

UNIVERSITE DE NANTES

FACULTE DE MEDECINE

Année 2012

N° 085

THESE

Pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

DES de Chirurgie Générale

DESC de Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie

Par

Mathieu LARHANT

Né le 22 Janvier 1981 à Ploemeur

Présentée et soutenue publiquement le 17 Octobre 2012

**TOMOGRAPHIE VOLUMIQUE A FAISCEAU CONIQUE
(CBCT) :
EVALUATION EN CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET
STOMATOLOGIE**

Président du Jury : Monsieur le Professeur MERCIER

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur PERRIN
Membres du jury : Monsieur le Professeur DUPAS
Monsieur le Professeur GOUIN
Monsieur le Docteur AMADOR
Madame le Docteur GAYET

INTRODUCTION..... 6

1 DECOUVERTE ET EVOLUTION DES TECHNIQUES D'EXAMENS MEDICAUX RADIOLOGIQUES 8

1.1 LES DEBUTS DE LA RADIOLOGIE A RAYONS X 8
1.2 EVOLUTION DES TECHNIQUES RADIOLOGIQUES : DE L'IMAGERIE DE PROJECTION A L'IMAGERIE EN COUPES 10
1.2.1 L'imagerie en 2 dimensions 10
1.2.2 L'imagerie sectionnelle 11

2 PRINCIPES, REALISATION DE L'IMAGERIE CBCT, CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET ASPECTS DOSIMETRIQUES 13

2.1 PRINCIPES GENERAUX..... 13
2.2 RECONSTRUCTION DES IMAGES DE CBCT..... 14
2.2.1 Acquisition 14
2.2.2 Reconstruction..... 15
2.3 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU CBCT..... 16
2.3.1 La définition ou résolution spatiale 16
2.3.2 La résolution en densité ou en contraste..... 16
2.3.3 Le rapport signal/bruit 16
2.3.4 Contrôle automatique de l'exposition 17
2.3.5 La durée d'exposition..... 17
2.3.6 Le type de source de rayons X 17
2.3.7 La dosimétrie..... 17
2.3.8 Le champ d'exploration..... 18
2.4 DIFFERENCES TECHNIQUES ENTRE LE CBCT ET LA TDM..... 18
2.4.1 Avantages par rapport à la TDM..... 18
2.4.2 Inconvénients par rapport à la TDM 20
2.5 ASPECTS DOSIMETRIQUES DU CBCT, DE LA TDM ET DES RADIOGRAPHIES CONVENTIONNELLES. 20
2.5.1 Radiologie conventionnelle..... 24
2.5.2 Tomodensitométrie (TDM) 25
2.5.3 Cone Beam Computed Tomography (CBCT)..... 26

3 FONCTIONNEMENT DU CBCT DU CHU DE NANTES..... 28

3.1 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES 28
3.2 DEROULEMENT D'UN EXAMEN CBCT..... 30
3.3 MODES DE PRESCRIPTION DU CBCT ET VISUALISATION DES RESULTATS..... 31

4 ETUDE CONCERNANT L'UTILISATION DU CBCT DANS LE SERVICE DE CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE DU CHU DE NANTES 35

4.1 VERSANT DOSIMETRIQUE DE L'ETUDE 35
4.1.1 Objectifs de l'étude 35
4.1.2 Matériel et Méthode 35
4.1.3 Résultats 42

4.2 VERSANT ACTIVITE RADIOLOGIQUE DE L'ETUDE EN CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE.....	44
4.2.1 Objectifs de l'étude	44
4.2.2 Matériel et Méthode	45
4.2.3 Résultats	50
4.3 DISCUSSION	66
4.3.1 Versant dosimétrique de l'étude.....	66
4.3.2 Versant activité de l'étude.....	71

CONCLUSION..... 121

ANNEXES..... 123

BIBLIOGRAPHIE 131

Figure 1 : affiche publicitaire pour un dentifrice au radium et fontaine à eau imprégnée de radium.....	9
Figure 2 : comparaison entre le fan beam du TDM à gauche et le cone beam du CBCT à droite	13
Figure 3 : principales grandeurs utilisées en dosimétrie	23
Figure 4 : fantôme anthropomorphe RANDO.....	26
Figure 5 : coupe axiale du fantôme RANDO permettant de visualiser les emplacements des diodes thermo-luminescentes (TLD).....	26
Figure 6 : vue d'ensemble du CBCT NewTom VGi	29
Figure 7 : possibilité de réaliser l'examen CBCT en position debout ou assise.....	30
Figure 8 : positionnement du visage au niveau de la mentonnière et de l'appui frontal, avec centrage par la mire infra rouge	30
Figure 9 : bon d'examen radiologique pour CBCT, panoramique dentaire et téléradiographies	32
Figure 10 : icône permettant l'accès au PACS via clinicom	33
Figure 11 : sélection de l'examen CBCT via le PACS.....	33
Figure 12 : scout view lors de l'ouverture de l'examen CBCT avec profil, panoramique et coupe axiale.....	33
Figure 13 : mode MPR avec visualisation des coupes axiales, coronales et sagittales.....	33
Figure 14 : reconstruction type panoramique dentaire avec le MPR	34
Figure 15 : reconstruction en 3 D avec le logiciel NNT	34
Figure 16 : installation du fantôme et du dosimètre dans le CBCT permettant de mesurer le CTDI.....	36
Figure 17 : fantôme TO CTDI plus, avec ses 3 cylindres de PMMA	37
Figure 18 : dosimètre UNFORS Xi CT detector.....	37
Figure 19 : rapport de dose pour un CBCT	38
Figure 20 : positionnement de la sonde dosimétrique dans le céphalostat utilisé pour les téléradiographies	40
Figure 21 : écran de réglage des paramètres du patient virtuel et du faisceau de rayons X du programme PCXMC 2.0	41
Figure 22 : répartition entre activité globale du CBCT et activité globale des radiographies standards de 2010 à 2012	63

Figure 23: chirurgie pré implantaire pour édentation maxillaire antérieure, greffe osseuse d'apposition maxillaire vestibulaire et palatine. Prélèvement de greffons osseux crâniens, ostéosynthésés par vis vestibulaire.....	72
Figure 24 : Résultat 6 mois plus tard avec 6 implants en place	73
Figure 25 : planification pré opératoire pour mise en place d'implants maxillaire	73
Figure 26 : fracture alvéolo-dentaire avec fracture radriculaire de 14	89
Figure 27 : fracture radriculaire et luxation dentaire antérieure avec fracture du mur alvéolaire à gauche, fracture radriculaire non déplacée à droite	89
Figure 28 : fracture symphysaire passant sous un apex dentaire	90
Figure 29 : fracture para-symphysaire droite passant entre 43 et 44 sans atteinte radriculaire.	90
Figure 30 : contrôle post opératoire en 3D d'une	90
Figure 31 : fracture sous condylienne gauche avec bascule interne de la tête condylienne.....	91
Figure 32 : coupe axiale de cette même fracture sous condylienne gauche, montrant bien la bascule interne.....	91
Figure 33 : fracture condylienne bilatérale: capitale droite et sous condylienne gauche.....	91
Figure 34 : fracture de Le Fort I et II bilatérale.....	91
Figure 35 : contrôle post opératoire de réduction - ostéosynthèse de fracture de paroi antérieure droite du sinus frontal par mini plaques	92
Figure 36 : fracture de l'arcade zygomatique gauche.....	92
Figure 37 : fracture de plancher orbitaire gauche chez le même patient.....	93
Figure 38: Fracture du plancher orbitaire chez le même patient. Image de droite en CBCT, visualisation d'une ptose de tissus mous dans le sinus maxillaire, distinction impossible entre muscle et graisse. Image de gauche en TDM, le muscle droit inférieur est en place, la ptose de tissus mous ne concerne que la graisse intra-orbitaire	94
Figure 39 : reconstruction en 3D montrant une asymétrie des étages moyens et inférieurs	98
Figure 40 : fente labio-maxillo-palatine bilatérale, bourgeon médian en place comprenant les deux incisives centrales	100
Figure 41 : fente labio maxillo-palatine droite, visualisation du défaut osseux.....	101
Figure 42: reconstruction en 3D du nerf alvéolaire inférieur passant entre les racines d'une 3ème molaire mandibulaire droite incluse en position horizontale.....	103
Figure 43 : canine maxillaire droite incluse en position horizontale, noter les rapports étroits avec les apex des prémolaires	105
Figure 44 : résorption condylienne droite, vue 3D et coupe sagittale.....	106
Figure 45 : hypercondylie droite	106
Figure 46 : comblement sinusien maxillaire droit avec image apicale radriculaire	108
Figure 47 : kyste apical sur molaire traitée endodontiquement, avec dépassement de matériel d'obturation dans le sinus maxillaire gauche, hypertrophie de la muqueuse sinusienne en regard.....	108
Figure 48 : Dysplasie fibreuse avec atteinte sphénoïdale et orbitaire externe	110
Figure 49 : kystes maxillaire et mandibulaires.....	111
Figure 50 : granulome apical racine mésiale de 46	114
Figure 51 : ostéoradionécrose mandibulaire postérieure gauche	115
Figure 52 : ostéochimionécrose mandibulaire postérieure droite avec présence de séquestres osseux	115
Figure 53 : lithiase de la glande sub mandibulaire droite.....	117
Figure 54 : reconstruction nasale par greffe osseuse cranienne. Etai columellaire et baguette osseuse au niveau du dorsum, ostéosynthèse au processus nasal de l'os frontal par vis	118
Figure 55 : réfection d'un plancher orbitaire par prothèse en corail.....	119
Figure 56 : reconstruction de branche horizontale droite de mandibule par lambeau libre micro-anastomosé de fibula, ostéosynthésée par deux plaques	119

Figure 57 : réfection de plancher orbitaire droit et correction de l'hypoprojection des malaires par prothèses de corail..... 120

Tableau 1: Facteurs de pondération aux organes Wt selon l'ICRP 60 (1990) et l'ICRP 103 (2007)	22
Tableau 2 : récapitulatif des doses efficaces calculées dans notre étude en fonction de l'ICRP 60 et 103.....	43
Tableau 3 : activité radiologique avant et avec CBCT associée au diagnostic de fractures mandibulaires (S02.6) ($\alpha=0.05$)	56
Tableau 4 : activité radiologique avant et avec CBCT, diagnostique et post opératoire associée au diagnostic de fractures mandibulaires (S02.6) ($\alpha=0.05$)	56
Tableau 5 : activité radiologique avant et avec CBCT associée au diagnostic de fracture du plancher orbitaire (S02.3) ($\alpha=0.05$).....	57
Tableau 6 : activité radiologique avant et avec CBCT, diagnostique et post opératoire associé au diagnostic de fracture de plancher orbitaire (S02.3) ($\alpha=0.05$)	57
Tableau 7 : activité radiologique avant et avec CBCT associée au diagnostic de fractures de malaire et maxillaire (S02.4) ($\alpha=0.05$).....	58
Tableau 8 : activité radiologique avant et avec CBCT diagnostique et post opératoire, associé au diagnostic de fractures de malaire et maxillaires (S02.4) ($\alpha=0.05$).....	58
Tableau 9 : Répartition détaillée de l'imagerie pour les fractures de mandibule	59
Tableau 10 : Répartition détaillée de l'imagerie pour les fractures du plancher orbitaire.....	60
Tableau 11 : Répartition détaillée de l'imagerie pour les fractures du malaire	61
Tableau 12 : activité radiologique globale en CBCT et en radiographies standards de 2008 à 2012.....	65
Tableau 13 : indications pour réaliser un CBCT en traumatologie dento-maxillo-faciale	88
Annexe 1 : Fiche technique du CBCT NewTom VGi, données constructeur.....	123
Annexe 2 : données constructeur pour le CTDI du CBCT NewTom VGi	124
Annexe 3 : rapport PCXMC 2.0 BLONDEAU	125
Annexe 4 : rapport PCXMC 2.0 HIRTZ HYPER AXIAL	126
Annexe 5 : rapport PCXMC 2.0 MALAIRE PLAQUE.....	127
Annexe 6 : rapport PCXMC 2.0 ORBITE DE FACE.....	128
Annexe 7 : rapport PCXMC 2.0 TELERADIOGRAPHIE FACE.....	129
Annexe 8 : rapport PCXMC 2.0 TELERADIOGRAPHIE PROFIL	130

Introduction

La radiologie à rayons X, depuis sa découverte à la fin du XIX^{ème} siècle ne cesse d'évoluer. Des progrès considérables ont été réalisés aussi bien d'un point de vue de la qualité des images que de la radioprotection.

La Chirurgie Maxillo-Faciale, née au début du XX^{ème} siècle, comme d'autres disciplines, bénéficie des progrès réalisés en radiodiagnostic pour offrir une meilleure prise en charge du patient.

La face avec son anatomie osseuse complexe et ses rapports étroits avec les dents, demande une qualité d'image permettant d'observer le moindre détail et ce dans n'importe quel plan de l'espace. Cette qualité, réservée pour un temps à la tomodensitométrie est également depuis peu offerte par un autre type d'imagerie : la tomographie volumique à faisceau conique (Cone Beam Computed Tomography ou CBCT).

S'agissant d'une technologie récente, la place du CBCT dans l'arsenal des examens d'imagerie n'est pas encore parfaitement définie. Il nous est donc paru intéressant de tenter de clarifier cette situation en étudiant d'une part l'impact dosimétrique des examens CBCT par rapport aux examens réalisés avant l'acquisition de cette nouvelle modalité et d'autre part l'activité en Radiologie résultant des prescriptions en Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie sur les périodes précédant et suivant cette acquisition.

La première partie de notre étude va consister à décrire le mode de fonctionnement du CBCT et la place qu'il occupe quant au niveau d'exposition aux rayons X parmi les autres examens radiologiques destinés à la face, que sont la tomodensitométrie (TDM), et les examens en 2 dimensions que sont l'orthopantomogramme, les téléradiographies, les incidences type Blondeau, Hirtz hyper axial, orbites de face, et malaire plaque.

La deuxième partie de notre étude va consister tout d'abord à comparer les prescriptions d'examens radiographiques que sont l'orthopantomogramme et les téléradiographies, réalisés pour l'activité correspondant à la chirurgie orthognathique et malformative, l'orthopédie

dento-faciale (ODF) et les syndromes d'apnée obstructive du sommeil (SAOS), lors des périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT. Le but étant de mettre éventuellement en évidence une modification de cette activité radiologique en lien avec l'utilisation du CBCT.

Nous étudierons ensuite l'activité radiologique en traumatologie maxillo-faciale concernant les fractures de mandibule, de plancher orbitaire et de malaire sur deux périodes : l'une avant et l'autre suivant la mise en service du CBCT, afin d'analyser le nombre d'examens réalisés (orthopantomogrammes, TDM, incidences standard et CBCT) et de mettre éventuellement en évidence un changement dans les modalités de prescription en rapport avec le CBCT.

Pour chacune de ces trois fractures et pour les autres fractures fréquemment rencontrées en traumatologie Maxillo-Faciale, nous préciserons quel examen radiologique choisir parmi le CBCT, la TDM et les radiographies standard pour réaliser leur diagnostic, leur contrôle post opératoire et leur suivi, en prenant en considération les données dosimétriques retrouvées dans notre étude.

