANTZEN-OSSOLA Caroline	Professeur 1 ^{er} grade Assistant Assistant
Sous-section 57-01 Parodontologie	M. <u>AMBROSINI Pascal</u> Mme BOUTELLIEZ Catherine (Bisson) M. MILLER Neal M. PENAUD Jacques M. GALLINA Sébastien M. JOSEPH David	Professeur des Universités* Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant
Sous-section 57-02 Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique Anesthésiologie et Réanimation	M. <u>BRAVETTI Pierre</u> M. ARTIS Jean-Paul M. VIENNET Daniel M. WANG Christian M. BALLY Julien M. CURIEN Rémi Mlle SOURDOT Alexandra	Maître de Conférences Professeur 1er grade Maître de Conférences Maître de Conférences* Assistant Assistant Assistante
Sous-section 57-03 Sciences Biologiques (Biochimie, Immunologie, Histologie, Embryologie, Génétique, Anatomie pathologique, Bactériologie, Pharmacologie)	M. <u>WESTPHAL Alain</u> M. MARTRETTE Jean-Marc Mlle ERBRECH Aude	Maître de Conférences* Maître de Conférences* Assistante Associée au 01/10/2007
Sous-section 58-01 Odontologie Conservatrice, Endodontie	M. <u>ENGELS-DEUTSCH Marc</u> M. AMORY Christophe M. MORTIER Eric M. CUNY Pierre M. HESS Stéphane	Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant
Sous-section 58-02 Prothèses (Prothèse conjointe, Prothèse adjointe partielle, Prothèse complète, Prothèse maxillo-faciale)	M. <u>SCHOUVER Jacques</u> M. LOUIS Jean-Paul M. ARCHIEN Claude M. DE MARCH Pascal M. BARONE Serge Mlle BEMER Julie Mlle RIFFAULT Amélie Mlle MONDON Hélène M. SIMON Franck	Maître de Conférences Professeur des Universités* Maître de Conférences* Maître de Conférences Assistant Assistante Assistante Assistant Assistant
Sous-section 58-03 Sciences Anatomiques et Physiologiques Oclusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie	Mlle <u>STRAZIELLE Catherine</u> M. RAPIN Christophe (Section 33) Mme MOBY Vanessa (Stutzmann) M. SALOMON Jean-Pierre Mme JAVELOT Cécile (Jacquelin)	Professeur des Universités* Professeur des Universités Maître de Conférences* Maître de Conférences Assistante Associée au 01/01/2009

souligné : responsable de la sous-section

* temps plein

Mis à jour le 01.12.2009

Par délibération en date du 11 décembre 1972,
la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que
les opinions, émises dans les dissertations
qui lui seront présentées,
doivent être considérées comme propres à
leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner
aucune approbation ni improbation.

Aux membres du jury ...

**A notre Président de Thèse,
Monsieur le Professeur Jean-Paul ARTIS**

Chevalier de l'Ordre National du Mérite
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Sciences Odontologiques
Docteur de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg
Habilité à diriger des recherches
Professeur de 1^{er} grade
Sous-section : Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique,
Anesthésiologie
et Réanimation

Pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de siéger dans notre jury de thèse. Nous avons eu le grand plaisir d'apprendre à connaître, sous votre direction, le côté passionnant et intéressant de la chirurgie dentaire. Votre conscience professionnelle, votre dévouement envers les patients, votre disponibilité ainsi que votre gentillesse nous sont un grand exemple. Veuillez trouver, Monsieur, l'expression de notre respectueuse reconnaissance.

**A notre Maître de Thèse,
Monsieur le Docteur Pierre BRAVETTI**

Docteur en Chirurgie Dentaire
Doyen de la Faculté d'Odontologie de l'université Henri Poincaré Nancy 1
Docteur de l'Université Henri Descartes de Paris V
Maître de Conférences des Universités
Responsable de la Sous-section : Chirurgie Buccale, Pathologie et
Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation

*La grande qualité de l'enseignement que vous nous avez
dispensé durant toutes ces études, votre aide en clinique,
votre gentillesse et surtout votre motivation nous ont donné
l'envie de la pratique chirurgicale.
Soyez assuré Monsieur, de notre respectueuse
reconnaissance.*

**A notre co-Maître de Thèse
Madame le Docteur Audrey LÊ**

Docteur en chirurgie dentaire
Ancienne assistante hospitalière universitaire

Pour nous avoir guidés et conseillés dans ce travail. Vous êtes à l'origine et le directeur de cette conception. Grâce à votre disponibilité, votre engagement exemplaire, votre professionnalisme et votre bienveillance, vous nous avez apporté une aide précieuse dans la réalisation de ce projet. Soyez assurée, Madame, de notre respectueuse reconnaissance.

**A notre Juge,
Madame le Docteur Alexandra SOURDOT**

Docteur en Chirurgie Dentaire
Ancienne interne en Odontologie
Assistante hospitalière universitaire
Sous-section : Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique,
Anesthésiologie et Réanimation

Vous nous avez fait l'honneur de juger cette thèse, soyez assurée, Madame, de notre gratitude et de notre profond respect.

**A notre Juge,
Monsieur le Docteur Claude Hodez**

Docteur en médecine
Ancien Chef de Clinique et Assitant des Hôpitaux de Brabois
Radiologue

*Vos connaissances et votre expérience sont l'âme de ce travail. Sans votre gentillesse, votre disponibilité permanente et vos explications répétées, nous n'aurions pu mener à terme ce travail.
Veuillez trouver, Monsieur, l'expression de notre sincère reconnaissance.*

À ma famille ...

À mes parents qui ont tout mis en œuvre pour que je puisse accéder à cette profession passionnante.

Grâce à votre éducation que vous nous avez transmise, votre amour, votre soutien permanent, votre confiance, votre écoute ainsi que votre justesse durant toutes ces années, nous avons pu, Carole, Fabienne et moi, mener une vie épanouie de bonheur, de joie et de sérénité.

Merci de m'avoir aidé et soutenu dans la réalisation de ce projet.

Par conséquent, je vous dédie cette thèse comme signe de reconnaissance pour les efforts et les sacrifices que vous avez dû faire durant ces dernières années.

À mes sœurs, Carole et Fabienne, pour m'avoir donné votre plus grande affection, votre complicité et votre joie durant toute notre jeunesse.

J'espère que ce lien fraternel très marqué, qui existe entre nous trois depuis notre enfance, nous réunira pour toujours.

Soyez certaines de mon soutien et de ma complicité permanente.

À mes Grands-parents, Lina et Léon, Yvonne et Charles, pour nous avoir donné autant d'amour, de soutien et de confiance durant toutes les années que nous avons partagées avec vous.

Quelle chance d'avoir des grands-parents exemplaires comme vous.

Je serai toujours reconnaissant.

***A ma Grand-tante, Alice, mon Parain, ma Marraine, ma Tante,
mes Cousins, ma Cousine et toutes les autres membres de ma
famille, pour votre confiance et votre compréhension.***

À mes amis ...

À **Vinz, Georges B. et Guillaume**, pour votre sincère amitié, votre confiance et pour tous les inoubliables moments passés en votre présence à Nancy, Prague, Luxembourg, Dijon, Dublin...

À **Cédric, Georges S., Bob M., Bob K., Philippe S., Fränz, Misch H.**, pour toute cette jeunesse magnifique qu'on a passée ensemble. Merci pour votre soutien, votre confiance et votre amitié profonde.

Merci de m'avoir soutenu et guidé dans les moments des fois difficiles. J'espère que notre amitié sera indestructible et perdurera pour toujours.

À l'équipe du jeudi soir, **Claude, Misch F., Philippe, Tom, Jacques, Christian** merci pour ces moments forts plaisants et votre amitié.

À l'équipe de Nancy, **Charline, Julie, Josépha, Quentin, Jacques P., Marion, Emilie R., Jean-Simon, Mathieu L....** merci pour ces supers moments à Nancy. Même si je ne serai plus à la fac, je viendrai sûrement vous voir !!!

À l'équipe de la fac, **Patrick, Amélie, Emilie L., Caroline, Olivier , Sophie B., Benoît, Jean-Max, Bobo, Fanny ...** merci pour ces belles années passées ensemble.

Au **cabinet de la commanderie** pour m'avoir montré les bases fondamentales de la dentisterie et surtout pour m'avoir donné le goût et le plaisir à la chirurgie buccale. Merci pour votre accueil chaleureux et amical.

Table des matières

1.	Introduction_____	1
2.	Rappels anatomiques_____	3
2.1	L'os maxillaire_____	3
2.2	Le sinus maxillaire_____	7
2.2.1	Développement du sinus_____	7
2.2.2	L'Anatomie topographique_____	10
2.2.2.2.	La paroi supérieure ou orbitaire_____	12
2.2.2.1	La paroi postérieure_____	12
2.2.2.3	La paroi antéro-latérale_____	14
2.2.2.4	La base ou paroi interne_____	14
2.2.2.4.1	Le segment antéro-inférieur_____	14
2.2.2.4.2	Le segment postéro-supérieur_____	15
2.2.2.4.3	La fossette ovale de Vilar Fiol_____	15
2.2.2.5	Angle supéro-interne_____	16
2.2.2.6	La cavité sinusienne_____	17
2.2.2.6.1	Le plancher du sinus maxillaire_____	17
2.2.2.6.2	Le plafond sinusien_____	19
2.2.2.6.3	Les prolongements_____	19
2.2.2.6.4	Les cloisonnements_____	20
2.2.2.7	Variations volumiques et capacité sinusienne_____	21
2.2.2.8	La vascularisation_____	23
2.2.2.8.1	La vascularisation artérielle_____	23
2.2.2.8.2	La vascularisation veineuse_____	26
2.2.2.8.3	Le système lymphatique _____	27
2.2.2.9	L'innervation_____	27
2.2.2.10	Histologie de la muqueuse sinusienne_____	28
3.	Les pathologies sinusiennes_____	29
3.1	Les sinusites_____	29
3.1.1	Les sinusites d'origine rhinogène_____	30

3.1.1.1	Les sinusites rhinogènes aiguës_____	31
3.1.1.2	Les sinusites chroniques rhinogènes_____	33
3.1.1.3	Les sinusites récidivantes rhinogènes_____	35
3.1.2	Les sinusites d'origine dentaire_____	36
3.1.2.1	Les étiologies_____	37
3.1.2.1.1	Les étiologies infectieuses_____	37
3.1.2.1.1.1	Pathologies tumorales bénignes d'origine odontogène_____	37
3.1.2.1.1.2	Etiologies parodontales_____	38
3.1.2.1.1.3	Etiologies fongiques_____	39
3.1.2.1.1.4	Etiologies iatrogènes_____	40
3.1.2.1.1.4.1	Dépassement ou projection de pâte endodontique_____	40
3.1.2.1.1.4.2	Complications iatrogènes de la chirurgie endodontique des dents antrales_____	42
3.1.2.1.1.4.3	Chirurgie préimplantaire : greffe sinusienne à visée implantaire____	42
3.1.2.1.1.4.4	Par avulsions dentaires_____	44
4.	Description des techniques radiologiques permettant l'exploration du sinus_____	45
4.1	Introduction_____	45
4.2	La radiologie conventionnelle_____	46
4.2.1	Rappels_____	46
4.2.2	Les techniques de prise de vue appliquées en odontologie_____	48
4.2.2.1	Les techniques intra-buccales_____	48
4.2.2.1.1	Radiographie sur plan horizontal_____	48
4.2.2.1.2	Technique rétro-alvéolaire_____	51
4.2.2.2	Techniques extra-bucclaes_____	55
4.2.2.2.1	Définition_____	55
4.2.2.2.2	Incidence de profil_____	56
4.2.2.2.3	Incidence face haute_____	57
4.2.2.2.4	Incidence de Blondeau_____	58
4.2.2.2.5	Incidence de Hirtz_____	59
4.2.2.2.6	Panoramique dentaire_____	60
4.2.2.3	Radiographie numérisée et RVG_____	65

4.3	L'imagerie en coupe_____	66
4.3.1	Notions fondamentales de l'imagerie en coupes_____	66
4.3.1.1	Terminologie concernant l'orientation des coupes_____	66
4.3.1.2	Notions d'images radioclares et denses_____	67
4.3.1.3	Facteurs de qualité de l'image_____	68
4.3.1.4	La résolution en densité_____	69
4.3.1.5	Les artéfacts_____	70
4.3.2	Le scanner_____	71
4.3.2.1	Introduction_____	71
4.3.2.2	Principe de fonctionnement_____	72
4.3.2.2.1	Le principe_____	72
4.3.2.2.2	La technologie_____	74
4.3.2.3	L'acquisition_____	78
4.3.2.3.1	Généralités _____	78
4.3.2.3.2	L'acquisition incrémentale_____	79
4.3.2.3.3	L'acquisition hélicoïdale_____	80
4.3.2.4	Réalisation de l'examen_____	81
4.3.2.5	Technique du scanner et logiciel de reconstructions spécifique_____	82
4.3.2.5.1	Principe_____	82
4.3.2.5.2	L'acquisition des plans de coupes s'effectue en coupes axiales_____	83
4.3.2.5.3	Reconstruction bidimensionnelle_____	83
4.3.2.5.4	Intérêts du dentaScan_____	84
4.3.2.6	Inconvénients et avantages du scanner_____	84
4.3.3	Tomographie volumique à faisceau conique_____	86
4.3.3.1	Généralités_____	86
4.3.3.2	Principe de reconstruction mathématique_____	87
4.3.3.3	Acquisition des images_____	90
4.3.3.3.1	Formation du faisceau incident conique_____	90
4.3.3.3.2	Types de sources_____	90
4.3.3.3.3	Champ de vue_____	91
4.3.3.3.4	Traitement des images_____	92
4.3.3.3.5	Format des coupes_____	93
4.3.3.4	La reconstruction primaire_____	95

4.3.3.5	Le fenêtrage_____	97
4.3.3.6	Reconstruction secondaire_____	99
4.3.3.6.1	Reconstruction 2D_____	99
4.3.3.6.1.1	Reconstructions coronales_____	100
4.3.3.6.1.2	Reconstructions sagittales_____	101
4.3.3.6.1.3	Reconstructions transversales ou trans-axiales_____	102
4.3.3.6.1.4	Reconstruction planaires obliques_____	104
4.3.3.6.1.5	Reconstructions longitudinales curvilignes_____	105
4.3.3.6.2	Reconstructions 3D (3D volume rendering)_____	109
4.3.3.6.2.1	Rendu en volume direct (DVR) et projection à intensité maximale(MIP)_____	109
4.3.3.6.2.2	Rendu en volume indirect (IVR)_____	110
4.3.3.7	Construction des coupes_____	112
4.3.3.8	Examen des images sur la console_____	113
4.3.3.8.1	Logiciel iDixel_____	113
4.3.3.8.1.1	Affichage des coupes_____	113
4.3.3.8.1.2	Traitement des images sur console_____	114
4.3.3.9	Avantages et inconvénients_____	117
4.3.3.9.1	Avantages_____	117
4.3.3.9.1.1	Dosimétrie réduite et temps d'acquisition réduit_____	117
4.3.3.9.1.2	Reconstructions et travail de l'image_____	118
4.3.3.9.1.3	Précision des mesures_____	119
4.3.3.9.2	Inconvénients_____	120
4.3.3.9.2.1	Les différents artéfacts_____	119
4.3.3.9.2.2	L'augmentation du bruit de l'image_____	120
4.3.3.9.2.3	La résolution spatiale_____	120
5.	Cone beam : aide au diagnostic ?_____	121
5.1	Explorations des sinus maxillaires_____	121
5.1.1	Généralités_____	121
5.1.2	Éléments recherchés lors de pathologies sinusiennes d'origine dentaire_____	123
6.	Investigations personnelles_____	127

6.1	Intérêt de l'étude_____	127
6.2	Matériel et Réalisation	127
6.3	Cas cliniques _____	128
6.4	Discussion_____	137
7.	Conclusion_____	138
7.	Bibliographie_____	139

Index des figures

Figure 1	Vue antérieure des os de la tête_____	3
Figure 2	L'os maxillaire : Vue latérale de l'os droit_____	4
Figure 3	L'os maxillaire, et en bleu, l'os palatin : Vue médiale du côté droit_____	4
Figure 4	Vue côté oral ; en jaune, l'os maxillaire ; en bleu, L'os palatin ; en vert l'os sphénoïde_____	5
Figure 5	Vue du côté nasal avec le sinus maxillaire et le cornet nasal inférieur_____	5
Figure 6	Anatomie des sinus de la face_____	6
Figure 7	Le sinus maxillaire_____	7
Figure 8	Paroi externe de l'orbite et du sinus maxillaire droit avec la fosse ptérygomaxillaire_____	11
Figure 9	Vue du côté nasal : paroi latérale droit de la cavité nasale ou paroi interne du sinus maxillaire droit_____	11
Figure 10	Rapports dents-sinus_____	17
Figure 11	Variation du volume du sinus maxillaire_____	21
Figure 12	La vascularisation artérielle superficielle et interne de la face_	25
Figure 13	La vascularisation veineuse de la face_____	26
Figure 14	L'innervation de la face_____	27
Figure 15	Photo d'une coupe d'un épithélium pseudostratifié de type respiratoire_____	28
Figure 16	Radiographie sur plan horizontal du maxillaire supérieur____	50
Figure 17	Radiographie rétro alvéolaire du secteur 14-16_____	52
Figure 18	Incidence de profil _____	56
Figure 19	Incidence face haute_____	57
Figure 20	Incidence de Blondeau_____	58
Figure 21	Incidence de Hirtz_____	59

Figure 22	OPT _____	63
Figure 23	Echelle d'absorption de Hounsfield (au niveau du crâne)_____	73
Figure 24	Principales étapes en vue de l'obtention d'une image tomodensitométrique_____	74
Figure 25	Principe de la détection_____	77
Figure 26	Principe des 3 ^{ème} et 4 ^{ème} générations_____	78
Figure 27	Principe de l'acquisition tomodensitométrique : translation, rotation angulaire, détermination des luminescents_____	79
Figure 28	Principe du scanner hélicoïdal_____	80
Figure 29	Principe de la tomographie volumique à faisceau conique_____	86
Figure 30	Principe du calcul matriciel_____	87
Figure 31	Calcul des unités Hounsfield_____	88
Figure 32	Echelle d'Hounsfield_____	89
Figure 33	Axe d'une reconstruction axiale_____	95
Figure 34	Plan de reconstruction des coupes axiales sur une scout view latérale_____	96
Figure 35	Reconstructions axiales_____	96
Figure 36	Affichage simultané de 3 plans de coupe_____	100
Figure 37	Reconstructions coronales_____	101
Figure 38	Reconstructions sagittales_____	101
Figure 39	Reconstructions transversales_____	103
Figure 40	Reconstructions planaires obliques_____	104
Figure 41	Série de reconstructions « panoramiques » _____	106
Figure 42	Reconstruction sagittale type « ray sum » _____	107
Figure 43	Reconstructions panoramiques d'épaisseur variable_____	108
Figure 44	MIP frontale et latérale_____	109
Figure 45	Reconstructions 3D de type IVR_____	111

Figure 46	Dentascan : Coupe frontal_____	128
Figure 47	Examen réalisé avec le 3D Accuitomo, Coupes axiale, transverse et tangentielle_____	129
Figure 48	Examen réalisé avec le 3D Accuitomo, Coupes axiale,transverse et tangentielle_____	130
Figure 49	Examen réalisé avec le 3D Accuitomo, Coupes axiale, transverse et tangentielle_____	131
Figure 50	Coupes axiales Dentascan_____	132
Figure 51	Examen réalisé avec le 3D Accuitomo, Coupes axiale, transverse et tangentielle_____	133
Figure 52	Coupes frontale et sagittale_____	134
Figure 53	Examen réalisé avec le 3D Accuitomo, Coupes axiale, transverse et tangentielle_____	135
Figure	Coupes axiale et frontale_____	136

1. Introduction

La sinusite maxillaire est une affection sinusienne, dont l'origine dentaire constitue un pourcentage non négligeable, vu l'intimité des rapports existant entre les dents et le plancher sinusien. Suite à un examen clinique précis, les examens complémentaires, fondés sur les techniques de radiologie conventionnelle et moderne, sont nécessaires. Les techniques radiographiques permettent, en effet, de confirmer un diagnostic, d'établir un diagnostic différentiel, et d'évaluer l'étendu de la pathologie.

La nécessité d'une imagerie sectionnelle conduit fréquemment le praticien à prescrire un examen tomодensitométrique, afin d'obtenir une évaluation tridimensionnelle que l'imagerie conventionnelle de superposition n'est pas capable de fournir. La tomодensitométrie, ou scanner, a été longtemps considérée comme la technique sectionnelle de référence, permettant un bon discernement des tissus osseux, dentaires, ainsi que des parties molles. Cependant la dosimétrie élevée de la technique en a fait un examen réservé à des cas complexes.

L'émergence de la méthode de l'imagerie volumique à faisceau conique (« Cone Beam Computed tomography » (CBCT), ou « Cone Beam Volumetric Tomography » (CBVT)) donne accès, dans de bonnes conditions et à moindre irradiation, à cette « dimension manquante ». Employée d'abord pour la radiothérapie et l'angiographie, la technique a été ensuite développée pour l'imagerie dentaire et maxillo-faciale.

Après avoir décrit l'anatomie de l'os maxillaire et du sinus maxillaire, nous citerons les différentes techniques radiologiques conventionnelles destinées à examiner les sinus maxillaires. Nous détaillerons le fonctionnement des deux techniques d'imagerie sectionnelle, afin de développer les qualités de la technique du « cone beam » pour les pathologies sinusiennes d'origine dentaire. Nous clôturerons avec des cas cliniques, qui permettront au lecteur de faire la

comparaison entre la tomodensitométrie conventionnelle et l'imagerie à faisceau conique.

2. Rappels anatomiques

2.1 L'os maxillaire (39, 45, 72)

L'os maxillaire est un os de type membraneux et se forme à partir de deux centres d'ostéogenèse principaux :

- le postmaxillaire et
- le prémaxillaire (ou intermaxillaire)

Symétriques et pairs, les os maxillaires sont considérés comme les éléments clés du massif facial. Soudés au milieu, ils forment le squelette de la mâchoire supérieure. Tous les os de la face (os zygomatique, os nasal, os lacrymal, os palatin, vomer, cornets nasaux inférieurs sauf la mandibule) viennent s'agencer avec la partie médiane du maxillaire supérieur.

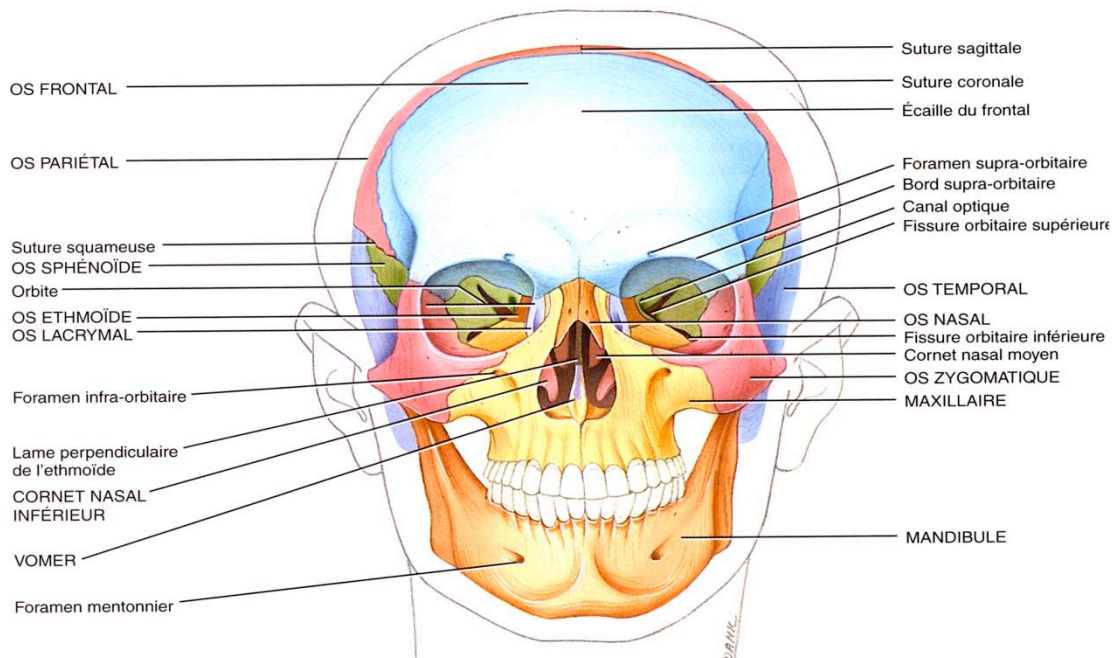


Figure 1: Vue antérieure des os de la tête (71)

Les deux maxillaires supérieurs forment le tissu de soutien des dents maxillaires par leurs processus alvéolaires renfermant les alvéoles dentaires. La partie postérieure des arcades dentaires se prolonge par les processus palatins, qui fusionnent sur la ligne médiane par la suture maxillaire. Ils constituent les deux tiers antérieurs du palais osseux (ou palais dur) et séparent la cavité orale des cavités nasales. Le foramen incisif, situé juste derrière les incisives maxillaires, cède le passage à un tronc artériovoineux naso-palatin et des filets nerveux (V₂).

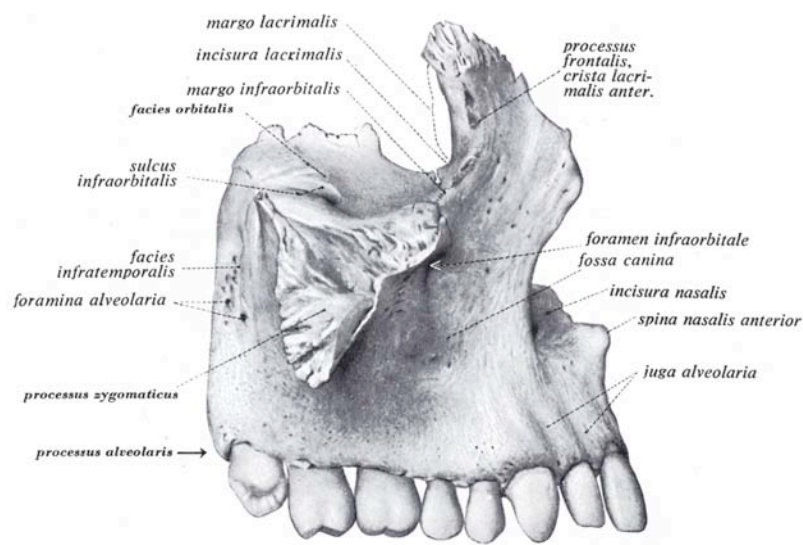


Figure 2: L'os maxillaire : Vue latérale de l'os droit (58)

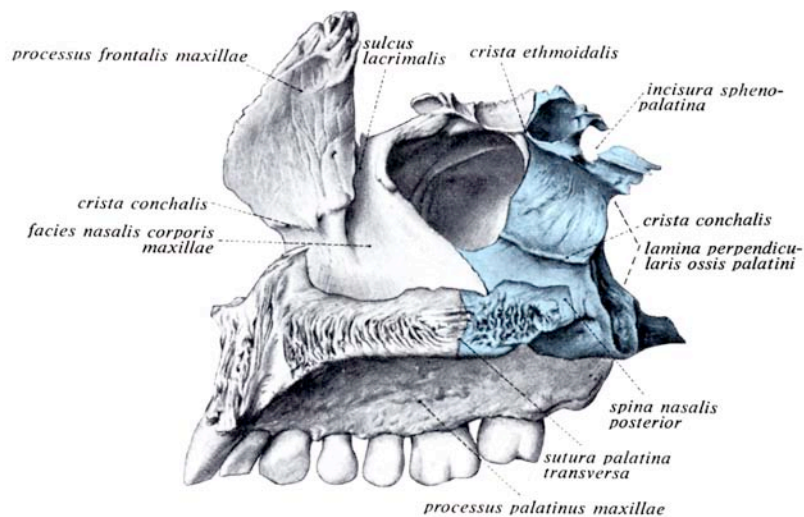


Figure 3: L'os maxillaire, et en bleu, l'os palatin : Vue médiale du côté droit (58)

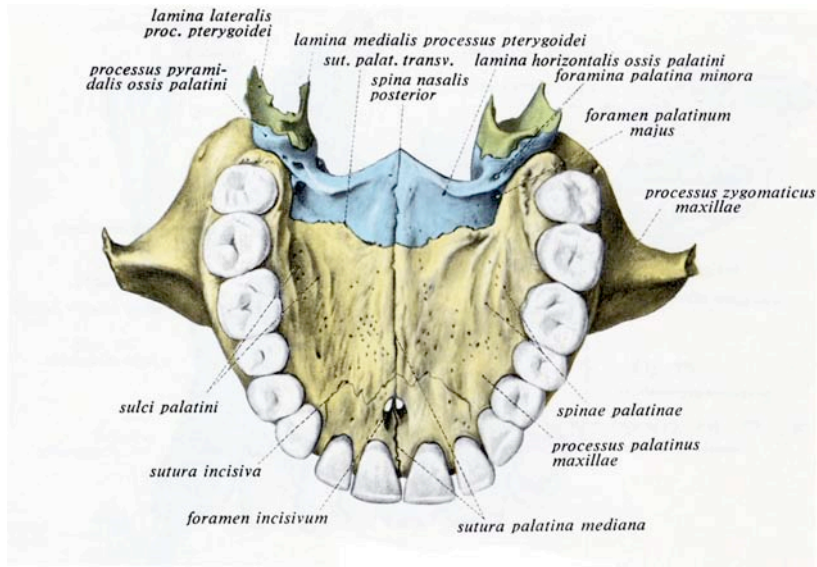


Figure 4:

Vue côté oral ; en jaune, l'os maxillaire ; en bleu, L'os palatin ; en vert l'os sphénoïde (59)

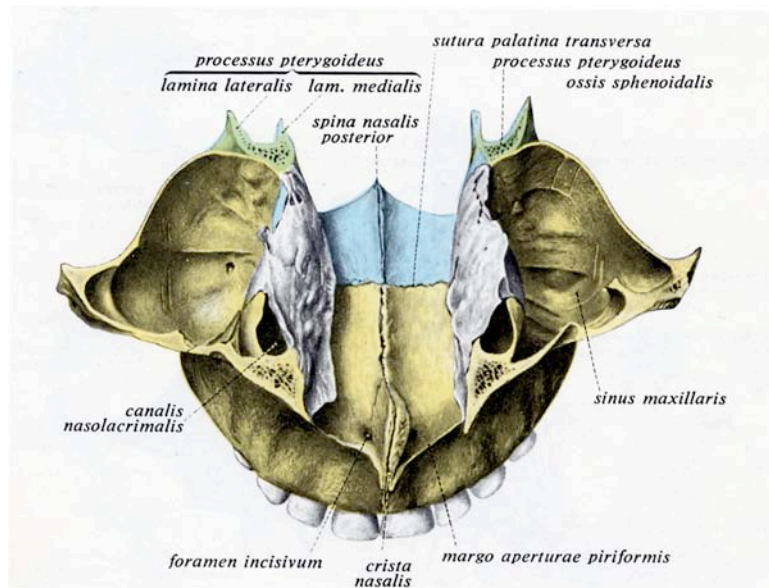


Figure 5 : Vue du côté nasal avec le sinus maxillaire et le cornet nasal inférieur (59)

La face médiale de l'os maxillaire s'élève en direction de l'os frontal pour former ainsi une paroi latérale des fosses nasales. La face est creusée par un large orifice triangulaire et se poursuit par la fissure palatine. Cet orifice présente un sommet inférieur et donne accès au sinus maxillaire. Au-dessus de cet orifice du sinus, la face médiale est creusée d'une ou de deux dépressions peu profondes, qui s'agencent aux cavités correspondantes de l'os ethmoïdal pour former ainsi les cellules ethmoïdo-maxillaires.

Une saillie verticale, la concha lacrymalis, qui constitue la lèvre postérieure du sillon lacrymal, marque le bord antérieur de cet orifice. Ce sillon se termine dans le foramen infra-orbitaire sur la face antérieure de chaque maxillaire et livre le passage aux vaisseaux et aux nerfs infra-orbitaires.

Ces faces médiales de la cavité nasale communiquent de chaque côté avec un système de cavités intra-osseuses pneumatiques, de sinus para-nasaux, dont la présence est de réduire le poids du massif facial.

On distingue :

- Les sinus frontaux
- Les sinus maxillaires
- Les sinus ethmoïdaux
- Les sinus sphénoïdaux

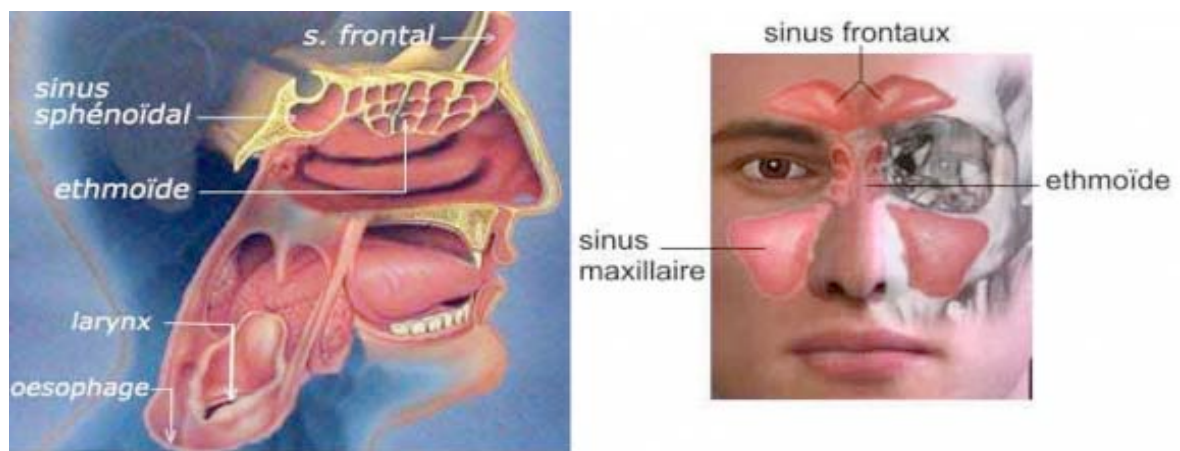


Figure 6 : Anatomie des sinus de la face (97)

La fonction exacte de ces structures anatomiques est incertaine. Il y a des théories qui leur donnent un rôle extrinsèque (allègement de la face, croissance faciale, protection en cas de traumatismes) et un rôle intrinsèque (protection contre des infections, réchauffement et humidification de l'air inspirée, drainage, ventilation).