Enfin nous citerons les autres indications en Chirurgie Maxillo-Faciale et en Stomatologie où le CBCT, seul ou en complément de l'orthopantomogramme, vient remplacer la TDM.

1 Découverte et évolution des techniques d'examens médicaux radiologiques

1.1 Les débuts de la radiologie à rayons X

La première image radiologique date du 22 Novembre 1895, jour où Wilhem Conrad Röntgen prit un cliché radiologique de la main de son épouse Bertha Röntgen, ce qui lui valu le premier prix Nobel de physique en 1901.

La première image radiologique dentaire fut réalisée en Décembre 1895 par Otto Walkhoff, chirurgien dentiste de son état.

La découverte des rayons X arrive au moment où les sciences fondamentales sont en pleine effervescence et suscitent l'admiration.

En mars 1886, Henri Becquerel met en évidence les « rayons uraniques ». En 1898, Pierre et Marie Curie découvrent le polonium et le radium. Becquerel et les époux Curie obtiendront conjointement le prix Nobel de physique en 1903.

Le monde médical prend alors rapidement conscience de l'intérêt des rayons X, qui permet une « évaluation anatomique a traumatique in vivo ». Sa contribution la plus éclatante, dans la première moitié du XXème siècle sera le dépistage et la surveillance thérapeutique de la tuberculose, terrible fléau de l'époque.

La découverte des rayons X fascine également le public, on fait livrer à domicile le « matériel complet de photographie des corps opaques pour répéter les expériences du professeur Röntgen ». Des cabinets ludiques de « photographie Röntgen » sont ouverts.

Des produits « bienfaisants » censés contenir des substances radioactives sont commercialisés. Ils se démarquent de la thérapeutique galénique en se référant à une action naturelle que l'on rapproche de celle du soleil. Aux Etats-Unis, la commercialisation par

William Bailey d'une eau radioactive appelée Radi Thor (radium mésothorium) entrainera la mort du milliardaire Eben Byers. Lors de l'autopsie de la victime, on constate que tous ses tissus avaient fixé la substance radioactive absorbée pendant 4 ans. William Bailey lui-même consommateur du Radi Thor, mourra d'un cancer de la vessie.

En France, Tho-Radia (thorium-radium), élaboré « selon la formule du Dr Alfred Curie » prétend posséder des vertus « embellissantes parce que curative » de la peau, se déclinant en poudre, crème, savon dentifrice, il connaîtra un très large succès jusqu'aux années 40.

Pourtant, l'action des rayonnements ionisants est très vite connue et ses effets répertoriés, les accidents cutanés ont été identifiés dès 1896, avec dépilations, brûlures, nécroses présentées par des médecins radiologues, des chercheurs ou des personnes ayant manipulé ces nouvelles sources d'énergie.

La perception des rayonnements ionisants va changer à la suite du bombardement d'Hiroshima et de Nagasaki le 6 et 9 août 1945 et sera renforcée par l'accident de Tchernobyl le 26 avril 1986 [1].



Figure 1 : affiche publicitaire pour un dentifrice au radium et fontaine à eau imprégnée de radium

1.2 Evolution des techniques radiologiques : de l'imagerie de projection à l'imagerie en coupes

1.2.1 L'imagerie en 2 dimensions

Les techniques conventionnelles procèdent de la projection du faisceau conique de rayons X. Elle résulte donc de l'absorption d'un faisceau de rayons X homogène traversant une structure anatomique et dont le rayonnement émergent modulé vient frapper un récepteur (argentique ou numérique) qui révèle son image latente, c'est le procédé de Röntgen. La projection du volume anatomique examiné en 3D se traduit par une image plane en 2D. Cette image varie selon la situation respective du foyer et du récepteur (distance, orthogonalité ou obliquité du rayonnement), et des superpositions gênantes peuvent être difficiles à discriminer [2].

Les examens odonto-stomatologiques font appel à l'imagerie analogique ou numérique, intra-orale (clichés rétro-alvéolaires, occlusaux), ou extra-orale (panoramique, téléradiographie, tomographie) [3]. Les clichés rétro-alvéolaires permettent de visualiser l'anatomie canalaire, radiculaire et alvéolaire de la dent, les clichés occlusaux apportent des vues complémentaires dans le plan horizontal et des informations sur les glandes salivaires.

La téléradiographie de face, profil et axiale est une technique mesuratrice procurant une image sans déformation et en grandeur réelle de l'extrémité céphalique, elle permet l'analyse céphalométrique des dysmorphoses dento-faciales.

Le panoramique dentaire ou orthopantomogramme allie le principe de la radiographie à fente à celui de la tomographie conventionnelle courbe et permet le déroulement de l'image des arcades dentaires sur un seul film.

1.2.2 L'imagerie sectionnelle

La Tomographie, la Tomodensitométrie (TDM) et plus récemment le Cone Beam Computed Tomography (CBCT) sont capables de restituer des images en 3D et de fournir le volume de la structure anatomique examinée.

1.2.2.1 La Tomographie

C'est la technique d'imagerie sectionnelle la plus ancienne imaginée par le français André Bocage, et réalisée par l'italien Alessandro Vallebona.

Le principe est basé sur la triade « tube à rayons X – patient - récepteur », le tube à rayons x et le récepteur se déplacent dans la même direction mais en sens inverse. L'orthopantomographie (Yrjö Veli Paatero, professeur finlandais de radiologie dentaire) en est la principale application : la trajectoire du faisceau de rayons x est courbe, collimatée, avec obtention d'une coupe tomographique épaisse.

1.2.2.2 TDM et CBCT : imagerie sectionnelle numérique

La **TDM ou scanner**, inventé par G.H. Hounsfield et A.M. Cormack, Prix Nobel de médecine en 1979, repose sur les principes du théorème de radon décrit en 1917 : reconstitution d'un objet à partir d'un ensemble de projections.

La rétroprojection par la transformée de Fourier utilise les données numériques enregistrées pour la reconstruction, ce qui est rendu possible grâce à l'informatique [1].

L'image scanner résulte du phénomène d'absorption des rayons X et d'un codage informatique.

Différentes générations de TDM se sont succédées depuis les années 1970 : TDM incrémentale ou séquentielle, TDM hélicoïdale, TDM multi barrettes en 1998 très rapide permettant d'obtenir des coupes de plus en plus fines avec une grande qualité de

reconstructions, une couverture anatomique plus grande, une réduction des artéfacts de mouvement, une cartographie vasculaire après injection de produit de contraste.

La TDM effectue des coupes se superposant lors de multiples rotations du système. Suivant la résolution et le champ que l'on souhaite radiographier, il faut effectuer un certain nombre de coupes pour un examen donné.

La TDM étudie les densités (exprimées en unités Hounsfield, UH) des parties molles avec la possibilité de réaliser une injection de produit de contraste, ainsi que les structures denses (os et dents).

La TDM travaille sur un faisceau de rayons X dit « fan beam », littéralement faisceau en éventail.

Le **Cone Beam Computed Tomography (CBCT)**, apparu vers la fin des années 1990, est une méthode basée sur l'acquisition d'un volume qui permet par la suite de réaliser des reconstructions en 3D.

Le CBCT ne travaille pas sur un faisceau de rayons X mince, mais avec un faisceau ouvert, conique, ce qui permet en une seule révolution de balayer l'ensemble du volume à radiographier.

Cette technique utilise le principe de la tomosynthèse : « la tomosynthèse utilise un ensemble de projections 2D acquises sous différents angles à partir d'une trajectoire-source quelconque [...]. La tomosynthèse a vu le jour au début des années 70, à une époque où le film était le support de l'image. Les récentes avancées en termes de détecteurs numériques de rayons X contribuent à améliorer les performances de l'imagerie diagnostique par rayons X, et plus particulièrement de la tomosynthèse. En effet, pouvoir collecter une séquence d'images numériques permet d'effectuer des reconstructions a posteriori [...] dans les meilleures conditions, de l'objet étudié, là où le film interdisait tout traitement [...]. En combinant les projections, il est possible de reconstruire en 3 dimensions le volume projeté et ainsi d'obtenir les informations 3D de l'organe examiné. » [4].

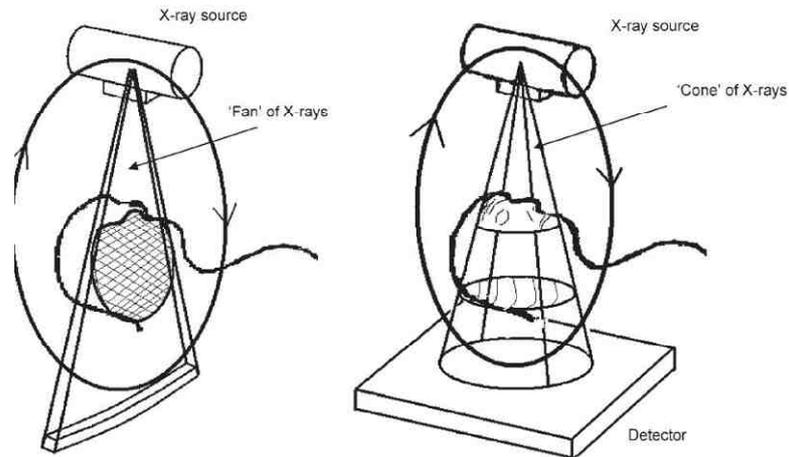


Figure 2 : comparaison entre le fan beam du TDM à gauche et le cone beam du CBCT à droite

2 Principes, réalisation de l'imagerie CBCT, caractéristiques techniques et aspects dosimétriques

Le CBCT est inscrit à la CCAM et remboursé, depuis la parution au journal officiel du 7/06/2012 : LAQK027 (72.66 euros) : radiographie volumique par faisceau conique (CBCT) du maxillaire, de la mandibule et/ou d'arcade dentaire.

2.1 Principes généraux

Le dispositif comprend dans tous les cas une source de rayons X émettant un faisceau de forme conique et de largeur constante [5-7].

Les rayons X traversent le volume anatomique à explorer et terminent leur course sur une aire détectrice plane, appelée capteur plan dans la majorité des cas, ou exceptionnellement sur un amplificateur de brillance.

Le tube à rayons X et l'aire de détection sont solidaires, opposés et alignés.

Le système va engendrer une rotation unique de 360 degrés autour de la tête du patient (axe de rotation) pour acquérir l'ensemble du volume (parfois simplement 180 degrés).

Une courte impulsion de rayons X est libérée pour chaque degré entraînant l'acquisition de 360 images, à la différence de la TDM où le faisceau de rayons X est continu.

Du fait de la conicité du faisceau, une unique rotation du complexe source-détecteur suffit à acquérir les données brutes de l'ensemble du volume sans translation du patient.

Au terme de la rotation, de nombreuses images planes, numérisées, se répartissent selon la trajectoire circulaire de rotation du système.

Les données numériques de ces projections multi angulaires sont traitées par des algorithmes de reconstruction volumique qui restituent le volume de l'objet selon ses pixels (unité de base permettant de mesurer la définition d'une image numérique matricielle). On peut parler dans ce cas de voxels (pixels en 3D). Le voxel du CBCT est cubique, ou « isotrope », à la différence du voxel de la TDM, parallélépipède rectangle, dit « anisotrope ». L'avantage du voxel isotrope est d'obtenir une meilleure fidélité dimensionnelle et donc une meilleure résolution de l'image quel que soit ensuite le plan de reconstruction réalisé.

2.2 Reconstruction des images de CBCT

L'ensemble des voxels obtenu contient des données brutes qui vont être utilisées pour la reconstruction des images dans les différents plans de l'espace.

La reconstruction nécessite 2 étapes : l'acquisition et la reconstruction à proprement parler.

2.2.1 Acquisition

Le patient est pour la plupart des machines en station debout ou assis, voire couché.

La tête doit être immobilisée le mieux possible pour éviter les artéfacts cinétiques.

La machine effectue une rotation jusqu'à 360° autour de la tête du patient, et les premières images capturées seront des séries d'images en 2D projetées directement et reconstruites en données volumiques. La surface anatomique étudiée dépend de la taille du détecteur et de la projection numérique du faisceau de rayons X, on parle de « champ » ou « Field of View, FOV ».

2.2.2 Reconstruction

Le volume numérique de forme cylindrique est utilisé ensuite par l'ordinateur pour reconstruire 3 séries de coupes parallèles entre elles selon 3 plans orthogonaux.

A l'intérieur du cylindre numérique, chaque unité de volume appelée « voxel » (contraction de volumetric pixel) a une forme cubique, le volume est dit isotrope. Cette particularité confère aux coupes une résolution spatiale identique quelle que soit l'orientation des coupes dans le volume, à la différence de la TDM où le volume est obtenu par superposition de coupes. Les voxels constituant ce volume ne sont pas de forme cubique mais sont des parallélépipèdes rectangles, le volume est alors dit anisotrope, et la résolution spatiale varie en fonction de l'orientation des coupes reconstruites.

Les informations obtenues sont donc traitées par application d'un algorithme de reconstruction pour obtenir au final des reconstructions multi planaires ou MPR (Multi Planar Reconstruction) dans les 3 plans de l'espace : coronal, axial et sagittal. Il est possible par la suite de faire pivoter ces plans de reconstructions afin d'obtenir des coupes passant par l'axe d'une structure anatomique choisie.

2.3 Caractéristiques techniques du CBCT

Les différents systèmes de CBCT se distinguent par certaines caractéristiques techniques [5], [8] :

2.3.1 La définition ou résolution spatiale

La finesse de l'image est conditionnée par la taille des voxels lors de l'acquisition, elle est fonction du type de détecteur (capteur plan ou amplificateur de brillance), du FOV (plus le champ est petit, meilleure est la définition, pour un nombre de pixels donné) et enfin du logiciel d'exploitation et du système d'affichage (ordinateur, carte vidéo, résolution de l'écran).

2.3.2 La résolution en densité ou en contraste

Elle est définie par le nombre de nuances de gris que le système permet d'afficher. Avec le CBCT, l'échelle de Hounsfield n'existe pas et le réglage des densités se fait par simple modulation du noircissement et du contraste. Il en découle une impossibilité d'étude précise des parties molles et d'envisager une injection de produit de contraste.

2.3.3 Le rapport signal/bruit

C'est un facteur essentiel de qualité d'image, le signal correspond aux voxels fournissant de l'information, et le bruit correspond aux voxels parasites qui dégradent la qualité de l'image. Le bruit augmente quand la taille des voxels et l'épaisseur de coupe diminuent. Plus le bruit augmente et plus la qualité de l'image est dégradée.

2.3.4 Contrôle automatique de l'exposition

Elle permet d'adapter la dose émise à l'opacité (densité, épaisseur) du sujet et autorise l'ajustement de l'irradiation.

2.3.5 La durée d'exposition

Les artéfacts cinétiques, dus aux mouvements du patient lors de la réalisation de l'examen seront d'autant plus importants que la durée d'exposition est longue et que le système de contention du patient n'est pas optimal.

2.3.6 Le type de source de rayons X

Contrairement à un faisceau continu, le mode pulsé permet de réduire l'exposition effective et de limiter ainsi la dose irradiante délivrée.

2.3.7 La dosimétrie

Différentes études [9-13] ont montré que le CBCT proposait une dose d'exposition aux rayons X plus faible que le TDM, mais plus importante que les clichés radiologiques standards.