2.2 Le sinus maxillaire (88, 39, 45)

Le sinus maxillaire est la cavité la plus volumineuse des quatre sinus paranasaux. Elle se creuse dans le processus pyramidal du maxillaire qui est réduit dans presque toute son étendue à une mince coque osseuse qui forme les trois parois de ce sinus, sa base et son sommet.

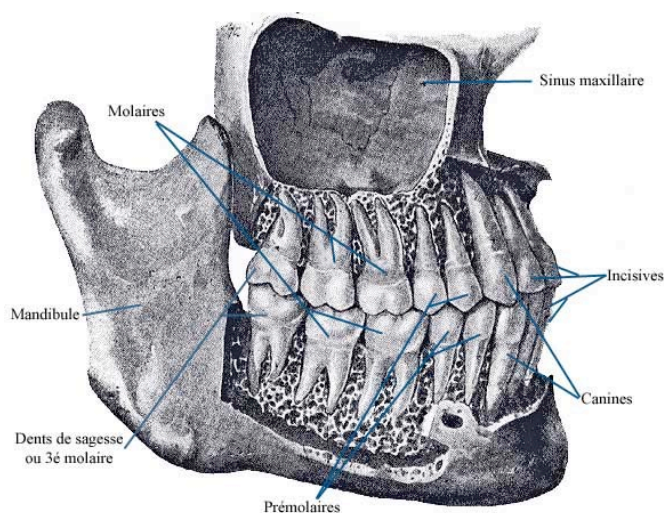


Figure 7 : Le sinus maxillaire (94)

2.2.1 Développement du sinus (63, 51, 70)

Le sinus maxillaire se présente à la naissance sous la forme d'une petite ébauche cavitaire, située à la partie supérieure de l'os maxillaire. Au cours de la croissance, il se développe lentement et suit l'évolution des germes dentaires et atteint son volume définitif après l'évolution des dents de sagesse maxillaires.

Le sinus maxillaire, comme toutes les autres cavités pneumatiques des os crâniens, commencent leur développement à partir du 4^{ème} mois intra-utérin et évoluent jusqu'à l'âge de la puberté. La raréfaction du mésenchyme et

l'écartement des parois osseuses, lors de la croissance osseuse, sont à l'origine de ce système pneumatique.

La croissance de ces cavités suit le développement des os maxillaires. Cependant, elle est conditionnée par l'évolution de certains éléments anatomiques avoisinants :

- L'éruption des dents temporaires, puis des dents permanentes
- La pression de l'œil sur le plancher orbitaire
- La traction des muscles exercée à la partie inférieure des maxillaires par des muscles faciaux superficiels

Le sinus se développe en pénétrant dans la formation cartilagineuse (paléo-sinus d'Auger), puis osseuse (néo-sinus) du maxillaire supérieur.

C'est le développement en profondeur de cet infundibulum qui pneumatisera toutes les formations futures du massif facial.

A 9 semaines de la vie fœtale, l'armature de la cavité nasale est constituée par la capsule nasale. Une cavité latérale se forme. Elle communique avec le futur sinus frontal en haut, et le futur sinus maxillaire en bas.

A 10 semaines, le sinus maxillaire apparaît comme une pointe issue de l'infundibulum.

A 13 semaines, il prend la forme d'un petit sac. Il subira peu de changements jusqu'à la naissance.

De ce fait, le sinus est, à la naissance, une petite cavité de quelques millimètres de diamètre, principalement développée dans le sens antéro-postérieur.

A un an, il est surtout en contact avec le germe de la deuxième prémolaire et celui de la dent de 6 ans. Son plan est toujours situé au-dessus des fosses nasales. Il acquiert progressivement la forme d'un sinus adulte en miniature.

A douze ans, le sinus aura presque atteint sa forme actuelle, qui sera définitivement acquise après l'évolution de la dent de sagesse. Le plancher sinusien sera alors plus bas que les fosses nasales.

A la fin de la croissance, chaque maxillaire est presque totalement excavé par le sinus, celui-ci semble envahir le maxillaire supérieur dans les trois dimensions de l'espace.

2.2.2 L'Anatomie topographique (7, 9, 20, 21, 26, 45, 73, 70)

Le sinus maxillaire, ou antrum de Highmore, est la cavité la plus volumineuse des sinus paranasaux, et occupe la partie centrale des deux os maxillaires. Il contribue à donner les dimensions et les formes caractéristiques des maxillaires. Cette cavité pneumatique s'étend de l'orbite aux dents supérieures et communique avec la cavité nasale par l'ostium maxillaire.

Le sinus a une forme quadrangulaire avec une base médiane et un sommet latéral. La base répond à la face externe de la cavité nasale et les quatre faces sont supérieure ou orbitaire, antéro-latérale ou jugale, postérieure ou ptérygomaxillaire ou alvéolaire, interne ou nasale ou ostiale. Le volume sinusien varie dans la population entre 5 à 35cm³ selon Earwaker et Arijii et les parois ont une épaisseur de 2 à 8 mm. Cependant les sinus droit et gauche peuvent avoir, pour le même individu, des tailles différentes. Les grands sinus ont souvent un contact intime avec les dents sous-jacentes. Ils présentent des prolongements inférieurs qui se logent entre les racines dentaires et sont souvent à l'origine de sinusites chroniques.

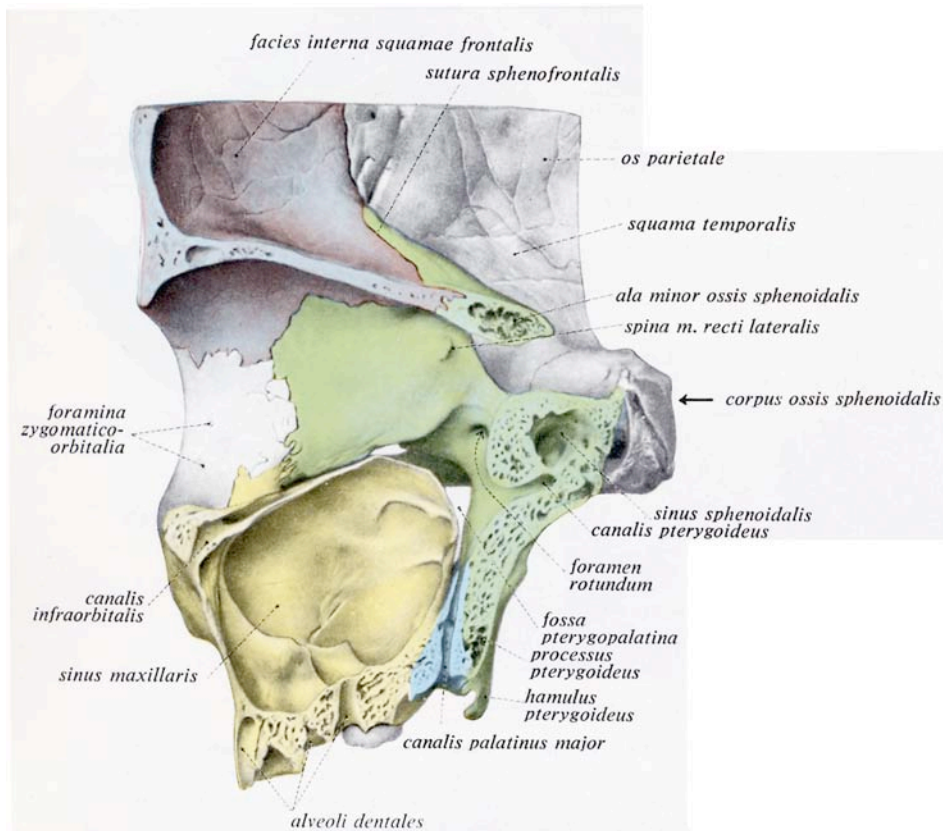


Figure 8 :

Paroi externe de l'orbite et du sinus maxillaire droit avec la fosse ptérygomaxillaire (60)

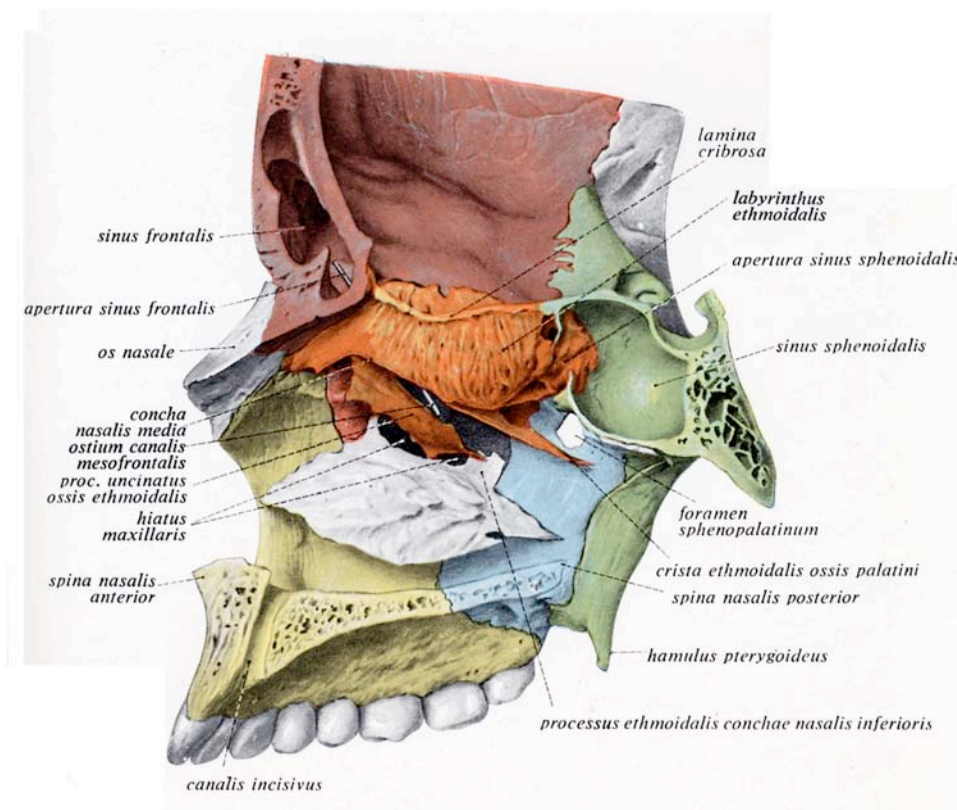


Figure 9 : Vue du côté nasal : paroi latérale droite de la cavité nasale ou paroi interne du sinus maxillaire droit (60)

2.2.2.1 La paroi supérieure ou orbitaire

Cette paroi, très mince, constitue une grande partie du plancher de l'orbite.

Selon Gaudy, elle est limitée :

- en avant, par le rebord orbitaire inférieur et l'os lacrymal; en dedans, par le bord inférieur de la lame orbitaire (os planum) de l'ethmoïde ;
- en dedans, par la suture zygomatiko-maxillaire dans le tiers antérieur et la fissure inférieure dans les deux tiers postérieurs.

Oblique vers le bas et l'avant, elle présente une forme triangulaire avec un sommet postérieur dont la pointe est constituée par le processus orbitaire du palatin. Le plancher orbitaire est légèrement moins oblique que la paroi interne du sinus. Il se forme un angle dièdre supéro-interne aigu, dont le sommet est occupé en partie par la fossette ovale de Vilar-Fiol.

Le canal infra-orbitaire traverse l'épaisseur très réduite de la paroi sous-orbitaire et la divise en deux parties à peu près égales. Le canal, contenant le nerf sous-orbitaire, débute en arrière par une gouttière qui naît à la partie moyenne de la fissure orbitaire inférieure (fente sphéno-maxillaire), qui se dirige en bas et en avant et se poursuit par le canal infra-orbitaire. La gouttière est limitée en avant par le rebord orbitaire inférieur, en dedans par le bord inférieur de l'inguis et le bord inférieur de l'os planum en arrière, et en dedans par la suture maxillo-malaire dans le tiers antérieur et par la fente sphéno-maxillaire dans les deux tiers postérieurs.

2.2.2.2 La paroi postérieure

Cette paroi correspond à la tubérosité maxillaire et elle est constituée par l'os zygomatique et l'os maxillaire. Son épaisseur est importante, surtout latéralement. Elle sépare le sinus maxillaire en arrière et en dedans de la fosse infra-temporale, et en arrière de la fosse ptérygo-palatine. L'épaisseur de cette

paroi est parcourue de dedans en dehors par le sillon grand palatin. Il livre passage au nerf palatin antérieur et à l'artère palatine descendante. Plus en dehors, on observe le passage du canal postérieur pour les nerfs de la deuxième prémolaire et des deux premières molaires, et le canal dentaire moyen avec le nerf pour la première prémolaire.

Elle possède de nombreux rapports souvent très complexes avec les éléments anatomiques environnants :

- le muscle ptérygoïdien latéral
- le nerf maxillaire
- le nerf mandibulaire qui chemine sous le muscle
- et l'artère maxillaire

Située derrière la paroi sinusienne, l'artère entre dans la cavité nasale par le foramen sphéno-palatin. Elle est également accompagnée par un plexus ptérygoïdien et quelques ganglions lymphatiques.

On décrit trois sous-régions de dehors en dedans :

- l'espace rétro-maxillo-zygomatique, limité par les muscles masséter et buccinateur. Il contient la masse adipeuse de la joue (anciennement boule de Bichat), qui peut déborder en avant au-delà du bord antérieur du masséter.
- la région limitée par les muscles ptérygoïdiens, qui contient les muscles ptérygoïdiens latéral et médial, accompagnés par le tronc de l'artère maxillaire, ses branches et les éléments issus du nerf mandibulaire.
- la fosse ptérygo-palatine, en rapport avec la région précédente par la fissure ptérygo-maxillaire. Elle est située en arrière-fond de la fosse ptérygo-maxillaire et sous la base du crâne. Elle est parcourue par le nerf maxillaire, issu du foramen rond, et par l'artère maxillaire qui se divise dans ses branches terminales (artère grande palatine, tronc infra-orbitaire, artère ptérygo-palatine). On décrit en arrière de cette région le

processus ptérygoïdien, en avant la tubérosité maxillaire, en dedans la lame verticale du palatin et en haut le sinus sphénoïdal et l'éthmoïde postérieur.

2.2.2.3 La paroi antéro-latérale

Cette paroi a la forme d'un quadrilatère et elle est oblique en avant et en dehors, la fosse canine et le foramen infra-orbitaire étant les deux repères importants.

Le pédicule alvéolaire supéro-antérieur chemine à travers cette paroi osseuse réduite à une mince pellicule osseuse. Il sort par le foramen infra-orbitaire situé de 5 à 10 mm en dessous du rebord orbitaire inférieur, légèrement en dedans du milieu de ce rebord et sur la verticale menée par l'incisure supra-orbitaire.

2.2.2.4 La base ou paroi interne

Cette paroi constitue la cloison inter-sinuso-nasale et forme la paroi externe des fosses nasale. Elle est divisée en deux segments triangulaires par l'insertion du cornet inférieur :

- le segment antéro-inférieur qui constitue le méat inférieur,
- Le segment postéro-supérieur, plus rétréci, qui forme le méat moyen et qui se termine en haut et en avant par l'ostium maxillaire.

2.2.2.4.1 Le segment antéro-inférieur

Constitué par la paroi externe du méat inférieur, ce segment est en général assez étendu. Cette paroi est formée, d'avant vers l'arrière, par :

- l'embouchure du canal lacrymal,
- l'apophyse auriculaire du cornet inférieur,
- et l'os palatin

2.2.2.4.2 Le segment postéro-supérieur

Il est constitué par la partie inférieure de la paroi externe du méat moyen. En certains endroits, cette paroi est uniquement formée par un tissu muqueux qui présente un ou plusieurs orifices. Ces derniers font communiquer les cavités sinusiennes et nasales : on parle d'orifices de Giraldes ou orifices accessoires du sinus.

2.2.2.4.3 La fossette ovale de Vilar Fiol

La paroi interne est creusée d'une fossette ovale ou fossette maxillaire, limitée par un rebord en surplomb qui constitue le relief du processus unciforme.

Vilar Fiol bibliographie est le premier à décrire cette région anatomique. Il parle d'une petite dépression ovale, infundibuliforme avec un grand axe horizontal de 5 mm environ. Elle est située à l'extrémité antérieure de l'arête supéro-interne du sinus maxillaire, immédiatement au-dessous du plancher orbitaire et en arrière de l'éminence formée par le conduit lacrymo-nasal sur la paroi interne du sinus maxillaire. Le sommet de cet entonnoir constitue la cavité sinusienne.

Ardouin décrit la fossette comme une région vestibulaire antro-ostiale du sinus maxillaire.

2.2.2.5 Angle supéro-interne

Cet angle est formé par la paroi interne et supérieure. Elle contient l'ostium maxillaire et la zone de contact ethmoïdo-maxillaire.

- L'ostium maxillaire

Sa position haute par rapport au plancher sinusien et sa remarquable fixité le caractérisent anatomiquement.

Il constitue une communication naso-sinusienne. Un canal, partant du méat moyen, s'ouvre dans une zone déprimée, située entre la paroi supérieure et interne, la fossette de Vilar Fiol du sinus.

Le méat interne, qui se forme au niveau de la zone d'union entre le tiers moyen et antérieur du bord supéro-interne, se prolonge par un entonnoir accueillant plus haut l'inconstant canal ethmoïdo-maxillaire.

2.2.2.6 La cavité sinusienne

En général, elle a une forme assez régulière sans relief, et elle est tapissée par une muqueuse de type respiratoire plus épaisse côté nasal que sur les autres faces.

2.2.2.6.1 Le plancher du sinus maxillaire

Le plancher constitue la partie la plus déclive de l'anatomie sinusienne et a une taille variable en fonction de la pneumatisation du sinus. Il contient une gouttière plus ou moins large qui forme dans certains cas une véritable face.

Le plancher a un rapport important avec l'arcade dentaire. Situé légèrement au-dessus du plancher nasal, il est à environ 15 mm du collet des dents. Les alvéoles dentaires font saillie dans le plancher sinusien.

Un tissu spongieux sépare les racines avec la cavité sinusienne. D'épaisseur variable, il peut même être déhiscent, de façon à ce que la racine entre en contact intime avec la muqueuse sinusienne

La proximité dento-sinusienne a été étudiée par différents auteurs.

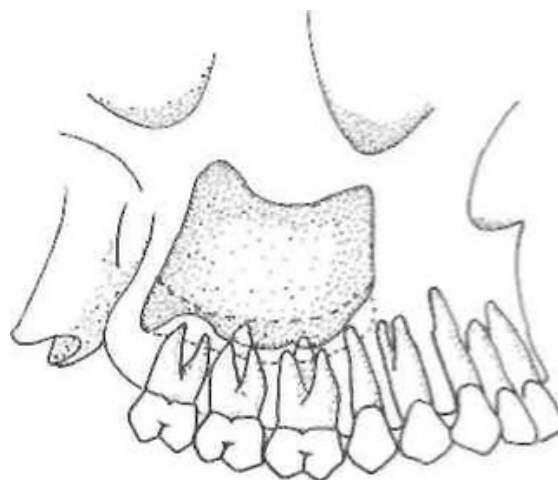


Figure 10 : Rapports dents - sinus (100)

- Rapport avec la canine définitive

D'après Terracol et coll. (70), les cas où la canine est à l'origine d'une suppuration de l'antre sont très rares. Dans la population, la cloison inter-apico-antrale mesure en moyenne 7.1 mm d'après Van Bondsdorff (75)

- Rapport avec la première prémolaire

Elle possède des rapports intimes avec la cavité sinusienne au début du développement crânien. Cependant au cours de l'évolution, elle s'éloignera continuellement du plancher sinusien. D'après Van Bondsdorff (75), l'épaisseur de la cloison inter-apico-antrale est en moyenne de 7.5mm.

- Rapport avec la deuxième prémolaire

D'après Terracol (70), la deuxième prémolaire est étroitement en contact avec le plancher du sinus chez les enfants, elle s'éloignera, comme la première prémolaire, au cours de la croissance crânienne, d'autant plus que dans la zone des prémolaires la paroi antérieure du sinus s'arrondira pour regagner la paroi postérieure.

D'après Van Bondsdorff (75) l'épaisseur moyenne d'os séparant les deux éléments est de 2.9mm.

- Rapport avec la première molaire

Au cours de l'évolution jusqu'à l'âge adulte, la dent de six ans restera en contact intime avec l'antre. Van Bondsdorff (75) a trouvé une distance séparative moyenne de 2.3mm.

- Rapport avec la deuxième molaire et troisième molaire

L'épaisseur de la cloison inter-apico-antrale restera toujours mince lors de l'évolution. Les racines des dents font saillie dans le sinus, donnant la forme ondulante au plancher sinusien. On parle d'un plancher en doigts de gants. Selon Van Bondsdorff (75), une épaisseur moyenne de 1.3mm pour la deuxième molaire et une épaisseur moyenne de 2.3mm séparent les dents du plancher du sinus maxillaire.

2.2.2.6.2 Le plafond sinusien

Constitué par la paroi orbitaire, il est tapissé d'une muqueuse fine souvent marquée par le passage sus-jacent du pédicule infra-orbitaire.

2.2.2.6.3 Les prolongements

On décrit encore des prolongements de la cavité sinusienne, qui sont très variables dans la population.

On distingue :

- le prolongement zygomatique, qui pneumatise l'os zygomatique partiellement,
- le prolongement frontal, qui est situé dans le processus frontal du maxillaire,
- le prolongement postérieur, qui se développe lors de l'évolution de la dent de sagesse et se dirige vers le bas et l'arrière,
- le prolongement inférieur, qui constitue des digitations qui passent entre les racines de dents différentes ou d'une même dent.

2.2.2.6.4 Les cloisonnements

On décrit des cloisonnements complets ou incomplets qui sont inconstants.

Les cloisonnements incomplets sont les plus fréquents et constituent des lamelles osseuses et fibreuses qui se détachent des parois, en particulier au niveau des angles antéro et postéro-supérieurs.

On n'observe que dans des cas exceptionnels, des cloisonnements complets formant deux cavités séparées qui s'ouvrent séparément dans les fosses nasales.

2.2.2.7 Variations volumiques et capacité sinusienne (21)

Le volume sinusien est très variable dans la population. Il varie en général entre 5 à 35 cm³ selon x et entre 5 et 12cm³ selon y. Selon Braun(10), on observe même, dans certains cas, une hyperplasie voire une agénésie des cavités sinusiennes. Selon Roset(52), l'agénésie sinusienne est observée dans le cas du syndrome

GAOPO (G pour *Growth retardation* (nanisme), A pour *Alopecia*, P pour *Pseudoanodontia* (pseudoanodontie par défaut d'éruption des bourgeons dentaires primaires et définitifs), O pour *Optic atrophy* (signe non constamment retrouvé). De tels rétrécissements du volume sinusien sont souvent généralisés aux autres cavités communicantes (sinus frontaux, cellules ethmoïdales, sinus sphénoïde,...)

Ces variations du volume des sinus non pathologiques sont en rapport avec les différents prolongements décrits ultérieurement :

- le prolongement zygomatique
- le prolongement frontal
- le prolongement postérieur
- le prolongement inférieur

De même, la résorption post-cicatricielle de l'os crestal après une avulsion classique d'une dent antrale augmente le volume, donc la pneumatisation au niveau de la zone édentée.

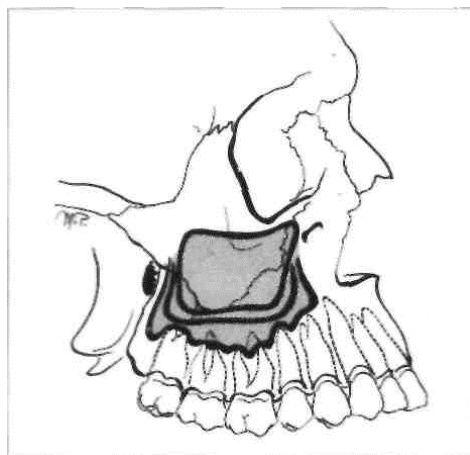


Figure 11 : Variation du volume du sinus maxillaire (100)

Les différentes pathologies sinusiennes, illustrées ultérieurement, sont généralement aussi à l'origine de ces variations volumiques. On observe des hypoplasies uni- ou bilatérales de différente envergure en fonction du type et de l'évolution de la pathologie.

Différents auteurs ont étudié le problème de la variation volumique sinusienne.

Les travaux de Earwaker (27) et de Arijii et coll (1), dans la condition physiologique, ont étudié les corrélations entre le volume du sinus et divers facteurs et aboutissent aux conclusions suivantes :

- le volume varie de 4.56 à 35.21 cm³,
- le volume augmente jusqu'à 20 ans et décroît après,
- le volume est lié à la distance existante entre les arcades zygomatiques,
- chez l'homme, il y a une corrélation entre le volume et la distance zygomatoco-occipitale.

2.2.2.8 La vascularisation (32, 50, 53)

2.2.2.8.1 La vascularisation artérielle

La vascularisation artérielle est issue des artères du méat moyen (branches des artères nasales postéro-latérales) qui donnent les artères ostiales, et de l'artère maxillaire interne issue de la fosse ptérygo-maxillaire (32).

- L'artère sphéno-palatine

Après avoir donné ses branches collatérales, l'artère maxillaire devient « sphéno-palatine » et pénètre dans la cavité nasale correspondante par la partie inférieure du foramen sphéno-palatin et se divise aussitôt en deux branches : l'une médiale, ou naso-palatine pour la cloison des cavités nasales ; l'autre latérale, destinée à la paroi latérale.

- L'artère alvéolaire (postéro-supérieure)

Appliquée sur la tubérosité maxillaire, elle descend sur la face latérale du sinus pour se terminer sur la paroi antéro-latérale ; elle donne des rameaux dentaires qui se distribuent au sinus maxillaire, s'engageant dans des canaux alvéolaires (niveau de la paroi antérieure), et aux racines des molaires. Ses branches cheminent dans l'os dans les gouttières sous-muqueuses ou sous-périostes. Au cours de ce trajet, elle fournit :

- Des rameaux osseux
- Des rameaux à la muqueuse sinusienne

C'est le vaisseau le plus important et il se voit souvent par transparence à travers la muqueuse.

- L'artère tubérositaire

Issue de l'artère infra-orbitaire, elle pénètre dans la tubérosité au niveau de la partie postéro-supérieure et se termine par des fines arborisations sous la muqueuse de la partie postéro-supérieure du sinus maxillaire.

D'autres branches participent encore à la vascularisation. Ils proviennent de:

- L'artère infra-orbitaire
- L'artère ethmoïdale
- L'artère faciale
- L'artère palatine

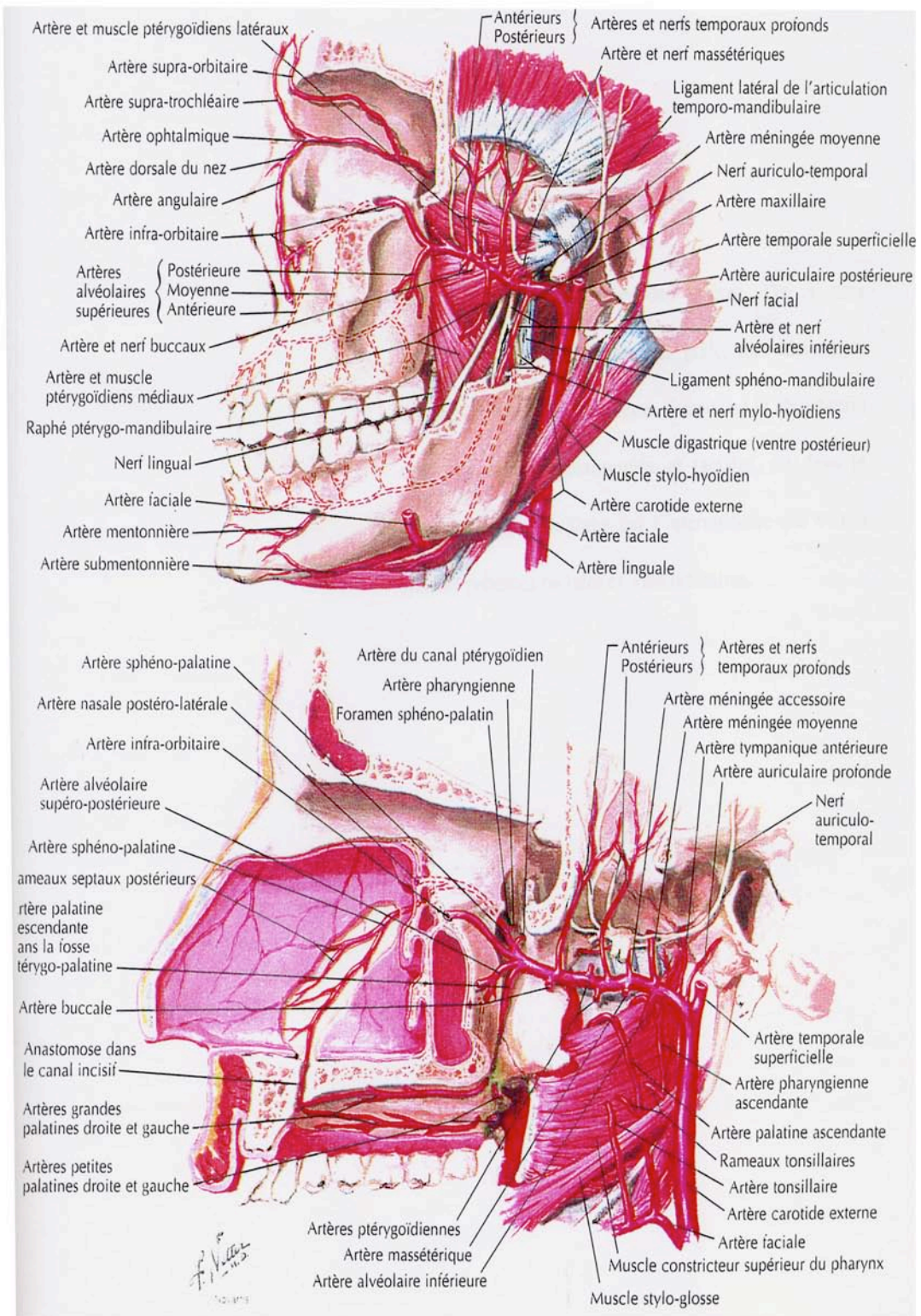


Figure 12 : La vascularisation artérielle superficielle et interne de la face (47)

2.2.2.8.2 La vascularisation veineuse

Satellite des artères, la vascularisation est un réseau grêle, non clairement défini.

Les artères se jettent :

- Dans la veine sphéno-palatine pour la paroi interne
- Dans le plexus ptérygo-maxillaire par l'intermédiaire des veines sphéno-palatines faciales pour les autres parois

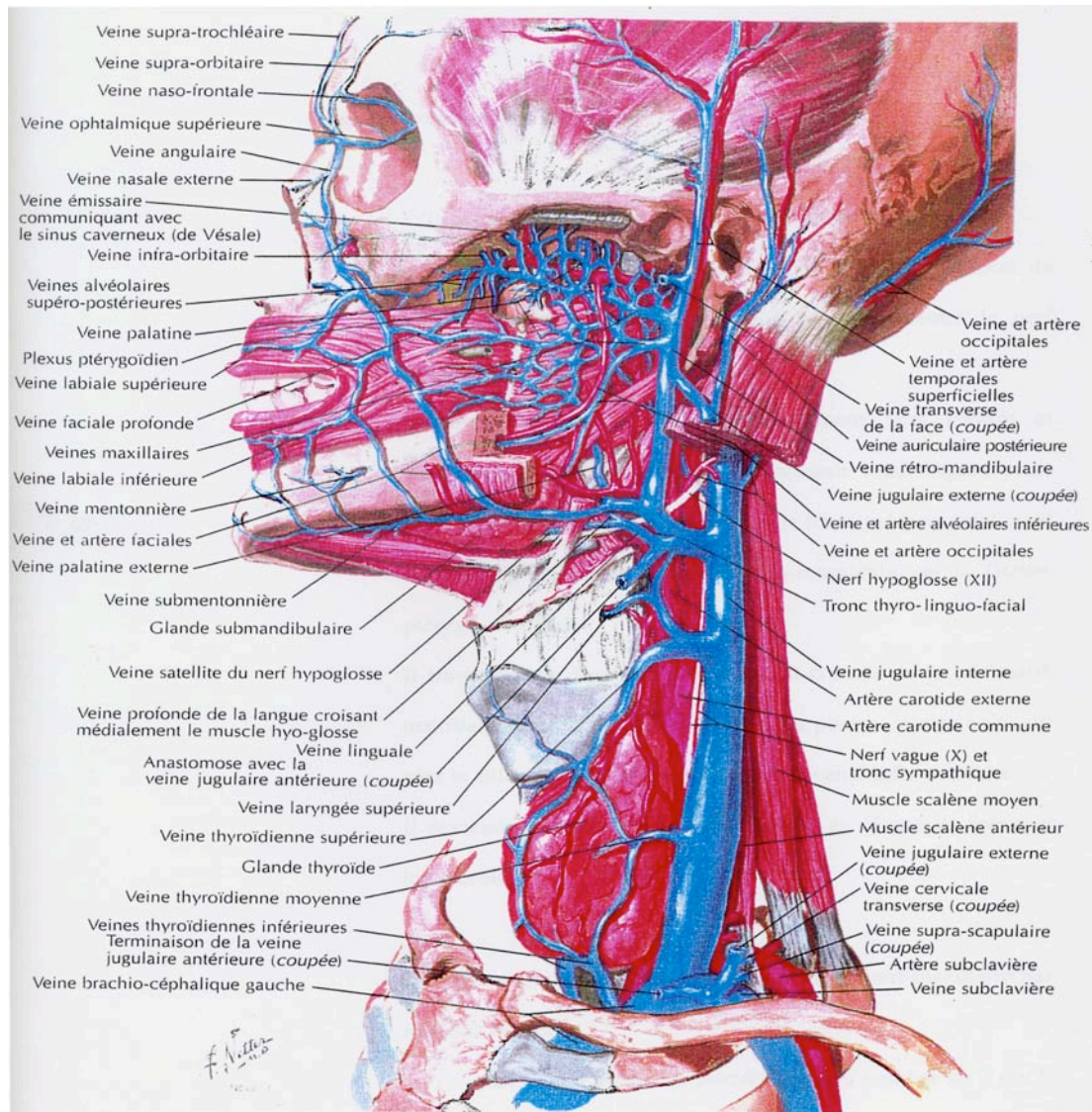


Figure 13 : La vascularisation veineuse de la face (47)

2.2.2.8.3 Le système lymphatique (39)

Il se draine par des collecteurs qui cheminent dans la muqueuse du méat moyen et gagnent le plexus lymphatique pré-tubaire.

2.2.2.9 L'innervation (39)

La muqueuse sinusienne est innervée par le nerf maxillaire supérieur (nerfs alvéolaires postéro-supérieur et moyen et nerf sous-orbitaire) et des branches du nerf sphéno-palatin (système trigémino-sympatique des fosses nasales).

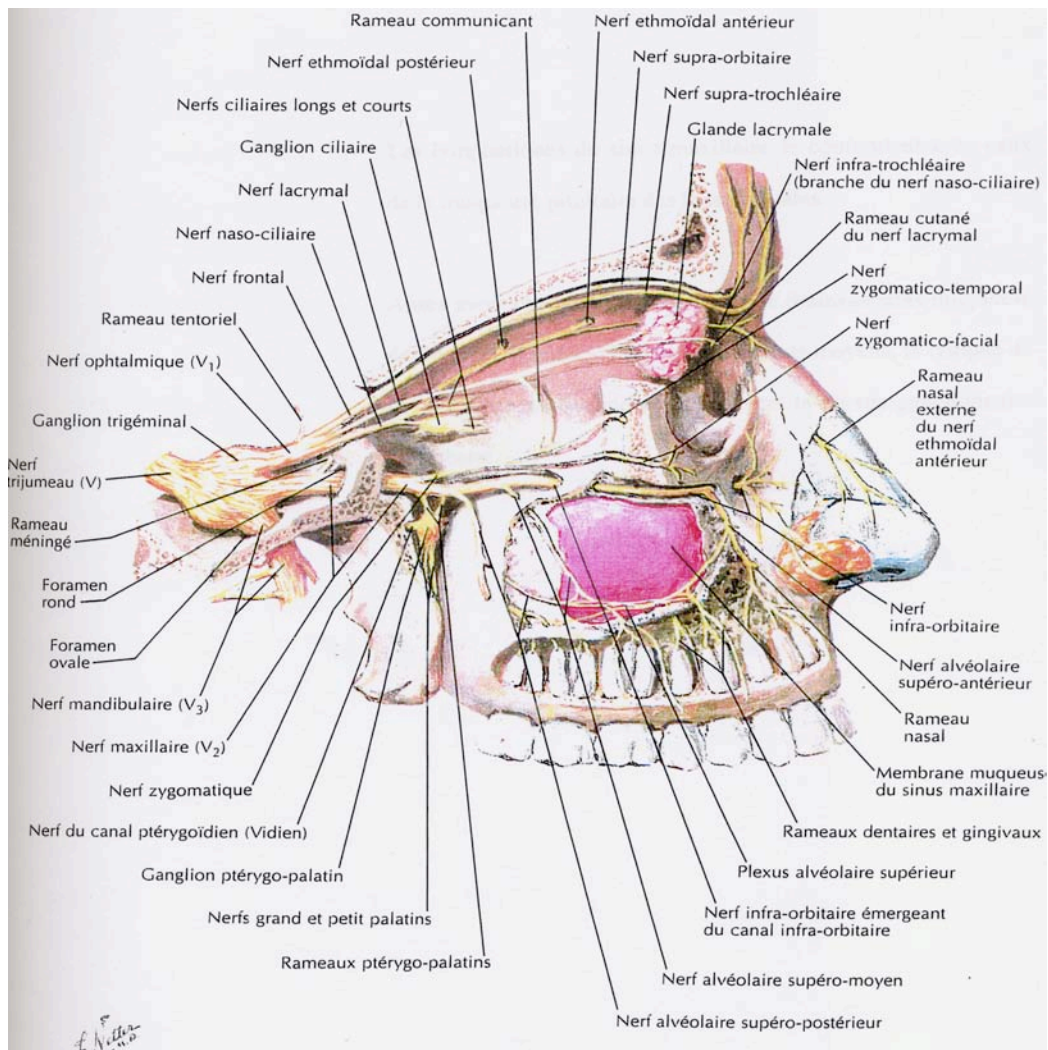


Figure 14 : L'innervation de la face (47)

2.2.2.10 Histologie de la muqueuse sinusienne (39, 45, 70)

La muqueuse sinusienne est constituée d'un épithélium, d'une membrane basale et d'un chorion. Légèrement plus fin, l'épithélium est quasi similaire à l'épithélium des cavités nasales.

- L'épithélium

L'épithélium est de type respiratoire, pseudostratifié cylindrique cilié. Il est constitué de quatre types de cellules qui sont toutes en contact avec la membrane basale :

- Les cellules basales, responsables du remplacement cellulaire et du flux d'information par les récepteurs dits « intégrines »
 - Les cellules calciformes, qui produisent le mucus
 - Les cellules à microvillosités, qui ont une activité métabolique intense et qui sont impliquées dans les échanges liquidiens transépithéliaux
 - Les cellules ciliées, qui représentent 80% de la population cellulaire
- Le chorion ou la lamina propria

Le chorion est en contact étroit avec l'épais périoste de l'os et a de nombreuses glandes associées.

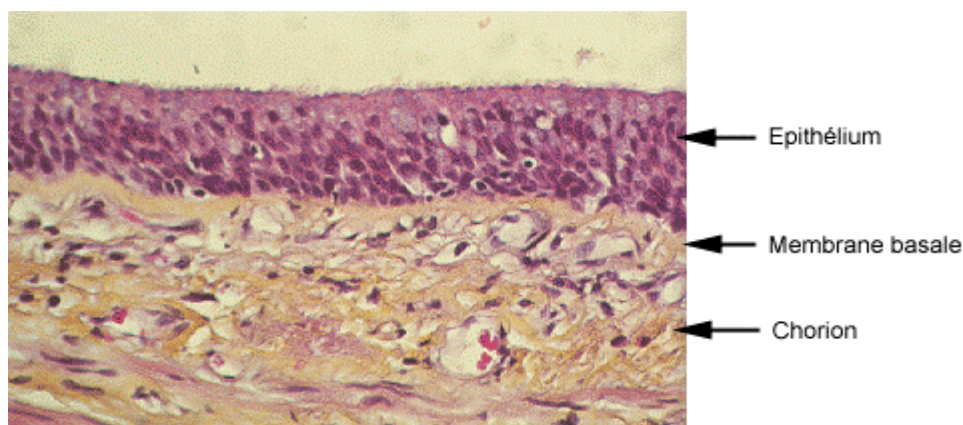


Figure 15 : Photo d'une coupe d'un épithélium pseudostratifié de type respiratoire (90)

3. Les pathologies sinusiennes

3.1 Les sinusites

Les sinusites sont des inflammations et /ou des infections de la muqueuse sinusienne d'origine virale, bactérienne ou fongique. Elles peuvent être consécutives à une cause extrinsèque, comme une atteinte nasale, et dite d'origine rhinogène, ou consécutive à un foyer dentaire, et dite d'origine dentaire.

On distingue :

- des sinusites subaiguës,
- des sinusites aiguës,
- des sinusites chroniques.

Elles peuvent être isolées ou associées à une atteinte d'un ou plusieurs sinus adjacents.

3.1.1 Les sinusites d'origine rhinogène (17, 33, 62)

L'ostium du sinus maxillaire, dont la zone de drainage est située au niveau du méat moyen sous le cornet moyen, constitue le point de départ des sinusites rhinogènes. Les rhinites inflammatoires et/ou infectieuses sont susceptibles de diffuser au sinus maxillaire par voie ostriale et/ou d'entraîner un œdème du méat moyen, favorisant la rétention maxillaire. Des obstructions extrinsèques endonasales peuvent rétrécir, voire bloquer la communication naso-sinusienne et entamer une sinusite rhinogène :

- une masse tumorale
- un polype inflammatoire
- une sténose morphologique postopératoire de l'ostium
- une inflammation ou infection sinusienne secondaire

Une déviation septale ou un cornet moyen bulleux peuvent constituer un facteur favorisant le développement d'une telle atteinte rhinogène.

On décrit des sinusites rhinogènes aiguës (l'examen d'imagerie ne s'avère pas nécessaire en dehors des formes compliquées), des sinusites récidivantes qui correspondent à une répétition de sinusites aiguës et des sinusites chroniques, soit infectieuses, soit inflammatoires.

3.1.1.1 Les sinusites rhinogènes aiguës (32)

La sinusite rhinogène aiguë est une affection de la muqueuse sinusienne retrouvée fréquemment dans le cadre de l'urgence. Elles sont d'origine virale, mais peuvent se surinfecter par une colonisation bactérienne secondaire.

La rhinite aiguë virale est le plus souvent à l'origine d'une telle affection sinusienne. La continuité de la muqueuse nasale et celle du sinus fait que l'atteinte se propage de la muqueuse nasale infectée sur la muqueuse sinusienne. D'où le nom de rhinosinusite.

Gilain et Laurent (33) décrivent d'autres conditions favorisantes comme par exemple :

- les rhinites chroniques allergiques,
- la polypose nasosinusienne,
- différents facteurs mécaniques d'obstruction ostiale (déviation septale, concha bullosa, cellules de Haller),
- des affections parodontales,
- l'immunodépression,
- l'utilisation abusive de gouttes nasales,
- et la pratique de la natation et de la plongée.

L'agression virale provoque une détérioration de la muqueuse sinusienne. Un œdème inflammatoire s'installe, ce qui engendre un blocage ostial et une rétention sinusienne en amont. L'épithélium fonctionnel, gravement altéré, constitue un véritable nid pour les bactéries commensales occasionnelles du rhinopharynx. La colonisation bactérienne de la muqueuse du sinus s'effectue soit par contamination nasale, soit secondairement par la dépression endosinusienne consécutive au blocage ostial. L'hyperpression lors des éternuements favorise elle aussi la propagation des bactéries vers les sinus et ainsi leurs colonisations.

Le symptôme évocateur majeur est une douleur pulsative bilatérale sous-orbitaire qui irradie soit vers l'arcade dentaire, soit vers l'orbite et le front. De

caractère continu, elle présente en générale une résistance contre le traitement antalgique de première intention et s'accroît lors de mouvements de la tête. De manière inconstante, d'autres symptômes peuvent être associés à ce premier signe d'appel, mais se confondent cependant à ceux de la rhinite aiguë (83):

- une fièvre comprise entre 38° et 39°C
- une rhinorrhée antérieure ou postérieure muqueuse, mucopurulente ou purulente
- une obstruction nasale

3.1.1.2 Les sinusites chroniques rhinogènes (8)

Une infection persistante en période inter-crise de la muqueuse sinusienne caractérise les sinusites chroniques et les différencie des sinusites récidivantes.

- Les sinusites maxillaires chroniques isolées (17,84)

Ces affections chroniques présentent une symptomatologie et des signes latents pendant toute la phase d'évolution, sans véritable poussée aiguë. De diagnostic difficile, cette forme chronique est souvent confondue avec d'autres affections installées dans les environs :

- Une rhinite chronique
- Une affection dentaire isolée
- Une atteinte de l'articulation temporo-mandibulaire

Des conditions anatomiques locales peuvent être à l'origine d'une obstruction du méat maxillaire et provoquer ainsi le développement d'une telle sinusite chronique.

Les sinusites chroniques peuvent avoir une étiologie infectieuse ou inflammatoire. Si la recherche de l'étiologie chez les formes bilatérales n'est pas toujours évidente, la recherche d'une mycose sinusienne ou d'un foyer dentaire doit être systématiquement évoquée lorsque l'on est confronté à une forme unilatérale.

Les signes cliniques sont aspécifiques et se confondent avec ceux de la pathologie nasosinusienne inflammatoire ou infectieuse. On peut observer :

- Une rhinorrhée postérieure muqueuse ou mucopurulente
- Une obstruction nasale
- Une pesanteur nasale

- Une toux chronique nocturne ou matinale

D'autres signes peuvent être associés à la symptomatologie primaire :

- Une asthénie chronique
- Une difficulté de concentration
- Un léger flou visuel
- Des douleurs dentaires maxillaires proche du sinus infecté

La fièvre est habituellement absente.

3.1.1.3 Les sinusites récidivantes rhinogènes (17)

Les sinusites récidivantes correspondent à des répétitions de sinusites aiguës avec des phases aiguës et des phases d'inter-crise, ce qui justifie la réalisation d'un scanner durant ces périodes.

Grâce à l'image tomodensitométrique, les opacités sinusiennes, leurs sièges comme le caractère unilatéral ou bilatéral peuvent être mis en évidence. La caractéristique de bilatéralité constitue un élément clé dans le diagnostic de la pathologie. Ainsi une atteinte bilatérale plaide en faveur d'une pathologie de terrain comme, par exemple, une rhinite chronique. Une sinusite récidivante unilatérale est souvent en relation avec une cause locale qui déclenche périodiquement un dysfonctionnement des ostia sinusiens (déviations septales juxta-méatale, concha bullosa, cornet à courbure inversée).

Le retour à la normalité des muqueuses doit être observé sur les clichés pendant les phases d'inter-crise. La persistance d'un simple kyste ne doit pas être interprétée comme une pathologie résiduelle et faire classer le patient dans le cadre des sinusites chroniques.

La symptomatologie, absente en phase d'inter-crise, se confond avec celle de la sinusite aiguë en phase active.

3.1.2 Les sinusites d'origine dentaire (11, 33, 37)

La sinusite dentaire se développe à partir d'une infection au niveau d'une dent antrale. La proximité de la racine infectée au sinus non-pathologique permet une propagation rapide. La desmodontite, déclenchée par une pulpite à la suite d'une carie, est à l'origine d'une telle infection.

L'évolution, voire la propagation d'une telle infection peut se faire rapidement. On observe une destruction de la membrane de Schneider et l'apparition d'une ostéite du plancher du sinus. Cependant, on décrit des cas avec un développement d'une pathologie apicale au niveau d'une racine antrale où l'évolution se fait plus lentement. Il faut savoir que l'évolution rapide est en générale plus propice à l'apparition d'une sinusite aiguë.

Une grande différence existe cependant entre les germes responsables d'une sinusite aiguë et ceux d'une sinusite chronique à l'origine dentaire. Résistants à la pénicilline, les germes provenant d'infections dentaires sont le plus souvent anaérobies. On retrouve le plus souvent :

- des *Propionobactérium*
- des *Eubactérium*
- des *Actinomyces*

3.1.2.1 Les étiologies

Les sinusites maxillaires d'origine bucco-dentaire peuvent avoir des étiologies infectieuses, tumorales ou iatrogènes.

3.1.2.1.1 Les étiologies infectieuses

3.1.2.1.1.1 Pathologies tumorales bénignes d'origine odontogène

Des pathologies périapicales sur des dents nécrosées peuvent être à l'origine de la sinusite chronique. Des granulomes périapicaux ou kystes radiculodentaires se développent suite à une pulpite chronique et peuvent constituer le point de départ de la propagation infectieuse sur les éléments anatomiques situés à proximité.

On distingue différentes tumeurs bénignes :

- les kystes radiculodentaires :

Ils se développent suite à une infection dentaire ou une anomalie de développement. Le plus souvent, l'infection, voire la nécrose pulpaire engendre un développement d'un tel kyste de taille et de situation variables. Des traitements endodontiques, plus ou moins mal réalisés, sont plus rarement à l'origine de kystes radiculodentaires. Ces affections kystiques peuvent provoquer différentes réactions de la muqueuse sinusienne, allant d'une simple hypertrophie localisée de la muqueuse sinusienne à la sinusite chronique. Le kyste se différencie du granulome par la présence d'une paroi kystique bien délimitée radio-opaque.

- Les kystes péricoronaires ou folliculaires :

Le follicule, entourant les dents définitives incluses (dents de sagesse ou canines), peut évoluer pathologiquement et provoquer un développement kystique. Le kyste, en évoluant, peut ainsi envahir la cavité sinusienne et engendrer une sinusite. L'envahissement sinusien ou nasal à partir de dents incluses, est fréquemment observé.

- Les kystes épidermoïdes :

Souvent de découverte fortuite, ils se développent à partir de reliquats épithéliaux et peuvent engendrer des déplacements dentaires. Ils se présentent radiologiquement sous forme d'une lacune avec une bande de condensation nette repoussant la paroi osseuse sinusienne longtemps non envahie.

- L'améloblastome :

Localisé le plus souvent à la mandibule, l'améloblastome peut se développer au maxillaire, dans certains cas, en région molaire au niveau sinusal ou pelvinasal. Lors de son évolution, l'améloblastome souffle l'os et provoque une mobilité des dents adjacentes. Radiologiquement, l'aspect en bulles de savon témoigne de cloison de refend. Cette tumeur agressive et infiltrante possède un haut pouvoir de récurrence et doit être traitée par une large exérèse.

3.1.2.1.1.2 Etiologies parodontales :

Des lésions parodontales peuvent se développer pour former ainsi des poches profondes. Les microorganismes responsables de cette atteinte du parodonte peuvent se propager et attaquer les tissus des éléments anatomiques environnants, dont le sinus maxillaire.

3.1.2.1.1.3 Etiologies fongiques

Déclenché par la présence de corps étranger au sein du tissu, le développement de l'aspergillose est très complexe et multifactoriel. Des instruments fracturés lors d'un traitement radiculaire mal maîtrisé ou le passage des bouts de silicone d'empreinte par une communication buccosinusienne peuvent déclencher une telle affection. Le corps, non résorbable et irritant, provoque une inflammation de la muqueuse sinusienne. L'écosystème local favorise le développement de l'aspergillose qui, par son évolution, va elle-même diminuer la ventilation et le drainage du sinus.

En Europe, l'*Aspergillus fumigatus* et plus rarement l'*Aspergillus niger* sont les microorganismes à l'origine de telle affection, tandis que l'*Aspergillus flavus* est l'agent causal au Soudan.

3.1.2.1.1.4 Etiologies iatrogènes

3.1.2.1.1.4.1 Dépassement ou projection de pâte endodontique

Selon Andre, le traitement endodontique consiste à pratiquer l'extirpation du paquet vasculo-nerveux de la dent et à obturer la totalité du ou des canaux radiculaires en respectant le périapex. On définit ainsi la biopulpectomie lorsque le traitement est réalisé sur une dent vivante, et la pulpectomie lorsque ce dernier est effectué sur la dent nécrosée.

Les indications sont : les pulpites, les nécroses pulpaire, les pathologies périapicales (plus ou moins en association avec une chirurgie endodontique), les traitements canaux avant préparation coronaires à visées prothétiques, et les traumatismes alvéolodentaires (fractures dentaires avec exposition pulpaire, luxation d'organes dentaires avec rupture du paquet vasculo-nerveux).

Le traitement endodontique répond à un protocole bien défini, visant à éliminer la totalité de la pulpe dentaire camérale et radiculaire. A partir d'une longueur de travail établie radiologiquement ou à l'aide d'un localisateur d'apex, des limes et des racleurs de diamètres progressifs alèsent les canaux radiculaires. Un élargissement est ainsi obtenu avec un cône d'arrêt idéalement établi à 0.5 mm de la limite apicale. L'obturation canalaire est réalisée à la gutta percha avec plus ou moins de pâte d'obturation (oxyde de zinc Eugénol®...) selon les différentes techniques (condensation latérale, verticale, mixte...). Le but est d'obtenir une obturation dense et complète de l'ensemble de l'endodonte, en respectant le périapex.

Au cours de différentes manipulations, les techniques d'alésages et d'obturation peuvent être génératrices d'effets iatrogènes par excès ou défaut de traitement :

- Complications iatrogènes par défaut : le défaut de traitement d'une partie ou de la totalité d'un canal dentaire conduit à un espace vacant, constituant un réservoir bactérien potentiel plus particulièrement favorable au développement d'une flore bactérienne anaérobie et mobile. Celle-ci peut conduire, à plus ou moins long terme, à l'apparition et au développement d'une pathologie périapicale selon un mode aigu ou le plus souvent chronique (granulome et kyste). Le sinus, proche, peut ainsi être contaminé.
- Complications iatrogènes par excès : le non-respect des limites du périapex par dépassement instrumental (lime/racleur/lentulo) et/ou par débordement du matériel d'obturation canalaire au-delà de l'extrémité radulaire (parfois même directement dans le sinus maxillaire par effraction radulaire du plancher et de la muqueuse associée), constitue également une étiologie fréquente d'apparition de pathologies périapicales et/ou directement d'infections sinusales.

La présence de la pâte dentaire au sein du tissu et l'immunodépression d'étiologie virale, hémopathique ou chimiothérapeutique constituent des facteurs favorisant le développement d'une sinusite. Elle provoque une hypersécrétion réflexe du sinus, un épaississement de la muqueuse, une altération des niveaux hydro-aériques et, selon le produit, une colonisation mycotique. Le mélange d'eugénate et de l'oxyde de zinc, souvent utilisé pour la pâte d'obturation endodontique, constitue un inconvénient de taille sur le plan biochimique. On observe une prolifération de *Aspergillus fumigatus*, formant une sorte de coque au tour de la pâte éjectée. On parle de grelot aspergillome. D'autres auteurs mettent en cause les corticoïdes (Bader, 1989), d'autres les formaldéhydes (Buser et coll., 1990).

On retrouve des facteurs favorisants, comme les anomalies anatomiques de l'endodonte. Ce sont :

- Les canaux courbes difficiles d'accès ;
- La présence d'un delta apical ;
- Un canal latéral
- 4^{ième} canal fréquemment décrit sur la première molaire maxillaire souvent non traitée

3.1.2.1.1.4.2 Complications iatrogènes de la chirurgie endodontique des dents antrales

La chirurgie endodontique consiste à éliminer par voie chirurgicale un processus granulomateux ou kystique aux dépens du périapex, après avoir retraité la dent concernée. Une résection apicale de la racine dentaire concernée est réalisée, suivie

d'un curetage par un abord muqueux ou transcortical. L'étanchéité apicale de la racine réséquée est obtenue par une obturation à rétro du néoapex.

L'abord transcortical, le plus souvent vestibulaire par corticotomie, peut créer d'effractions de la paroi externe et inférieure du sinus. La résection apicale et l'obturation à rétro peuvent être à l'origine d'une projection endosinusienne de matériel d'obturation dentaire ou de reliquats d'apex.

3.1.2.1.1.4.3 Chirurgie préimplantaire : greffe sinusienne à visée implantaire

Après réalisation d'un lambeau muqueux de pleine épaisseur, la paroi antérieure de l'os maxillaire est trépanée par un abord vestibulaire. La muqueuse sinusienne est décollée de façon contrôlée petit à petit pour créer un espace qui va accueillir le ou les greffons. Une technique, fréquemment utilisée lors d'un sinus lift, consiste à réaliser un « toit » pour la greffe : un greffon osseux est

impacté de manière horizontale dans la paroi de la lumière du sinus maxillaire. Des copeaux d'os sont foulés progressivement, afin de combler l'espace sous-jacent. L'étanchéité du site doit être assurée par la suture étanche du lambeau, en veillant d'éviter les tensions.

- On observe les complications peropératoires suivantes :
 - Effraction ou brèche de la muqueuse sinusienne :
L'effraction accidentelle de la muqueuse sinusienne constitue la complication la plus observée. Elle facilite l'infection du greffon ou laisse passer des fragments de greffes libérés dans le sinus, qui peuvent obstruer l'ostium.
 - Hémorragie peropératoire :
La lésion d'un petit vaisseau de la muqueuse peut entraîner une hémorragie qui, en général, est simple à juguler (compression, coagulation...).
Cependant, l'hémorragie de l'artère alvéolaire postéro-supérieure peut entraîner des hématomes intrasinusiens, qui peuvent compromettre une greffe.
 - lésions dentaires :
La réduction du capital osseux, comme la réalisation de la fenêtre osseuse, peuvent engendrer des délabrements des organes dentaires voisins.
- Des complications précoces comme, par exemple, le lâchage des sutures, l'exposition du greffon, des infections, peuvent être observées.
- Pour terminer, les complications tardives :
Il ne pourra s'agir que d'une résorption ou d'une mobilisation de la greffe ou de l'infection sinusienne à distance. Van de Bregh souligne le risque

de dysfonction sinusienne que pourrait entraîner une greffe avec un toit trop haut situé, ou l'obstruction de l'ostium par un fragment de greffe libre dans le sinus. En effet, l'obstruction secondaire de l'ostium empêche le drainage de la cavité sinusienne, favorise le développement de l'activité bactérienne dans un espace devenu clos. Le risque d'une communication buccosinusienne, suivie le plus souvent d'une infection immédiate ou retardée, est toujours donné.

Il en résulte que la pérennisation d'une infection locale peut engendrer une sinusite chronique. Plusieurs auteurs rapportent le développement de kystes intrasinusiens ou mucocèles consécutifs à des interventions sur le sinus.

3.1.2.1.1.4.4 Par avulsions dentaires

- Projection d'une dent dans le sinus

Lors de l'avulsion d'une dent, la dent, ou voire une partie de la dent concernée, peut échapper à l'opérateur et se projeter dans le sinus. Dans le cas échéant, l'opérateur doit tenter de récupérer immédiatement la dent. Après avoir mis le patient en position assise, un cliché rétroalvéolaire doit aider à localiser la dent projetée. Une récupération immédiate est envisageable, si la dent se situe au niveau du plancher sinusien. L'acharnement est à éviter : quand il y a absence de complications infectieuses sinusiennes, il est préférable de s'abstenir et de surveiller. Une intervention différée est à conseiller pour le confort du patient et celui de l'opérateur. Celle-ci peut être réalisée par les différentes voies d'accès en fonction de la position de l'élément à récupérer (voie vestibulaire maxillaire type Caldwell Luc, méatotomie inférieure ou moyenne).

- Communication buccosinusienne ou buconasale

4. Description des techniques radiologiques permettant l'exploration du sinus maxillaire

4.1 Introduction

L'interprétation radiologique dépend de l'aptitude d'observer et d'interpréter un cliché radiologique selon une connaissance acquise. La façon selon laquelle une image radiologique est produite et les facteurs influant la qualité de l'image constituent les piliers de la connaissance de base.

Il existe différentes techniques radiologiques qui permettent d'appréhender l'anatomie des cavités sinusienne et des éléments avoisinants.

On distingue :

- La radiologie conventionnelle

Différentes techniques et incidences permettent au clinicien de découvrir l'anatomie radiologique de la région à examiner.

- La radiologie numérisée

Elle résulte des progrès de l'informatique et de l'apparition de la numérisation. Les techniques sont les mêmes que celles de radiologie conventionnelle.

- La radiologie en coupe (IRM, imagerie sectionnelle)

Elle permet au clinicien d'examiner une région dans les trois plans de l'espace avec une résolution de l'image très précise. Cependant, pour l'imagerie en coupes par rayons X, l'irradiation est supérieure aux deux techniques précédentes ; L'IRM, pour sa part, n'engendre aucune irradiation.

4.2 La radiologie conventionnelle

4.2.1 Rappels (35, 48, 76)

L'image radiologique est une image bidimensionnelle résultant d'une interaction entre des rayons X et des tissus. La nature et la structure (numéro atomique, densité, etc.) constituent les éléments primordiaux caractérisant l'image radiologique. La qualité de l'image, élément clé dans l'interprétation du cliché, dépend de certains facteurs :

- La dose de rayons X émise doit être adaptée au tissu examiné
- La procédure d'acquisition d'un cliché radiologique doit être respectée minutieusement, afin d'éviter la déformation ou/et la dégradation de l'image.
- Les appareils radiologiques doivent être préalablement réglés selon les normes fixées par le ministère de la santé, afin d'éviter tout abus de rayonnement excessif.

L'acquisition d'un cliché radiologique nécessite :

- une source de rayons X
- une interaction entre les rayons X et l'objet à examiner
- un récepteur de rayons X
- un système analysant l'acquisition de rayons X
- un système de stockage
- un système de visualisation du cliché radiologique

Les rayons X, produits par la source de rayons X, interagissent avec un objet et sont partiellement absorbés par ce dernier.

Le rayonnement résiduel atténué est à l'origine de la formation de l'image au niveau de la zone réceptrice (film radiographique ou capteur numérique).

L'atténuation du faisceau de rayons X est d'autant plus forte que le poids atomique des structures traversées est important. Il en résulte la formation d'un contraste entre les éléments dits « radio-opaques ou transparents ».

Selon Freminet, la formation de l'image répond à un certain nombre de lois fondamentales :

- Toutes les structures anatomiques, se trouvant sur le trajet d'un rayon incident, se projettent en un même point du film. Il en résulte un effet de superposition et de recouvrement de structures identifiables séparément. De la même façon, les « radio-transparences » et les « radio-opacités » s'additionnent et se soustraient entre elles.
- Le rayon central est le rayon théorique situé au centre du faisceau initial. Tous les autres rayons sont divergents et frappent l'objet obliquement. Le maximum de netteté se situe au niveau du rayon central.
- Plus la distance foyer-objet sera grande, plus la distance objet-film sera réduite et plus l'agrandissement sera faible. De même, la bordure de pénombre sur la radiographie augmente avec l'agrandissement, diminuant ainsi la netteté de l'image.
- L'agrandissement sera uniforme, si l'objet est perpendiculaire au rayon central. Dans le cas contraire, on aura un agrandissement inégal des différentes parties de l'objet, et donc une déformation de l'image.

Afin d'interpréter une image radiologique, le praticien clinicien doit tenir compte du fait, que l'image obtenu, ou l'anatomie radiologique, est en fait l'image de l'anatomie réelle. Elle est issue du passage de trois dimensions de structures en deux dimensions, après application des règles de projection.

Dans un territoire comme la région du sinus maxillaire, où l'anatomie est complexe, l'anatomie radiologique obtenue sera parsemée de nombreux pièges.

4.2.2 Les techniques de prise de vue appliquées en odontologie (48, 66, 76)

4.2.2.1 Les techniques intra-buccales

La technique intra-buccale est la technique de loin la plus utilisée en odontologie. L'image à échelle réelle d'une zone à explorer, avec un minimum de déformation et un maximum de détails, constitue le premier critère de choix des praticiens pour cette prise de cliché. Très intéressante pour la région périapicale, l'image obtenue en taille réelle constitue une importance capitale dans l'étude des rapports dento-sinusiennes.

Il existe différentes radiographies à plans différents :

- Les radiographies sur film horizontal, ou « films mordus », sont des radiographies dites occlusales, le plus souvent utilisées en pédodontie dans le cadre de l'urgence après un traumatisme.
- Les radiographies rétro-alvéolaires, qui comprennent les radiographies périapicales et les radiographies interproximales ou « bitwing ».

4.2.2.1.1 Radiographie sur plan horizontal

- Technique

Le plan de référence horizontal est le plan occlusal. La technique consiste à projeter sur la surface sensible l'image d'une dent en appliquant le principe d'isométrie de Cieszynski.

Ce principe consiste à envoyer le rayon incident perpendiculairement à la bissectrice de l'angle formé par le plan du film et le grand axe de la dent. De cette façon, la distance film-objet est réduite au minimum.

Ce procédé permet d'examiner une grande surface maxillaire sur un même film.

Cependant, dans l'étude des rapports apex-sinus maxillaire, il est préférable d'utiliser une incidence dysocclusale supérieure, décrite par Belot. Belot conseille une incidence oblique. L'axe du faisceau de rayonnement est placé dans le plan sagittal médian à 45° du plan du film, visant le milieu de l'arête nasale.

Cet intérêt a été souligné en 1954 par Tridon et Pasquet dans un travail relatif aux recherches radiologiques de l'origine dentaire des sinusites, et rappelé dans un article de Cavézian et de Pasquet.

Cependant, si on parvient à visualiser les rapports dento-sinusiens, cette technique ne respecte pas la loi d'isométrie. L'anatomie radiographique obtenue est donc à interpréter avec précaution.

- Résultats :

Cette technique montre principalement les anomalies dentaires, la position des germes des dents définitives, la localisation de dents ectopiques et, secondairement, les rapports dents-sinus.

Cependant, comme on l'a déjà remarqué, il faut avoir un œil exercé afin de réussir à tenir compte des déformations importantes créées par ce type d'incidence, et à se rendre compte du fait que le principe d'isométrie n'est pas respecté.

- Intérêts :

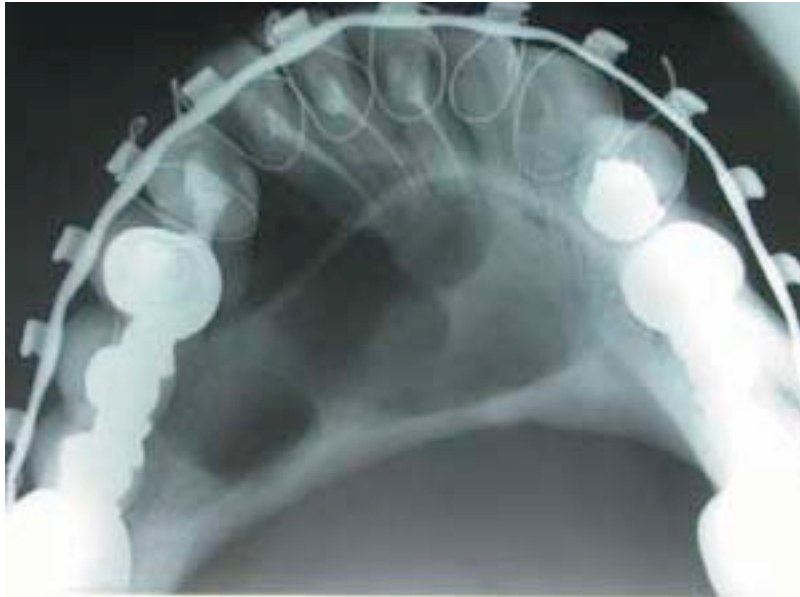


Figure 16 : Radiographie sur plan horizontal du maxillaire supérieur (77)

Les intérêts de cette technique sont les suivants :

- Cliché de deuxième intention pour une vision complémentaire :
 - de la morphologie d'une dent
 - de la position d'une dent (incluse)
 - d'un traumatisme dentaire (du secteur incisivo-canin)
 - des rapports d'une lésion osseuse
 - d'une fente palatine

Ces clichés n'ont toutefois pas les précisions morphologiques et topographiques d'un examen tomодensitométrique.

- Elle peut être utilisée, en plus, dans la recherche des calcifications des parties molles à la mandibule (lithiase salivaire surtout au niveau de l'abouchement du canal de Wharton)

4.2.2.1.2 Technique rétro-alvéolaire (24, 65,78)

Le cliché rétro-alvéolaire est une projection radiologique sur un film de taille réduite permettant une étude détaillée d'une dent et de son environnement adjacent.