La dose reçue est intimement liée à la taille du FOV, à la durée d'exposition, au type de faisceau à rayons X, aux caractéristiques physiques du patient.

Les doses peuvent varier de 1,5 à 12 par rapport au TDM et de 4 à 42 par rapport au panoramique dentaire, selon les appareils utilisés, grand ou petit champ [14].

L'analyse dosimétrique dans toutes ces études a été réalisée à l'aide de fantômes anthropomorphes à la surface et à l'intérieur desquels étaient placés des dosimètres thermo luminescents sur différents sites correspondant aux organes irradiés : thyroïde, glandes salivaires, cristallin.

2.3.8 Le champ d'exploration

La hauteur d'exploration concourt au volume exploré dont dépendent le nombre de structures étudiées et la dose délivrée. Les champs limités sont suffisants en implantologie sectorielle et chirurgie buccale, alors que les grands champs sont nécessaires pour les bilans orthodontiques et la Chirurgie Maxillo-Faciale.

2.4 Différences techniques entre le CBCT et la TDM

2.4.1 Avantages par rapport à la TDM

- L'irradiation est moindre et fait du CBCT l'examen de choix pour des explorations répétées ou chez l'enfant.

- Le caractère isotropique ou cubique des voxels qui donne une meilleure restitution dimensionnelle théorique et une meilleure résolution spatiale.

Si l'arête des voxels est petite, la résolution spatiale égale, voire dépasse nettement celle du TDM, cela permet une meilleure analyse des structures osseuses et dentaires.

Les images 3 D obtenues en CBCT sont d'une grande précision notamment en matière de structure osseuse, et ce dans tous les plans de l'espace.

- Meilleure résolution : production de voxels isotropiques de résolutions millimétriques allant de 0,4 à 0,076 mm, ce qui donne un fort pouvoir de résolution spatiale dans les différents plans de l'espace et permet une analyse fine des structures osseuses et dentaires [15].

Des études ont montré de façon subjective que la qualité de l'image obtenue avec un CBCT (tests réalisés sur 5 CBCT : NewTom 3G, Accuitomo 3D, i-CAT, Galileos, Scanora 3D) est parfois meilleure ou comparable avec celle d'un TDM (Somatom Sensation 16) pour les structures osseuses. Un comparatif sur les capacités géométriques de reconstruction 3D entre

un TDM et plusieurs modèles de CBCT a montré que l'image obtenue avec le CBCT était de moins bonne qualité qu'avec le TDM, en étant toutefois acceptable [16, 17].

- Moindre sensibilité aux artéfacts au voisinage des structures métalliques denses chirurgicales et prothétiques (couronnes dentaires, matériel d'ostéosynthèse, traitement endodontique, implants dentaires et cochléaires) [18].

- Rapidité de l'examen : l'acquisition de toutes les projections d'image se fait en une seule rotation de la machine, temps équivalent à un panoramique dentaire. Cette rapidité génère moins d'artéfacts cinétiques liés aux mouvements du patient.

Par contre la durée du processus de reconstruction informatique est plus ou moins longue en fonction du FOV, du nombre d'images, de la résolution et de l'algorithme de reconstruction, la durée allant de 1 à 20 minutes.

- Variabilité du FOV ou champ : le champ peut-être adapté à la pathologie étudiée ce qui limite l'irradiation.

2.4.2 Inconvénients par rapport à la TDM

- Résolution en densité plus faible : raison de la faible irradiation, l'échelle des densités est beaucoup moins large que celle de la TDM et il n'est pas possible d'obtenir une discrimination aussi fine des densités de parties molles [2].

- Impossibilité d'envisager une injection de produit de contraste.

- Augmentation du bruit, lié aussi à la plus faible irradiation, ce qui est gênant pour des études en haute résolution et en fort contraste.

La variation des paramètres du CBCT entraîne des différences significatives dans la qualité de l'image. Il est donc important de pouvoir sélectionner différents paramètres sur un même appareil, afin de minimiser la dose délivrée au patient tout en ayant une qualité d'image suffisante pour l'application sélectionnée.

2.5 Aspects dosimétriques du CBCT, de la TDM et des radiographies conventionnelles

L'utilisation de radiations ionisantes en imagerie médicale nécessite d'avoir des principes, des valeurs et des bases légales pour protéger les patients d'irradiations trop importantes.

Le principe JOLI décrit les 3 règles principales de radioprotection :

- La justification
- L'optimisation
- La limitation des doses individuelles

L'optimisation se base sur le principe ALARA (as low as reasonably achievable) qui préconise de maintenir les doses aussi faibles que cela est raisonnablement possible. Ce principe est d'autant plus important qu'aucun seuil limite de dose n'existe pour le patient. Tous ces principes ne seraient pas applicables sans la réalisation de différentes mesures permettant de calculer les doses reçues aux organes à risque.

La première valeur mesurable est la **dose absorbée (D)**, qui définit la quantité d'énergie déposée localement dans les tissus. Elle s'exprime en joule par kilogramme ou Gray (Gy). Elle permet de quantifier les effets déterministes à dose élevée (effets sur la peau lors de radiothérapie par exemple).

La **dose équivalente (HT)** prend en compte, à dose absorbée égale, la probabilité des effets stochastiques (cancer, leucémie) diffère selon le type de rayonnement ionisant (Rayons X, α , β). Les effets stochastiques, correspondent aux faibles doses de rayonnement ionisant qui peuvent survenir ou pas sans être liés à une probabilité. Contrairement à un effet déterministe, un effet stochastique n'est pas lié à un effet de seuil. On ne peut lui adjoindre qu'une estimation statistique du risque de voir l'effet se manifester chez un patient.

Pour des fortes doses, on parle à l'inverse d'effets déterministes. Ils sont caractérisés par une dose-seuil au dessus de laquelle ils sont liés à une probabilité d'apparition d'effet. Cette probabilité étant proportionnelle à la dose reçue. Au dessous de la dose-seuil aucun effet probabiliste n'est observable.

En cas de forte irradiation localisée en radiodiagnostic, la peau est la première cible (dépilation ou alopecie avec desquamation, puis épidermite, radiodermite exsudative avec phlyctènes, nécrose tissulaire) [1].

On obtient donc la **dose équivalente HT** en utilisant un facteur de pondération des rayonnements (**WR**) qui dans le cas des rayons X de basses énergies est de 1.

La **dose efficace (E)** tient compte de la radiosensibilité particulière de chaque tissu à la cancérisation. Contrairement à la dose absorbée, elle ne se mesure pas mais se calcule pour un examen donné en additionnant les produits de la **dose équivalente HT** reçue par chaque organe ou tissu exposé T par son facteur de pondération tissulaire relatif **WT**. Cette grandeur a été introduite pour évaluer le préjudice subit lors d'une exposition à des rayonnements ionisants. Les facteurs de pondération sont listés dans les recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique (ICRP).

Cette organisation internationale indépendante vise à la protection contre les rayonnements ionisants aussi bien pour les travailleurs que pour la population. Plusieurs versions de ces recommandations existent dont la dernière, dans laquelle les facteurs de pondération ont été actualisés, date de 2007 (ICRP 103). La version précédente, encore couramment utilisée, date de 1990 (ICRP 60).

Tissus/organes	WT ICRP 60 (1990)	WT ICRP 103 (2007)
moelle osseuse	0.12	0.12
seins	0.05	0.12
colon	0.12	0.12
poumons	0.12	0.12
estomac	0.12	0.12
vessie	0.05	0.04
œsophage	0.05	0.04
gonades	0.20	0.08
foie	0.05	0.04
thyroïde	0.05	0.04
surface de l'os	0.01	0.01
cerveau	-	0.01
glandes salivaires	-	0.01
peau	0.01	0.01
organes/tissus restants	0.05	0.12

Tableau 1: Facteurs de pondération aux organes Wt selon l'ICRP 60 (1990) et l'ICRP 103 (2007)

Pour les organes présents dans la région tête et cou, les coefficients de la thyroïde et de l'œsophage ont été revus à la baisse. Le cerveau et les glandes salivaires qui n'étaient pas pris en compte dans la version de 1990, possèdent depuis 2007 un facteur qui leur est propre (0.01). Parmi les tissus restants, on note l'ajout en 2007 de la muqueuse buccale, des muscles, des voies respiratoires extra thoraciques et des ganglions lymphatiques.

E = somme WT.HT. E s'exprime en sieverts (Sv).

La valeur de la dose efficace E est celle de la dose équivalente virtuelle qui, appliquée uniformément à l'ensemble de l'organisme, donnerait le même risque d'effets stochastiques. Elle permet en remplaçant l'ensemble des doses reçues par différents organes par une valeur unique, la comparaison entre différentes procédures et leur addition à des fins de comparaison.

La dose efficace E est donc utilisée pour prédire les risques stochastiques, c'est à dire les risques de développer à moyen ou long terme un cancer lié à une faible irradiation ou à une irradiation chronique. Elle ne doit pas être utilisée pour quantifier les effets déterministes dans le cas d'une irradiation aiguë.

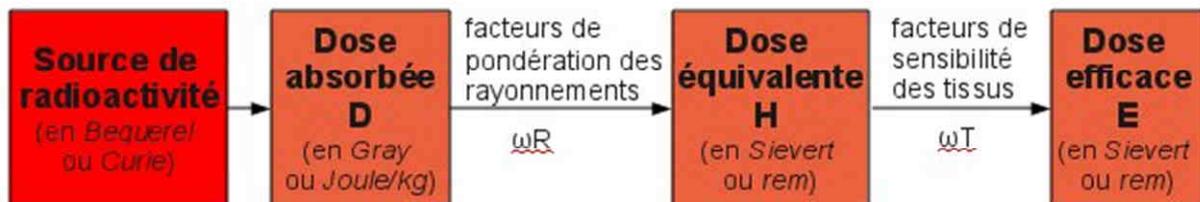


Figure 3 : principales grandeurs utilisées en dosimétrie

L'optimisation de la dose reçue par les patients en radiologie passe par le respect du niveau de référence diagnostique NRD de l'examen paru dans la version 73 de l'ICRP : on parle de dose à l'entrée (De) ou de produit dose surface (PDS) en radiologie standard, et d'indice de dose scanographique pondéré (IDSP) et de produit dose longueur (PDL) en tomographie.

En radiologie, il existe différentes valeurs modulables :

Le kilovoltage (kV) qui correspond à la tension envoyée, les milliampères.s (mAs) qui correspondent à la quantité d'ampères envoyés sur le patient et les millisecondes (ms) qui correspondent au temps d'exposition du patient aux rayons X.

2.5.1 Radiologie conventionnelle

La dose à la surface d'entrée ou dose à la peau D_e , est la dose absorbée dans l'air au point d'intersection de l'axe du faisceau de rayons X avec la surface cutanée d'entrée. Elle est exprimée en milligrays (mGy).

Le produit dose surface (PDS ou Dose Area Product DAP) est le produit de la dose moyenne absorbée dans l'air dans la section droite du faisceau de rayons X par la surface de cette section. Il est mesuré par une chambre radio transparente en sortie du tube à rayons X (indépendante de la distance, elle exprime aussi la dose à la surface du patient, lorsque cette dernière est connue) et est exprimé en Gy.cm² ou en mGy.cm².

Le DAP ou PDS permet d'estimer la dose efficace en la multipliant par des coefficients spécifiques à la région explorée (E_{DAP}) [19].

2.5.2 Tomodensitométrie (TDM)

On obtient une estimation de la dose efficace (E) après une série de différents calculs [20] :

Il faut tout d'abord calculer l'IDSP, qui représente la dose moyenne calculée dans un objet test (appelé fantôme) :

IDSP = $1/3 A + 2/3 [(B+C+D+E)/4]$, où les lettres A à E correspondent aux emplacements de la sonde dosimétrique dans le fantôme (A est au centre et le reste en périphérie, à 90° les uns des autres).

Ceci permet de calculer l'IDSV (indice de dose scanographique volumique ou CTDI_{vol} en anglais) :

IDSV = IDSP /Pitch. Le Pitch correspond au mouvement de translation du patient sur une rotation du tube à rayons X divisé par la collimation en z.

On obtient ensuite le produit dose longueur (PDL) par la formule suivante :

PDL = IDSV*L. L est la longueur de la surface explorée.

Ceci mène au calcul de la dose efficace (E) :

E = PDL * E_{PDL}. E_{PDL} est un facteur de conversion qui dépend de la qualité du rayonnement, de la proportion corporelle irradiée et de facteurs tissulaires.

IDSV et PDL sont disponibles par calcul à la console du tomodensitomètre dès le choix des constantes d'acquisition.

2.5.3 Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

Une étude réalisée par W. De Vos et al [21] recense 375 publications parues sur le CBCT de 1998 à 2007, beaucoup traitent des applications cliniques ou de la technique, mais seuls 9 % (16 articles) traitent des valeurs mesurées ou des calculs dosimétriques.

La méthode de calcul la plus répandue et la plus élaborée est celle de J.B Ludlow [22], [13], [23].

Elle consiste à tester les CBCT les plus répandus sur le marché, en réalisant des mesures dosimétriques avec des détecteurs thermo luminescents (TLD) localisés sur les sites radio sensibles d'un fantôme anthropomorphe RANDO.

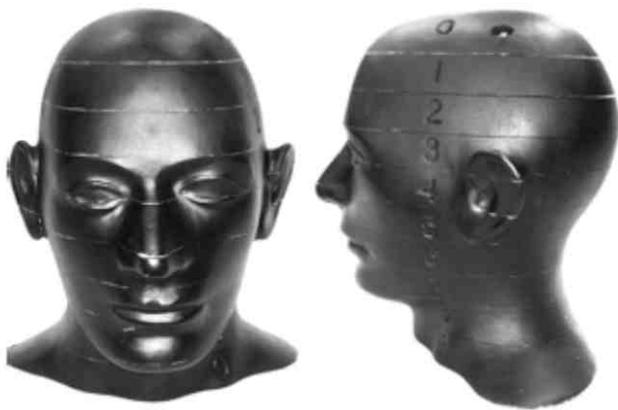


Figure 4 : fantôme anthropomorphe RANDO



Figure 5 : coupe axiale du fantôme RANDO permettant de visualiser les emplacements des diodes thermo-luminescentes (TLD)

Un calcul de la dose équivalente (H_T) ainsi que la dose efficace (E) est alors réalisé.

Cette méthode est laborieuse, très chronophage et difficilement reproductible compte tenu du nombre important de sites radio sensibles. D'autres méthodes moins laborieuses permettent de calculer la dose efficace pour le CBCT, en mesurant le PDS ou l'IDSP (CTDI) [20].

Le PDS ou DAP (Dose Area Product), déjà utilisé en radiologie conventionnelle, permettrait d'estimer la dose délivrée pour chaque examen. En effet, certains auteurs [19] affirment que le calcul du DAP avant l'examen peut être utilisé afin d'estimer la dose délivrée au patient avec des coefficients propres à chaque région anatomique (E_{DAP}). $E = DAP * E_{DAP}$. Ceci est réalisé actuellement au Royaume-Uni, où l'office de protection de la santé a établi un PDS recommandé pour les explorations avec de petits FOV

L'utilisation du CTDI est controversée pour le calcul de la dose efficace en CBCT, d'une part à cause de la modification géométrique du faisceau à rayons X par rapport à la TDM (rendant difficile la mesure du faisceau complet) et d'autre part à cause de la grande diversité des machines disponibles sur le marché et de leurs caractéristiques techniques (différents degrés de rotation, largeur du FOV, capteur plan ou amplificateur de brillance au niveau du récepteur) [20]. De plus, la méthode utilisée pour calculer le CTDI, à savoir l'insertion d'une chambre d'ionisation de 100 mm dans un fantôme, entraîne une mauvaise estimation de la dose délivrée. En effet, de part la forme conique du faisceau du CBCT, la chambre d'ionisation ne reçoit pas la totalité de la dose [7].

3 Fonctionnement du CBCT du CHU de Nantes

3.1 Caractéristiques techniques

L'appareil est le NewTom VGi, mis sur le marché en France en 2009 par la société QR, à Vérone en Italie. Il est en service au CHU de l'Hôtel Dieu à Nantes depuis le mois de Mai 2010. La machine est installée dans le service de Radiologie, dans la salle dédiée aux radiologies de la face, avec le télécrâne et le panoramique dentaire.

Le système est composé de trois grands éléments : le scanner, l'armoire de contrôle et la console d'acquisition. Ce CBCT est un statif vertical à hauteur variable, de 1.45 à 2.30 m pour des patients mesurant de 1.10 m à 1.95 m.

La source de rayons X est un tube à haute tension à potentiel constant, en mode pulsé. Une anode rotative de 110 kV est utilisée.

Le foyer du tube de rayons X est de 0.3 mm. Ce modèle de CBCT effectue une rotation complète de 360° autour de la tête du patient. La machine dispose du système déposé SAFE BEAM, qui permet une réduction automatique de la dose délivrée au patient.

D'après le constructeur, la dose efficace délivrée serait de l'ordre de 100 μ Sv par examen, en utilisant les valeurs de l'ICRP (Commission Internationale de Protection Radiologique) 2007 pour un adulte.

Le système de détection est un capteur plan Amorphous Silicon de 200 x 250 mm.

En mode standard, les dimensions du volume du cylindre reconstruit sont de 15 cm x 15 cm en mode standard, 12 cm x 7.5 cm en mode zoom et 12 cm x 7.5 cm en mode zoom haute définition.

La durée moyenne d'acquisition pour un examen en résolution standard est de 18 secondes, et la durée de reconstruction est approximativement d'1 minute.

La taille des voxels, de forme cubique et isométrique, varie en fonction du mode utilisé : pour une acquisition standard elle est de 0.3 mm, en mode zoom, elle est de 0.24 mm et en zoom haute résolution, elle descend à 0.15 mm.

Le logiciel d'acquisition est le QR NNT, disponible sur les consoles d'acquisition situées en radiologie et dans le service de Chirurgie Maxillo-Faciale. Ce logiciel permet de visualiser les reconstructions dans les plans sagittal, coronal et axial, ainsi que les « scout view » (vues de face et de profil en 2D). Il permet également de réaliser des reconstructions secondaires type sections panoramique ou 3D avec possibilité de faire apparaître les tissus mous ou osseux, ainsi que d'effectuer des rotations pour une meilleure analyse.



Figure 6 : vue d'ensemble du CBCT NewTom VGi

3.2 Déroulement d'un examen CBCT

Le patient est positionné dans la machine en position debout ou assise, la tête reposant sur une mentonnière. Une fois la tête positionnée de façon stable, trois lasers de positionnement (une ligne verticale passant par l'axe central du volume d'acquisition et correspondant au plan sagittal du patient, une ligne horizontale supérieure correspondant au centre du volume d'acquisition en mode grand champ et à la limite supérieure du volume d'acquisition en mode zoom, et une ligne inférieure indiquant toujours la limite inférieure du volume d'acquisition quelque soit le champ) sont utilisés pour réaliser la phase de centrage.



Figure 7 : possibilité de réaliser l'examen CBCT en position debout ou assise

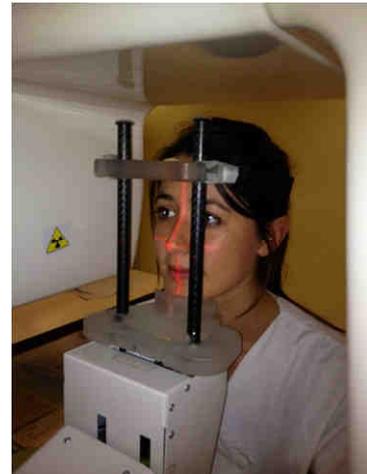


Figure 8 : positionnement du visage au niveau de la mentonnière et de l'appui frontal, avec centrage par la mire infra rouge

La seconde phase correspond à l'acquisition et dure 18 secondes, période durant laquelle le patient ne doit absolument pas bouger afin d'éviter les artefacts cinétiques.

3.3 Modes de prescription du CBCT et visualisation des résultats

Cet examen est majoritairement prescrit par les internes et seniors du service de Chirurgie Maxillo-Faciale, le service des Urgences adultes et infantiles, le Centre de Soins Dentaire, des services de médecine et en ORL.

Cette prescription médicale se fait à l'aide d'une fiche type, où le praticien doit renseigner la région à étudier et son indication. Cet examen, à la différence de la TDM, n'est pas systématiquement interprété par un médecin radiologue. L'interprétation peut toute fois être demandée en le précisant sur le bon d'examen. Un CD-ROM peut être remis au patient ou au prescripteur grâce au format DICOM.

Le CBCT est disponible aux jours et heures ouvrables, et au besoin la nuit ou les weekends et fériés en cas d'urgence nécessitant un diagnostic rapide, avant, par exemple, une prise en charge opératoire.

Une fois l'examen réalisé, il peut être visualisé de 2 façons : soit sur le PACS via le logiciel de soins « Clinicom », présent sur tous les postes informatiques du CHU de Nantes, soit sur la console présente dans le service de Chirurgie Maxillo-Faciale et en Radiologie.

Le PACS est un système d'archivage et de transmission d'image. Il permet la communication, via un réseau informatique, des images radiologiques au format DICOM (norme standard pour la gestion informatique des données issues de l'imagerie médicale). Tout examen radiologique réalisé est donc visualisable par les praticiens sur n'importe quel ordinateur du CHU de Nantes.

Dans Clinicom, après être rentré dans le dossier du patient, on accède au PACS. Il est alors possible de sélectionner dans la liste d'examens le CBCT et de l'afficher soit dans la visionneuse du logiciel (simple visualisation) soit en mode MPR dans les plans sagittal, coronal et axial qui sont par défaut strictement perpendiculaires mais dont il est possible de modifier, en fonction des besoins, l'orientation. Des outils vont également permettre de

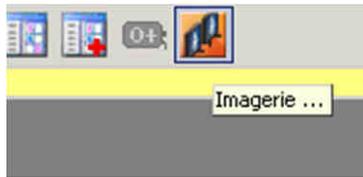


Figure 10 : icone permettant l'accès au PACS via clinicom

Date Naiss	Sexe	Date Ex.	Modalité	Description	Demande
09/06/1966	M	06/04/2012 08:01:02	DR9500	Cheville: 1 a 3 incidences	11825388
09/06/1966	M	26/08/2011 09:57:00	CT	Cone beam CMF + dentaire	11045110
09/06/1966	M	12/08/2011 11:18:00	CT	Cone beam CMF + dentaire	11012636
09/06/1966	M	12/08/2011 11:00:55	CR	Panoramique Dentaire	11012446
09/06/1966	M	12/08/2011 10:28:15	DR9500	CRANE (3 incidences et +)	11012330
09/06/1966	M	12/08/2011 10:26:28	DR9500	Radio thoracique:1 inc ou plus	11012334
09/06/1966	M	16/01/2009 17:50:50	CT	SCANNER CRANIO-ENCEPHALI	04107126
09/06/1966	M	18/08/2008 22:45:59	CT	Scanner du Massif Facial sans	03687054
09/06/1966	M	08/07/2008 14:52:55	CT	SCANNER CRANIO-ENCEPHALI	03562214

Figure 11 : sélection de l'examen CBCT via le PACS

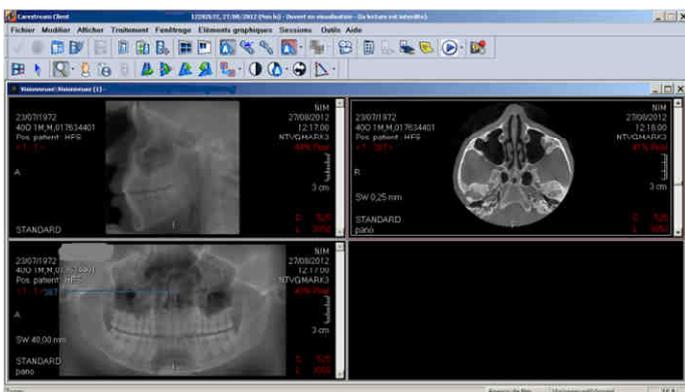


Figure 12 : scout view lors de l'ouverture de l'examen CBCT avec profil, panoramique et coupe axiale

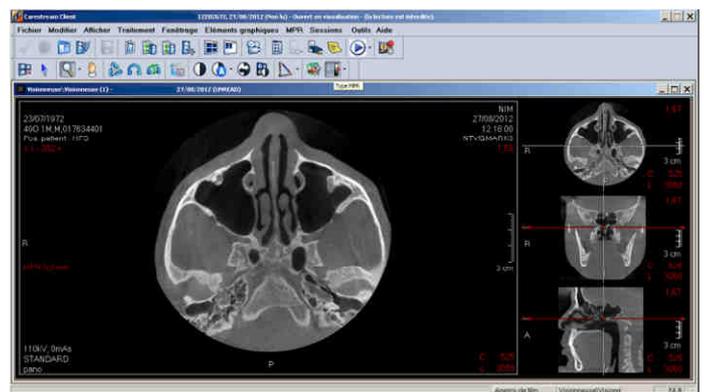


Figure 13 : mode MPR avec visualisation des coupes axiales, coronales et sagittales

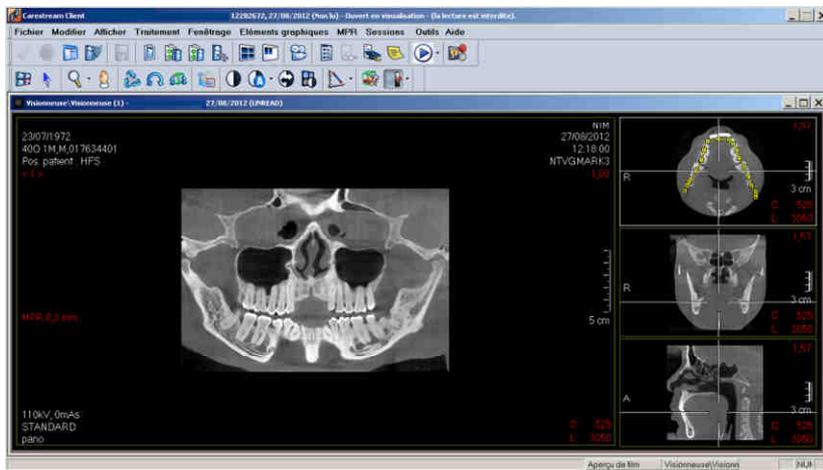


Figure 14 : reconstruction type panoramique dentaire avec le MPR

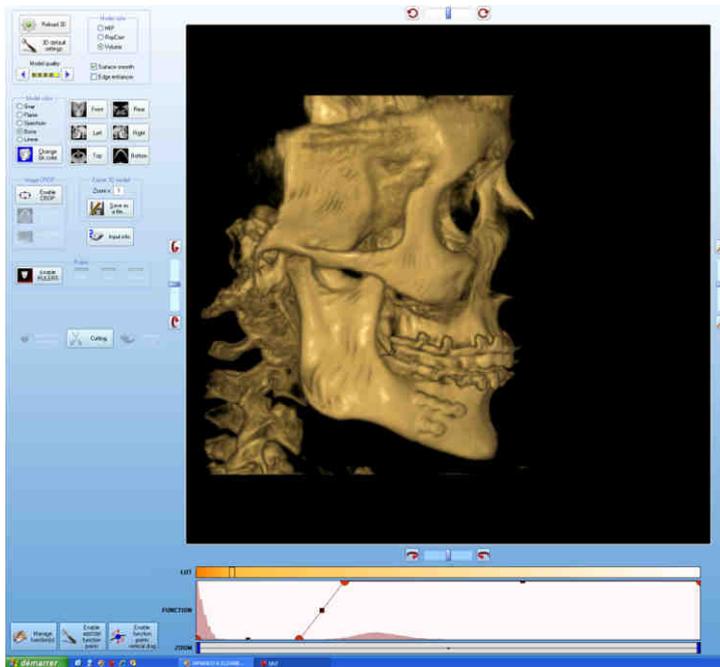


Figure 15 : reconstruction en 3 D avec le logiciel NNT

4 Etude concernant l'utilisation du CBCT dans le service de Chirurgie Maxillo-Faciale du CHU de Nantes

4.1 Versant dosimétrique de l'étude

4.1.1 Objectifs de l'étude

L'objectif de notre travail était de connaître l'impact dosimétrique des examens d'imagerie maxillo-faciale que sont la TDM cranio-faciale, les radiologies standard (orthopantomogramme, Blondeau, malaire plaque, Hirtz hyper axial, orbites de face et les téléradiographies de face et de profil) et le CBCT.

4.1.2 Matériel et Méthode

4.1.2.1 CBCT

- Mesure du CTDI du CBCT

La modalité utilisée a été le CBCT NewTom VGi de la société QR, paramétré avec une tension de 120 Kv et un ampérage de 200 mAs.

Une mesure du CTDI a été effectuée avec un fantôme de la société LEEDS TEST OBJECTS LTD (validée par le « UK. Health Service (NHS) en 1973), modèle TO CTDI plus avec une chambre d'ionisation reliée à un dosimètre UNFORS Xi CT detector.

Le fantôme TO.CTDI plus est composé de 3 cylindres de PMMA (poly méthacrylate de méthyle ou Plexiglas) : le plus petit cylindre équivaut à une tête d'enfant (100 mm de diamètre), le moyen correspond à une tête d'adulte ou un corps d'enfant (160 mm de

diamètre) et le plus grand à un corps adulte (320 mm de diamètre). La longueur de chaque cylindre est de 140 mm, et chaque cylindre présente des orifices où va venir se loger le détecteur du dosimètre. Il existe un orifice au centre de chaque cylindre, et 4 orifices situés en périphérie à 90° d'intervalle, à 10 mm du centre du cylindre. Pour nos mesures, nous avons utilisé le cylindre correspondant à une tête adulte, avec le dosimètre UNFORS Xi CT detector.

Le fantôme est positionné dans le CBCT sur un support permettant de le maintenir à l'horizontale, et centré à l'aide de la mire infra rouge.

Pour des raisons techniques (problème de hauteur de sonde de dosimètre), ont été réalisées les mesures que pour le mode petit FOV. Cinq acquisitions à 360° ont été effectuées, correspondant aux 5 positions de la sonde dosimétrique dans les orifices du fantôme.

5 valeurs de dose absorbée en mGy ont été mesurées : 4.17 mGy au centre du fantôme et 3.955 mGy, 3.987 mGy, 3.668 mGy, 3.533 mGy en périphérie du fantôme.