- Technique

Le film peut être placé de deux façons. On décrit trois techniques :

1. Technique de la bissectrice (cf. plus haut)
2. Technique des plans parallèles (de Fitzgerald ou du long cône de Mac Cormack)

Elle consiste à placer le film non déformé parallèlement à l'axe longitudinal des dents à examiner, et à envoyer le rayon central perpendiculairement au sujet et au film.

3. Technique de visée oblique

Dans cette technique, le rayon n'est pas perpendiculaire au film. En modifiant l'angle entre le film et le rayon incident, une déformation se crée, mais cela permet l'exploration de régions moins accessibles, plus profondes. C'est ce type de cliché « dévié » que l'on utilise dans les incidences dysocclusales dans les clichés mordus (cf. plus haut).

- Résultats

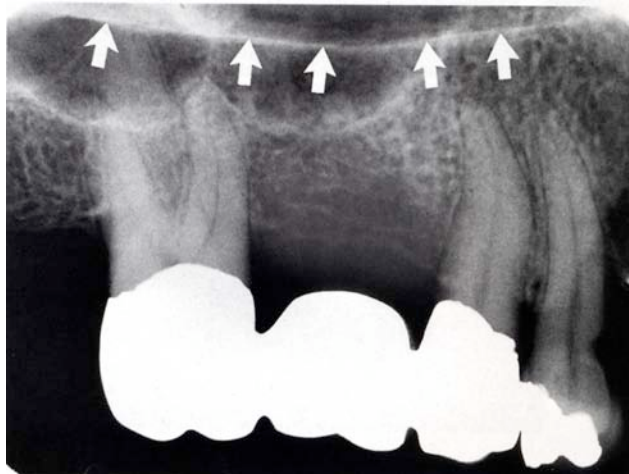


Figure 17 : Radiographie rétro alvéolaire du secteur 14-16 (82)

En plaçant le film convenablement, on peut visualiser les rapports des dents avec le sinus. La technique du long cône permet d'obtenir une vue en vraie grandeur, un bon rapport des apex par rapport au sinus et des rebords alvéolaires par rapport au sinus.

Le sinus est très variable en taille. Ainsi, parfois il est tellement petit qu'il ne se voit pas sur la radiographie, parfois il est très développé et s'étend entre les espaces inter-dentaires des dents postérieures jusqu'à la tubérosité.

Ainsi, une hyper-pneumatisation peut se produire dans le sinus et augmenter son volume, par exemple à la suite de l'avulsion des dents supérieures en bas âge.

Sur ces radiographies, le bord inférieur du sinus apparaît comme une mince ligne radio-opaque, chevauchant à proximité des apex, et parfois s'invaginant profondément dans le septum alvéolaire. En plaçant le film au niveau du secteur canin, prémolaire et molaire, on peut visualiser le rapport des dents avec le sinus.

La technique de la bissectrice est applicable à cette zone de prise de vue. Cependant, la technique des plans parallèles permet d'éviter la

superposition entre l'arcade zygomatique et les apex des dents, rendant plus visible l'estimation des rapports dento-sinusiens.

On distingue sur le cliché de cette zone particulière :

- La position du plancher sinusal :

Il est démontré que celle-ci varie considérablement selon l'âge.

Il apparaît comme une mince ligne radio-opaque, chevauchant à proximité des apex des prémolaires, des premières, deuxièmes et troisièmes molaires, avec une plus ou moins importante contiguïté. Parfois, elle s'invagine profondément dans le septum alvéolaire.

- La paroi antérieure ou interne :

Elle apparaît comme une mince ligne opaque qui se dirige vers le haut en passant au-dessus de la canine ou de la première prémolaire.

Elle se croise avec la projection postérieure du plancher des fosses nasales, formant un Y inversé.

Il ne faut pas confondre ce croisement avec l'image d'un cloisonnement intra-sinusien.

- La paroi postérieure :

Elle apparaît généralement dans la région des troisièmes molaires.

Parfois, on a, dans le sinus, une ou plusieurs régions localisées qui sont plus radio- translucides : on parle de fosses ou puits anatomiques.

- Intérêts :
 - Précision
 - Netteté
 - Mensuration fidèle sans déformation

Complémentaire à l'examen clinique, c'est une méthode extrêmement précise dans la recherche de lésions carieuses au niveau des couronnes dentaires. Elle constitue également le bilan de référence pour l'étude parodontale.

Cependant elle présente certains inconvénients :

- Examen plus long que l'examen panoramique
- Champ d'exploration limité à la taille du film
- Réflexes nauséux, technique mal tolérée

4.2.2.2 Techniques extra-buccales (4, 66, 80)

4.2.2.2.1 Définition

Avant de décrire les différentes techniques, il s'agit de définir quelques données qui varient d'une technique à l'autre.

- OM : angle formé par le rayon directeur et le plan orbito-méatal
- S : angle formé par le rayon directeur
 - $S=0^\circ$ dans les incidences bilatérales de profil
 - $S=90^\circ$ dans les incidences de profil
 - S compris entre 0° et 90° pour tout angle à ouverture antérieure et vers le côté opposé à celui qui est à examiner
 - S compris entre -90° et 0° pour tout angle à ouverture antérieure et vers le côté opposé à celui qui est à examiner

Toute incidence repose sur trois informations essentielles :

- OM
- S
- P : point de centrage du rayon directeur

4.2.2.2.2 Incidence de profil

Dans cette technique, on aura :

- $OM = 0^\circ$
- $S = 90^\circ$
- $P = 2$ centimètres au-dessus du plan OM sur la verticale passant par le tragus.

Le patient est en position assise ou pro-cubitus, la tête tournée sur la table conventionnelle. Le rayon transversal du centreur lumineux coïncide avec la ligne orbito-méatale. La ligne bi-pupillaire est perpendiculaire au plan d'appui.

Cette technique permet de visualiser le cavum. Pour l'étude des sinus maxillaires, elle permet de mettre en évidence les rapports avec les dents antrales.

L'inconvénient majeur réside dans le fait que les images des deux hémifaces sur le cliché sont superposées.

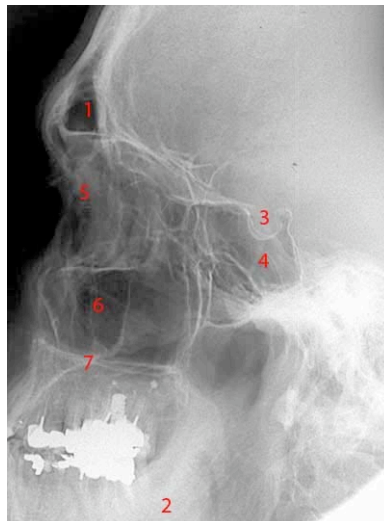


Figure 18 : Incidence de profil : 1 sinus frontal 2 mandibule 3 selle turcique 4 sinus sphénoïdal 5 orbite 6 sinus maxillaire 7 palais osseux (98)

4.2.2.2.3 Incidence face haute

Elle est définie par :

- OM= -25°
- S = 0°
- P = nasion et sellion

Le patient est en position assise, ou éventuellement en procubitus. Le front et le nez sont en appui contre le plan d'examen, on incline le rayon directeur de $D= 25^{\circ}$ par rapport au plan orbito-méatal.

L'intérêt de cette technique réside dans la visualisation du bord inférieur de la cavité des sinus maxillaires, et des autres sinus dans leur globalité (ethmoïde, frontal)



Figure 19 : Incidence face haute (98)

4.2.2.2.4 Incidence de Blondeau

Elle est définie par :

- OM= -50°
- S = 0°
- P = point sous nasal (acanthion)

On l'appelle parfois radiographie Nez Menton Plaque.

Le patient est en position assise avec un rayon directeur horizontal (permettant d'objectiver des niveaux liquidiens). La tête est défléchie de façon à obtenir l'angulation souhaitée avec le plan orbito-méatal, le menton est au contact du plan d'examen. On parle d'une position ventre -plaque, bouche ouverte.

Cette technique a l'intérêt de permettre la visualisation des parois, du contenu et des cuvettes des sinus maxillaires, ainsi que leur disposition de part et d'autre des fosses nasales. Le bord supérieur des rochers doit se projeter sous le fond des sinus maxillaires.



Figure 20 : Incidence de Blondeau (98)

4.2.2.2.5 Incidence de Hirtz

Elle est définie :

- $OM = 75^\circ$
- $S = 0^\circ$
- $P =$ au milieu de la ligne bi-angulaire ou 2 centimètres en avant pour l'étude du massif facial.

Le patient est en position assise. La tête est défléchie au maximum, vertex en appui contre le plan d'examen. L'inclinaison du rayon directeur est choisie secondairement en fonction de la position de la tête.

L'intérêt de cette technique réside dans la visualisation des sinus frontaux et de l'ethmoïde. Elle n'a donc peu d'intérêt dans l'étude du sinus maxillaire.



Figure 21 : Incidence de Hirtz (98)

4.2.2.2.6 Panoramique dentaire (2, 24, 41, 64, 79)

Imaginée par Heckmann en 1939, la panoramique dentaire a connu une évolution continue jusqu' à ce jour. Révolutionné par Paatero dans les années 50, l'orthopantomogramme ou OPT constitue aujourd'hui un des examens les plus utilisés en dentisterie.

- Définition :

Il s'agit d'un examen de la région dento-maxillaire qui replace le système dentaire dans un environnement anatomique.

- Principe :

Selon Bonneau, Cavézian et Pasquet, l'orthopantomographe se propose d'obtenir, sur un seul film, une image panoramique de l'ensemble des arcades dentaires. Epousant la convexité des maxillaires, cette technique réalise un véritable déroulé d'une ATM à l'autre.

Elle associe deux principes :

- La radiographie par fente de rayons X : Ainsi le faisceau de rayons X, extrêmement étroit, est en chaque point perpendiculaire à la tangente de la portion d'ellipse maxillo-mandibulaire considérée.
- La zonographie courbe (tomographie à coupe épaisse)

Elle résulte des mouvements simultanés et homothétiques du film radiographique et de la source productrice de rayons X, lors de la rotation.

Paatero a énoncé deux procédés, desquels nous ne retiendrons que le second. En effet, ce dernier est encore utilisé aujourd'hui :

Le foyer suit un mouvement prédéterminé, tandis que le récepteur tourne en sens inverse autour d'un autre axe.

De cette façon, le patient est immobile, et autour de lui se déplace le foyer et le film de façon synchrone.

Au cours de l'évolution du procédé, des systèmes avec des centres de rotation différents et plus ou moins nombreux ont existé. Ainsi, le système Panorex possédait 2 centres de rotation.

Par la suite, le système a été amélioré par le modèle développé par Siemens avec 3 centres de rotation.

Enfin, Général Electics a proposé un système à déplacement continu.

Aujourd'hui, des systèmes encore plus automatisés permettent de réaliser des OPT directement au cabinet dentaire (système Orthophos de Sirona par exemple). Ces systèmes peuvent réaliser des clichés numérisés avec traitements et archivages des images.

Précisons que le système Orthophos possède différents programmes, avec notamment un programme Appareil sinusien.

Notons également que, avec le système moderne tomodynamométrique couplé à un logiciel de reconstitution, on obtiendra une image panoramique à partir d'une coupe axiale qui sert de référence pour le choix de la zone à étudier par la suite.

- Intérêt :

Les intérêts de l'OPT résident dans ces avantages qui sont indéniables.

Tout d'abord, l'OPT a un avantage économique. En effet, malgré un coût financier faible ainsi qu'une exposition minimale aux rayons X, il permet d'obtenir de nombreuses informations. De plus, l'utilisation correcte de l'OPT permet un examen de débrouillage, toujours nécessaire, et parfois même suffisant.

Ensuite, L'OPT permet une comparaison bilatérale, toujours intéressante.

Enfin, il permet une analyse même rapprochée dans l'étude des rapports des dents avec leurs structures de voisinage (sinus maxillaire notamment).

- Place de la radiographie panoramique dans l'imagerie des sinus maxillaires :

Comme on vient de le dire, d'un point de vue purement anatomique, ce cliché permet d'apprécier le plancher du sinus maxillaire et les problèmes de la paroi inférieure. Il permet, en plus, de mettre en évidence l'os alvéolaire, les racines dentaires et les rapports du fond du sinus avec les racines dentaires adjacentes.

En implantologie, l'OPT est un élément indispensable à l'évaluation d'un site implantaire. Il donne une vue globale de l'état des dents restantes et une notion fondamentale de dimension horizontale.

- Limites de la méthode panoramique :



Figure 22 : OPT

1, Processus condylien de la mandibule. 2, Processus coronoïde de la mandibule. 3, Branche montante de la mandibule. 4, Angle de la mandibule. 5, Portion horizontale de la mandibule. 6, Symphyse. 7, Incisive. 8, Canine. 9, Prémolaire. 10, Molaire. 11, Sinus maxillaire. 12, Cavité nasale. (99)

Les limites de l'OPT sont de deux types :

- Radiologiques :

Il existe un flou d'effacement des structures hors coupe inhérent au principe de la zonographie. Ainsi, pour des dents antrales, la difficulté réside dans la superposition des clartés et des contours sinusiens avec l'image de la dent elle-même. De plus, l'interprétation de faux positifs, dus à ces superpositions, constitue une source d'erreur dans le diagnostic des sinusites maxillaires.

- Anatomiquement :

Il est difficile de réaliser une localisation topographique. Seule l'approximation méso-distale est possible. Ainsi, les apex dentaires, qui se

trouvent en dehors de la coupe panoramique, auront une image difficile à analyser.

De surcroît, dans le secteur qui nous intéresse, il existe divers éléments défavorables parmi lesquels on trouve, par exemple, la projection du palais osseux et de la limite supérieure de l'opacité linguale sur le fond des sinus maxillaires. On parle de faux-postifs.

Ajoutons également que L'OPT implique une déformation ainsi qu'un agrandissement inconstant. Il est donc impossible de réaliser des mesures précises, notamment en implantologie, comme le souligne Missika et coll dans la revue d'odonto-stomatologie.

4.2.2.3 Radiographie numérisée et RVG (65)

Les techniques restent les mêmes, mais au lieu d'utiliser un film radio classique, on utilise un capteur électronique (intra-buccal pour la RVG).

La RVG permet de réduire la dose d'irradiation (80%), ainsi que le temps nécessaire puisque le développement est quasi immédiat.

De plus, l'image numérisée peut être travaillée. De cette façon, on peut opérer des zooms, des rehaussements, un fenêtrage ou bien encore une inversion.

Comme on l'a dit pour l'Orthophos, la numérisation va permettre un archivage des clichés avec une qualité qui restera identique dans le temps.

4.3 L'imagerie en coupes

4.3.1 Notions fondamentales de l'imagerie en coupes

4.3.1.1 Terminologie concernant l'orientation des coupes (38)

L'apparition des techniques d'imagerie en coupes amène à travailler, non plus sur un plan, mais dans le volume. On s'est rapidement rendu compte que les termes classiques de face, profil, oblique étaient insuffisants pour examiner la diversité des orientations. On parle donc désormais de coupes axiales, perpendiculaires au grand axe du corps (coupes d'acquisition au scanner), coupes sagittales (antéro-postérieures), et des coupes frontales ou coronales. Ces coupes peuvent être strictement axiales, sagittales, coronales ou plus ou moins obliques.

L'exploration dento-maxillaire complique les choses à cause de la forme curviligne des structures explorées (maxillaire et mandibulaire). Il importe alors de ne plus utiliser comme référentiel le corps humain, mais la courbe du maxillaire. L'exploration pouvant être tangente à celle-ci ou perpendiculaire à la tangente, c'est-à-dire en travers du maxillaire, on utilisera alors le terme de coupes transverses. On ne parlera pas de coupes sagittales obliques ou frontales obliques, mais de coupes tangentielles.

4.3.1.2 Notions d'images radioclares et denses (13)

Les images radioclares et denses résultent du phénomène physique d'atténuation du faisceau incident, homogène, de rayons X par les composantes de la structure anatomique traversée.

L'image sera d'autant plus claire (noire) que le faisceau incident est atténué :
Elle apparaîtra radioclaire, si elle se projette sur une structure plus opaque.

L'image sera d'autant plus dense (blanche) que le faisceau incident est atténué :
Elle apparaîtra radio-opaque, si elle se projette sur une structure plus claire.

La même structure liquidienne apparaît opaque sur l'air (le sinus), et claire sur l'os.

Il est illusoire de demander à l'imagerie, en dehors de quelques cas très particulier, un diagnostic de certitude, car « le diagnostic de ces images appartient sans conteste à l'histologie même si dans certaines circonstances, l'aspect radiologique peut être évocateur sinusien caractéristique et alors volontiers trompeur. » (41)

4.3.1.3 Facteurs de qualité de l'image (19, 22, 29)

- Notion du pixel et du voxel :

- 2D

Une image numérique plane est constituée par une trame de points appelés pixels (contraction de « picture element »). La taille et le nombre des points par unité de longueur déterminent la matrice. Le nombre de points constituant l'image est dénommé matrice. La taille de chaque point correspond au rapport de la longueur de l'image dénommée FOV (Field of view) sur la matrice et est donc proportionnelle à la FOV et inversement proportionnelle à la matrice.

- 3D

En 3D s'ajoute une 3^{ième} dimension et transforme le pixel en voxel (volume element). Dans le cas du scanner et de l'IRM, cette 3^{ième} dimension correspond à l'épaisseur de la coupe.

Un voxel est donc un parallélépipède, dont la taille est définie par la longueur de leurs arêtes.

- La résolution spatiale :

La résolution spatiale correspond à la finesse de l'image. Elle est d'autant meilleure que le nombre de pixels (2D) ou de voxels (3D) est grand par unité de volume.

Pour augmenter la résolution spatiale, il faut donc diminuer la taille du champ et de l'épaisseur de coupe, ou augmenter la matrice.

- Le volume isotrope ou anisotrope :

Un voxel est dit isotrope, si les 3 arêtes ont la même dimension.

Il est anisotrope, si au moins une de ses arêtes a une dimension différente. Dans le cas du scanner des maxillaires, l'épaisseur de coupe (min 0,57mm) est supérieure à l'arête des pixels de la coupe native (0,52mm). Le volume est donc anisotrope. Il en résulte que la résolution spatiale est variable en fonction de l'orientation des coupes 3D de l'examen. La résolution est maximale à l'examen des coupes natives et diminue sur les reconstructions dans les autres plans.

L'idéal est d'atteindre un voxel isotrope, c'est-à-dire une forme de cube où la résolution spatiale sera constante, quelque soit l'orientation des coupes reconstruction.

L'épaisseur de coupe est égale au côté du pixel et ainsi la résolution spatiale est constante, quelle que soit l'orientation du plan d'examen.

4.3.1.4 La résolution en densité (23)

C'est la plus petite variation de contraste décelable par l'appareil. Elle détermine la capacité de la machine à discriminer des densités très proches l'une de l'autre.

4.3.1.5 Les artéfacts (25)

Certes, les nouvelles techniques tomodensitométriques font progresser la qualité et la précision de l'image. Cependant il existe un certain nombre d'artéfacts de nature différente, qui viennent dégrader les images de ces méthodes très sensibles et viennent fausser le diagnostic.

On distingue :

- Les artéfacts de mouvement ou cinétiques :

Ils sont dus aux mouvements involontaires ou volontaires du patient lors de la réalisation des coupes axiales, tel que la déglutition ou la respiration. Il en résulte un flou des images. Ils sont d'autant plus fréquents que la durée d'acquisition est longue. On tente de les limiter par l'utilisation de moyens de contention : têtère, bandes adhésives de fixation, support mentonnier, etc...

- Les artéfacts métalliques :

La présence d'éléments métalliques (couronne métallique, amalgames, obturations endodontiques, implants) dans le plan de coupe crée des éclats de stries concentriques étendues aux structures voisines, dégradant fortement la qualité de l'image. Des coefficients d'absorption très élevés dépassent les capacités de reconstruction de l'ordinateur.

4.3.2 Le scanner

4.3.2.1 Introduction (34, 67)

La tomodensitométrie à rayons X, développée par Hounsfield en 1972, est une technique d'imagerie de plus en plus utilisée dans la pratique médicale contemporaine. Elle a connu une évolution continue depuis son apparition. Les premiers scanners étaient à balayage séquentiel, tandis que les scanners à balayage spiralé (hélicoïdal) sont apparus en 1989.

Troisième progrès : l'utilisation de machines multi-barrettes. Ces dernières présentaient un avantage considérable, une acquisition volumique beaucoup plus rapide ce qui permet :

- de diminuer les artéfacts dus aux mouvements du patient
- une excellente étude tridimensionnelle par la qualité des reconstructions multiplanaires.
- l'obtention d'images par segmentation spatiale, permettant d'isoler la structure explorée de son environnement anatomique, facilitant l'étude de la structure à examiner.

4.3.2.2 Principe de fonctionnement

L'hypothèse de base du programme de recherche constituait dans le fait de réunir les informations de tous les constituants du corps à partir des mesures des transmissions des rayons X traversant ce dernier dans toutes les directions possibles.

4.3.2.2.1 Le principe

Le principe de base est donc l'absorption linéaire des rayons X par la matière.

Les faisceaux de rayon X, traversant un objet, subissent une atténuation par absorption et diffusion, ce qui dépend de la composition anatomique de l'objet et de l'énergie de rayons incidents.

Ainsi : $I = I_0 \cdot e^{-\mu L}$

- Avec :
- I : intensité du rayonnement transmis
 - I_0 : intensité du rayonnement incident
 - μ : coefficient d'atténuation linéaire
 - L : épaisseur de l'objet

Les valeurs des coefficients d'atténuation ont été définies par Hounsfield (Unités Hounsfield : UH) qui a donné à l'eau le niveau 0, à l'air le niveau -1000 et à l'os le niveau +1000.

On possède donc des unités de Hounsfield rapprochée à une échelle des gris.

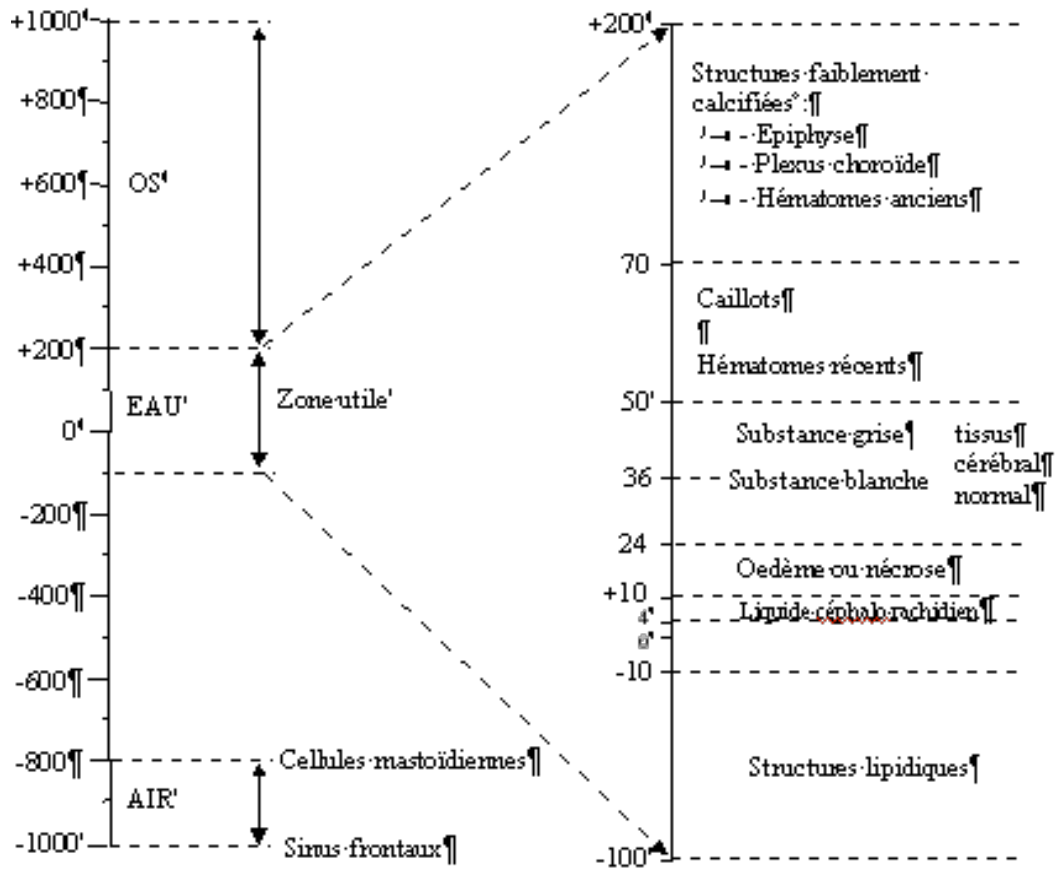


Figure 23 : Echelle d'absorption de Hounsfield (au niveau du crâne)
(34)

4.3.2.2 La technologie

Cette méthode radiologique donne des images d'une coupe du corps avec une étude des densités plus de 100 fois plus précise que pour la radiographie conventionnelle.

Pour obtenir une image, un appareil de tomodynamométrie comporte :

- un générateur à haute tension
- un tube à rayons X
- un système de filtration et deux systèmes de collimation : au niveau du tube et des détecteurs
- un système de détection
- et enfin, une électronique d'acquisition qui transforme un signal électrique issu des détecteurs en une image numérique qui sera traitée et stockée.

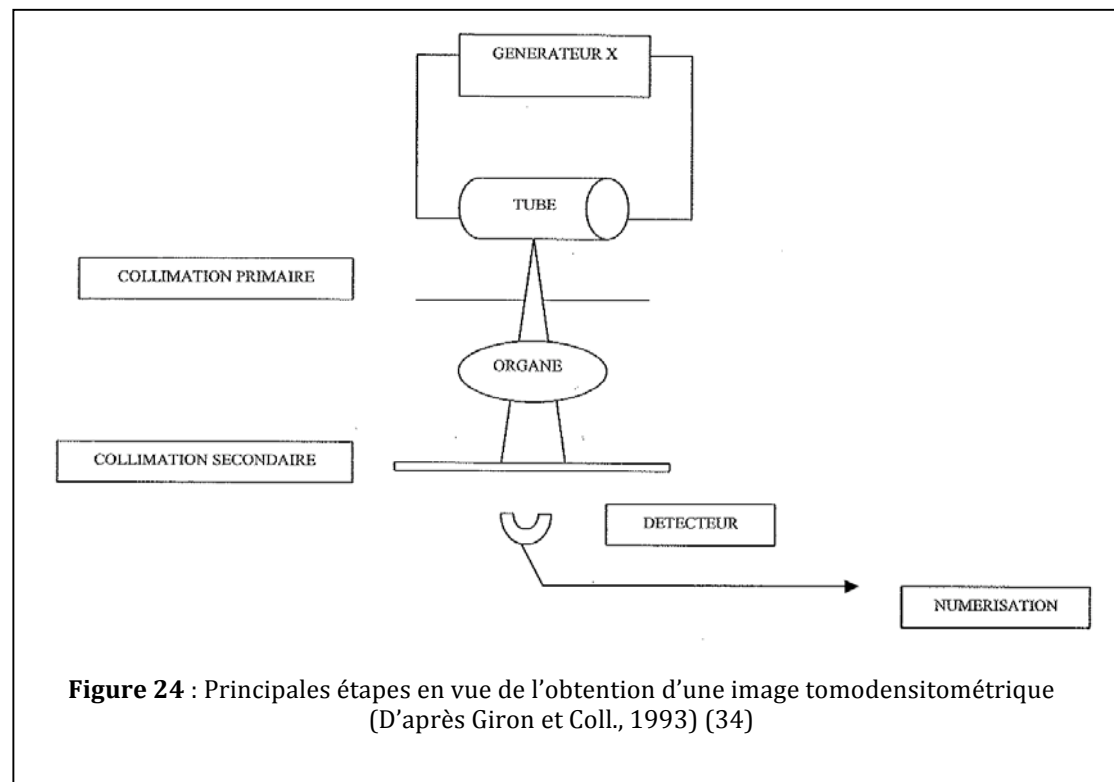


Figure 24 : Principales étapes en vue de l'obtention d'une image tomodynamométrique (D'après Giron et Coll., 1993) (34)

1. La source d'émission :

Il s'agit d'un tube à rayons X alimenté par un générateur haute tension (125 à 150 kV).

Le faisceau de rayons X, par rotation autour du sujet, permet des mesures de densité sous différentes projections angulaires.

2. La collimation :

La collimation se trouve à deux niveaux. Elle sert à donner une épaisseur déterminée du faisceau de rayons X.

Il existe une collimation primaire solidaire du tube X, qui diminue la diffusion et fixe l'épaisseur de la coupe.

Un collimateur secondaire est placé devant les détecteurs, il est destiné à arrêter le rayonnement diffusé. Il est constitué d'une série de lamelles de plomb.

Une coupe très fine, donc très collimatée, nécessite un flux incident de plus haute intensité et un temps de pose plus long.

Le technicien aura un compromis à trouver entre la précision et la durée de l'examen et l'irradiation du patient.

3. La détection :

Le système est formé d'un détecteur primaire, qui mesure le rayon avant la traversée de l'organe à étudier, et de détecteurs secondaires, qui mesurent la densité des rayons X après leur atténuation dans le corps.

Les détecteurs sont une des clefs de la qualité de l'image et des performances d'un tomodynamomètre. Ils sont ultra sensibles et déterminent, à chaque étape du mouvement, une valeur de densité par comparaison entre le nombre de photons émis et le nombre de photons mesurés après atténuation.

Il existe trois types de détecteurs : les scintillateurs, les chambres d'ionisation, les semi-conducteurs.

- les scintillateurs : ce sont des cristaux photo-luminescents (iodure de sodium, de césium ou luminescents de bismuth), capables de transformer les photons absorbés en photons lumineux. Ceux-ci seront convertis en électrons par un photomultiplicateur. Ils ont un temps de réponse et un rendement intéressant, mais leur rémanence est importante.
- Les chambres d'ionisation : des cellules de xénon sous pression sont séparées par des cloisons de tungstène alignées selon l'éventail du rayon X incident. La rémanence de ces chambres est faible, mais la résolution est limitée par la taille des cellules (mm ou fractions de mm) et leur rendement n'est pas excellent (50 à 65%). Ce sont les plus utilisées actuellement.
- Les semi-conducteurs : ce sont des détecteurs d'avenir de très petite taille et très sensibles, présentant en plus une rémanence élevée.

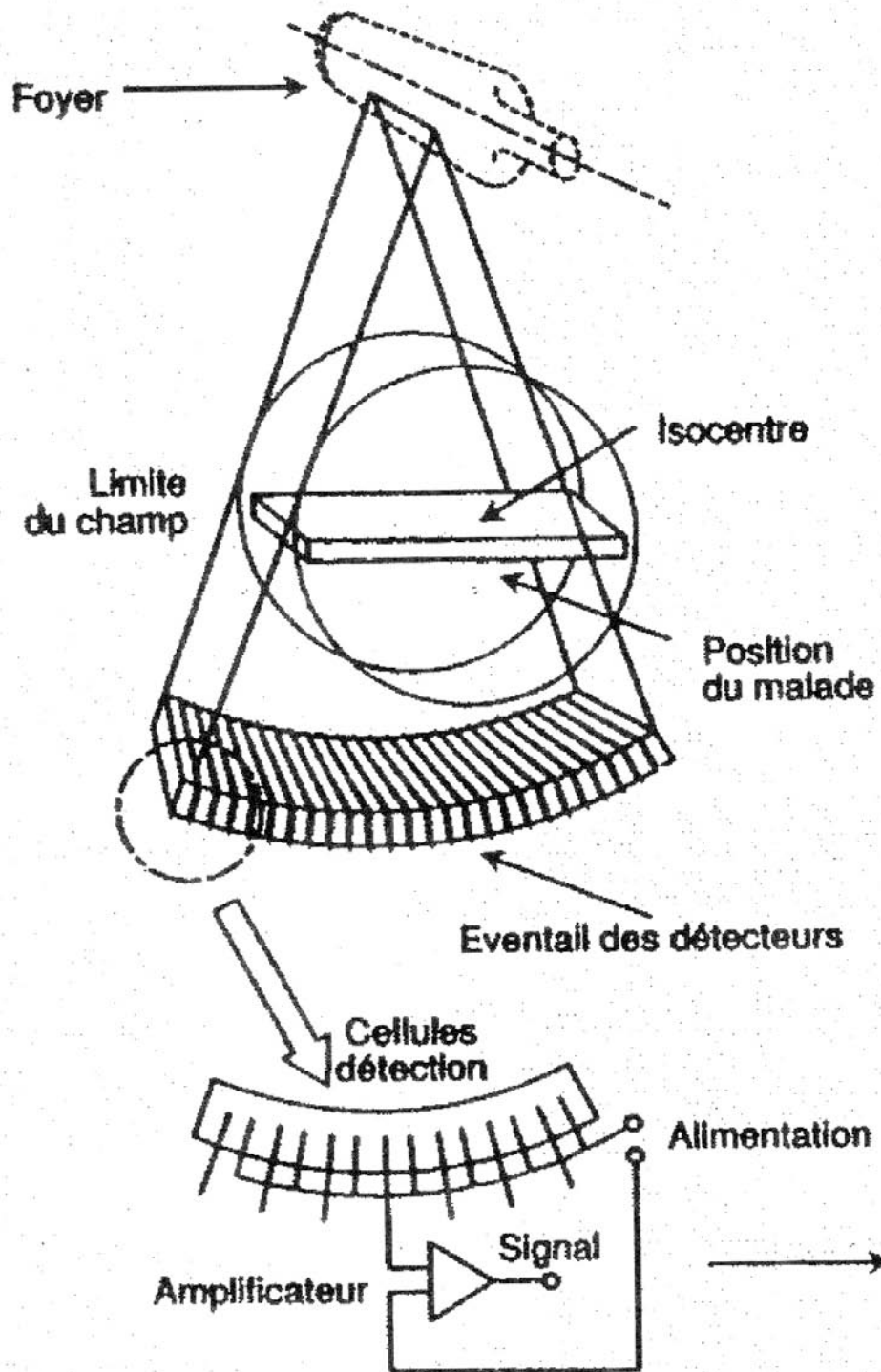


Figure 25 : Principe de la détection.(D'après Giron et coll.,1993) (34)

4.3.2.3 L'acquisition

4.3.2.3.1 Généralités :

L'acquisition des données se réalise selon un système de multi-projections, car une seule de ces projections ne suffirait pas à reconstruire la structure de la coupe.

Depuis les années 1970, la technologie des scanners a évolué, passant de l'acquisition incrémentale à l'acquisition hélicoïdale multi-barrette.

En effet, les appareils de première génération comprenaient deux détecteurs qui effectuaient des rotations.

La deuxième génération avait plusieurs détecteurs, qui effectuaient un mouvement de rotation-translation autour du patient : c'était l'acquisition incrémentale. Ce procédé était répété jusqu'à ce que l'objet ait été traversé sous de nombreuses directions.

Les troisième et quatrième générations sont apparues en même temps, elles possèdent toutes les deux plusieurs milliers (1200 à 4800) de détecteurs qui sont juxtaposés. Dans la troisième génération, les détecteurs sont solidaires du tube, tandis que dans la quatrième, ils sont en couronne et fixes, le tube tournant dans la couronne.

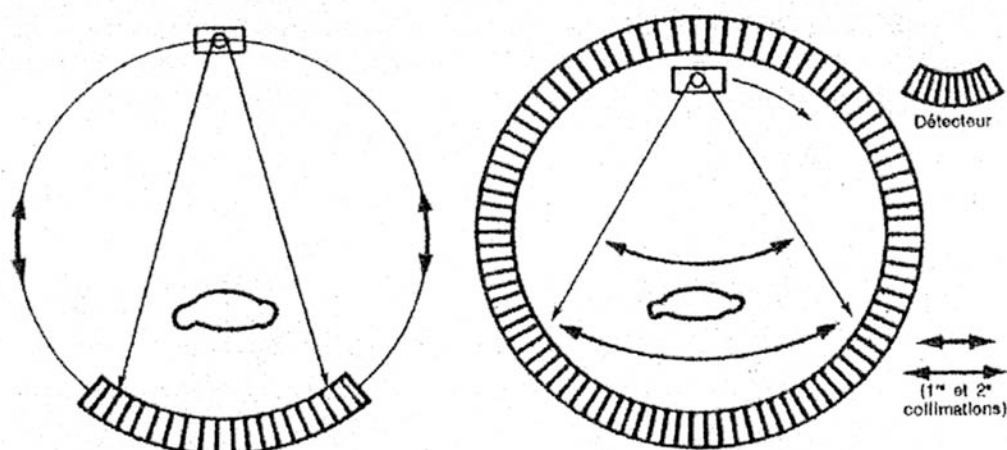


Figure 26 : Principe des 3^{ème} et 4^{ème} générations. (D'après Giron et coll.1993) (34)

Ces mesures seront stockées en mémoire et transmises au ordinateur, qui a pour mission d'affecter pour chaque volume élémentaire de la matrice (luminescente) une valeur de densité moyenne.

4.3.2.3.2 L'acquisition incrémentale

Le principe initial du scanner a été la translation-rotation : tubes et détecteurs reviennent à leur position initiale après chaque coupe, ce qui engendre un temps mort.

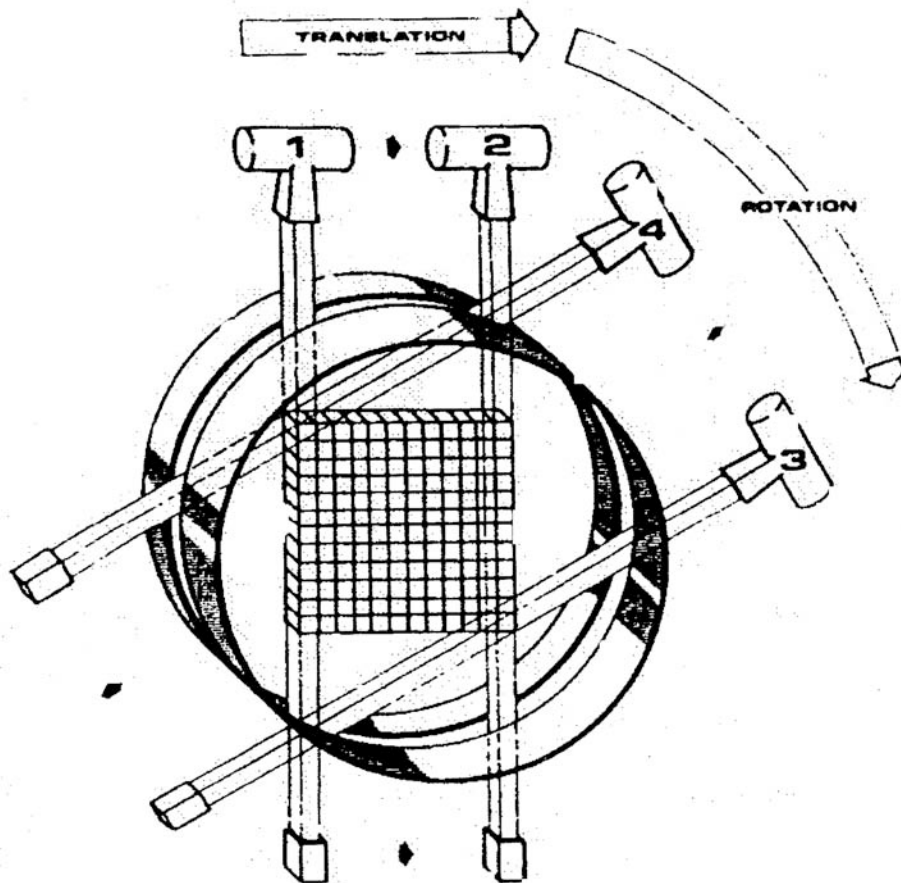


Figure 27 : Principe de l'acquisition tomodensitométrique : translation, rotation angulaire, détermination des luminescents (D'après Cavezian et coll.2001) (13)

4.3.2.3.3 L'acquisition hélicoïdale(6) :

Le deuxième principe apparu est la rotation continue. Le tube et les détecteurs tournent à vitesse constante, la reconstruction sera d'autant plus précise que le nombre de mesures est important.

La table d'examen est mobile, avance à vitesse constante et la rotation est continue. L'émission des rayons X et l'acquisition des données sont constantes pendant tout l'examen. Cela permet l'exploration d'un volume anatomique en un temps très court.

L'acquisition hélicoïdale a dû bénéficier des modes de calcul, permettant la suppression des artéfacts dus à l'acquisition mobile.

Le trajet, suivi par le tube et les détecteurs, est une hélice, ce qui a donné son nom à cette acquisition.

Si l'acquisition est réalisée en apnée, elle aboutit à l'exploration totale et unique d'un volume (dans le cas contraire, il est exploré de façon inégale).

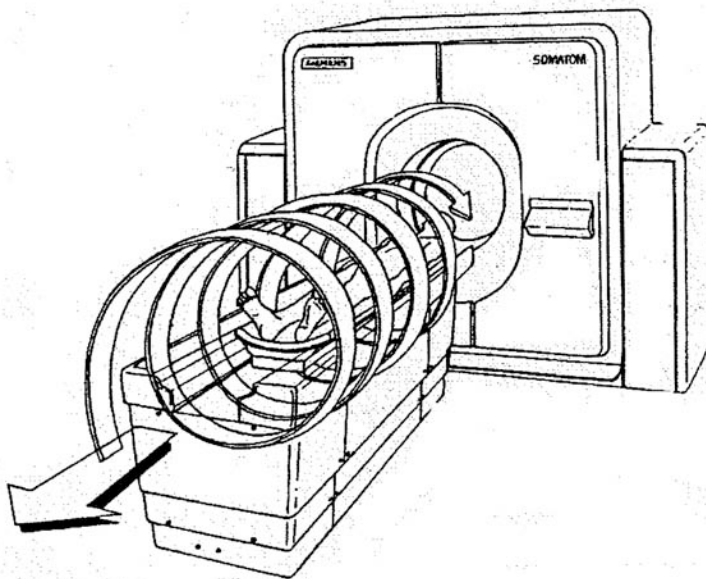


Figure 28 : Principe du scanner hélicoïdal (D'après Blum et Régent, 1997) (6)

4.3.2.4 Réalisation de l'examen

Deux étapes sont nécessaires à la réalisation de l'examen :

- La réalisation d'un « Scout view » :

Le « Scout View » constitue une étape primordiale et indispensable de l'examen tomodynamométrique. La prise de deux clichés orthogonaux permet de faire un centrage plus précis de la zone à explorer. Elle nécessite l'immobilisation complète du patient. Le patient correctement installé, on réalise tout d'abord un centrage visuel à l'aide de marqueurs lumineux. Par la suite, deux clichés de face et de profil sont acquis, ce qui permet d'affiner le centrage sur ces clichés à l'écran dans les plans horizontaux (plans X, Y). L'affinage en hauteur sera fait par déplacement du patient (plan Z).

- L'acquisition des images :

Grâce à l'étape de « Scout View », on choisit les plans de coupe que l'on souhaite et on procède à l'acquisition des clichés.

4.3.2.5 Technique de scanner et logiciel de reconstructions spécifique (5, 14, 81)

L'évolution des techniques et le développement d'appareils plus performants ont permis de coupler le scanner à un logiciel de reconstruction appelé Dentascan[®]. Le Dentascan[®], développé par la société General Electric, est un programme informatique semi-automatisé de reconstructions bidimensionnelles (2D) qui permet d'explorer les structures maxillo-faciales. Deux types de reconstructions sont obtenus à partir de l'empilement des coupes axiales :

- Des reconstructions parallèles à la courbure de l'arcade (on les appelle alors reconstructions courbes ou « panoscans »)
- Des reconstructions perpendiculaires à cette courbure (on les appelle alors reconstructions orthogonales ou obliques)

Initialement développé dans une visée de bilan préimplantaire, l'utilisation de ce logiciel se révèle d'une grande utilité dans le cadre de pathologies maxillo-mandibulaires.

4.3.2.5.1 Principe

L'examen peut être réalisé avec un appareil à rotation alternée ou avec une machine plus récente à rotation continue. La diminution du temps d'acquisition chez les nouveaux appareils à rotation continue diminue considérablement le nombre d'artéfacts sur la reconstruction.

4.3.2.5.2 L'acquisition des plans de coupes s'effectuant en coupes axiales

- Pour le maxillaire : le plan de coupe est parallèle au palais osseux. L'examen se déroule de bas en haut, depuis les couronnes des dents maxillaires jusqu'au tiers moyen des sinus maxillaires.
- Pour la mandibule : le plan de coupe est parallèle à la corticale basilaire. L'examen progresse également de haut en bas, depuis le rebord inférieur de la corticale jusqu'aux couronnes des dents mandibulaires.
- Le plan d'occlusion, parallèle au plan d'occlusion des dents, est effectué pour l'une ou l'autre arcade en cas d'un examen centré particulièrement sur les dents, ou conformément à la demande de certains implantologistes.

Les coupes sont d'un millimètre d'épaisseur, jointives (espacement minimum =0.6 mm) ou chevauchées (espacement minimum=0.3mm) : dans ce dernier cas, la qualité de reconstruction est meilleure, mais le temps d'examen et d'irradiation est majoré.

La matrice est de 512x512 et le champ de vue est adapté à l'étude des arcades dentaires en taille réelle.

4.3.2.5.3 Reconstruction bidimensionnelle

Après l'acquisition des données, l'opérateur choisit une coupe de référence parmi toutes les coupes. La zone à examiner est délimitée à l'aide d'un curseur digital. Ces opérations validées, l'opérateur affiche d'une part le panoscan central, sur lequel sont reportés l'emplacement et la numérotation des reconstructions obliques, et d'autre part les reconstructions obliques proprement dites, sur lesquelles sont précisés les versants vestibulaires et le palatin de l'arcade.

Avec un autre logiciel de reconstruction, mais avec la même pile de coupes axiales, il est possible d'obtenir des images en 3D de l'arcade explorée. Par méthode de seuillage, l'opérateur choisit de reconstruire les parties molles, les structures osseuses ou uniquement les tissus dentaires.

4.3.2.5.4 Intérêts du Dentascan®

Examen de première intention en implantologie pour mesurer la hauteur osseuse et pour repérer les différentes structures anatomiques, le Dentascan® peut être utilisé en seconde intention en présence de lésions infectieuses, tumorales, traumatiques ou anomalies dentaires.

4.3.2.6 Inconvénients et avantages du scanner

L'évolution des nouvelles techniques tomодensitométriques et des différents logiciels informatiques accessoires ont fait du scanner un outil remarquable pour chaque praticien. La vision tridimensionnelle a amélioré la qualité de diagnostic et, par la suite, la qualité des soins qui sont devenus plus précis et plus focalisés.

Ainsi le scanner présente un certain nombre d'avantages :

- Un large champ d'examen
- Une bonne résolution spatiale
- L'étude multiplanaire
- Le logiciel associé Dentascan® focalisé sur la région maxillo-faciale
- La possibilité d'injection, le cas échéant, de produits radio-opaques pour une meilleure visualisation du tissu à examiner. (Pathologies tumorales essentiellement)
- La possibilité de reconstructions 3D et en couleurs

Cependant on observe malheureusement certains inconvénients :

- L'irradiation importante du patient, rapport intérêt/dose reçue à évaluer avant l'examen
- Le voxel anisotrope, ce qui constitue une diminution de la résolution spatiale en reconstructions multiplanaires
- Le scanner a un coût malheureusement élevé
- L'accessibilité limitée.

4.3.3 Tomographie volumique à faisceau conique

4.3.3.1 Généralités

La tomographie volumique à faisceau conique, ou encore technique du « cone beam », est la dernière évolution de la tomographie numérisée. Un générateur de rayons X émet un faisceau de forme conique qui traverse le volume anatomique à explorer pour être capté par une aire de détection plane. Le faisceau, émis par le générateur, est de largeur constante et se propage sous forme de pyramide ou de cône, d'où le terme anglo-saxon « cone beam CT ou encore C.B.C.T. ». Grâce à cette conicité constante, l'acquisition, en une seule rotation des données brutes concernant l'ensemble du volume à examiner, est possible sans mouvement de translation du patient, contrairement au scanner qui doit faire une rotation par coupe avec déplacement du patient pour l'acquisition des mêmes données (15).

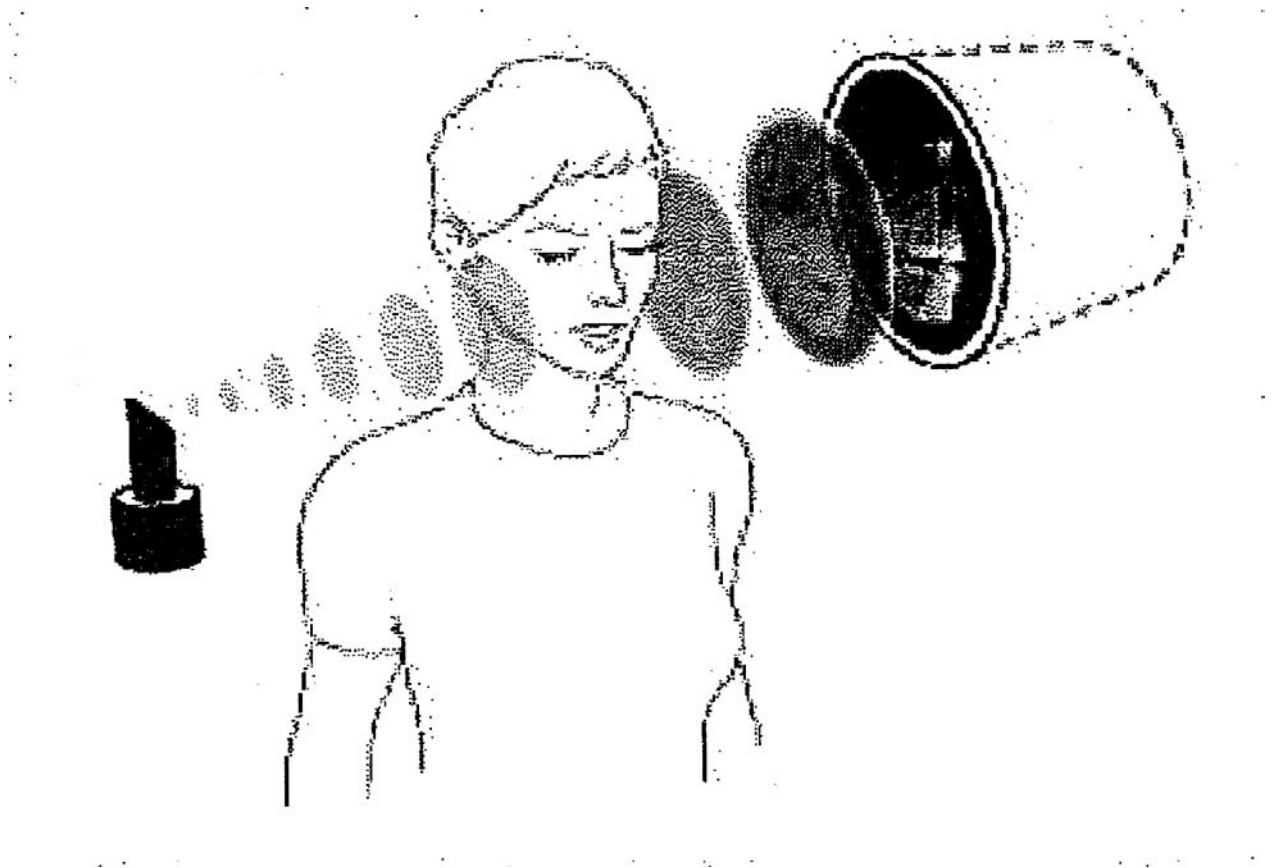


Figure 29 : Principe de la tomographie volumique à faisceau conique (87)

4.3.3.2 Principe de reconstruction mathématique (12)

Une image numérique est constituée d'une multitude de « petits carrés », appelés pixels, déterminant par le nombre la résolution spatiale de l'image (plus le nombre de pixel est élevé, meilleure sera la résolution spatiale).

En imagerie numérique, le pixel correspond, en fait, à la surface d'une unité de volume appelée voxel : le pixel représente la densité moyenne de chaque voxel. La taille du voxel va déterminer la résolution spatiale de l'image. Les voxels, acquis avec la technique cône beam, sont isotropiques (identiques dans les trois dimensions), et permettent alors une résolution d'image submillimétrique de 0.4 mm jusqu'à 0.09mm.

L'ensemble des pixels d'une image constitue une matrice, c'est-à-dire un tableau caractérisé par le produit du nombre de rangées par le nombre de colonnes.

Par le calcul matriciel, l'ordinateur détermine une valeur pour chaque pixel, qui correspondra à une nuance de gris.

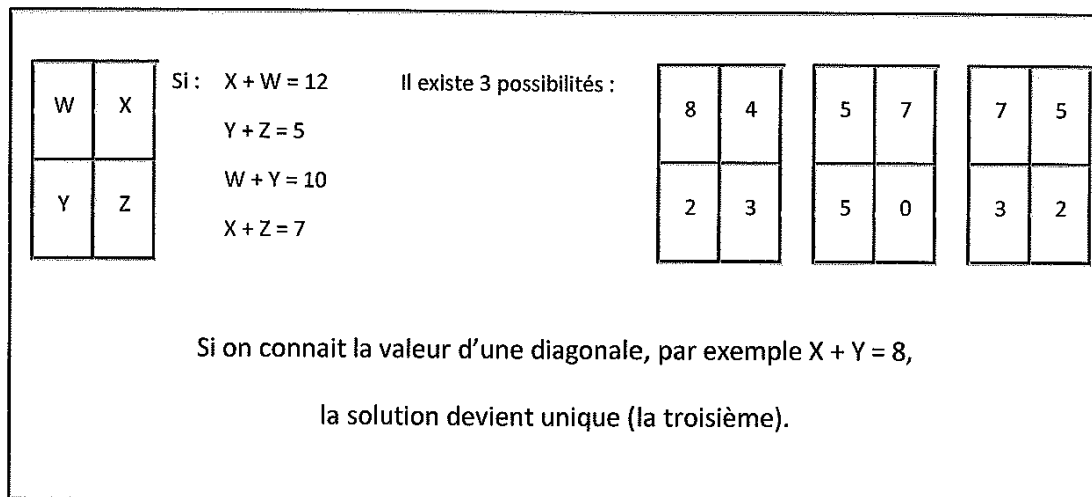


Figure 30: Principe du calcul matriciel

Les résultats de l'opération concernant les colonnes, rangées, et diagonales correspond, en fait, aux différentes atténuations mesurées par le capteur. Le principe du calcul matriciel en tomographie, c'est-à-dire le calcul de la valeur de

chaque pixel constituant la matrice, est basé sur la multiplication des incidences. En effet, à chaque degré de la rotation, il y a acquisition d'un profil d'atténuation de volume d'intérêt pour une incidence particulière.

L'ensemble des profils d'atténuation de volume vont permettre de calculer à l'intérieur de la matrice la valeur d'atténuation de chaque voxel. Les matrices utilisées dans la tomographie volumique sont des matrices 512x512, ou 1024x1024 selon les appareils.

Les valeurs des coefficients d'atténuation, ainsi calculées, sont alors rapportées à un coefficient d'atténuation de référence (celui de l'eau), afin de déterminer l'opacité radiologique (c'est-à-dire la valeur de densité) correspondante, par la relation suivante :

$O_x = 1000 \times \frac{(\mu_x - \mu_e)}{\mu_e}$
O_x : Opacité radiologique du voxel en unités Hounsfield (UH)
μ_x : Coefficient d'atténuation du voxel traversé
μ_e : Coefficient d'atténuation de l'eau

Figure 31 : Calcul des unités Hounsfield

Ces valeurs rapportées ont été définies, dans le cas de la tomодensitométrie, par HOUNSFIELD. Cette relation a conduit à une échelle standardisée (échelle d'HOUNSFIELD) utilisée sur tous les scanners. Elle repose sur trois valeurs arbitraires particulières : -1000 pour l'air, 0 pour l'eau et +1000 pour l'os dense.

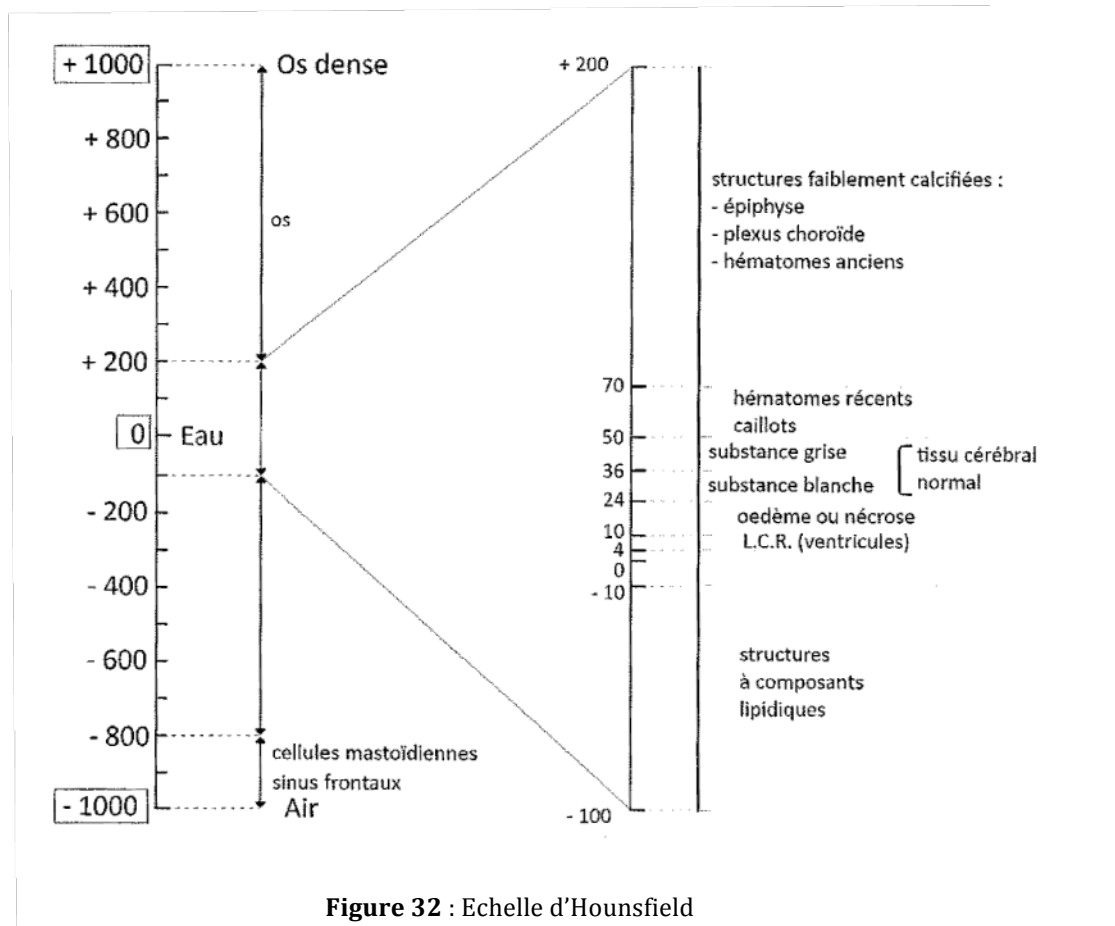


Figure 32 : Echelle d'Hounsfield

Contrairement au scanner, la technique ne permet qu'une approche des densités des tissus durs (os, dents). (54)

4.3.3.3 Acquisition des images

Le tube à rayons X et l'aire de détection sont solidaires et alignés. La rotation autour de la tête du patient est de 180° à 360°) et dure quelques secondes (variables selon les appareils), pendant lesquelles le patient doit rester absolument immobile. L'opérateur, grâce à l'affichage des images en temps réel, peut contrôler l'immobilité du patient.

4.3.3.3.1 Formation du faisceau incident conique

Afin d'obtenir un faisceau de forme conique et de direction connue, le tube possède un diaphragme, ou collimateur primaire, qui permet de focaliser les rayons, afin de déterminer la fenêtre de sortie du tube, les dimensions du champ de vue, et la forme du faisceau(44).

On obtient alors à la sortie du tube un « spot » ouvert d'environ 0,5mm de diamètre (pouvant aller jusqu'à 0,3 mm selon les appareils), formant un faisceau conique, de section rectangulaire.

4.3.3.3.2 Types de sources

Il existe deux types de sources de rayons X : la source constante, et la source pulsée (3).

La source constante, également utilisée en tomodensitométrie, consiste en un rayonnement continu pendant la totalité de la rotation et du balayage, sans interruption.

La source pulsée consiste en des expositions courtes et séparées pour chaque angle de la rotation du système. Lorsque les données sont transmises à l'ordinateur, l'irradiation est interrompue. On peut alors distinguer à

l'acquisition la durée d'exposition (qui correspond à la durée pendant laquelle le faisceau de rayons X est émis, donc pendant laquelle, le patient et le détecteur sont exposés) et la durée d'acquisition (qui correspond à la durée mise par le système pour effectuer la rotation de 360°). Cette émission pulsée explique en grande partie le caractère peu irradiant de ce type d'examen.

La principale différence entre les deux systèmes est, bien sûr, l'irradiation du patient (cf.2.1 La radioprotection des patients).

4.3.3.3 Champ de vue

Le faisceau de forme conique va ainsi capturer un volume de forme cylindrique ou sphérique selon les appareils, décrit en « champ de vue », ou champ d'acquisition, ce qui correspond à l'étendue de la zone irradiée en fonction de la zone d'intérêt (49). C'est la collimation du faisceau primaire qui détermine la dimension du champ de vue (56).

Il existe plusieurs tailles de champ de vue, et on distingue par conséquent 2 types d'appareils :

- les appareils avec un champ de vue large (Newtom[®] VG, QR; I-CAT[®], Imaging Sciences ; CB MercuRay[®], Hitachi ; Iluma[®] ; Kodak ; Galileos[®], Sirona) qui permettent de capturer l'ensemble du squelette maxillo-facial.
- Les appareils avec un champ de vue limité (3D Accuimoto[®] ; Morita ; Kodak 9000 3D[®]) qui permettent de capturer de plus petits volumes, incluant parfois deux ou trois dents.

La taille du voxel de l'image reconstruite (voxel = unité de volume) est isotrope, c'est-à-dire de dimension identique dans les trois plans de l'espace. Elle constitue

la principale différence entre les deux systèmes, tout en conditionnant la résolution spatiale et l'irradiation du patient.

En effet, l'augmentation du champ de vue impose soit l'augmentation du nombre de voxels au détriment du temps de reconstruction, soit l'augmentation de la taille du voxel au détriment de la résolution spatiale. Chaque appareil réalise donc un compromis entre la taille du volume exploré, la résolution spatiale (taille des voxels), et le temps de reconstruction des coupes par l'ordinateur.

Un champ de vue réduit permet, par conséquent, d'augmenter la résolution spatiale de l'image (par diminution de la taille du voxel) ; il permet également de diminuer la dose de rayons X reçue par le patient. Il convient donc pour le praticien de choisir, dans la mesure du possible, le champ de vue le plus limité possible.

Le choix de vue se fera en fonction de l'indication de l'examen :

les champs de vue larges plutôt consacrés à l'orthodontie ou à la chirurgie maxillo-faciale, et les champs réduits plutôt à l'endodontie ou à l'étude des dents incluses.

Il est à noter que certains appareils proposent également plusieurs champs de vue possibles, ce qui permet à l'opérateur de pouvoir choisir et adapter le volume d'acquisition en fonction de l'indication de l'examen (ProMax3D®; NewTom 3G® QR;...)

4.3.3.3.4 Traitement des images

La construction du volume se fait après une acquisition qui s'est déroulée correctement sans problèmes ou anomalies. Cette étape prend environ une minute pendant laquelle on demande au patient de rester, dans la mesure du

possible, le plus immobile possible, au cas où une nouvelle acquisition serait nécessaire.

4.3.3.3.5 Format des coupes

Il existe deux formats d'archivage des images, DICOM et BMP.

1. Format DICOM (91)

La norme DICOM (*Digital Imaging and COmmunication in Medicine*) est un document qui définit une méthode de communication pour les différents équipements d'imagerie numérique. Cette norme est maintenant utilisée par la plupart des fabricants de matériel d'imagerie médicale. Elle permet de prédire la possibilité d'interconnexion des appareils à partir d'un document de Conformité (*Conformance Statment*) émis pour chacune des machines respectant cette norme. Ainsi la norme permet aux équipements de communiquer localement, à distance ou à travers un média, en assurant la compatibilité des équipements et en éliminant les formats propriétaires.

Le but est d'obtenir les images du patient, ainsi que toutes les informations associées dans un format identique permettant l'interconnexion et l'interaction ("interperability") des équipements et de transfert de données. Toutefois, ces images ne peuvent être examinées ou imprimées que sur du matériel compatible DICOM. Le film DICOM sera donc utilisé par le radiologue pour l'impression sur le film radiologique.

2. Format BMP (92)

Le format BMP est le format le plus simple, développé conjointement par Microsoft et IBM, ce qui explique qu'il soit particulièrement répandu sur les plates-formes Windows et OS/2. Un fichier BMP est un fichier bitmap, c'est-à-dire un fichier d'image graphique, stockant les pixels sous forme de tableaux de

points et gérant les couleurs, soit en couleurs vraies, soit grâce à une palette indexée. Le format BMP a été étudié de manière à obtenir un bitmap indépendant du périphérique d'affichage.

Le fichier BMP est utilisé pour l'impression sur papier et pour le gravage de coupes sur CD-Rom, autorisant ainsi leur examen sur n'importe quel PC.

4.3.3.4 La reconstruction primaire

Après l'acquisition brute des images, celles-ci sont transférées au niveau de la console secondaire, ou unité de reconstruction, où seront réalisées les différentes reconstructions.

Les reconstructions primaires sont des coupes axiales, à partir desquelles seront réalisées toutes les autres reconstructions de coupes. Elles sont réalisées à partir des « SCOUT VIEW ».

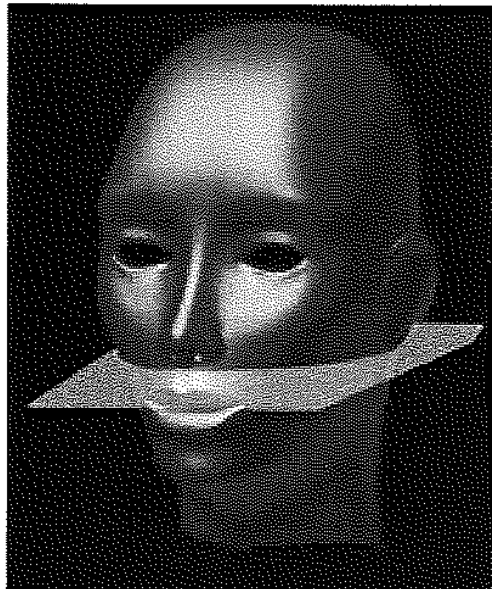


Figure 33 : Axe d'une reconstruction axiale (96)

C'est sur la vue latérale que l'opérateur délimite l'espace de reconstruction, en traçant deux plans axiaux et parallèles (une limite supérieure, et une limite inférieure) déterminant, par conséquent, l'angulation de reconstruction. C'est ensuite l'épaisseur de coupe qui choisit les différentes épaisseurs réalisables, variant d'un appareil à l'autre, de 0.125 mm à 2 mm.

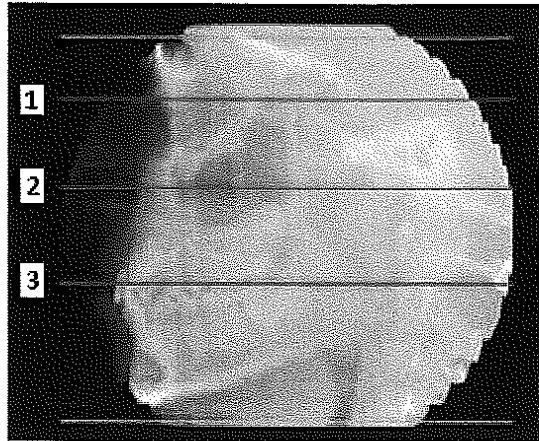


Figure 34 : Plan de reconstruction des coupes axiales sur une scout view latérale (96)

On obtient alors un empilement de coupes axiales au rapport 1/1, dont l'ensemble constitue les « volumetric data ».

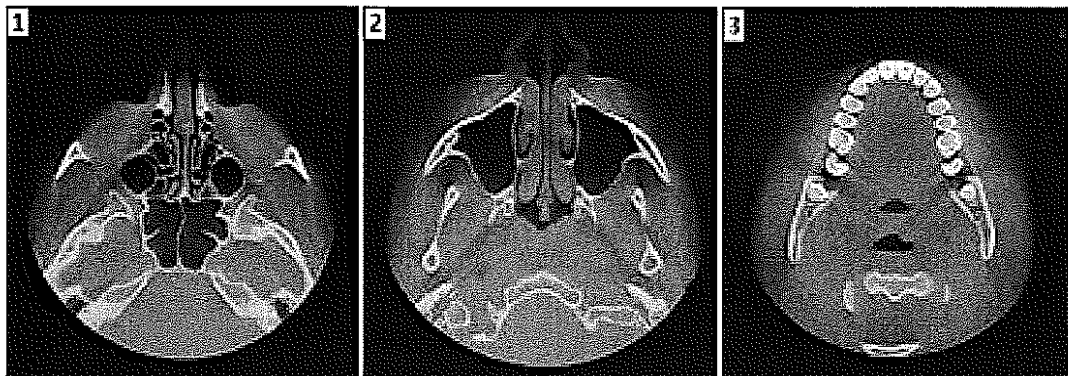


Figure 35 : Reconstructions axiales (96)

Il est important de noter qu'à partir des « raw datas », le nombre de reconstructions primaires est illimité dans leur angulation, car l'acquisition concerne tout le volume, contrairement à la tomodensitométrie.