Figure 16 : installation du fantôme et du dosimètre dans le CBCT permettant de mesurer le CTDI



Figure 17 : fantôme TO CTDI plus, avec ses 3 cylindres de PMMA



Figure 18 : dosimètre UNFORS Xi CT detector

- Calcul de la dose efficace en CBCT

La modalité utilisée a été le CBCT NewTom VGi. Les valeurs des DAP et des CTDI inscrites sur le rapport de dose pour 82 patients ayant bénéficié d'un CBCT (69 examens grands champ, et 13 examens en mode zoom) ont été relevées.

A partir de la moyenne des DAP relevés, la dose efficace moyenne a été calculée, à l'aide de la formule $E = DAP \times E_{DAP}$. Le coefficient de conversion E_{DAP} à $0.17 \mu Sv / (mGy \cdot cm^2)$ a été établi après recherche dans la littérature [24], [25].



Document code: 8.5456.8367
Document size: 583,55 MBytes
Patient scan date: mar., 21 août 2012
Document creation date: mar., 21 août 2012

Info images: 2
Axial images: 610
Free cut sections: 0
Cross sections: 0
Panorex sections: 1
Multiplanar sections: 0
3D reconstructions: 2

Axial pitch: 0,250mm
Axial thickness: 0,250mm

FSV: 110 kV
FSV: 2,02 mA
SSV: 110 kV
SSV: 3,15 mA
FOV: Full
Exposure time: 3,6 s
mAs: 9,26
Air Kerma: 3,05 mGy
DAP: 558,69 mGy · cm²
CTDI_w: 2,66 mGy
CTDI_{vol}: 2,66 mGy

Figure 19 : rapport de dose pour un CBCT

4.1.2.2 TDM cérébrale

La modalité utilisée a été le TDM SOMATOM DEFINITION AS20 de SIEMENS.

Les $CTDI_{vol}$ de 442 patients ont été relevés au cours d'une étude antérieure effectuée dans le service de Radiologie du CHU de Nantes. Un CTDI moyen de 39.9 mGy a été retrouvé.

A partir de ce $CTDI_{vol}$ moyen, la dose efficace moyenne devait être calculée à l'aide du logiciel IMPACT CT qui du fait d'un retard de livraison au CHU n'était pas disponible au moment de notre étude.

A partir de la moyenne des PDL (**691.3 mGy**) mesurés au cours d'une autre étude réalisée dans le service de Radiologie du CHU de Nantes sur 1196 patients ayant bénéficié d'une TDM cérébrale, la dose efficace a été calculée avec la formule $E = PDL * E_{PDL}$. Le facteur de conversion E_{PDL} , (0.0021 mSv/mGy pour le crane) est tiré des résultats d'une étude de HUDA et al en 2008 [26].

4.1.2.3 Examens radiologiques standard

- Orthopantomogramme :

La dose efficace délivrée lors de cet examen a été calculée avec la formule

$E = \text{somme } WT.HT$ à partir du résultat des doses absorbées d'une étude dosimétrique [27] réalisée sur la même machine que celle utilisée au CHU de Nantes, le **SIRONA ORTHOPHOS XG 3 DS**. Dans cette étude les doses absorbées ont été mesurées pour les différents organes exposés à l'aide de diodes thermo luminescentes et d'un fantôme anthropomorphe Alderson.

- Téléradiographies de face et de profil :

La modalité utilisée a été un générateur de rayons X **POLYPHOS 50** associé à un tube **SIEMENS P 125/30/50 CR** à une tension 73 Kv et un ampérage de 40 mAs et une durée d'exposition de 71,8 ms pour une téléradiographie de profil et une tension de 81 Kv, un ampérage de 40 mAs et une durée d'exposition de 81,2 ms pour une téléradiographie de face. Le PDS n'étant pas affiché au niveau de la console, les doses dans l'air (incident air kerma) pour une téléradiographie de face et une téléradiographie de profil ont été relevées avec une sonde dosimétrique UNFORS Xi Transparent Detector placée dans le céphalostat de telle sorte qu'elle soit située au centre du champ d'irradiation.

Les doses efficaces ont été calculées en entrant ces doses dans l'air, la distance tube à rayons X - sonde dosimétrique (3.825 m) et les caractéristiques du tube à rayons X dans le logiciel PCXMC 2.0.



Figure 20 : positionnement de la sonde dosimétrique dans le céphalostat utilisé pour les téléradiographies

- Blondeau, Hirtz hyper axial, malaire plaque et orbite de face

La modalité utilisée a été le système capteur plan KODAK DirectView DR 9500 situé dans le service des Urgences adulte du CHU de Nantes.

Les valeurs des PDS de chaque examen réalisé ont été relevées pour 76 patients, une moyenne de valeur du PDS pour chaque examen a été calculée.

La dose efficace pour chaque examen a été calculée en entrant les PDS dans le programme informatique PCXMC 2.0

PCXMC 2.0 est un programme informatique de calcul des doses aux organes et des doses efficaces en imagerie médicale à partir des réglages de la projection du faisceau de rayons X ainsi que d'autres conditions de réalisation d'examen (voltage, filtration inhérente, type et angle d'inclinaison de l'anode). Les données anatomiques sont basées sur des modèles mathématiques de fantômes hermaphrodites de Cristy et Eckermann (1987), sur lesquels il est possible de modifier l'âge, le sexe, la taille et le poids. Pour nos simulations, nous avons entré les données pour un homme de 30 ans, 1.78 mètre et 75 kg. Ce programme permet également de calculer le risque de décès pour les cancers radio-induits.

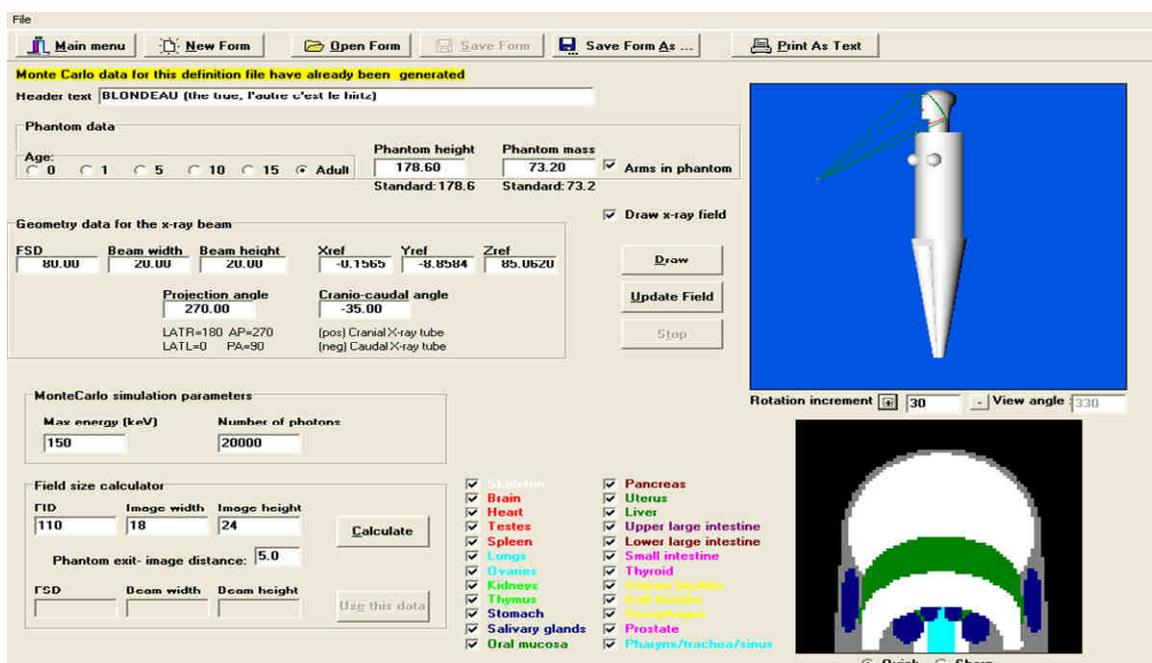


Figure 21 : écran de réglage des paramètres du patient virtuel et du faisceau de rayons X du programme PCXMC 2.0

4.1.3 Résultats

4.1.3.1 CBCT

- CTDI mesuré à 3.26 mGy en mode zoom.
- Dose efficace calculée (ICRP 103) : 112.04 μSv en mode zoom, 128.33 μSv en mode grand champ, 112.13 μSv en moyenne.

4.1.3.2 TDM cérébrale

- CTDI_{vol} moyen : 39.9 mGy.
- Dose efficace moyenne : 1450 μSv (ICRP 103).

4.1.3.3 Doses efficaces en radiographies conventionnelles

- Orthopantomogramme : 26.2 μSv (ICRP 60) et 32.6 μSv (ICRP 103).
- Téléradiographie face : 9.3 μSv (ICRP 60) et 10.2 μSv (ICRP 103).
- Téléradiographie de profil : 4.9 μSv (ICRP 60) et 6 μSv (ICRP 103).
- Hirtz hyper axial : 8.91 μSv (ICRP 60) et 24.4 μSv (ICRP 103).
- Blondeau : 7.89 μSv (ICRP 60) et 20 μSv (ICRP 103).

- Malaire plaque : 9.59 μSv (ICRP 60) et 12.5 μSv (ICRP 103).
- Orbite de face : 13.9 μSv (ICRP 60) et 17.9 μSv (ICRP 103).
- Total Hirtz hyper axial + Blondeau + Malaire plaque + Orbite de face : 40.3 μSV (ICRP 60) et 74.9 μSv (ICRP 103).
- Total orthopantomogramme + téléradiographie de face et profil : 40.4 (ICRP 60) et 48.8 (ICRP 103).

	Dose efficace (μSv) ICRP 60 (1990)	Dose efficace (μSv) ICRP 103 (2007)
Orthopantomogramme	26.2	32.6
Téléradiographie de face	9.3	10.2
Téléradiographie de profil	4.9	6
Hirtz hyper axial	8.9	24.4
Blondeau	7.9	20
Malaire plaque	9.6	12.5
Orbites de face	13.9	17.9
CBCT	-	112
TDM	-	1450

Tableau 2 : récapitulatif des doses efficaces calculées dans notre étude en fonction de l'ICRP 60 et 103.

4.2 Versant activité radiologique de l'étude en Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie

4.2.1 Objectifs de l'étude

Connaître l'évolution de l'activité globale du CBCT depuis sa mise en service en Mai 2010 jusqu'en Juillet 2012.

Comparer l'activité radiologique standard globale, spécifique à l'activité en Chirurgie Maxillo-Faciale sur les périodes avant et après la mise en service du CBCT. Exposer la répartition entre ces examens standard et le CBCT.

Comparer l'activité des bilans radiographiques standard en chirurgie orthognathique et malformative et en orthopédie dento-faciale (ODF) sur les périodes avant et après la mise en service du CBCT.

Comparer l'activité des bilans radiographiques standard pour les bilans de syndromes d'apnées obstructives du sommeil (SAOS) sur les périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT.

Connaître l'activité du CBCT en implantologie et en chirurgie pré-implantaire.

Connaître l'activité du CBCT et l'activité des bilans radiographiques standard et de la TDM sur les périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT, en traumatologie maxillo-faciale.

Connaître l'activité du CBCT pour les indications autres que l'implantologie et la traumatologie.

4.2.2 Matériel et Méthode

4.2.2.1 Activité globale du CBCT

Les chiffres d'activité globale du CBCT sont tirés du relevé d'activité du service de Radiologie du CHU de Nantes de Mai 2010 à Juillet 2012.

Sur ce relevé, l'activité CBCT était divisée en 4 catégories, en rapport avec les items inscrits sur la fiche de prescription d'examens radiologiques : ATM, Bilan infectieux dentaire, Implantologie et CMF + Dentaire.

Pour notre étude, ont été séparés l'activité d'implantologie et l'activité de traumatologie du reste de l'activité globale.

Les durées des périodes d'étude n'étant pas les mêmes dans chaque cas (8 mois en 2010, 12 mois en 2011 et 7 mois en 2012 pour l'activité globale et l'implantologie, et 17 mois s'étalant de Juillet 2010 à Novembre 2011 pour la traumatologie), l'activité CBCT a été ramenée à la moyenne d'examens par mois pour chaque type d'indication.

4.2.2.2 Activité du CBCT en implantologie

Pour l'activité du CBCT en implantologie et en chirurgie pré-implantaire, les chiffres ont été tirés du relevé d'activité du service de Radiologie qui comptabilise les examens effectués sous l'item implantologie hors nomenclature.

4.2.2.3 Activité du CBCT en traumatologie faciale

Pour l'activité du CBCT en traumatologie, l'activité radiologique a été étudiée pour 3 diagnostics de traumatismes faciaux retrouvés sur le logiciel de soins du CHU de Nantes « Clinicom » par l'intermédiaire de la classification CIM 10 : les fractures de mandibule

(S02.6), les fractures du plancher orbitaire (S02.3) et les fractures des os malaies et maxillaires (S02.4).

La période étudiée a été d'une durée de 17 mois s'étalant de Juillet 2010 à Novembre 2011. Un total de **358** patients hospitalisés a été retrouvé, parmi eux, **138** présentaient une fracture de mandibule, **83** une fracture du plancher d'orbite et **137** une fracture des os malaies et maxillaires.

Pour chaque patient il a été vérifié sur le listing des examens du PACS si un CBCT avait été réalisé. En fonction de la date opératoire, il a été possible de préciser s'il s'agissait d'un examen à visée diagnostique ou d'un contrôle post opératoire.

3 chiffres ont été ainsi obtenus : le nombre total de CBCT, le nombre de CBCT à visée diagnostique et le nombre de CBCT post opératoires.

Afin d'étudier les prescriptions d'examen d'imagerie de façon plus précise, nous avons également étudié les répartitions de ces mêmes patients entre les différents examens d'imagerie réalisés (CBCT, TDM, orthopantomogramme et autres incidences standard).

4.2.2.4 Le reste de l'activité CBCT a été estimé en soustrayant l'activité globale à l'activité en implantologie et en traumatologie.

4.2.2.5 Activité des radiographies standard et de la TDM en traumatologie faciale

De même que pour l'activité du CBCT, en traumatologie, l'activité des radiographies standards (orthopantomogrammes et autres incidences réalisées sur un générateur de rayons X standard non dédié à l'activité de CMF) et de la TDM a été retrouvée en recherchant dans le logiciel de soins du CHU de Nantes « Clinicom » 3 codes diagnostiques de traumatismes faciaux (classification CIM 10) : les fractures de mandibule (S02.6), les fractures du plancher orbitaire (S02.3) et les fractures des os malaies et maxillaires (S02.4).

Deux périodes ont été étudiées. Une première de 17 mois allant de Janvier 2009 à Mai 2010 précédant la mise en service du CBCT incluant **100** patients présentant une fracture de mandibule, **61** planchers orbitaires et **58** fractures de malaies et maxillaires supérieurs, soit un total de **219** patients.

La seconde de 17 mois allant de Juillet 2010 à Novembre 2011, commune à celle étudiée pour le CBCT (**358** patients, **138** présentant une fracture de mandibule, **83** une fracture du plancher d'orbite et **137** une fracture des os malaies et maxillaires, cf. **4.2.2.3**). Pour chaque patient il a été vérifié sur le listing des examens du PACS si une radiographie standard ou une TDM avait été réalisé. En fonction de la date opératoire, il a été possible de préciser s'il s'agissait d'un examen à visée diagnostique ou d'un contrôle post opératoire.