Le temps de reconstruction de ces coupes est variable en fonction de l'appareil, donc de l'équipement informatique sur lequel elles sont réalisées.

C'est à ce niveau, sur les coupes axiales primaires, que s'effectue le fenêtrage, c'est-à-dire le choix de l'échelle de gris.

4.3.3.5 Le fenêtrage

Le fenêtrage consiste à sélectionner, sur l'échelle des densités, la fenêtre d'exploration en fonction des structures à étudier. Le pouvoir discriminatoire de l'œil étant d'une vingtaine de tons de gris, il est nécessaire d'adapter l'image à la région à explorer, de manière à exploiter au maximum les informations enregistrées.

La fenêtre représente, par convention, le nombre d'UH que le manipulateur décide de visualiser. Elle est définie comme l'intervalle de densités à représenter par la totalité de l'échelle de gris ; elle permet donc de sélectionner les 16 niveaux de gris (ou plus selon les constructeurs) qui apparaissent sur l'écran parmi les 4096.

La fenêtre varie en fonction de 3 paramètres :

- La hauteur : qui correspond à la différence entre la limite supérieure et la limite inférieure.
- La largeur : qui correspond au segment des valeurs d'atténuation auxquelles est attribuée une seule nuance de gris.
- Le centre : qui correspond au milieu de la fenêtre.

Une fois la largeur de la fenêtre choisie (la largeur de la fenêtre consiste à déployer la totalité de l'échelle de gris sur la portion arbitrairement sélectionnée de l'échelle densitométrique), le milieu de cette fenêtre doit être également défini par rapport au zéro de l'échelle (en pratique, le centre de la fenêtre doit être voisin de la valeur de densité moyenne des organes que l'on veut étudier). En dehors de cette fenêtre, les tissus n'apparaissent pas.

En augmentant la largeur de la fenêtre, le contraste diminue entre les structures de l'image ; les 16 niveaux de gris correspondent à des structures de densités très éloignées, et les structures de densités voisines apparaîtront d'un gris quasi identique. Inversement, en réduisant la largeur de la fenêtre, les niveaux de gris

correspondront à des éléments de densités voisines, permettant leur distinction à l'écran.

4.3.3.6 Reconstruction secondaire

4.3.3.6.1 Reconstruction 2D

Les reconstructions secondaires sont toujours réalisées à partir des « volumetric datas », c'est-à-dire des coupes axiales obtenues lors des reconstructions primaires, et toujours de manière perpendiculaire.

A partir d'une coupe axiale de référence, incluant la structure anatomique à analyser, l'opérateur va déterminer un axe de référence (qu'il trace sur la coupe) et choisir le type de reconstruction secondaire. Il décide ensuite :

- Du nombre de coupes : il est possible de réaliser une seule coupe selon l'axe de référence tracé, ou une série de coupes parallèles entre elles.
- De l'épaisseur de coupe : l'épaisseur minimale de coupe correspond à la taille d'un voxel (variable selon les appareils) ; toute image peut être « épaissie » en augmentant le nombre de voxel inclus dans la coupe, on parle d'image « ray sum ». (56)
- Leur espacement, dans les cas où plusieurs coupes sont réalisées.

Elles s'effectuent en temps réel, et leur nombre est infini (puisque le nombre de reconstructions axiales est limité). En effet, du fait de l'acquisition d'un volume dans son intégralité, et de la nature isotropique du voxel, la reconstruction des coupes peut se faire dans tous les plans de l'espace : on parle de reconstruction multiplanaire (MultiPlanar Reformatted images, ou MPR).

Il est à noter que les logiciels proposent des interfaces de visualisation de reconstruction, permettant l'affichage de plusieurs types de coupes simultanément, avec des axes de références permettant un repérage spatiale entre les images affichées. Le déplacement des axes avec le curseur s'adapte en temps réel à toutes les coupes, permettant une « navigation » dans le volume d'étude. (49)

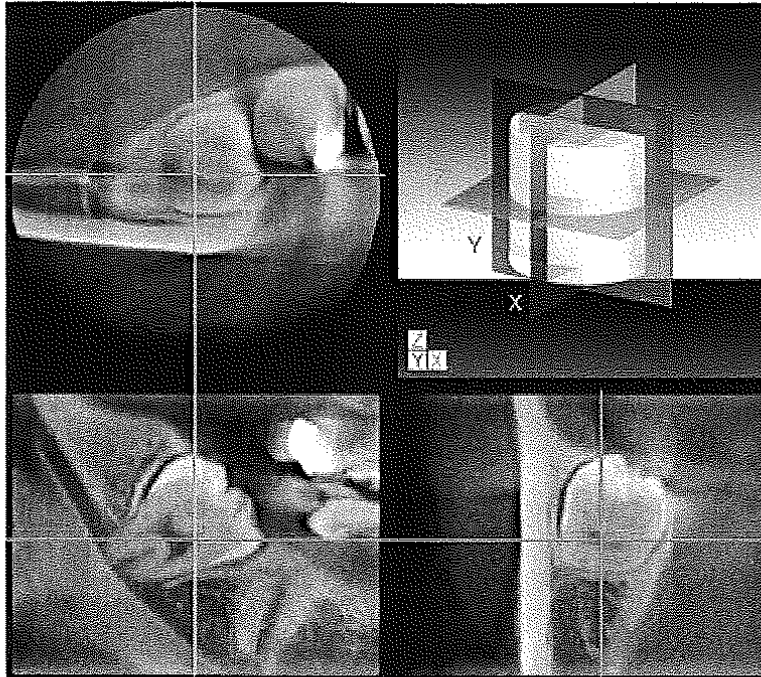


Figure 36 : Affichage simultané de 3 plans de coupe (87)

Chaque reconstruction secondaire donne naissance à un bilan appelé « study » et une ou plusieurs planches d'images appelées « report ».

Les logiciels de reconstruction permettent également, par après, de marquer des éléments anatomiques qui seront reportés sur chaque coupe (à l'échelle 1/1).

4.3.3.6.1.1 Reconstructions coronales

Les coupes coronales sont perpendiculaires à la coupe axiale de référence, et parallèles à la ligne « horizontale » tracée par l'opérateur. On obtient donc des coupes perpendiculaires au plan sagittal médian du patient.

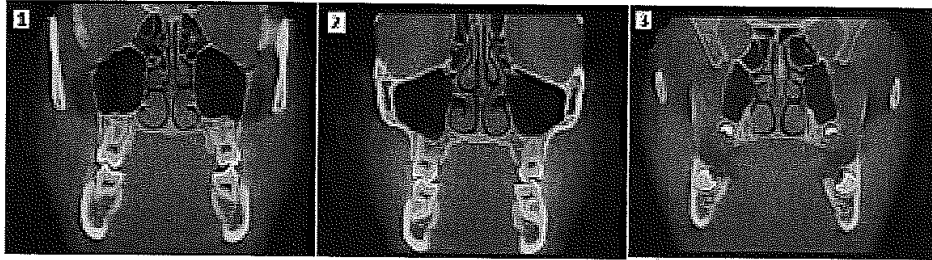
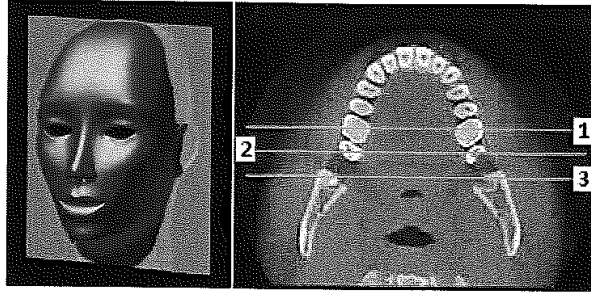


Figure 37 : Reconstructions coronales (96)

4.3.3.6.1.2 Reconstructions sagittales

Ces coupes sont perpendiculaires à la coupe axiale de référence et parallèles à la ligne « verticale », tracée par l'opérateur. On obtient, par conséquent, des coupes parallèles au plan sagittal médian.

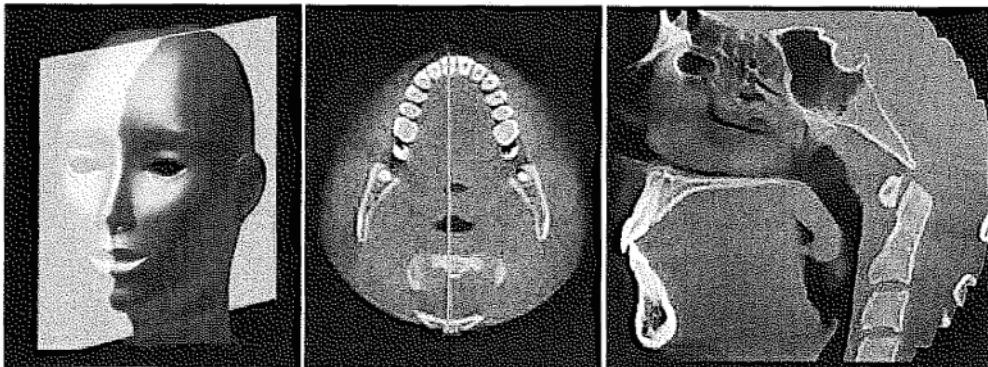


Figure 38 : Reconstructions sagittales (96)

4.3.3.6.1.3 Reconstructions transversales ou trans-axiales

Sur la coupe axiale de référence, l'opérateur trace une ligne brisée, ou parabolique de référence, en choisissant plusieurs points de référence. Les coupes transversales sont alors perpendiculaires à la coupe axiale choisie, et à la ligne de référence tracée par l'opérateur.

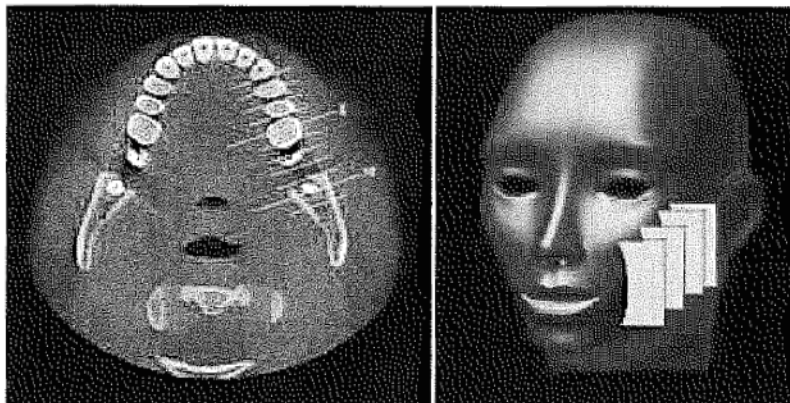


Figure 39 : Reconstructions transversales (96)

Ces coupes transversales, permettent alors de renseigner sur l'épaisseur et la hauteur vestibulo-linguale, ou palatine des maxillaires, notamment pour le diagnostic pré-implantaire.

4.3.3.6.1.4 Reconstruction planaires obliques

A partir de la coupe axiale de référence, l'opérateur peut déterminer un axe de référence oblique dans n'importe quel sens, et obtenir une reconstruction perpendiculaire à l'axe de la reconstruction primaire, ayant n'importe quelle angulation par rapport au plan sagittal médian.

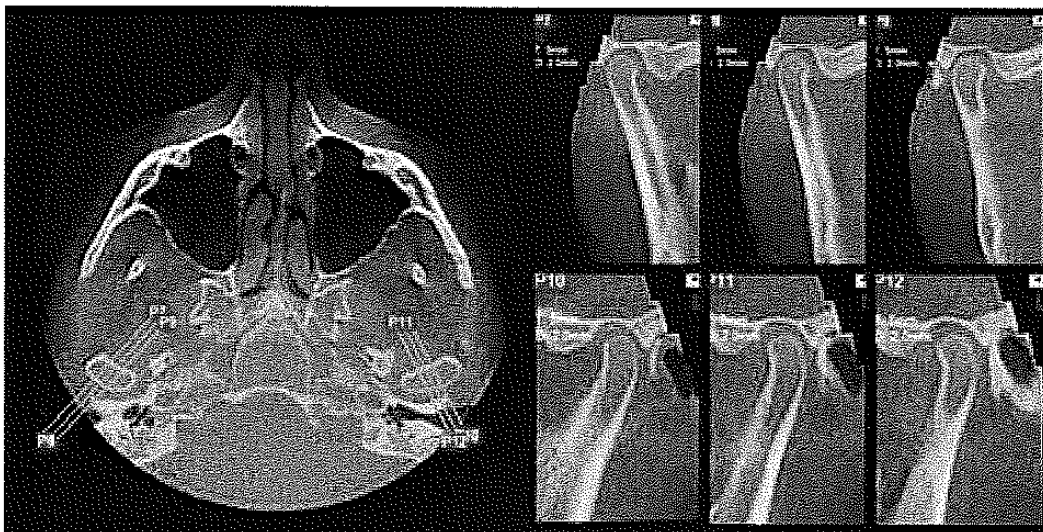


Figure 40 : Reconstructions planaires obliques (96)

Ce type de coupe est utile pour évaluer des structures spécifiques, dont certaines caractéristiques ne pourraient pas être lues sur des images coronales ou sagittales (étude des ATM par exemple ou 3^{ième} molaire.)(56)

4.3.3.6.1.5 Reconstructions longitudinales curvilignes

Ce sont des coupes perpendiculaires à la coupe axiale de référence et parallèles à la courbe tracée par l'opérateur. Celle-ci est réalisée de la même façon que pour les coupes transversales : les points de références sont déterminés par l'opérateur, réalisant une ligne brisée, qui sera « lissée » par le logiciel de reconstruction. On obtient des coupes de types panoramiques. L'opérateur peut choisir de réaliser une seule coupe, ou une série de coupes parallèles. Il détermine également l'épaisseur de coupe, et l'espacement s'il y a plusieurs coupes.

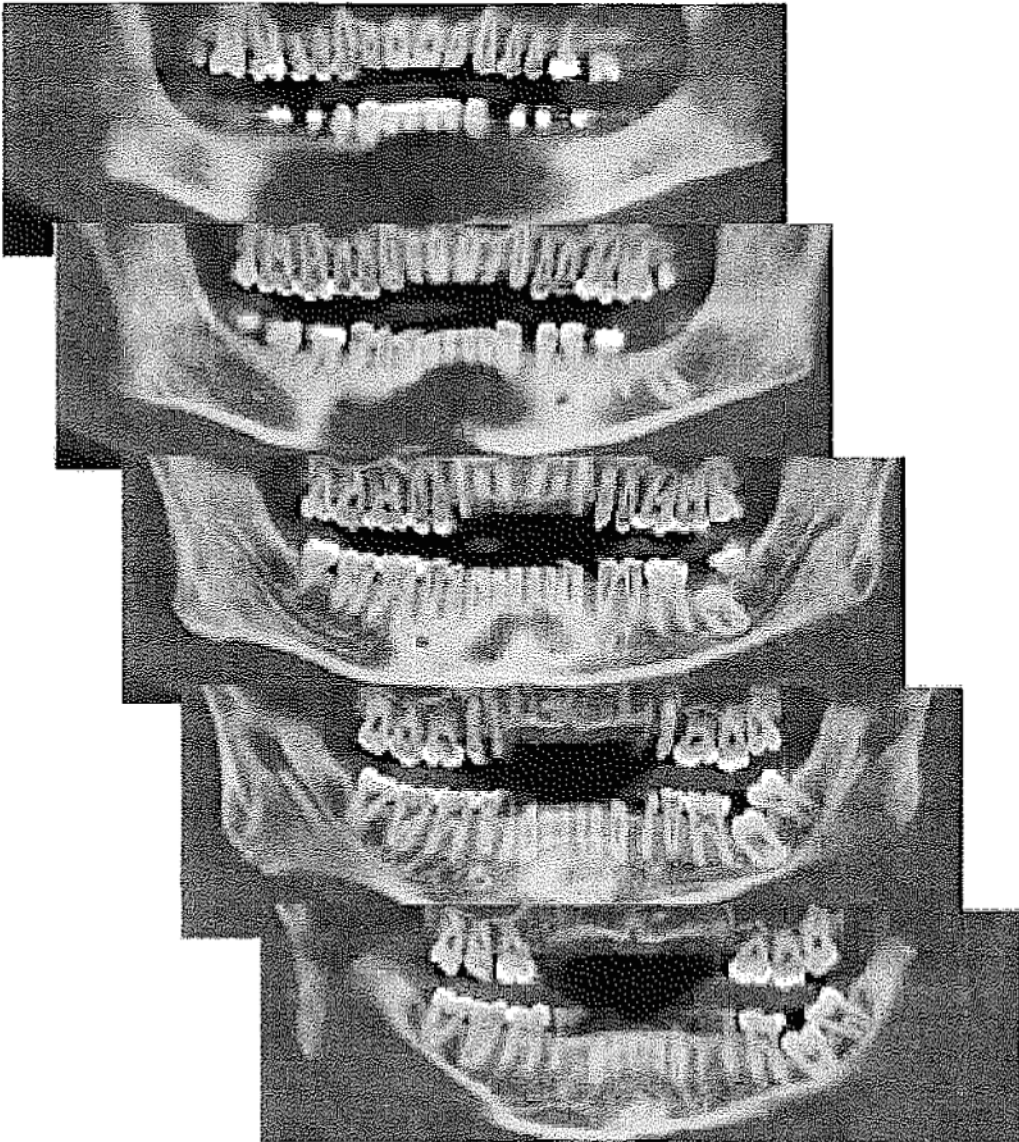


Figure 41 : Série de reconstructions « panoramiques » (89)

Les vues, ainsi obtenues, permettent d'avoir un regard dans le sens mésio-distal, afin de préciser, par exemple, l'axe d'implants et leurs distances mésio-distales.

Reconstructions « Ray Sum » ou « Ray Casting »

Toute image peut être « épaissie » en augmentant le nombre de voxels inclus dans la coupe par addition des valeurs d'absorption des voxels adjacents.

Cela permet alors d'obtenir des images donnant une impression de 3D « transparente », mais se rapprochant des techniques radiographiques classiques (Radiographie panoramique, céphalométrique latérale ou frontale), mais sans agrandissement, ni de déformation. (55)

Ces images sont cependant très bruitées, du fait de l'utilisation de la totalité des données du volume et de la superposition de nombreuses structures, ce qui peut gêner l'interprétation. (56)

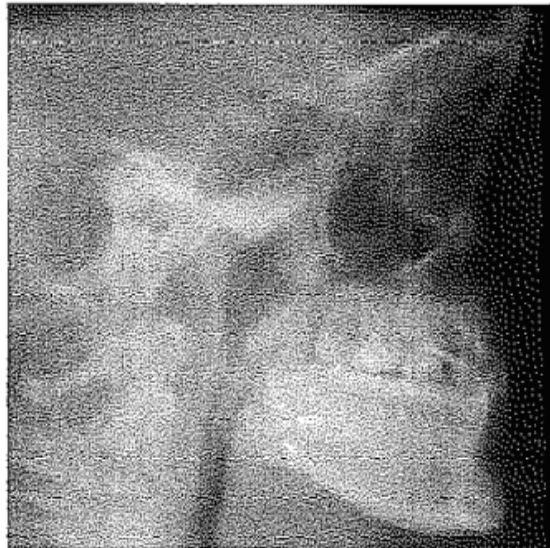


Figure 42 : Reconstruction sagittale type « ray sum » (56)

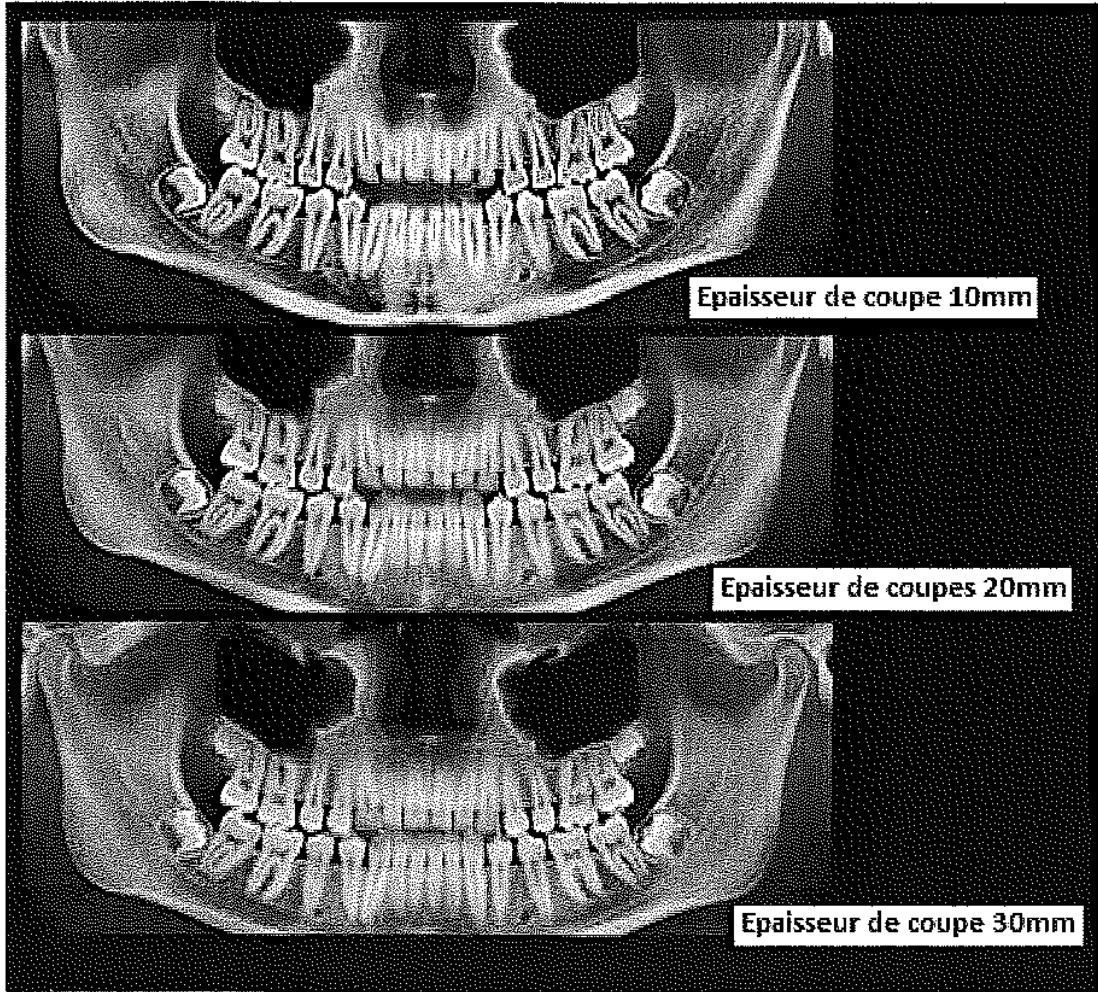


Figure 43 : Reconstructions panoramiques d'épaisseur variable (96)

4.3.3.6.2 Reconstructions 3D (3D volume rendering)

Les reconstructions 3D se réfèrent à des techniques permettant la visualisation des données avec un affichage sélectif des voxels. Il existe 2 techniques :

4.3.3.6.2.1 Rendu en volume direct (DVR) et projection à intensité maximale (MIP)

Cette technique est la plus simple des deux, et une des premières à avoir été utilisée.

Les reconstructions MIP sont réalisées en affichant seulement la plus haute valeur du voxel dans une épaisseur particulière, après évaluation de chaque valeur de voxel le long d'un rayon de projection choisi par l'opérateur dans le volume d'intérêt. Selon les exigences de qualité de l'image résultante, il existe différentes méthodes mathématiques pour trouver la valeur maximale ; les voxels, dont l'intensité est au-dessous d'un seuil arbitraire (déterminé par l'algorithme de reconstruction après considération de la gamme complète d'intensités), sont éliminés.(55)

Ce mode produit une structure « pseudo 3D » et est particulièrement utile pour représenter la morphologie de surface de la région maxillo faciale. De plus, comme tous les voxels ne sont pas utilisés (les images MIP contiennent 10% des données originales), les images sont générées rapidement. (56)

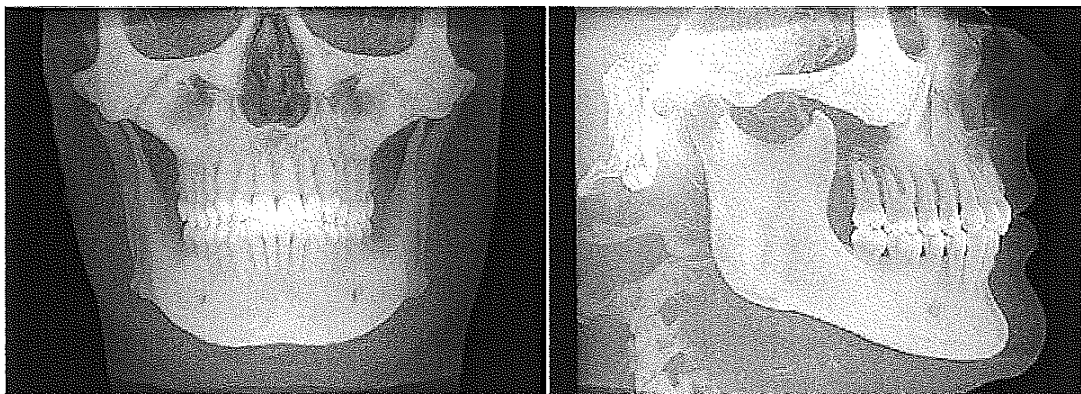


Figure 44 : MIP frontale et latérale (95)

Cependant, les images MIP possèdent une capacité limitée à représenter les interrelations spatiales des structures anatomiques, car elles ne contiennent pas d'informations sur la profondeur, et la technique ne tient pas compte de la localisation spatiale. Par conséquent, certaines structures peuvent être difficiles à interpréter.

Une technique pour corriger cette restriction est de diminuer l'épaisseur et/ou le volume de l'image de MIP (on parle de Limited Volume MIP) ; le fait de limiter le volume peut améliorer la sélection de pixel et améliorer l'exactitude de la projection.

4.3.3.6.2.2 Rendu en volume indirect (IVR)

Cette méthode est plus complexe et nécessite la sélection de l'intensité ou de la densité du niveau de gris pour être affichée. Ce processus est appelé segmentation. Les données doivent être converties en un format permettant ce processus, qui lui permet d'exposer la forme de structures visibles dans un ensemble de données volumétriques. (16)

La difficulté provient du fait que l'opérateur doit déterminer manuellement, ou grâce à une programmation, quels voxels seront inclus dans la reconstruction. La segmentation est souvent réalisée grâce à une échelle ajustable, permettant de déterminer les limites supérieure et inférieure des valeurs d'intensité. Une bonne segmentation va fournir une représentation précise de l'anatomie osseuse avec peu de bruit, alors qu'une segmentation trop faible va engendrer moins de bruit, mais également des défauts dus à une sous-représentation des corticales de faible épaisseur. (56)

De plus, cette méthode de reconstruction nécessite un logiciel spécifique d'analyse.

Le résultat obtenu est une représentation en 3D de la surface du volume, avec une profondeur, permettant la navigation entre les voxels adjacents par agrandissement, rotation...

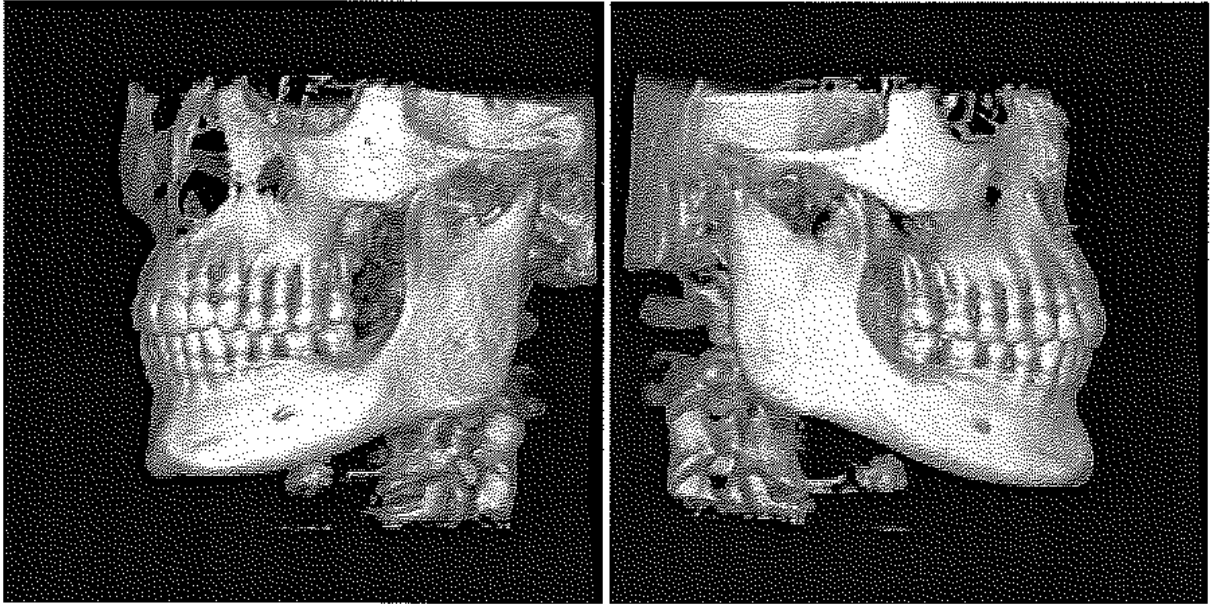


Figure 45 : Reconstructions 3D de type IVR (95)

4.3.3.7 Construction des coupes

Après l'acquisition du volume numérique, des coupes parallèles aux trois plans orthogonaux sont établies par l'ordinateur. Leurs orientations peuvent être préprogrammées avant l'acquisition.

Les plans étant sélectionnés, l'ordinateur procède à la reconstruction des images en coupe millimétrique dans les 3 plans de l'espace X, Y, Z, mais il est possible de demander n'importe quelle épaisseur et n'importe quel espacement entre 0.125mm et 5mm, dans des multiples de 0.125. (22)

Pour des coupes de 1mm d'épaisseur, prises tous les mm, on obtient :

- Dans les plans verticaux X et Y (4cm)

Les coupes s'échelonnent donc de -0.20 à +0.20, en passant par la coupe médiane 000, soit 41 coupes verticales dans le plan X et 41 coupes verticales dans le plan Y.

- Dans le plan horizontal Z (3cm)

Les coupes s'échelonnent de -015 à +015, en passant par la coupe médiane, soit 31 coupes dans le plan Z.

Ainsi, on a un total de 113 coupes numérotées et repérables par une lettre (X, Y, Z)

et un nombre qui correspond à la position en mm de la coupe par rapport au milieu du cylindre.

4.3.3.8 Examen des images sur la console

4.3.3.8.1 Logiciel iDixel (91)

C'est un logiciel qui gère la totalité des fonctions du système. La base de données contient tous les éléments : le « scout view », le dossier patient avec toutes les images numériques, y compris l'orthopantomogramme, si celui-ci est réalisé sur un appareil compatible, les acquisitions 3D et les différents « reslice » (changements d'axe) pour chacune d'entre elles, tous les outils informatiques nécessaires au traitement des images, mesures, reproductions...

4.3.3.8.1.1 Affichage des coupes (28)

Les images reconstruites sont affichées sur la console principale, dite d'acquisition, selon deux possibilités :

- Sous forme d'une visionneuse

L'image affichée pour chaque plan est celle qui est située au centre du cylindre : X000, Y000, Z000. La fenêtre de visualisation de chaque plan est traversée par deux lignes perpendiculaires, qui matérialisent la position de la coupe située dans chacune des deux autres fenêtres. Dans la quatrième fenêtre, en haut à droite (en principe, car sa position peut être modifiée), l'image (fixe) d'un cylindre entrecoupé de trois plans de couleurs différentes permet de matérialiser les trois plans orthogonaux. Trois autres fenêtres donnent la position de chaque plan :

Dans **le plan Y**, le déplacement de la ligne verticale permet de faire défiler les coupes dans le plan X, et celui de la ligne horizontale fait défiler les coupes dans le plan axial Z.

Dans **le plan X**, le déplacement de la ligne verticale permet de faire défiler les coupes dans le plan Y.

Dans le **plan Z**, le déplacement de la ligne horizontale fait défiler les coupes dans le plan Y.

- Sous forme d'une fenêtre affichant la totalité des coupes dans chaque plan X, Y, Z à la suite

Ce mode d'affichage est essentiellement utilisé en vue d'une impression ou d'un gravage de CD.

4.3.3.8.1.2 Traitement des images sur console

1. Changement d'axe ou « Reslice »

Pour une meilleure appréciation de la zone d'intérêt, l'opérateur doit souvent changer l'orientation des coupes pour pouvoir mieux les examiner et interpréter (68). Cette opération d'optimisation peut se faire dans les 3 plans de l'espace, mais de préférence dans les plans X et Y. La résolution spatiale reste toujours la même, quel que soient les changements d'axes effectués grâce au caractère isotrope des voxels.

L'utilisation du « reslice » est fondamentale. Il permet, en effet, de disposer les coupes de la façon la plus pertinente en fonction du problème posé, afin d'exposer sous le meilleur angle possible certaines lésions, de façon à en montrer les rapports et les caractéristiques propres (13).

Temam (56) donne l'exemple d'une perforation de paroi kystique dans le sinus qui sera visible dans un plan perpendiculaire à cette perforation, mais sera peu ou pas visible dans un plan oblique ou parallèle : c'est la **loi des incidences tangentielles** : « on n'objective d'autant mieux l'interface entre deux structures

de densités différentes que si le rayon incident est tangent à ces deux structures. »

2. Histogramme

Afin d'améliorer l'appréciation des images, la première opération consiste à améliorer la luminosité et le contraste (intervalle 0 à 255). En effet, la présence de matériel métallique peut rendre la qualité d'image médiocre. Grâce à cet histogramme, l'opérateur peut retrouver aisément une qualité d'image nettement améliorée.

3. Mesures de distance et d'angles

Il existe des outils qui permettent de faire des mesures sur n'importe quelle coupe et de les reproduire sur le film.

4. Mesure de densité

La mesure s'effectue le long d'un trait que l'on trace sur une image sélectionnée en traversant les structures à évaluer.

La validation par double « clic » entraîne automatiquement l'apparition d'une autre fenêtre, contenant l'histogramme de densité le long de cette ligne. L'échelle de densité s'étend de 0 à 200 environ. Il n'y a aucune correspondance avec les unités Hounsfield du scanner. L'air a une densité proche de 0, l'os compact et les tissus dentaires s'approchent de 200. Il convient d'avoir une certaine expérience pour évaluer une ostéopénie. Ces mesures sont reproductibles et permettent de réaliser des mesures comparatives chez le même patient pour évaluer, par exemple, une prise de greffe ou la réhabilitation osseuse d'une zone d'avulsion. Il convient, dans ce cas, de s'assurer que les niveaux de coupes et les zones sont superposables sur les différents examens dans le temps.

4.3.3.9 Avantages et inconvénients

4.3.3.9.1 Avantages

4.3.3.9.1.1 Dosimétrie réduite et temps d'acquisition réduit

Différentes études ont mis en évidence le faible taux de rayons X émis lors de l'imagerie à faisceau conique, comparé à une exploration tomodensitométrique conventionnelle (42). La radioprotection, étant sous le feu de l'actualité, les progrès concrets dans ce domaine sont assurés d'un impact non négligeable, aussi bien au niveau des professionnels de santé et des instances gouvernementales qu'au niveau de la « clientèle ». Le principal avantage de cet examen d'imagerie, à savoir la minimisation de l'exposition pour des acquisitions volumiques, trouve son bénéfice maximal dans l'utilisation chez l'enfant (74).

Schulze, et al. (57) ont étudié, à l'aide d'un fantôme sur un panel d'examens, l'absorption des rayons X au niveau de différents sites anatomiques. Les conclusions positionnent les techniques de tomographie volumétrique numérisée comme légèrement plus irradiantes qu'une radiographie conventionnelle, mais nettement moins que les techniques tomodensitométriques. La dose effective, absorbée par les tissus lors d'une exploration maxillo-faciale avec le système NewTom 9000, est de 50,27 mSv . Comparativement, elle est d'un minimum de 3,85 mSv pour les orthopantomographes de dernière génération, de 33 à 84 mSv pour un bilan rétroalvéolaire, et peut aller jusqu'à 1185,3 mSv cumulés pour un scanner (42).

Par ailleurs, la fonction de contrôle automatique de l'exposition permet d'adapter automatiquement l'exposition radiogène aux dimensions du massif craniofacial à étudier et de l'épaisseur des tissus traversés. Cette capacité, dénommée « *Smart beam technique* », est particulièrement intéressante lors d'examens réalisés chez de jeunes enfants. Elle permet de réduire encore de plus

de 40 % l'émission de rayons X par rapport à un adulte. Enfin, une fonction « *Secure scan* » permet d'interrompre automatiquement l'émission radiogène en cas de dysfonctionnement de l'appareil, assurant une protection effective de nos jeunes patients soumis à l'examen (46).

Un examen complémentaire d'imagerie médicale doit être prescrit en fonction de la qualité d'image nécessaire, de l'information diagnostique nécessaire et des circonstances cliniques, pour une dosimétrie la plus faible possible. Le rapport bénéfice/risque doit donc être le plus élevé possible. La tomographie volumétrique numérisée semble se placer dans ces conditions. Les reconstructions curvilignes de type panoramique, même si elles restent des vues en coupes, permettent de s'affranchir d'un orthopantomogramme, habituellement utilisé pour obtenir une vision globale du cas, et cela, d'autant plus que la dose de rayons X nécessaire à cet examen tridimensionnel est légèrement supérieure à celle d'une radiographie panoramique dentaire.

4.3.3.9.1.2 Reconstructions et travail de l'image

Le système permet d'obtenir toutes les reconstructions réalisables par tomодensitométrie avec des principes totalement différents. Le fenêtrage s'effectue sur les reconstructions primaires, qui correspondent à des coupes axiales. Celles-ci peuvent être choisies selon n'importe quelle angulation sur le *Scout view*, car l'acquisition des données se fait pour un volume complet, ce qui n'est pas le cas avec le scanner. Le système permet donc d'obtenir un nombre illimité de reconstructions.

Différents types d'images en deux dimensions sont donc réalisables à partir d'une coupe axiale de référence : reconstructions transversales ou coronales, longitudinales curvilignes, axiales, frontales... Des reconstructions surfaciques, dont les images sont visualisables sous n'importe quel angle de vue, peuvent également être obtenues, mais elles ne présentent pas de véritable intérêt diagnostique. Les paramètres de l'image sont modifiables au niveau des consoles

secondaires de manière à préciser une structure anatomique. De plus, le logiciel est muni d'un marqueur qui permet à l'opérateur d'effectuer des tracés sur toutes les coupes et, en particulier, sur les reconstructions longitudinales curvilignes, qui seront automatiquement transcrites sur toutes les autres coupes (46). Cette fonction permet de compenser le manque de définition parfois rencontré sur les reconstructions transversales, en repérant préalablement les structures utiles au praticien sur des coupes plus démonstratives.

4.3.3.9.1.3 Précision des mesures

Le voxel isotrope permet une précision de mesures de l'ordre du dixième de millimètre, ce qui demeure relativement précis (46). Cette aptitude du système lui confère un avantage indéniable comparé aux radiographies conventionnelles.

4.3.3.9.2 Inconvénients

Les inconvénients inhérents à cette technique sont en relation avec ses propres avantages et, en particulier, avec les faibles doses de rayons X délivrées.

4.3.3.9.2.1 Les différents artéfacts

L'apparition de différents artéfacts, définis comme des erreurs de mesure de densités liées à l'objet radiographique lui-même, constitue l'un des principaux inconvénients de la tomographie volumique. Les artéfacts de mouvements sont les plus fréquents en tomographie volumétrique numérisée. Ils sont provoqués, la plupart du temps, par les mouvements de déglutition. Cependant, les bascules de la tête, les mouvements respiratoires, les déplacements de la mandibule ou de la langue sont aussi à prendre en ligne de compte. La prévention présuppose une information préalable délivrée au patient qui devra rester immobile entre 36 et 75 secondes selon l'appareil utilisé, soit la durée totale de l'examen, en réduisant

au maximum les mouvements décrits.

Cet aspect limite l'indication de cet examen à des enfants en âge de comprendre et de mettre en application ces consignes. L'utilisation de gouttières ou le port d'une prothèse amovible partielle en résine, si l'enfant en a une, peuvent permettre de réduire les mouvements mandibulaires en stabilisant l'occlusion. Concernant les artéfacts de hautes densités générées par d'éventuelles couronnes métalliques ou des appareillages orthodontiques fixes, ils sont très nettement réduits comparés à ceux générés par le scanner (85). En effet, ce dernier utilise un faisceau de rayons X beaucoup plus puissant, associé à des détecteurs à sensibilité plus importante.

4.3.3.9.2.2 L'augmentation du bruit de l'image

La réduction des doses délivrées entraîne une augmentation du bruit au niveau de l'image, et donc, d'une réduction de sa qualité (18).

4.3.3.9.2.3 La résolution spatiale

La résolution spatiale est moins élevée comparée à l'examen tomодensitométrique, entraînant une précision géométrique moins fine mais amplement suffisante dans les diverses indications posées au regard des différentes études. Enfin, un délai d'acquisition s'avère nécessaire pour pouvoir télécharger les reconstructions sur les consoles secondaires.

5. Cone beam : aide au diagnostic ?

5.1 Explorations des sinus maxillaires

5.1.1 Généralités (43,68,86)

Les techniques de radiologie conventionnelle du crâne (incidence de Blondeau...), longtemps considérées comme l'examen standard des sinus, sont aujourd'hui très limitées dans leurs indications. Les rapports intimes entre les dents et la cavité sinusale d'une part, et les faibles différences de densité d'autre part, limitent leur apport aux diagnostics de certaines sinusites maxillaires aiguës et à la recherche de corps étrangers. L'utilisation de cette technique d'exploration complémentaire, inappropriée à la visualisation des sinusites maxillaires d'origine dentaire, a sous-estimé leur fréquence. Les radiographies endobuccales, même si elles sont peu économiques qu'elles soient, sous-estiment les lésions périodontologiques et ne permettent pas une évaluation précise de l'état de la muqueuse sinusienne et de l'origine dentaire ou rhinogène, d'une sinusite maxillaire. La panoramique dentaire, si elle offre une vue globale des arcades dentaires, présente les mêmes limites que la radiographie intrabuccale et ne peut donc être proposée pour le diagnostic de la sinusite d'origine dentaire.

Dans des études récentes faites par ALLAN G. Farman, une comparaison a été faite entre la radiographie panoramique et la tomographie volumique dans le diagnostic des dents antrales. Les résultats nous montrent que devant certaines situations anatomiques, la radiographie panoramique est incapable de donner un diagnostic radiographique correct. La tomographie volumique, en revanche, nous procure une information tridimensionnelle de la situation anatomique, qui sert à poser un diagnostic exact. De plus, les études mettent en évidence la déformation spatiale retrouvée sur la radiographie panoramique, tandis que la

tomographie volumique est toujours à l'échelle 1, ce qui autorise des mesures correctes (30).

L'imagerie sectionnelle présente l'avantage de fournir des coupes fines d'exploration, sans superposition des structures anatomiques situées de part et d'autre. La lecture de ces coupes permet de bien visualiser les granulomes, les kystes, les lésions parodontales, l'état de l'os et de la muqueuse sinusienne. La prescription de coupes fines, l'utilisation de logiciels et des fenêtres de visualisation dentaire permettent une analyse simultanée de toutes les structures anatomiques. Cependant, les examens tomodensitométriques classiques demeurent des examens de seconde intention de par certains inconvénients. En effet, l'exposition aux rayons X relativement importante et le coût non négligeable constituent des freins inévitables à leur utilisation régulière.

L'émergence d'une nouvelle technique tomographique, qui s'appuie sur le principe de la tomographie volumétrique numérique, révolutionne le domaine radiologique et médicale. En effet, la tomographie volumique à faisceau conique ou « cone beam » conjugue les avantages du scanner à des doses très significativement diminuées de rayons X ; le tout pour un coût relativement faible, aussi bien au niveau de l'examen inclus dans la nomenclature française qu'au niveau du plateau technique nécessaire. Il est destiné à l'ensemble du complexe maxillofacial, notamment au domaine du sinus maxillaire (46) Cette nouvelle technique permet, pour un certain nombre d'indications, d'éviter un examen tomodensitométrique irradiant, tout en conservant les avantages de l'imagerie volumétrique.

5.1.2 Éléments recherchés lors de pathologies sinusiennes d'origine dentaire (68,86)

Les dents du maxillaire supérieur contractent un rapport étroit avec la cavité du sinus maxillaire, les racines, pouvant être au contact du sinus voire à l'intérieur de celui-ci. En conséquence, toute pathologie des racines dentaires ou extraction délicate, pourra se compliquer d'une infection du sinus maxillaire.

Devant une sinusite maxillaire unilatérale, récidivante ou résistante au traitement médicale, il faut éliminer un foyer infectieux dentaire du maxillaire homolatéral. L'interprétation de la radiologie standard (Panoramique ou Blondeau) s'avère difficile. Les projections et superpositions, par exemple, des apex des dents avec l'infrastructure osseuse du sinus expliquent entre autre l'insuffisance et l'imprécision de ces examens pour un diagnostic radiologique précis. L'image sectionnelle, en revanche, permet une visualisation satisfaisante de la corticale de l'infrastructure du sinus maxillaire, qui est un élément essentiel de l'étude bucco-sinusienne. L'imagerie sectionnelle objective nettement les rapports sinuso-dentaires et contribue à résoudre efficacement le problème de la responsabilité dentaire. L'étude nécessite une exploration dans le plan axial en coupes fines et chevauchées. Les coupes coronales directes sont à éviter, car elles deviennent ininterprétables en présence de corps métalliques (couronnes, amalgames....). Elles doivent être remplacées par les reconstructions 2D, frontales ou sagittales, ou mieux selon la technique du dentscan.

Devant une image ambiguë du maxillaire, en radiographie standard, se projetant sur un apex et également sur l'infrastructure du sinus maxillaire, la réalisation d'un examen tomодensitométrique permet de situer la lésion :

- Origine dentaire : la lésion d'origine dentaire correspond à une zone d'ostéolyse du maxillaire supérieur, à point de départ dentaire, refoulant de façon extrinsèque la corticale de l'infrastructure du sinus

maxillaire correspondant ; la corticale est amincie, avec un bord supérieur convexe.

- Origine intrasinusienne : présence d'une opacité intrasinusienne (de tonalité grise en scanner), sans lésion osseuse, la cloison sinusienne étant, dans ce cas, plutôt vers le bas. Les sinusites maxillaires aiguës d'origine intrasinusienne s'accompagnent volontiers d'algies dentaires. Les douleurs spontanées, tenaces, permanentes, pulsatiles, évoquant la pulpite aiguë, ou exacerbées par le moindre contact, rappelant alors le tableau de la desmodontite. Les douleurs siègent très souvent au niveau de plusieurs dents, et, lors de l'examen stomatologique motivé par les odontalgies, aucune anomalie dentaire n'est retrouvée.
- Cas particulier d'une cavité sinusienne cloisonnée comblée : cavité de tonalité grise, finement cloisonnée par une corticale osseuse, au niveau de l'infrastructure du sinus maxillaire.

La corticale de l'infrastructure du sinus maxillaire n'est pas refoulée vers le haut, comme dans la lésion osseuse péri-radulaire ; de plus, l'os péri-radulaire est respecté.

- Opacité intrasinusienne : image opaque (blanche en radiographie standard), de tonalité intermédiaire en scanner (grise) en situation intrasinusienne.

Les remaniements muqueux, dus aux inflammations chroniques, correspondent à des épaisissements périphériques de la muqueuse sinusienne, « en cadre ». Quand ces opacités ont une morphologie plus arrondie à bord convexes, deux hypothèses sont probables : Un polype ou un kyste sous-muqueux.

- Niveau liquidien :

Le niveau liquidien intrasinusien traduit un phénomène aigu avec présence de liquide (généralement d'origine infectieuse) intrasinusien.

Il correspond à une limite horizontale entre la zone liquidienne déclive (grise) et l'air sous-jacente (noir). Quelque fois, on ne visualise uniquement que de petites sérosités sous forme d'images alvéolaires intrasinusiennes.

- Granulome inflammatoire - kyste dentaire

En l'absence de traitement, une carie dentaire va former un granulome inflammatoire, puis il va se former un kyste à la racine de la dent (kyste radiculo dentaire). Ce kyste est porteur d'infection, il va secondairement s'ouvrir (fistuliser) dans le sinus maxillaire et être responsable d'infections aiguës à répétition. Sur les clichés radiographiques les kystes se caractérisent par une image radioclaire, bien limitée, de taille très variable.

- Dépassement de pâte dentaire et aspergillose sinusienne

Après une obturation canalair, surtout quand les apex se situent au niveau de la concavité de l'infrastructure du sinus maxillaire, la pâte dentaire peut fuser en situation intrasinusienne. La pâte dentaire correspond à une image très dense punctiforme, plus ou moins en motte.

Le point important en cas de dépassement de pâte dentaire en situation intrasinusienne est la visualisation d'un remaniement muqueux ou des phénomènes inflammatoires intrasinusien adjacents. Quand il existe un comblement du sinus maxillaire adjacent à la pâte dentaire, on recherchera des

petites calcifications au sein de ce comblement, pouvant témoigner d'une greffe aspergillaire secondaire.

- Autres corps étrangers intrasinusiens

Tout type de corps étranger peut être visualisé notamment après un traumatisme en situation intrasinusienne (débris de pare-brise par exemple), des fragments osseux ou même la dent peuvent être migrés en situation intrasinusienne.

On recherchera des éléments inflammatoires intrasinusiens associés.

- Déhiscence osseuse bucco-sinusienne (fistule bucco-sinusienne)

La symptomatologie clinique est souvent manifeste. Il existe un comblement intrasinusien visible sur une radiographie panoramique dentaire avec passage intranasal de sécrétion fétide. Une déhiscence osseuse bucco-sinusienne doit être d'autant plus recherchée qu'une extraction difficile a été réalisée précédemment.

La tomодensitométrie est l'examen de référence : présence d'un déficit osseux de la corticale de l'infrastructure du sinus maxillaire avec absence de cloison entre la cavité buccale et la cavité sinusienne.

Le plus important est la tolérance de ce déficit osseux :

- épaissement muqueux est minime, localisé avec transparence normale du sinus maxillaire : cet aspect traduit une bonne tolérance de la déhiscence osseuse bucco-sinusienne par la présence d'une « frontière » muqueuse entre la cavité sinusienne et la cavité buccale (liseré muqueux)

- Si le remaniement inflammatoire est important avec un comblement du sinus maxillaire, la tolérance de la déhiscence osseuse bucco-sinusienne est mauvaise.

6. Investigations personnelles

6.1 Interêt de l'étude

Face à un nombre non négligeable de sinusites maxillaires d'origine dentaire, il nous semblait nécessaire de réaliser une étude sur les nouvelles techniques radiologiques, permettant de faciliter la pose du diagnostic.

L'essor de la technique de la tomographie volumique à faisceau conique constitue la dernière évolution de l'imagerie sectionnelle maxillo-faciale, examen de choix des pathologies sinusiennes.

Nous avons voulu analyser les différentes techniques sectionnelles pour, d'abord, les faire connaître et pour aider les prescripteurs dans leur choix des techniques radiologiques devant des pathologies des sinus maxillaires.

6.2 Matériel et réalisations

Les examens radiologiques ont été réalisés dans le cabinet de radiologie et d'imagerie médicale rue St Dizier à Nancy. Le matériel utilisé est, d'une part, le 3DX Accuitomo® de Morita pour la technique tomographique à faisceau conique et, de l'autre part, des clichés tomодensitométriques conventionnelles réalisés dans d'autres cabinets de radiologie. Les examens 3DX Accuitomo ont été réalisés par le Dr. Claude Hodez, médecin radiologue.

Le nombre de cas cliniques, qui permettent de comparer les deux techniques, est très restreint. Une analyse comparative n'est donc pas réalisable.

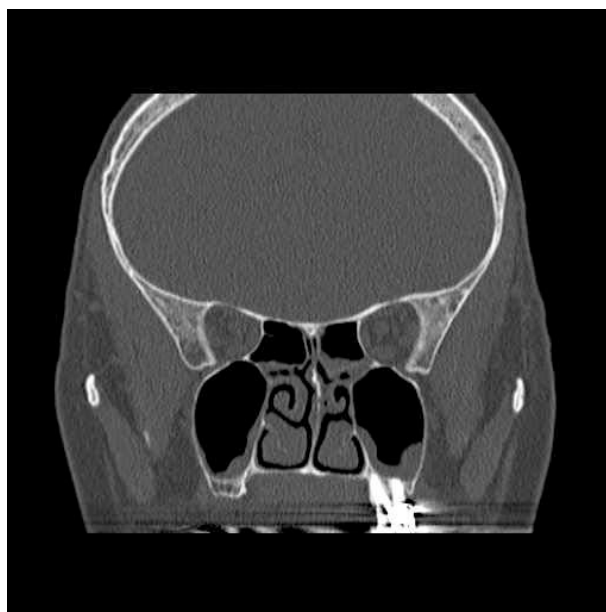
6.3 Cas cliniques

- **Cas clinique N°1:** Communication bucco-sinusienne

Madame X se plaint de douleurs au niveau du sinus maxillaire gauche. Son chirurgien dentiste décide de l'adresser pour un examen tomodensitométrique afin de contrôler l'os maxillaire et le sinus maxillaire sus-jacent. Un dentascan a été réalisé.



Coupe axiale



Coupe frontale

Figure 46 : Dentascan® préopératoire

Sur les clichés scanographiques, on observe une hypertrophie de la muqueuse sinusienne bilatérale. La proximité des racines des dents maxillaires avec le plancher sinusien est bien visible. Une communication bucco-sinusienne est donc très probable lors de l'extraction de la dent N°27, ne répondant plus aux tests de vitalités.

Après extraction de la N°27, les douleurs persistent aux niveau du sinus maxillaire gauche. On a réalisé alors un tomographie volumique à faisceau cône.

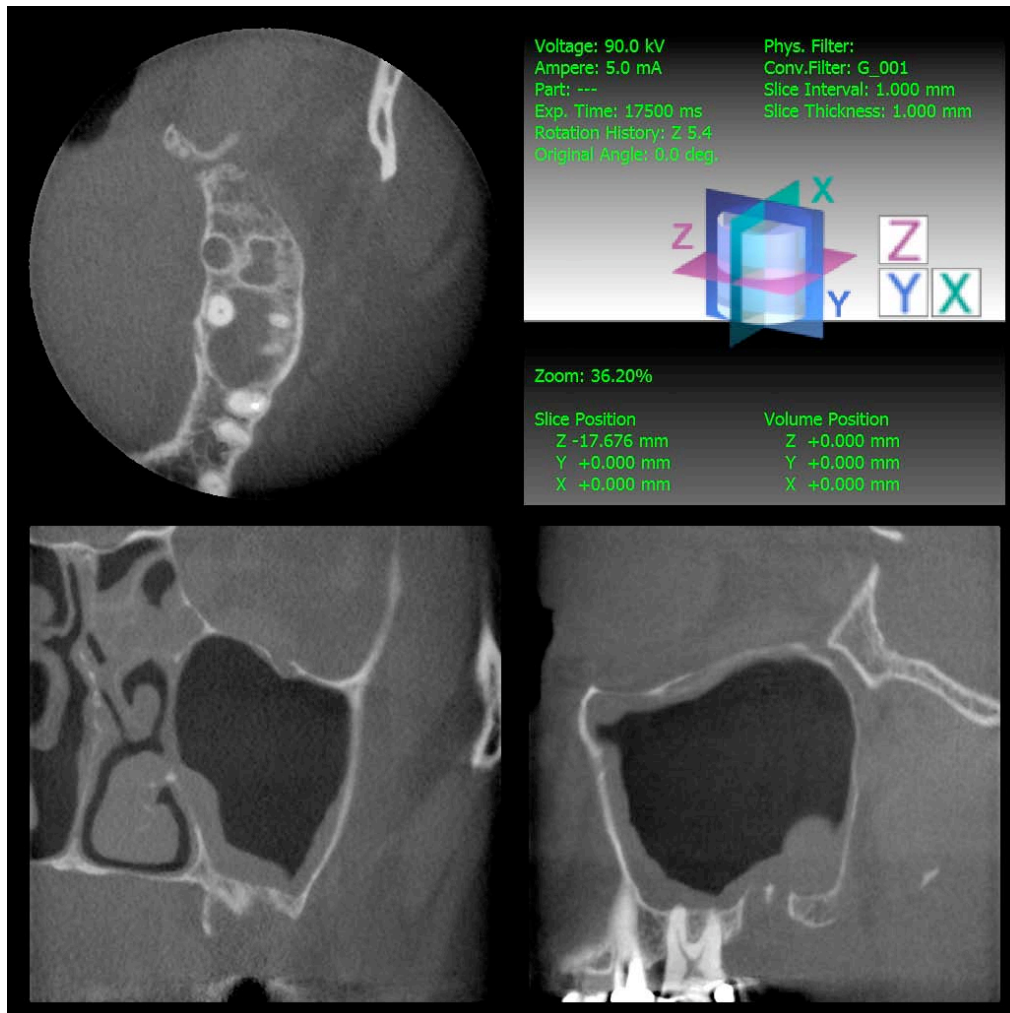


Figure 47 : Examen postopératoire réalisé avec le 3D Accutomo
Coupes axiale, transverse et tangentielle

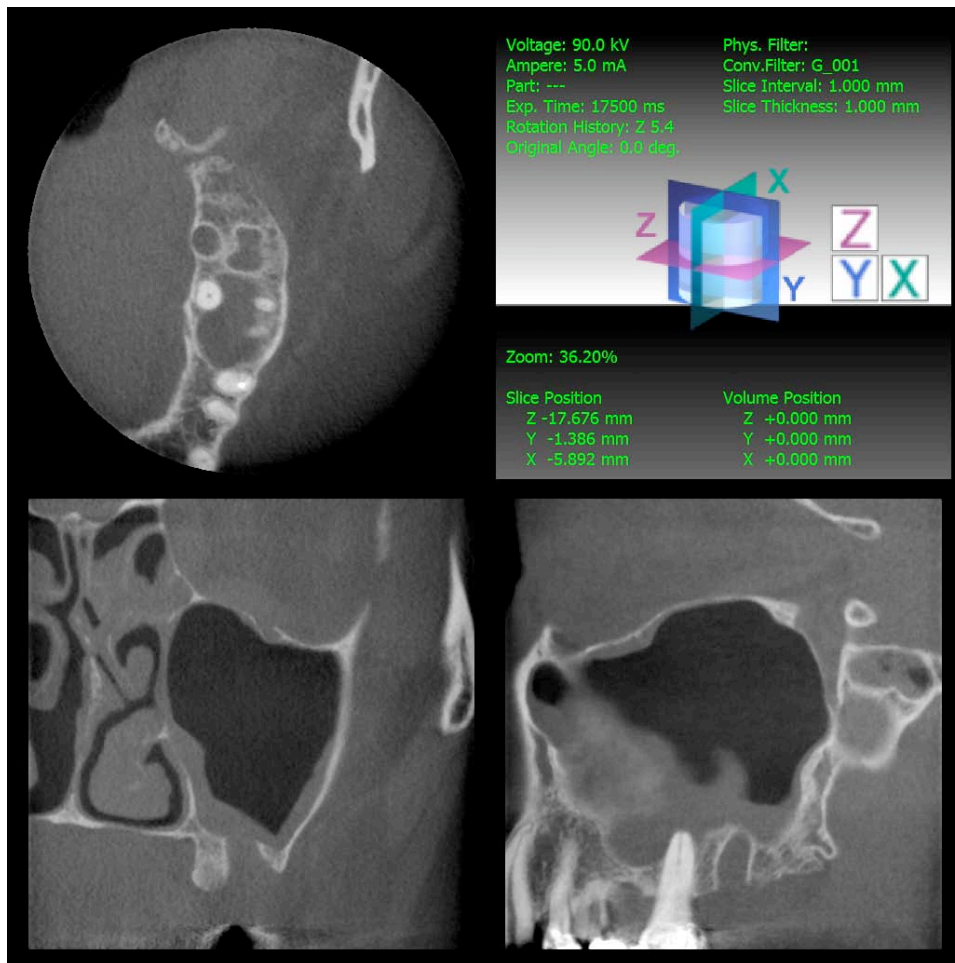


Figure 48 : Examen postopératoire réalisé avec le 3D Accutomo
Coupes axiale, transverse et tangentielle

L'investigation par le 3D Accutomo confirme l'existence de communications bucco-sinusiennes au niveau du site d'extraction des racines méso- disto-vestibulaire et palatine associé à une opacité sinusienne réactionnelle. Contrairement aux clichés du dentsacan, les clichés sont très précis et de bonne résolution spatiale et avec moins d'artéfacts.

- **Cas clinique N°2: Lésion endo-parodontale**

Patiente de 64 ans, se plaint de douleur au niveau du sinus maxillaire gauche. La dent N°26 présente une sensibilité à la percussion. Les tests de vitalité sont négatifs. De plus, une recession gingivale avec une poche parodontale ont été décelées au niveau de la racine mésio-vestibulaire à l'examen parodontale.

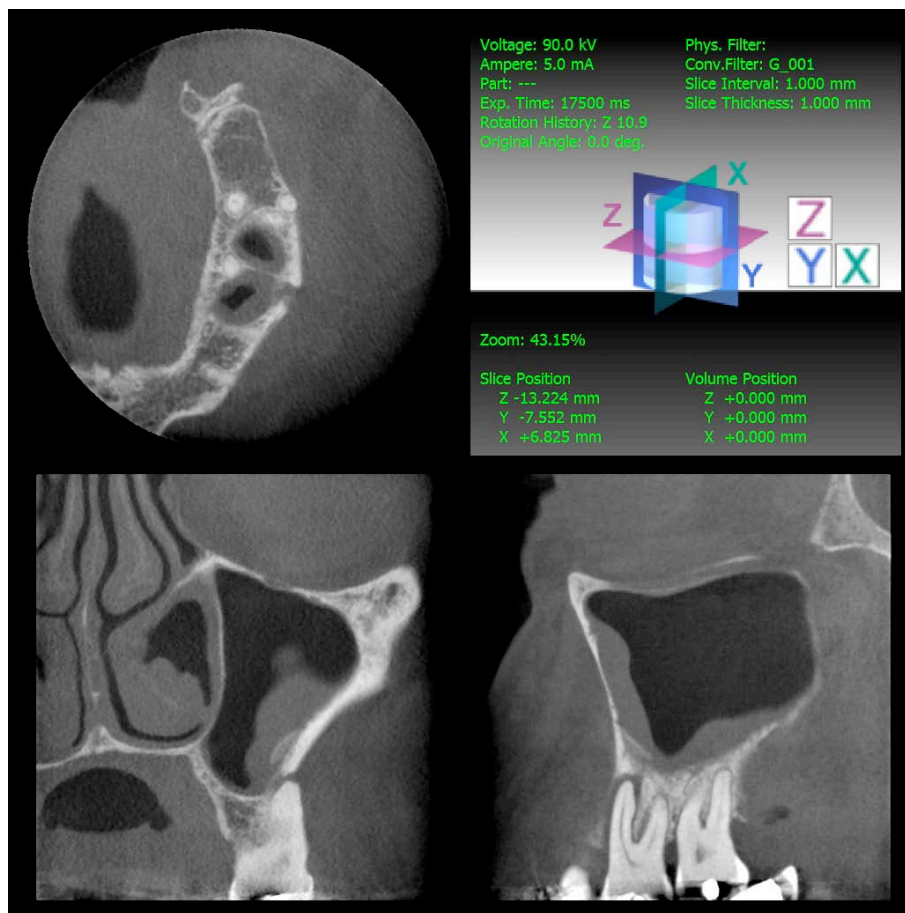
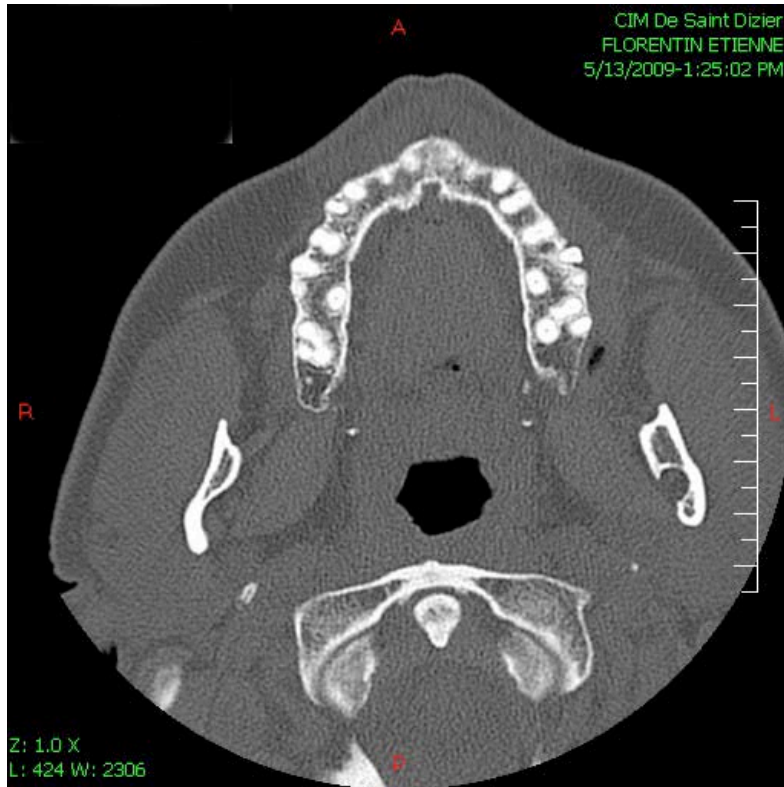


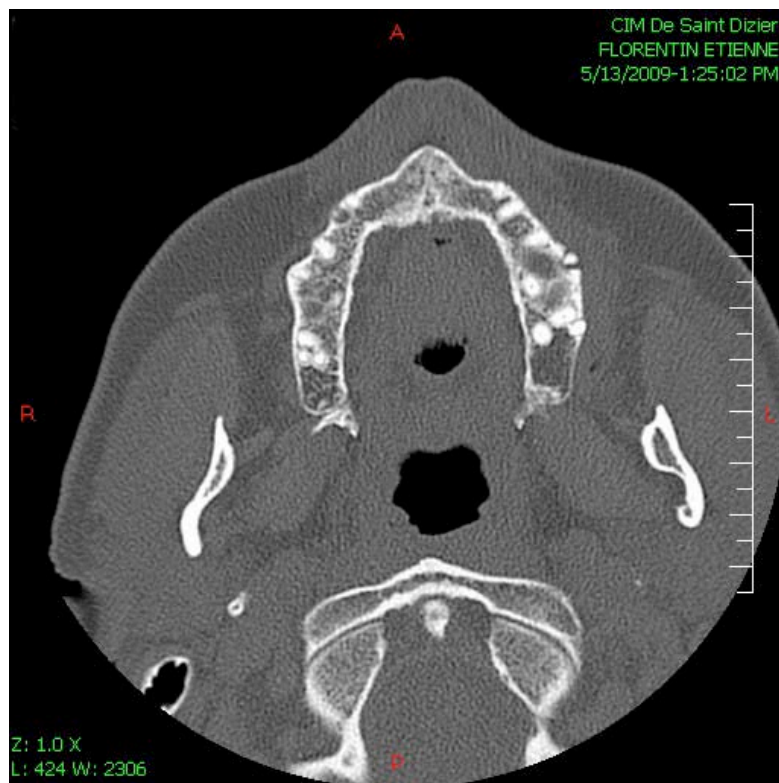
Figure 49 : Examen réalisé avec le 3D Accuitomo
Coupes axiale, transverse et tangentielle

Les clichés de la 3D-Accuitomo confirme l'atteinte parodontale de la racine mésio-vestibulaire de la dent N°26, avec une perte osseuse quasi totale au niveau de la partie vestibulaire de la racine. De plus, un granulome apical peut être aisément mis en évidence avec une hypertrophie de la muqueuse sinusienne au niveau du sinus maxillaire gauche sus-jacent. Le plancher sinusien semble être percé au niveau de la racine mésio-vestibulaire de la dent N°26.