3 chiffres ont été ainsi obtenus : le nombre total d'examens, le nombre d'examens à visée diagnostique et le nombre d'examens post opératoires.

Afin d'étudier les prescriptions d'examen d'imagerie de façon plus précise, nous avons également étudié les répartitions de ces mêmes patients entre les différents examens d'imagerie réalisés (TDM, orthopantomogramme et autres incidences standard).

4.2.2.6 Activité des radiographies standard spécifiques à la Chirurgie Maxillo-Faciale

Le nombre global de bilans (regroupant 1 ou plusieurs examens) effectués sur les modalités dédiées à la CMF : Panoramique dentaire, Tube de Téléradiographie à 4 mètres, est tiré du relevé d'activité du service de Radiologie du CHU de Nantes pour les périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT (Juin 2008 à Avril 2010 et Mai 2010 à Juillet 2012).

Tous les chiffres ont été ramenés à une moyenne d'examens effectués par mois pour les périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT.

10 intitulés de bilan étaient différenciés dans le relevé d'activité fourni par le service de Radiologie du CHU de Nantes :

Panoramique dentaire,

Panoramique dentaire +Téléradiographie Face + Profil,

Panoramique dentaire + Téléradiographie de Face + Profil + Profil en (i),

Panoramique dentaire + Téléradiographie Face + Profil + Profil en (i) + Profil en

Propulsion, Panoramique dentaire + Téléradiographie Profil,

Téléradiographie Face + Profil,

Téléradiographie Face +Profil +Profil en (i),

Téléradiographie Profil,

Téléradiographie Face,

Téléradiographie Hirtz.

Au sein de cette activité globale, ont été distingués les bilans effectués en rapport avec la chirurgie orthognathique et l'orthopédie dento-faciale (ODF) et ceux en rapport avec le syndrome d'apnée obstructive du sommeil (SAOS).

L'estimation du nombre d'examens demandés pour l'activité de chirurgie orthognathique et d'ODF a été chiffrée en additionnant le nombre de chacun des bilans suivants :

Panoramique dentaire + Téléradiographie Face + Profil,
Panoramique dentaire + Téléradiographie Profil,
Téléradiographie Face + Profil,
Téléradiographie Profil,
Téléradiographie Face,
Téléradiographie Hirtz.
Panoramique dentaire + Téléradiographie de Face + Profil + Profil en (i),
Téléradiographie Face + Profil + Profil en (i).

Les 2 derniers intitulés étant les bilans effectués dans le cadre des bilans de fentes labio-maxillo- palatines et les divisions palatines.

L'estimation du nombre de bilans radiologiques réalisés pour l'exploration du SAOS a été chiffrée en additionnant le nombre de chacun des bilans suivants

Panoramique dentaire + Téléradiographie Face + Profil + Profil en (i) + Profil en Propulsion.

Enfin, au sein de cette activité globale, ont été distingués les bilans effectués en Chirurgie Maxillo-Faciale pour d'autres activités que l'ODF, la chirurgie orthognathique et malformative et les SAOS. L'estimation du nombre d'examens demandés pour ces autres activités a été chiffrée en additionnant le nombre de bilan suivant :

Panoramique dentaire

4.2.2.7 Analyse statistique

En ce qui concerne l'activité du CBCT, de la TDM et des radiographies standard en traumatologie maxillo-faciale, une comparaison du nombre moyen d'examens radiologiques (radiographies standard, Orthopantomogramme, TDM) réalisés pour 2 populations (inclues dans les périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT) indépendantes a été réalisée en utilisant le test de Student, avec un risque α égal à 0,05.

4.2.3 Résultats

4.2.3.1 Activité du CBCT depuis sa mise en service en Mai 2010 jusqu'en Juillet 2012

Pour l'activité globale CBCT :

Ont été réalisés :

- 364 CBCT en 2010 (8 mois) soit 45.5 CBCT par mois.
- 920 CBCT en 2011 (12 mois) soit 76.6 CBCT par mois.
- 1026 CBCT en 2012 (7 mois) soit 146.6 CBCT par mois.

Au total 2310 CBCT ont été réalisés, soit 85.5 CBCT par mois.

Pour l'implantologie et la chirurgie pré-implantaire :

Ont été réalisés :

- 29 CBCT en 2010, soit 3.6 CBCT par mois.
- 78 CBCT en 2011, soit 6.5 CBCT par mois.
- 68 CBCT en 2012, soit 9.7 CBCT par mois.

Au total 175 CBCT ont été réalisés, soit 6.5 CBCT par mois.

Pour la traumatologie maxillo-faciale :

Ont été réalisés de Juillet 2010 à Novembre 2011 :

- Fractures de mandibule :

47 CBCT diagnostiques, soit 30 % de l'activité radiologique totale.

60 CBCT post opératoires, soit 20 % de l'activité radiologique totale.

Au Total 106 CBCT, soit 23 % de l'activité radiologique totale.

- Fractures de plancher orbitaire :

10 CBCT diagnostiques, soit 11 % de l'activité radiologique totale.

14 CBCT post opératoires, soit 45 % de l'activité radiologique totale.

Au total 24 CBCT, soit 20 % de l'activité radiologique totale.

- Fractures de malaires :

29 CBCT diagnostiques, soit 31 % de l'activité radiologique totale.

42 CBCT post opératoires, soit 47 % de l'activité radiologique totale.

Au total 71 CBCT, soit 39 % de l'activité radiologique totale.

Au total 201 CBCT ont été réalisés, soit 11,8 CBCT par mois.

Pour le reste de l'activité (autres que l'implantologie et la traumatologie) :

Elle a été déduite par le calcul suivant :

Activité totale CBCT (2310) – (Activité implantologie (175) + Activité traumatologie (201))

Au total 1934 CBCT ont été réalisés pour le reste de l'activité CBCT, soit 71.6 CBCT par mois.

4.2.3.2 Activité radiologique standard et TDM en traumatologie maxillo-faciale pour les périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT (Janvier 2009 à Mai 2010 et Juillet 2010 à Novembre 2011)

- Fractures de mandibule :

Ont été réalisés de Janvier 2009 à Mai 2010 (période antérieure à la mise en service du CBCT) :

28 orthopantomogrammes diagnostiques, soit 41% de l'activité radiologique totale.

73 orthopantomogrammes post opératoire, soit 55 % de l'activité radiologique totale.

Au total 101 orthopantomogrammes, soit 50 % de l'activité radiologique totale.

18 autres incidences standard diagnostiques, soit 27 % de l'activité radiologique totale.

53 autres incidences standard post opératoires, soit 40 % de l'activité radiologique totale.

Au total 71 autres incidences standard, soit 36 % de l'activité radiologique totale.

22 TDM diagnostiques, soit 32 % de l'activité radiologique totale.

6 TDM post opératoires, soit 5 % de l'activité radiologique totale.

Au total, 28 TDM, soit 14% de l'activité radiologique totale.

Ont été réalisés de Juillet 2010 à Novembre 2011 (période suivant la mise en service du CBCT) :

50 orthopantomogrammes diagnostiques, soit 32 % de l'activité radiologique totale.

207 orthopantomogrammes post opératoire, soit 67 % de l'activité radiologique totale.
Au total 257 orthopantomogrammes, soit 55 % de l'activité radiologique totale.

27 autres incidences standard diagnostiques, soit 17 % de l'activité radiologique totale.
36 autres incidences standard post opératoires, soit 12 % de l'activité radiologique totale.
Au total 63 autres incidences standard, soit 14 % de l'activité radiologique totale.

34 TDM diagnostiques, soit 21 % de l'activité radiologique totale.
4 TDM post opératoires, soit 1 % de l'activité radiologique totale.
Au total, 38 TDM, soit 8 % de l'activité radiologique totale.

- Fractures de plancher orbitaire :

Ont été réalisés de Janvier 2009 à Mai 2010 (période antérieure à la mise en service du CBCT) :

6 incidences standard diagnostiques, soit 13 % de l'activité radiologique totale.
13 incidences standard post opératoires, soit 93 % de l'activité radiologique totale.
Au total 19 incidences standard, soit 32 % de l'activité radiologique totale.

39 TDM diagnostiques, soit 87 % de l'activité radiologique totale.
1 TDM post opératoire, soit 7 % de l'activité radiologique totale.
Au total, 40 TDM, soit 68 % de l'activité radiologique totale.

Ont été réalisés de Juillet 2010 à Novembre 2011 (période suivant la mise en service du CBCT) :

22 incidences standard diagnostiques, soit 25 % de l'activité radiologique totale.
8 incidences standard post opératoires, soit 26 % de l'activité radiologique totale.
Au total 30 incidences standard, soit 25 % de l'activité radiologique totale.

57 TDM diagnostiques, soit 64 % de l'activité radiologique totale.

9 TDM post opératoire, soit 29 % de l'activité radiologique totale.
Au total, 66 TDM, soit 55 % de l'activité radiologique totale.

- Fractures des os malaires et maxillaires :

Ont été réalisés de Janvier 2009 à Mai 2010 (période antérieure à la mise en service du CBCT) :

3 incidences standard diagnostiques, soit 13 % de l'activité radiologique totale.
51 incidences standard post opératoires, soit 94 % de l'activité radiologique totale.
Au total 54 incidences standard, soit 69 % de l'activité radiologique totale.

21 TDM diagnostiques, soit 87 % de l'activité radiologique totale.
3 TDM post opératoire, soit 6 % de l'activité radiologique totale.
Au total, 24 TDM, soit 31 % de l'activité radiologique totale.

Ont été réalisés de Juillet 2010 à Novembre 2011 (période suivant la mise en service du CBCT) :

19 incidences standard diagnostiques, soit 21 % de l'activité radiologique totale.
47 incidences standard post opératoires, soit 52 % de l'activité radiologique totale.
Au total 66 incidences standard, soit 36 % de l'activité radiologique totale.

45 TDM diagnostiques, soit 48 % de l'activité radiologique totale.
1 TDM post opératoire, soit 1 % de l'activité radiologique totale.
Au total, 46 TDM, soit 25 % de l'activité radiologique totale.

Dans notre étude, pour la traumatologie maxillo-faciale, avec les chiffres d'activité CBCT et les chiffres d'activité des radiographies standard et des TDM pour les périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT, ont été obtenu les tableaux suivants :

- Fractures de mandibule :

Fractures mandibulaires	Avant mise en service du CBCT 01/2009 au 05/2010	Avec CBCT 07/2010 au 11/2011
Orthopantomogramme	101 (50%)	257 (55%)
Autres incidences	71 (36%)	63 (14%)
TDM	28 (14%)	38 (8%)
CBCT	-	106 (23%)

Tableau 3 : activité radiologique avant et avec CBCT associée au diagnostic de fractures mandibulaires (S02.6) ($\alpha=0.05$)

Fractures mandibulaires	Diagnostic		Post opératoire	
	Avant CBCT	Avec CBCT	Avant CBCT	Avec CBCT
Orthopantomogramme	28 (41%)	50 (32%)	73 (55%)	207 (67 %)
Autres incidences	18 (27%)	27 (17%)	53 (40%)	36 (12%)
TDM	22 (32%)	34 (21%)	6 (5%)	4 (1 %)
CBCT	-	47 (30%)	-	60 (20%)

Tableau 4 : activité radiologique avant et avec CBCT, diagnostique et post opératoire associée au diagnostic de fractures mandibulaires (S02.6) ($\alpha=0.05$)

- Fractures de plancher orbitaire :

Fractures de plancher orbitaire	Avant mise en service du CBCT 01/2009 au 05/2010	Avec CBCT 07/2010 au 11/2011
TDM	40 (68%)	66 (55%)
Incidences standard	19 (32%)	30 (25%)
CBCT	-	24 (20%)

Tableau 5 : activité radiologique avant et avec CBCT associée au diagnostic de fracture du plancher orbitaire (S02.3) ($\alpha=0.05$)

Fractures de plancher orbitaire	Diagnostic		Post opératoire	
	Avant CBCT	Avec CBCT	Avant CBCT	Avec CBCT
TDM	39 (87 %)	57(64%)	1 (7 %)	9 (29%)
Incidences standard	6 (13%)	22 (25%)	13 (93%)	8 (26%)
CBCT	-	10 (11%)	-	14 (45%)

Tableau 6 : activité radiologique avant et avec CBCT, diagnostique et post opératoire associé au diagnostic de fracture de plancher orbitaire (S02.3) ($\alpha=0.05$)

- Fractures des os malaire et maxillaire

Fractures de malaire et maxillaire	Avant mise en service du CBCT 01/2009 au 05/2010	Avec CBCT 07/2010 au 11/2011
TDM	24 (31%)	46 (25%)
Incidences standard	54 (69%)	66 (36%)
CBCT	-	71 (39%)

Tableau 7 : activité radiologique avant et avec CBCT associée au diagnostic de fractures de malaire et maxillaire (S02.4) ($\alpha=0.05$)

Fractures de malaire et maxillaire	Diagnostic		Post opératoire	
	Avant CBCT	Avec CBCT	Avant CBCT	Avec CBCT
TDM	21 (87%)	45 (48%)	3 (6%)	1 (1%)
Incidences standard	3 (13%)	19 (21%)	51 (94%)	47 (52%)
CBCT	-	29 (31%)	-	42 (47%)

Tableau 8 : activité radiologique avant et avec CBCT diagnostique et post opératoire, associé au diagnostic de fractures de malaire et maxillaire (S02.4) ($\alpha=0.05$)

Les tableaux suivants vont détailler plus précisément les répartitions des patients hospitalisés entre les différents examens d'imagerie réalisés pour les périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT, au niveau diagnostique et en post opératoire :

Période précédant l'arrivée du CBCT (janvier 2009 à avril 2010)				
		Nombre de patients		Nombre de patients
Patients présentant une fracture de mandibule (code S02.6)		100	Patients présentant une fracture de mandibule (code S02.6) opérés	
	Bilan diagnostique effectué			Examens réalisés dans le suivi post-opératoire
Patients ayant eu au moins un panoramique au CHU de Nantes		28	Patients ayant eu au moins un panoramique en post-opératoire	
	Pano seul	6		Pano seul
	Pano+Rx std	14		Pano+Rx std
	Pano+TDM	7		Pano+TDM
	Pano+Rx std+TDM	1		Pano+Rx std+TDM
Patients n'ayant pas eu de panoramique au CHU de Nantes		72	Patients n'ayant pas eu de panoramique en post-opératoire	
	Rx std	2		Rx std
	TDM	13		TDM
	Rx std+TDM	1		Rx std+TDM
	Aucun examen	56		Aucun examen
Bilan partiel ou complet au CHU		44		
Bilan totalement réalisé hors CHU		56		

Orthopantomogramme seul : 6/28, soit 21,4 %
 Orthopantomogramme + TDM ou Rx standard : 22/28,
 soit 78,6 %

Orthopantomogramme seul : 24/90, soit 26,6 %
 Orthopantomogramme + TDM ou Rx standard :
 49/90, soit 54,4 %

Période suivant l'arrivée du CBCT (mai 2010 à novembre 2011)				
		Nombre de patients		Nombre de patients
Patients présentant une fracture de mandibule (code S02.6)		138	Patients présentant une fracture de mandibule (code S02.6) opérés	
	Bilan diagnostique effectué			Examens réalisés dans le suivi post-opératoire
Patients ayant eu au moins un panoramique au CHU de Nantes		50	Patients ayant eu au moins un panoramique en post-opératoire	
	Pano seul	19		Pano seul
	Pano+Rx std	15		Pano+Rx std
	Pano+TDM	1		Pano+TDM
	Pano+Rx std+TDM	1		Pano+std+TDM
	Pano+CBCT	12		Pano+CBCT
	Pano+CBCT+Rx std	2		Pano+CBCT+Rx std
	Pano+CBCT+TDM	0		Pano+CBCT+TDM
	Pano+CBCT+Rx std+TDM	0		Pano+CBCT+Rx std+TDM
Patients ayant eu au moins un panoramique au CHU de Nantes		88	Patients n'ayant pas eu de panoramique en post-opératoire	
	Rx std	7		Rx std
	TDM	27		TDM
	Rx std+TDM	4		Rx std+TDM
	CBCT	27		CBCT
	CBCT+Rx std	5		CBCT+Rx std
	CBCT+TDM	1		CBCT+TDM
	CBCT+Rx std+TDM	0		CBCT+Rx std+TDM
	Aucun examen	17		Aucun examen
Bilan partiel ou complet au CHU		121		
Bilan totalement réalisé à l'extérieur		17		

Orthopantomogramme seul : 19/50, soit 38 %
 Orthopantomogramme + TDM ou Rx ou CBCT : 31/50,
 soit 62 %

Orthopantomogramme seul : 54/122, soit 44 %
 Orthopantomogramme + TDM ou Rx standard ou
 CBCT : 50/122, soit 41 %
 CBCT seul : 11/122, soit 9 %

Tableau 9 : Répartition détaillée de l'imagerie pour les fractures de mandibule

Période précédant l'arrivée du CBCT (janvier 2009 à avril 2010)					
		Nombre de patients	Nombre de patients		
Patients présentant une fracture du plancher orbitaire (code S02.3)		61	Patients présentant une fracture du plancher orbitaire (code S02.3)	35	
	Bilan diagnostique effectué			Examens réalisés dans le suivi post-opératoire	
Patients ayant eu au moins un TDM au CHU de Nantes		39	Patients ayant eu au moins un TDM en post-opératoire	1	
	TDM seul	33		TDM seul	1
	TDM +std	6		TDM+std	0
Patients n'ayant pas eu de TDM au CHU de Nantes		22	Patients n'ayant pas eu de TDM en post-opératoire	34	
	Rx std	0		Rx std	13
	Aucun examen	22		Aucun examen	21
Bilan partiel ou complet au CHU		39			
Bilan totalement réalisé à l'extérieur		22			

TDM au CHU : 39/61, soit 64 %

Rx Standard : 13/35, soit 37 %

Période suivant l'arrivée du CBCT (mai 2010 à novembre 2011)					
		Nombre de patients	Nombre de patients		
Patients présentant une fracture du plancher orbitaire (code S02.3)		83	Patients présentant une fracture du plancher orbitaire (code S02.3)	70	
	Bilan diagnostique effectué			Examens réalisés dans le suivi post-opératoire	
Patients ayant eu au moins un TDM au CHU de Nantes		57	Patients ayant eu au moins un TDM en post-opératoire	9	
	TDM seul	36		TDM seul	7
	TDM+Rx std	16		TDM+Rx std	0
	TDM+CBCT	4		TDM+CBCT	2
	TDM+CBCT+Rx std	1		TDM+CBCT+Rx std	0
Patients n'ayant pas eu de TDM au CHU de Nantes		4	Patients n'ayant pas eu de TDM en post-opératoire	61	
	Rx std	2		Rx std	8
	CBCT	2		CBCT	14
	CBCT+Rx std	3		CBCT+Rx std	0
	Aucun examen	16		Aucun examen	39
Bilan partiel ou complet au CHU		64			
Bilan totalement réalisé à l'extérieur		16			

TDM au CHU : 57/83, soit 68,6 %

Rx Standard : 8/70, soit 11,4 %

TDM + Rx standard ou CBCT : 21/83, soit 25,3 %

Tableau 10 : Répartition détaillée de l'imagerie pour les fractures du plancher orbitaire

Période précédant l'arrivée du CBCT (janvier 2009 à avril 2010)					
		Nombre de patients			Nombre de patients
Patients présentant une fracture du malaire (code S02.4)		58	Patients présentant une fracture du malaire (code S02.4) opérés		54
Bilan diagnostique effectué	Rx std	1	Examens réalisés dans le suivi post-	Rx std	48
	TDM seul	19		TDM seul	0
	TDM+Rx std	2		TDM+Rx std	3
	Aucun examen	36		Aucun examen	3
	Bilan partiel ou complet au CHU			22	
Bilan totalement réalisé à l'extérieur		36			

TDM au CHU : 21/22, soit 95,5 %

Rx Standard : 48/5, soit 88,8 %

Période suivant l'arrivée du CBCT (mai 2010 à novembre 2011)					
		Nombre de patients			Nombre de patients
Patients présentant une fracture du malaire (code S02.4)		137	Patients présentant une fracture du malaire (code S02.4) opérés		114
Bilan diagnostique effectué	Rx std	6	Examens réalisés dans le suivi post-	Rx std	40
	TDM seul	38		TDM seul	1
	TDM+Rx std	5		TDM+Rx std	0
	TDM+CBCT	2		TDM+CBCT	0
	TDM+CBCT+Rx std	0		TDM+CBCT+Rx std	0
	CBCT	19		CBCT	35
	CBCT+Rx std	8		CBCT+Rx std	7
	Aucun examen	59		Aucun examen	31
Bilan partiel ou complet au CHU		78			
Bilan totalement réalisé à l'extérieur		59			

TDM au CHU : 45/78, soit 57,7 %

Rx Standard : 47/114, soit 41,2 %

CBCT : 42/114, soit 36,8 %

Tableau 11 : Répartition détaillée de l'imagerie pour les fractures du malaire

4.2.3.3 Activité radiologique standard des bilans effectués sur les modalités spécifiques à la Chirurgie Maxillo-Faciale sur les périodes avant et après la mise en service du CBCT

Pour l'activité globale :

Ont été réalisés pour la période antérieure à la mise en service du CBCT :

- 1962 bilans radiographiques standard de Juillet à Décembre 2008, soit **327 bilans par mois.**
- 4080 bilans radiographiques standard en 2009, soit **340 bilans par mois.**
- 1124 bilans radiographiques standard de Janvier à Avril 2010, soit **281 bilans par mois.**

Ont été réalisés pour la période suivant la mise en service du CBCT :

- 2232 bilans radiographiques standard de Mai 2010 à Décembre 2010, soit **279 bilans par mois.**
- 3468 bilans radiographiques standard en 2011, soit **289 bilans par mois.**
- 1841 bilans radiographiques standard de Janvier à Juillet 2012, soit **263 bilans par mois.**

Durant la période allant de Mai 2010 à Juillet 2012 (période suivant la mise en service du CBCT), avec les chiffres d'activité globale du CBCT et les chiffres d'activité globale des radiographies standard, on été obtenues les répartitions suivantes :

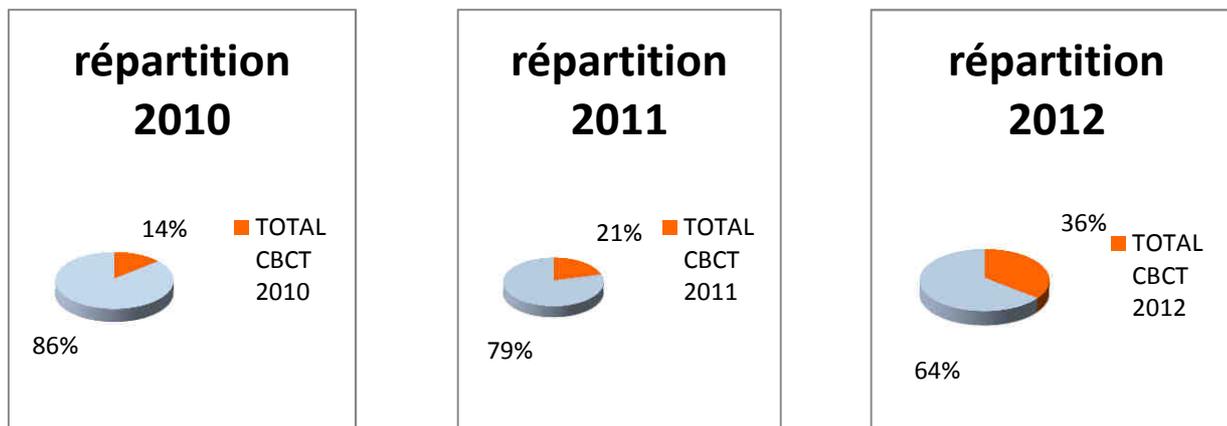


Figure 22 : répartition entre activité globale du CBCT et activité globale des radiographies standards de 2010 à 2012

Pour la chirurgie orthognathique et malformative et l'ODF :

Ont été réalisés pour la période antérieure à la mise en service du CBCT :

- 720 bilans de Juillet à Décembre 2008, soit **120 bilans par mois**.
- 1500 bilans en 2009, soit **125 bilans par mois**.
- 472 bilans de Janvier à Avril 2010, soit **118 bilans par mois**.

Ont été réalisés pour la période suivant la mise en service du CBCT :

- 856 bilans de Mai 2010 à Décembre 2010, soit **107 bilans par mois**.
- 1560 bilans en 2011, soit **130 bilans par mois**.
- 889 bilans par mois de Janvier à Juillet 2012, soit **127 bilans par mois**.

Pour le SAOS :

Ont été réalisés pour la période antérieure à la mise en service du CBCT :

- 6 bilans de Juillet à Décembre 2008, soit **1 bilan par mois**.
- 31 bilans en 2009, soit **2.6 bilans par mois**.
- 6 bilans de Janvier à Avril 2010, soit **1.5 bilans par mois**.

Ont été réalisés pour la période suivant la mise en service du CBCT :

- 16 bilans de Mai 2010 à Décembre 2010, soit **2 bilans par mois**.
- 36 bilans en 2011, soit **3 bilans par mois**.
- 21 bilans de Janvier à Juillet 2012, soit **3 bilans par mois**.

Pour le reste de l'activité en Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie (correspondant aux panoramiques dentaires réalisés isolément) :

Ont été réalisés pour la période antérieure à la mise en service du CBCT :

- 1453 bilans de Juillet à Décembre 2008, soit **207.5 bilans par mois**.
- 2582 bilans en 2009, soit **215 bilans par mois**.
- 650 bilans de Janvier à Avril 2010, soit **162 bilans par mois**.

Ont été réalisés pour la période suivant la mise en service du CBCT :

- 1379 bilans de Mai 2010 à Décembre 2010, soit **172 bilans par mois**.
- 1907 bilans en 2011, soit **159 bilans par mois**.
- 955 bilans de Janvier à Juillet 2012, soit **136 bilans par mois**.

	avant mise en service du CBCT			après mise en service CBCT		
	2008	2009	2010 (jusqu'à AVRIL, 4 mois)	2010	2011	2012
CBCT ATM				17	15	22
CBCT BDI				66	136	191
CBCT CMF+dentaire				252	690	745
CBCT implanto				29	78	68
CBCT TOTAL				364	919	1026
Panoramique Dentaire	1453	2582	650	1379	1907	955
Pano+Télé F+P	378	895	291	493	951	565
Pano+Télé F+P+P en(i)	141	229	82	118	160	89
Pano+Télé P	83	167	40	110	117	75
Pano+Télé F+P+P en(i)+P Propulsion	7	32	6	16	33	21
Télé F+P	153	118	35	71	95	77
Télé F+P+P en (i)	30	8	1	3	148	6
Télé P	47	54	18	31	45	41
Télé F	0	0	0	10	12	12
Télé Hirtz	0	0	0	1	3	1
RX standard TOTAL	2292	4085	1123	2232	3471	1842
TOTAL imagerie	2292	4085	1123	2596	4390	2868

Tableau 12 : activité radiologique globale en CBCT et en radiographies standards de 2008 à 2012

4.3 Discussion

4.3.1 Versant dosimétrique de l'étude

4.3.1.1 CBCT

Pour le CBCT, aucun index de dose n'est défini. Les différentes études traitant de ce sujet [11-13, 22, 23, 28] utilisent un fantôme anthropomorphe et des TLD (Diodes Thermo-Luminescentes) pour mesurer les doses reçues par chaque organe dans le champ d'irradiation et les additionner après pondération tissulaire ICRP 103 et ICRP 60, afin de calculer la dose efficace.

Ne disposant pas de fantôme anthropomorphe au CHU de Nantes, nous avons utilisé d'autres moyens pour étudier la dose reçue au cours d'un CBCT : la mesure du CTDI et le calcul de la dose efficace.

- Mesure du CTDI :

La mesure du CTDI a été réalisée dans notre étude afin de la comparer à la valeur inscrite sur le rapport de dose et à la valeur indiquée par le constructeur du CBCT.

Pour un examen en mode zoom, le CTDI a été mesuré dans notre étude à 3.26 mGy, affiché à 4.04 mGy sur les rapports de dose (moyenne de 13 patients), et annoncé à 1.96 mGy avec une marge d'erreur de 30 % par le constructeur.

Une explication possible de la différence entre les résultats de notre étude et les autres mesures est le réglage des différents paramètres du faisceau à rayons X de la machine (Kv, mAs et ms) et les caractéristiques physiques des patients (masse musculaire, masse grasseuse, mensurations). En effet, nous avons fait nos mesures avec 120 kV et 200 mAs, ce qui a pu entraîner une augmentation de la dose reçue par le dosimètre.

Concernant le CBCT, différentes études [7, 19, 20] suggèrent d'utiliser le DAP pour estimer le risque relatif à l'exposition aux rayons X plutôt que le CTDI qui n'est pas mesurable sur

toutes les machines existantes à cause de la géométrie du faisceau de rayons X et de la rotation parfois incomplète du système autour de la tête du patient.

La mesure du CTDI, utilisée initialement pour la TDM, et controversée dans la littérature pour le CBCT, [7, 20] nous a néanmoins semblé possible. En effet, comme en TDM, le CBCT étudié (NewTom VGi) décrit une rotation de 360° autour de la tête du patient, et l'utilisation du mode zoom a permis à la sonde dosimétrique de recevoir la totalité du faisceau et donc la totalité de la dose délivrée. De cette façon, la sous-estimation de la dose reçue du fait du caractère conique du faisceau, critiquée dans la littérature, a pu être évitée.

- Calcul de la dose efficace :

Dans notre étude, la dose efficace a été calculée à **112.04 μSv** en mode zoom, **128.33 μSv** en mode grand champ et **112.13 μSv** en moyenne par la formule $E = \text{DAP} * E_{\text{DAP}}$.