Le Dentascan® réalisé précédemment, mettait également en évidence l'atteinte endo-parodontale, cependant l'atteinte possible de la trame osseuse séparant le sinus et l'apex mésio-vestibulaire de la dent N°26 n'était donc pas décevable.



Coupe axiale



Coupe axiale

Figure 50 : Coupes axiales Dentascan®

- **Cas clinique N°3: Granulome**

Femme, de 26 ans, se plaint d'une douleur localisée au niveau de la région maxillaire gauche. Il existe une opacité osseuse floue du bas fond sinusien en regard de la dent N° 26 sur la radiographie rétro-alvéolaire. Le manque d'informations nécessite le recours aux techniques tomographiques.

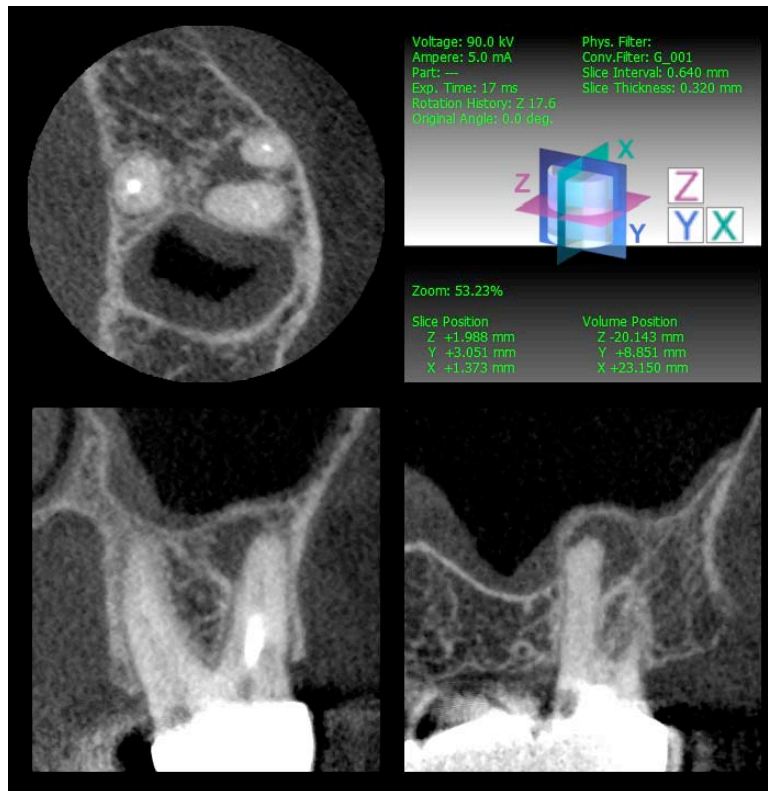
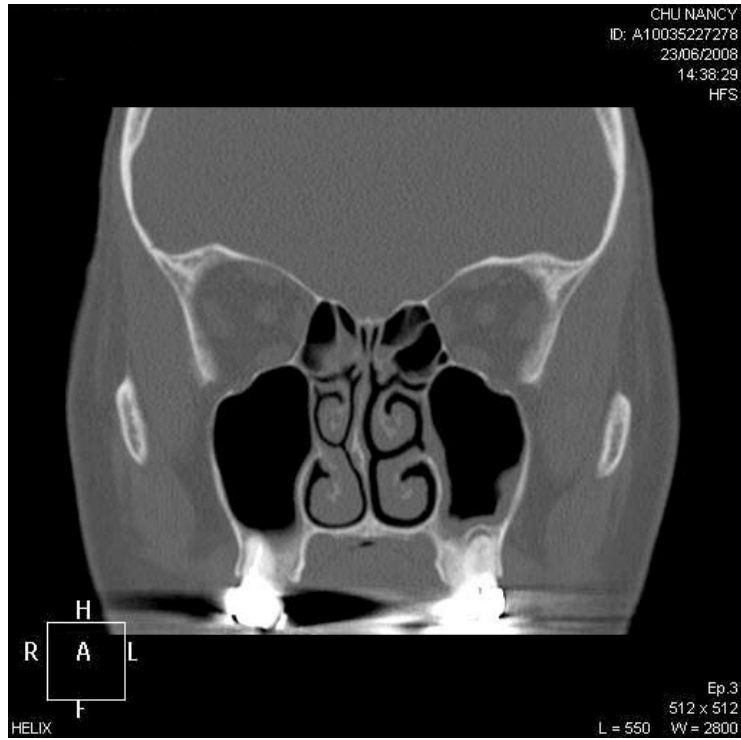


Figure 51 : Examen réalisé avec le 3D Accuitomo
Coupes axiale, transverse et tangentielle

Le 3D-Accuitomo met en évidence une lésion sur la racine mésio-vestibulaire de la dent N°26 qui occupe le bas-fond du sinus maxillaire et qui vient refouler harmonieusement le plancher sans l'éroder ni le franchir.

Avec le Dentascan[®], les différents clichés confirment la lésion endodontique et mettent bien en évidence le refoulement du plancher sinusien non percé.



Coupe frontale



Coupe sagittale

Figure 52 : Examen réalisé avec le 3D Accuitomo
Coupes frontale et sagittale

- **Cas clinique N°4 : Dépassement de pâte d'obturation endodontique**

Homme âgé de 44 ans , se plaignant de douleur dans la région maxillaire droit :
L'OPT montre un dépassement du matériel d'obturation avec migration intrasinusienne.

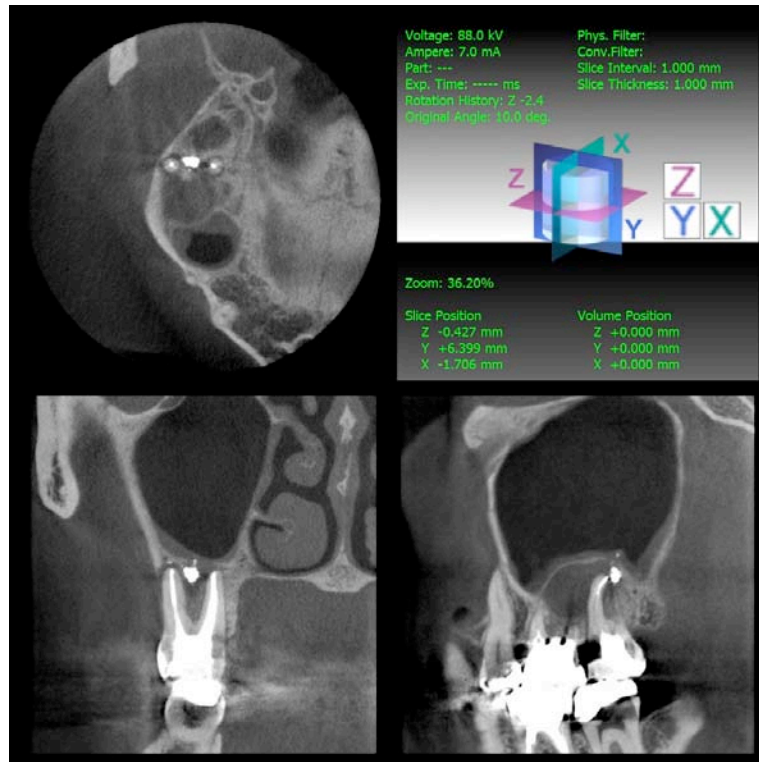


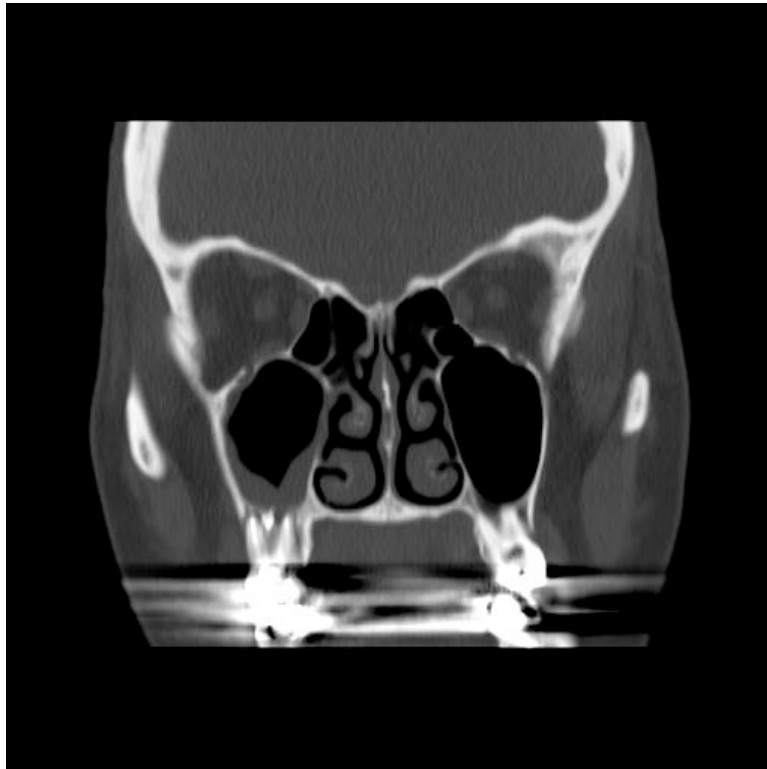
Figure 53 : Examen réalisé avec le 3D Accuitomo
Coupes axiale, transverse et tangentielle

La fusée de pâte endodontique en position sous-muqueuse du sinus maxillaire droit intéresse la racine mésio-vestibulaire de la dent N°17. On visualise une lésion radio-claire d'allure kystique développée par des apex des racines vestibulaires de la dent N°17 ayant entraîné une rupture du plancher sinusien, à l'origine de l'épaississement inflammatoire de la muqueuse sinusienne.

Le dentascan visualise aussi le dépassement de la pâte d'obturation dentaire avec rupture du plancher sinusien et l'hypertrophie inflammatoire de la muqueuse sinusienne.



Coupe axiale



Coupe frontale

Figure 54 : Coupes axiale et frontale

6.4 Discussion

L'étude des cas cliniques montre clairement l'intérêt de la tomographie volumique à faisceau conique dans le diagnostic radiologique des pathologies sinusiennes. Elle constitue donc une alternative au scanner dans l'étude des tissus et des tissus dentaires, avec une qualité d'image au moins équivalente, mais à une dose délivrée plus faible.

Le logiciel permet aisément à l'utilisateur d'examiner le sinus maxillaire, l'os sous-jacent et les dents maxillaires rentrant en contact avec le plancher sinusien. Les quatre fenêtres du logiciel donnent une très bonne vision tridimensionnelle du terrain examiné. Les différents outils de mesure et d'agrandissement permettent au clinicien de bien préparer, en cas de besoin, son geste chirurgical et de prévoir les complications postchirurgicales possibles.

De plus, la possibilité de reproduire les examens radiologiques conventionnels (par exemple la panoramique dentaire) permet de limiter les examens radiologiques, et donc l'exposition.

Il est vrai qu'en ce qui concerne le diagnostic radiologique des pathologies sinusiennes, nous n'avons pas encore trouvé dans la littérature d'études comparatives entre la tomodensitométrie conventionnelle et la tomographie à faisceau conique. Cependant, dans les publications plus récentes, la tomographie volumique constitue une technique radiologique de qualité pour l'examen du massif facial (36). Faute d'études scientifiques, la littérature ne la met pas encore en évidence comme étant la technique radiologique actuelle de choix pour les pathologies sinusiennes, même si la dosimétrie constitue un argument de décision assez convaincant.

7. Conclusion

La tomographie volumique à faisceau conique est donc une technique d'examen radiologique fiable et de qualité pour détecter les pathologies du sinus maxillaire d'origine dentaire. Son logiciel permet à l'opérateur de visualiser un nombre infini de reconstructions, aide précieuse dans l'élaboration du diagnostic. Les rapports dentaires avec le plancher du sinus maxillaire peuvent être étudiés précisément, afin de déterminer le rôle des dents antrales dans la pathologie sinusienne.

De plus, l'excellente qualité des images et la faible dosimétrie des appareils sont en accord avec les règles de radioprotection et le principe d'optimisation des expositions. En effet, les coupes d'acquisition du scanner sont de l'ordre de 1,2 à 0.6mm d'épaisseur alors que pour le 3DX Accuitomo[®] (exemple d'un appareil tomographique à faisceau conique), le voxel du volume d'acquisition est un cube de 0,125 mm de côté, ce qui permet d'obtenir des images de qualité diagnostique supérieure.

Cependant, cette technique ne permet que l'acquisition de l'information d'un volume cylindrique restreint, ce qui limite l'exploration à un volume dentaire ou péri-dentaire donné.

Le « cone beam » paraît être une bonne alternative au scanner pour l'examen des sinus maxillaires, en proposant des images de bonne résolution spatiale, moins sensibles aux artéfacts métalliques, pour une irradiation beaucoup plus faible. La conception de cet appareil s'inscrit donc dans l'évolution des techniques d'imagerie médicale, avec une diminution des doses d'irradiation et de la conservation d'une bonne qualité des images radiologiques.

L'apport de la tomographie volumique à faisceau conique constitue donc une nouvelle voie pour l'exploration radiologique du sinus maxillaire. Son succès dans les pays anglo-saxons et, peu à peu, dans le monde entier, incite les

industriels de l'imagerie à investir de plus en plus dans la recherche, afin de concevoir des produits toujours plus fiables et plus performants, autorisant l'exploration de la quasi totalité du massif facial. Cependant, ces mêmes fournisseurs de l'imagerie médicale doivent encore trouver d'autres moyens techniques pour aller à l'encontre des désavantages qui accompagnent pour le moment une augmentation du volume exploré. En effet, cette amélioration technique se fait pour l'instant toujours au prix d'une augmentation de l'irradiation et d'une moindre résolution spatiale.

Bibliographie

1. **ARIJII, Y. et COLL. 1994.**
Ages changes in the volume of the human maxillary sinus : a study using computed tomography.
Dento-maxillo-facial radiol. 1994, Vol. 23 (3), pp. 163-168.
2. **BARTHE, M. et MARCHAL, M.F. 1993.**
Les matériels panoramiques.
Actual. Odonto-stomatol. 1993, Vol. 181, pp. 21-34.
3. **BELLAICHE, N. 2007.**
Scanner et tomographie à faisceau conique : quelle méthode d'imagerie choisie en odontostomatologie?
Fil dent. 2007, Vol. 27, pp. 16-28.
4. **BENSIMON, J.L. et GEHANNO, P. 1994.**
Imagerie clinique en ORL: massif facial et oreille.
Paris : Ed. du Monde Moderne, 1994. pp. -93.
5. **BLUM, A. et COLL. 2000.**
Scanners multicoupes: Principes et nouvelles applications scanographiques.
J. Radiol. 2000, Vol. 81, pp. 1597-1614.
6. **BLUM, A. et REGENT, D. 1997.**
Scanner hélicoïdal: principe et modalités pratiques d'utilisation.
Paris : Masson, 1997. pp. -248.
7. **BONFILS, P. et CHEVALILIER, J.M. 1999.**
Anatomie ORL.
Paris : Corlet éd., 1999. pp. -402.
8. **BONFILS, P., PAOLI, C. et COLL. 1994.**
Sinusites chroniques de l'adulte.
Rev. Pra.t-Méd. Gén. 1994, Vol. 8, pp. 37-40.
9. **BOUCHET, A. et CUILLERET, J. 1991.**
Anatomie topographique, descriptive et fonctionnelle.
1. Le système nerveux centrale, la face, la tête et les organes des sens.
Paris : Simep, 1991. pp. -598.
10. **BRAUN, R.D. 1984.**
Le sinus maxillaire.
Actual. Odonto-stomatol.. Med. Hyg. 1984, Vol. 42, pp. 3586-3588.
11. **BRICHE, T. et COLL. 2007.**
Relations pathologiques entre dents et sinus maxillaires.
EMC.Stomatologie,22-038-A-10, 2007.

- 12. CAVEZIAN, R. et PASQUET, G. 2001.**
L'imagerie dento-maxillaire, approche radio clinique .
2e édition. Paris : Masson, 2001. p. 285.
- 13. CAVEZIAN, R. et PASQUET, G. 2005.**
L'imagerie médicale en odontologie.
Paris : CdP, 2005. p. 183.
- 14. CAVEZIAN, R. et PASQUET, G. 2006.**
L'imagerie dento-maxillaire, approche radio clinique .
3e édition. Paris : Masson, 2006. pp. 31-32.
- 15. CAVEZIAN, R. et PASQUET, G. 2006.**
L'imagerie dento-maxillaire, approche radio clinique .
3e édition. Paris : Masson, 2006. pp. 35-39.
- 16. CEVIDANES, L.H.S., STYNER, M.A. et PROFFITC, W.R. 2006.**
Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models.
Am. J. Orthod Dentofac. Orthoped. 2006, Vol. 129,
pp. 611-618.
- 17. CHESTER, A.C. 1996.**
Chronic sinusitis.
Am. Fam. Phys.. 1996, Vol. 53, pp. 877-87.
- 18. COHNEN, M., KEMPER, J. et MOEBES, O. 2002.**
Radiation dose in dental radiology.
Eu.r Radiol. 2002, Vol. 128, pp. 418-23.
- 19. COSNARD, G., PHARABOZ, C. et JEABBOURQUIN, D. 1990.**
Tomodensitométrie.
EMC,Stomatologie. 1990, Vol. VI, 35-170-A10, p. 21.
- 20. COULY, G. 1989.**
Anatomie maxillo-faciale: 25 questions pour la préparation des examens et concours.
Paris : CDP, 1989. pp. -193.
- 21. DARGAUD, J. 2003.**
Le sinus maxillaire : évolution en fonction de l'âge.
Morphologie. 2003, Vol. 87, pp. 17-22.
- 22. DOUEK, P., PINAUDEAU, D. et AMIEL, M. 1987.**
Tomodensitométrie. Caractéristiques de l'imagerie (2e partie).
Feuillets Radiol. 1987, Vol. 27, pp. 385-393.
- 23. DOUEK, P., PINAUDEAU, D. et AMIEL, M. 1987.**
Tomodensitométrie X. Principes. Techniques. Caractéristiques de l'imagerie(1ière partie).
Feuill. Radiol. 1987, Vol. 27, pp. 221-230.

- 24. DOYON, D. et COLL. 1995.**
Cahiers de radiologie. N°11, Imagerie dento-maxillaire.
Paris : Masson, 1995. pp. -137.
- 25. DUBAYLE, P., BOYER, B. et GOASDOUE, P. 2005.**
Radiologie et stomatologie et en pathologie maxillo-faciale.
EMC. Stomatologie/Odontologie, 2005, 22-010-D-30, p. 10.
- 26. DURET, L. et FRANK, J.P. 1989.**
Le sinus maxillaire: anatomie, physiologie et rapports avec l'implantologie.
Chir. Dent. Fr., 1989, Vol. 455, pp. 35-39.
- 27. EARWAKER, J. 1993.**
Anatomic variants in sinonasal CT.
Radiographics. 1993, Vol. 13 (2), pp. 381-415.
- 28. ENCISO, R. et COLL. 2005.**
Third molar impaction diagnostic with cone-beam computerized tomography.
International Congress Series. 2005, Vol. 23, pp. 1196-1199.
- 29. ERNST, O., GAILLANDRE, L. et MIZRAHI, D. 1995.**
Facteurs de qualité en scanner spiralé.
J. Radiol. 1995, Vol. 76, pp. 1069-1074.
- 30. FARMAN, A.G. 2007.**
Panoramic radiology: Pathological conditions affecting the maxillary sinus.
Berlin : Springer, 2007. pp. 119-131.
- 31. GARAU, J. 2003.**
Accurate diagnosis and appropriate treatment of acute bacterial rhinosinusitis:
minimizing bacterial resistance in general practice and its therapeutic consequences.
J. Clin. Epidemiol. 2003, Vol. 56, pp. 377-84.
- 32. GAUDY, J.F. 2006.**
Atlas d'anatomie implantaire.
Issy-les-Moulineaux : Masson, 2006. p. 32.
- 33. GILAIN, L. et LAURENT, S. 2005.**
Sinusites maxillaires.
EMC .Stomatologie, 20-430-A-10, 2005.
- 34. GIRON, J. et JOFFRE, F. 1993.**
Bases physiques et évolution de l'imagerie radiologique.
Paris : Masson, 1993. p. 312.
- 35. GOAZ, P. et WHITE, S.C. 1987.**
Oral radiology, principes and interpretation.
St. Louis : Mosby, 1987.

- 36. HAURET, L. et HODEZ, C. 2009**
Nouveauté en radiologie dento-maxillofaciale : la tomographie volumétrique à faisceau conique
J Radiol. 2009, Vol. 90, pp. 604-17
- 37. JANKOWSKI, R. et BRUHIER, N. 1993.**
Sinusites maxillaires d'origine dentaire.
J Fr ORL. 1993, Vol. 42, pp. 207-12.
- 38. LACAN, A. 1993.**
Nouvelle imagerie dentaire.
Paris : CdP, 1993. p. 103.
- 39. MARIEB, E. 1999.**
Anatomie et physiologie humaine.
Bruxelles : De Boeck.1999. pp. 198-199.
- 40. MARTIN-DUVERNEUIL, N. et CHIRAS, J. 1997.**
Imagerie maxillo-faciale.
Paris : Flammarion, 1997. p. 225.
- 41. MARTIN-DUVERNEUIL, N. et CHIRAS, J. 1997.**
Imagerie maxillo-faciale.
Paris : Flammarion, 1997. pp. -375.
- 42. MAH, J.K., DANFORTH, R.A. et COLL. 2003.**
Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device.
Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod. 2003, Vol. 96, pp. 508-513.
- 43. MILES, D. A. 2008.**
Color atlas of cone-beam volumetric imaging for dental applications.
Chicago : Quitessence Publ., 2008. pp. 177-214.
- 44. MONNIER, J.P. et TUBIANA, J.M. 2002.**
Pratique des techniques du radiodiagnostic.
3e édition. Paris : Masson, 2002.
- 45. MOORE K., DALLEY A. 2001.**
Anatomie Humaine.
Bruxelles : De Boeck, 2001. pp. 900,932,959.
- 46. MOZZO, P. et COLL. 1998.**
A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone beam technique: preliminary results.
Eu.r Radiol. 1998, Vol. 8, pp. 1558-64.
- 47. NETTER, F.H. 1997.**
Atlas d'anatomie humaine.
Paris : Maloine, 1997. pp. -514.

- 48. PASLER, F.A. 1981.**
Manuel de radiologie dentaire et maxillo-faciale.
Paris : Doin, 1981. pp. -374.
- 49. PATEL, S. et DAWOOD, A. 2007.**
The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems.
Int Endod. J. 2007, Vol. 40, pp. 818-830.
- 50. PELLETIER, M. 1969.**
Anatomie maxillo-faciale.
Paris : Maloine, 1969. pp. -560.
- 51. ROUVIERE, H. 1970.**
Anatomie humaine descriptive et topographique.
Paris : Masson, 1970. pp. -608.
- 52. ROSET, J.P. 1997.**
Historique et description d'une affection génétique rare : le syndrome GAPO: Présentation d'un cas clinique.
Thèse Chirurgie Dentaire : Strasbourg :1997
- 53. ROUVIERE, H. et DELMAS, A. 2002.**
Anatomie humaine, descriptive, topographique et fonctionnelle.
Paris : Masson, 2002. p. 654.
- 54. SARKIS, A., NOUJEIM, M. et NUMMIKOSKI, P. 2006.**
Bone density measurements in cone beam computed tomography.
Oral Surg., Oral Med. Oral Pathol., Oral Radiol. Endod. 2006, Vol. 103, p. 53.
- 55. SCARFE, W.C. et COLL. 2006.**
Clinical Applications of Cone-Beam Computed.
J. canad. Dent. assoc. 2006, Vol. 72,1, pp. 75-80.
- 56. SCARFE, W.C. et FARMAN, A.G. 2007.**
Voxel vision using Maxillofacial CBCT: Clinical applications of the maximum intensity projection.
American Association of Dento Maxillofacial Radiographic Technicians. 2007, Newsletter.
- 57. SCHULTZE, D. et COLL. 2004.**
Radiation exposure during mid-facial imaging using 4- and 16- slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography.
Radiol. 2004, vol. 33, pp. 83-86.
- 58. SOBOTTA J. 1977.**
Atlas d'anatomie humaine. Edition française.
Paris : Maloine, vol. Tome 1,1977. p. 57.

- 59. SOBOTTA J. 1977.**
Atlas d'anatomie humaine.
Paris : Maloine, vol. Tome 1,1977. p. 58.
- 60. SOBOTTA J. 1977.**
Atlas d'anatomie humaine. Edition française.
Paris : Maloine, vol. Tome 1,1977. p. 62.
- 61. SOBOTTA J. 1977.**
Atlas d'anatomie humaine. Edition française.
Paris : Maloine,vol. Tome 1,1977. p. 63.
- 62. SPECTOR, S. et BERNSTEIN, I. 1998.**
Sinusitis practice parameters.
J. Allergy Clin. Immunol. 1998, Vol. 102, pp. 108-144.
- 63. STRICKER, M. et RAPHAEL, B. 1975.**
Croissance cranio-facial: normale et pathologique.
Reims : Morphos, 1975. pp. -412.
- 64. TEMAN, G. 2002.**
Imagerie Maxillo-faciale pratique.
Paris : Quintessence International, 2002. pp. 11-13.
- 65. TEMAN, G. 2002.**
Imagerie Maxillo-faciale pratique.
Paris : Quintessence International, 2002. pp. 16-19.
- 66. TEMAN, G. 2002.**
Imagerie Maxillo-faciale pratique.
Paris : Quintessence International, 2002. pp. 11-27.
- 67. TEMAN, G. 2002.**
Imagerie maxillo-faciale pratique.
Paris : Quintessence international, 2002. pp. 33-40.
- 68. TEMAN, G. 2002.**
Imagerie Maxillo-faciale pratique.
Paris : Quintessence International, 2002. pp. 163-169.
- 69. TEMAN, G. 2002.**
Imagerie Maxillo-faciale pratique.
Paris : Quintessence International, 2002. p. 193.
- 70. TERRACOL, J. et AEDOUIN, P. 1964.**
Anatomie des fosses nasales et cavités annexes.
Paris : s.n., 1964.
- 71. TORTORA G.J., GARABOWSKI S. 2002.**
Principes d'Anatomie et de Physiologie. 3^e édition française
Bruxelles : De Boeck,2002. p. 200.

- 72. TORTORA G.J., GARABOWSKI S. 2002.**
Principes d'Anatomie et de Physiologie. 3^e édition française
Bruxelles : De Boeck, 2002. p. 207.
- 73. TORTORA G.J., GARABOWSKI S. 2002.**
Principes d'Anatomie et de Physiologie. 3^e édition française
Bruxelles : De Boeck, 2002. pp. 210-211.
- 74. TSIKLAKIS, K. et COLL. 2000.**
Absorbed radiation dose during lateral cephalometric radiography: comparison of screen-film systems and field-size combinations.
J. Clin. Pediatr. Dent. 2000, Vol. 24, pp. 117-121.
- 75. WANG, C.**
Cours de Pathologie et de Thérapeutique bucco-dentaire 5e année.
[s.l.]: [Notes personnelles de cours], [s.d.]
- 76. WHITE, S. et PHAROAH, M. 2009.**
Oral Radiology.
St. Louis : Mosby Elsevier, 2009. pp. 109-152.
- 77. WHITE, S. et PHAROAH, M. 2009.**
Oral Radiology.
St. Louis : Mosby Elsevier, 2009. p. 142.
- 78. WHITE, S. et PHAROAH, M. 2009.**
Oral Radiology.
St. Louis : Mosby Elsevier, 2009. pp. 152-175.
- 79. WHITE, S. et PHAROAH, M. 2009.**
Oral Radiology.
St. Louis : Mosby Elsevier, 2009. pp. 175-190.
- 80. WHITE, S. et PHAROAH, M. 2009.**
Oral Radiology.
St. Louis : Mosby Elsevier, 2009. pp. 191-207.
- 81. WHITE, S. et PHAROAH, M. 2009.**
Oral Radiology.
St. Louis : Mosby Elsevier, 2009. pp. 208-209
- 82. WHITE, S. et PHAROAH, M. 2009.**
Oral Radiology.
St. Louis : Mosby Elsevier, 2009. p. 289.
- 83. YOUNG, J. et COLL. 2003.**
The clinical diagnosis of acute bacterial rhinosinusitis in general practice and its therapeutic consequences.
J. Clin. Epidemiol. 2003, Vol. 56, pp. 377-84.

84. YOUNGS, R. 2000.

Sinusitis in adults.

Curr. Opin. Pulm. Med. 2000, Vol. 6, pp. 217-20.

85. ZIEGLER, C.M. et COLL. 2002.

Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillo facial surgery.

Dentomaxillofac. Radiol. 2002, Vol. 31, pp. 126-30.

86. ZOELLER, J.E. et NEUGEBAUER, J. 2008.

Cone-beam volumetric imaging in dental, oral and maxillofacial medicine.

London : Quintessence Publ., 2008. pp. 127-138.

Sources consultées:

87. 3D AccuiTomo.
<http://www.jmoritaeurope.de>. [En ligne]
(dernière consultation 10/02/2010)
88. « Anatomie du nez et du sinus » retrouvée sur le site :
[http://www.ifsileblanc.fr/document%20pdf/cours%20intervenants/parmentier/2008/Anatomie du nez et des sinus.pdf](http://www.ifsileblanc.fr/document%20pdf/cours%20intervenants/parmentier/2008/Anatomie%20du%20nez%20et%20des%20sinus.pdf). [En ligne]
(dernière consultation 10/02/2010)
89. CBCT for clinician
<http://www.conebeam.com>. [En ligne]
(dernière consultation 11/02/2010)
90. « Coupe d'un épithélium pseudostratifié de type respiratoire » retrouvée sur le site :
<http://webapps.fundp.ac.be/umdb/histohuma/histohuma/epith/index.php?go=img&sgo=7>. [En ligne]
(dernière consultation 10/02/2010)
91. DICOM(Digital imaging and COmmunication in Medecine), iDixel.
<http://www.dicom.online.fr>. [En ligne]
(dernière consultation 08/02/2010)
92. FORMAT BMP(Bipmap).
<http://www.ieexplore.ieee.org/sante.html>. [En ligne]
(dernière consultation 08/02/2010)
93. Galileos 3D. Sirona.
<http://www.sirona.fr>. [En ligne]
(dernière consultation 11/02/2010)
94. Henry Gray.
http://images.google.lu/imgres?imgurl=http://www.medecine-et-sante.com/gimages/dents2.jpg&imgrefurl=http://www.medecine-et-sante.com/anatomie/anatomiedesdents.html&usq=_mTcgOGFeLHnAnYIAfQ62Yz0KM4=&h=468&w=600&sz=65&hl=fr&start=4&um=1&itbs=1&tbnid=2IfJGA. [En ligne]
(dernière consultation 10/02/2010)
95. i-CAT
<http://imagingciences.com>. [En ligne]
(dernière consultation 10/02/2010)
96. NEWTOM 3G.
<http://www.sitech.fr>. [En ligne]
(dernière consultation 08/02/2010)

97. PARIS, UNITE ORL DE L'HOPITAL AMERICAIN DE.

http://images.google.lu/imgres?imgurl=http://orl-hopital-americaain.univ-paris5.fr/dossier_nez/images/anatomie_sinus_posterieurs.jpg&imgrefurl=http://orl-hopital-americaain.univ-paris5.fr/dossier_nez/anatomie.html&usq= TBdjoj8xzOVQ3e4tlzIqe01JGNo=&h=242&w=. [En ligne]

(dernière consultation 08/02/2010)

98. « Radiographies extra-orales du sinus maxillaire » retrouvées sur le site :

http://www.info-radiologie.ch/radiographie_sinus.php. [En ligne]

(dernière consultation 11/02/2010)

99. « Radigraphie panoramique » retrouvée sur le site :

http://www.info-radiologie.ch/radiographie_sinus.php. [En ligne]

(dernière consultation 10/02/2010)

100. « Schéma des rapports dents-sinus » retrouvé sur le site :

http://images.google.lu/imgres?imgurl=http://2.bp.blogspot.com/_JG8TFIJ5Xeo/Rs3VUphge9I/AAAAAAAAABk/QNOFIMCVYuE/s320/2.JPG&imgrefurl=http://csd23courspat ho.blogspot.com/2007/08/dents-et-sinus.html&usq= 9NjZhZDIUXK-3dm1p-pt7vOAo8A=&h=272&w=320&sz=22&hl=fr. [En ligne]

(dernière consultation 07/02/2010)

KOERPERICH (Claude) : Interet de la tomographie volumique a faisceau conique dans le diagnostic des pathologies du sinus maxillaire d'origine dentaire

Thèse : Chir. Dent : Nancy : 2010, ___ f.

Mots clés : Sinus maxillaire Pathologies sinusiennes d'origine dentaire
Imagerie Tomographie volumique à faisceau conique
Rapports dent-sinus Diagnostic radiologique
Scanner

KOERPERICH (Claude) : Interet de la tomographie volumique a faisceau conique dans le diagnostic des pathologies du sinus maxillaire d'origine dentaire

Thèse : Chir. Dent : Nancy : 2010, ___ f.

La sinusite maxillaire est une affection sinusienne, dont l'origine dentaire constitue un pourcentage non négligeable, vu l'intimité des rapports existants entre les dents et le plancher sinusien.

La nécessité d'une imagerie sectionnelle conduit fréquemment le praticien à prescrire un examen tomodensitométrique, afin d'obtenir une évaluation tridimensionnelle que l'imagerie conventionnelle de superposition n'est capable de fournir. L'émergence de la méthode de la tomographie volumique à faisceau conique donne accès, dans de bonnes conditions et à moindre irradiation, à cette « dimension manquante ». Bonne alternative au scanner, elle propose des images de bonne résolution spatiale, moins sensibles aux artefacts métalliques.

L'apport de la tomographie volumique à faisceau conique constitue donc une nouvelle voie pour l'exploration radiologique du sinus maxillaire.

Jury : Président	: M. le Professeur J.P. ARTIS	Professeur de 1 ^{er} Grade
Juge	: M. le Docteur P. BRAVETTI	Maître de Conférences des Universités
Juge	Mlle le Docteur A. LÊ	Docteur en Chirurgie Dentaire
Juge	: Mlle le Docteur A. SOURDOT	Assistante Hospitalière Universitaire
Juge	: M. le Docteur C. HODEZ	Docteur en Médecine

Adresse de l'auteur : Claude Koerperich
36,op Lenkeschlei
L-3508 Dudelange
GRAND-DUCHE DU Luxembourg