Dans la littérature, une étude [11] compare les doses efficaces de 14 modèles de CBCT à l'aide de TLD et de fantôme anthropomorphe. Celles-ci vont de 19 à 368 μSv , les tissus les plus irradiés étant les glandes salivaires et la glande thyroïde. La doses efficace délivrée par le NewTom VGi, retrouvée dans cette étude est de **194 μSv** (**ICRP 103**) pour un grand champ. La fiche technique du NewTom VGi donne une estimation de dose efficace de **100 μSv** (ICRP 107) pour un adulte.

Les réglages des paramètres de la machine, ainsi que le mode de recueil (sur rapport de dose et fantôme anthropomorphe) des valeurs permettant de faire le calcul de la dose efficace et les caractéristiques physiques des patients pourraient expliquer ces différences de valeurs de doses efficaces.

De plus, le coefficient de conversion E_{DAP} que nous avons utilisé a été établi au départ pour un panoramique dentaire dans des études [24],[25] utilisant l'ICRP 103. Le coefficient retrouvé était de $0.131 \mu Sv / (mGy \cdot cm^2)$ pour un tube à rayons x de 78 kV de voltage. Ce coefficient a été extrapolé à 0.17 pour le voltage de 110 kV correspondant au CBCT NewTom VGi. Cette conversion est donc approximative et ne tient pas compte des variations de position ou de morphologie du patient.

Une voie de recherche importante pourrait être la détermination précise d'un facteur de conversion E_{DAP} adapté au champ d'irradiation pour prédire la dose efficace (E) reçue avant chaque CBCT.

4.3.1.2 TDM

Le CTDI est requis par les normes actuelles de radioprotection et est utile pour comparer les différentes machines présentes sur le marché, mais n'est pas le plus adapté pour connaître la dose efficace délivrée [25].

La valeur moyenne de CTDI retrouvée en TDM cérébrale dans l'étude réalisée dans le service de Radiologie du CHU de Nantes (39.9 mGy) a été utilisée afin de pouvoir la comparer avec celle du CBCT (3.26 mGy).

La dose efficace de **1450 μSv (ICRP 103)** calculée dans notre étude pour une TDM cérébrale a également pu être comparée à celle du CBCT (**112 μSv en mode zoom, 128.3 en mode grand champ, ICRP 103**).

D'après notre étude, avec ces deux moyens d'évaluation, l'exposition du patient aux effets des rayons X est environ 11 à 13 fois plus importante avec la TDM qu'avec le CBCT. Ce rapport est de plus sous estimé car les valeurs de CTDI et de dose efficace du TDM retrouvées

n'étaient valables que pour l'étude de l'encéphale. Ces valeurs auraient été plus importantes si le massif facial avait été irradié. Ces données sont concordantes avec celles retrouvées dans la littérature [14].

4.3.1.3 Radiographies conventionnelles (orthopantomogramme, téléradiographies et autres incidences)

Pour ce type d'examen, le PDS est utilisé comme indicateur de dose en permettant d'avoir une estimation de la dose délivrée pour chaque examen avant de le réaliser.

4.3.1.3.1 Orthopantomogramme

Nous n'avons pas calculé la dose efficace à partir de mesures de dose dans l'air avec un dosimètre sur notre propre modalité car cette méthode aurait nécessité 360 acquisitions, c'est-à-dire une acquisition par degré de rotation du tube à rayons X autour de la tête du patient, ce qui d'un point de vue pratique aurait été irréalisable et aurait entraîné d'importantes imprécisions.

La dose efficace calculée dans notre étude l'a été de façon précise, en s'appuyant sur une étude [27] réalisée avec TLD et fantôme anthropomorphe sur le même type d'appareil.

Sa valeur est de 32,6 μSv (ICRP 103), soit 3,4 fois moins que celle du CBCT (112 μSv , ICRP 103 en mode zoom). Ce rapport est similaire à celui d'une étude réalisée en 2003 avec fantôme anthropomorphe et diodes thermo luminescentes [22] sur les mêmes modèles de CBCT et d'orthopantomogramme qui retrouvait une dose efficace (ICRP 103) 2 à 4 fois plus importante pour le CBCT.

4.3.1.3.2 Téléradiographies

En pratique, pour les bilans de dysmorphose dento-squelettiques sont réalisés un orthopantomogramme, une téléradiographie de face et de profil, et un Hirtz hyper axial en cas d'asymétrie. La dose efficace totale que nous avons calculée pour ces quatre examens était de

49,5 μSv (ICRP 60) et **73,3 (ICRP 103)**. La dose efficace calculée pour le CBCT en mode grand champ était de **128,33 μSv (ICRP 103)**.

Le CBCT irradie donc **1,7** fois plus que le bilan standard complet (quatre examens radiologiques standards.) et **2,3** fois plus que le bilan radiologique standard orthopantomogramme + téléradiographie de Face et Profil.

Cependant, les doses efficaces ont été calculées avec le logiciel PCXMC 2.0, pour un homme de 1,78 mètre et 75 kg de 30 ans, ce qui ne reflète pas la réalité, ce type de radiographies étant réalisé également chez des enfants et adolescents.(sous évaluation à voir avec Hatem)

4.3.1.3.3 Blondeau, Hirtz hyper axial, malaire plaque et orbite de face

Le calcul des doses efficaces a été réalisé avec la moyenne des DAP relevés sur les rapports de dose et le logiciel PCXMC 2.0, pour un homme de 1,78 mètre et 75 Kg de 30 ans.

Cette méthode de calcul est biaisée par quelques approximations :

- les caractéristiques physiques du patient
- la distance tube à rayons X – peau du patient (distance théorique d'un mètre entrée dans le programme PCXMC 2.0, mais en pratique les distances varient de 1 mètre à 1,50 mètre et plus la distance augmente, plus la dose délivrée sera importante
- disparité entre certains clichés radiographiques : l'importance de l'irradiation dépend de la taille du champ exploré ainsi que de la qualité de l'image obtenue, qui sont soumis à des variations opérateur dépendant.

En pratique, ces examens sont réalisés dans les bilans de traumatologie orbitaire et maxillaire. La somme des doses efficaces retrouvée pour les 4 incidences était de **40,3 μSv (ICRP 60)** et **75 μSv (ICRP 103)**. Dans notre étude, le CBCT proposait une dose efficace de **128,33 μSv (ICRP 103)**, soit **1,7** fois plus que les quatre incidences additionnées.

4.3.2 Versant activité de l'étude

4.3.2.1 Activité globale du CBCT

En ce qui concerne l'activité globale en CBCT, notre étude a montré que le nombre moyen de CBCT par mois augmentait depuis sa mise en service en Mai 2010 : 45,5 CBCT par mois en 2010, 76,6 CBCT par mois en 2011 et 146,6 CBCT par mois en 2012. L'augmentation d'activité du CBCT par mois n'a pas pu être démontrée statistiquement car la population de référence au sein de laquelle ont été effectués ces bilans n'était pas connue.

4.3.2.2 Activité du CBCT en Implantologie et Chirurgie Pré-Implantaire

En ce qui concerne l'activité en implantologie et chirurgie implantaire, un total de 175 CBCT a été réalisé de Mai 2010 à Juillet 2012, soit 6,5 CBCT par mois, avec une augmentation progressive de l'activité moyenne au fil des années : 3,6 CBCT par mois en 2010, 6,5 par mois en 2011 et 9,7 par mois en 2012. Ces chiffres étaient particulièrement précis car les CBCT réalisés dans ce cas ont été tirés du relevé d'activité du service de Radiologie qui a comptabilisé ces examens sous l'item implantologie hors nomenclature. Néanmoins, comme précédemment, l'augmentation n'a pas pu être démontrée statistiquement.

La pose d'implants nécessite un bilan préalable afin de connaître les données anatomiques précises concernant l'épaisseur et la hauteur de la crête alvéolaire, ainsi que l'identification de structures telles que le canal mandibulaire, les planchers sinusiens et les rapports aux racines des dents sur arcade. Une étude [29] a montré une supériorité du CBCT par rapport au panoramique dentaire pour l'étude du foramen mentonnier, du foramen incisif et du canal mandibulaire. Cette étude montre également que le panoramique donne une meilleure qualité d'image globale et que le CBCT donne des résultats comparables à la TDM en termes de qualité d'image et de visualisation des structures à haut contraste.

Le CBCT comme la TDM est compatible avec le logiciel de planification SimPlant et transférable en direct (sans CD-Rom et donc plus rapide que la TDM) sur le logiciel de planification à partir de la console de post traitement.

Les mesures réalisées sur le CBCT sont aussi précises que la TDM et ont même tendance à sous estimer les distances.

Dans notre service, le CBCT est donc indiqué et remplace la TDM pour tout bilan pré-implantaire ainsi que pour la planification pré-opératoire.

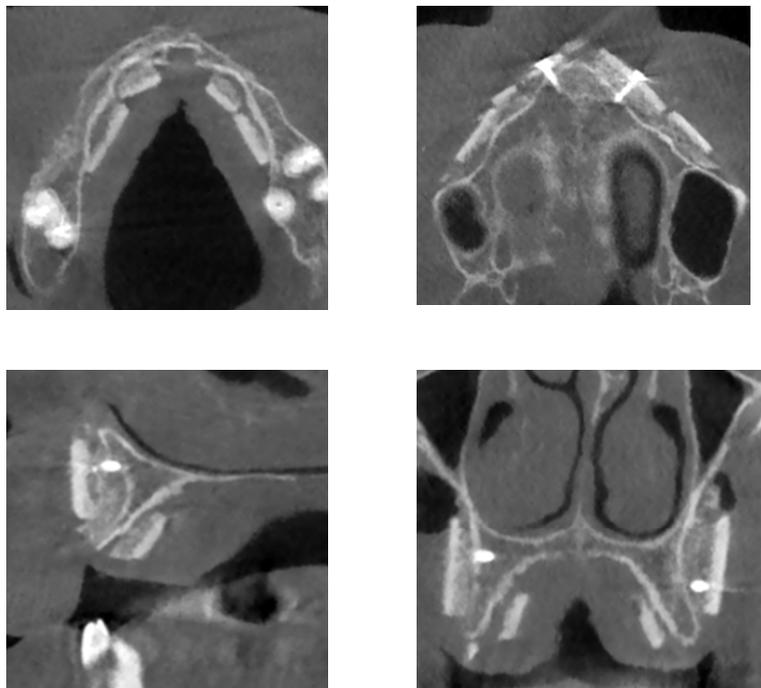


Figure 23: chirurgie pré implantaire pour édentation maxillaire antérieure, greffe osseuse d'apposition maxillaire vestibulaire et palatine. Prélèvement de greffons osseux crâniens, ostéosynthésés par vis vestibulaires

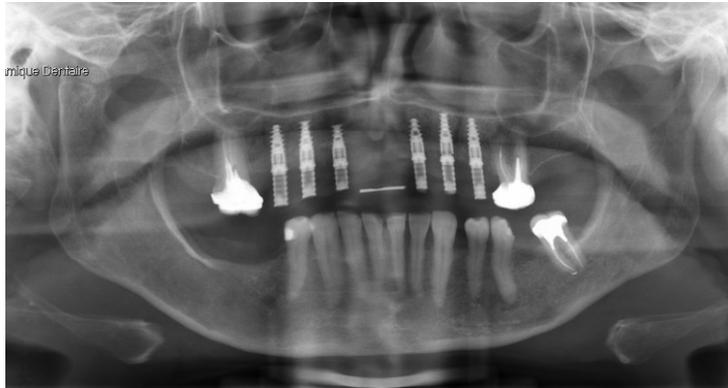


Figure 24 : Résultat 6 mois plus tard avec 6 implants en place

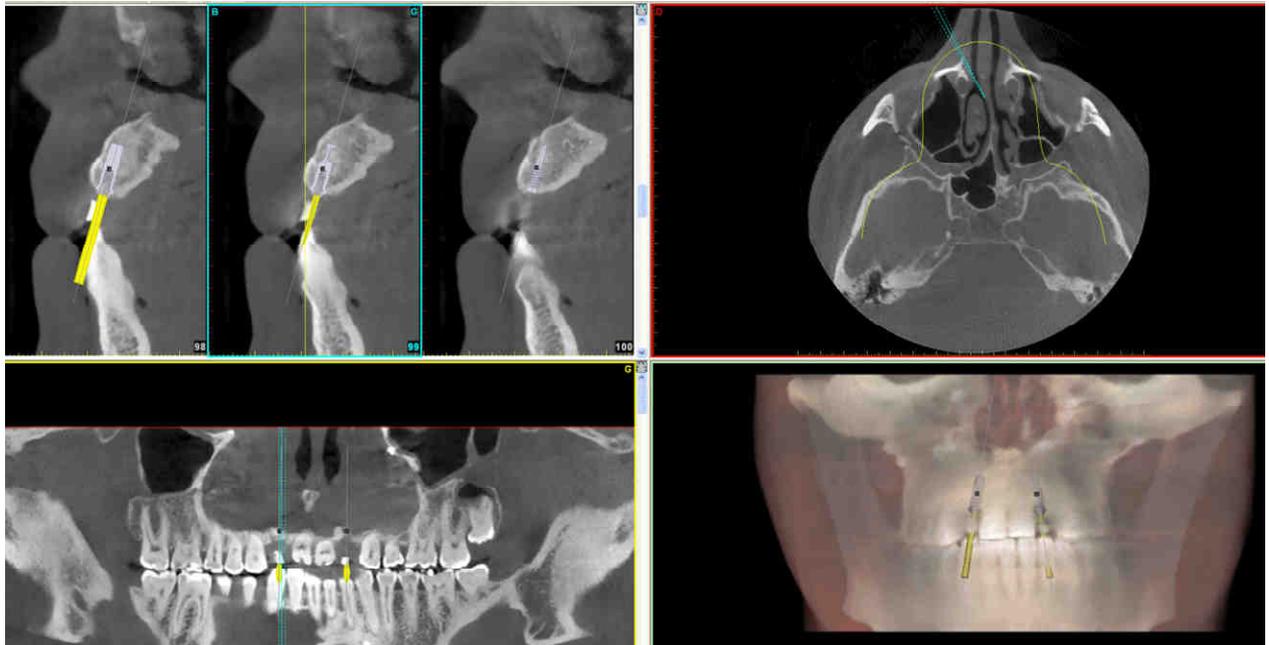


Figure 25 : planification pré opératoire pour mise en place d'implants maxillaire

4.3.2.3 Activité du CBCT en Traumatologie Maxillo-Faciale

Différentes équipes [30-33] utilisent désormais le CBCT à visée diagnostique en traumatologie maxillo faciale, mais également en per-opératoire avec la navigation chirurgicale [34, 35].

En traumatologie, il existe des situations où le CBCT est contre indiqué : lorsqu'une étude des tissus mous est indispensable et quand le patient est dans l'incapacité de se tenir debout ou assis :

- patient polytraumatisé
- patient traumatisé crânio-facial et rachidien
- patient ne tenant pas debout ou assis de façon immobile
- état d'agitation
- enfant de pouvant pas rester immobile

Le CBCT est utilisé à visée diagnostique, en première intention ou en complément d'examens radiologiques standard, lors de certains contrôles post opératoire et suivis.

Avant l'utilisation du CBCT, plusieurs incidences radiologiques étaient réalisées dans notre service en fonction de la topographie des fractures :

- Mandibule : panoramique dentaire, cliché occlusal, défilé mandibulaire, face basse pour les portions dentées, et le PARMA modifié, le trans-orbitaire de Zimmer [36] pour les fractures condyliennes.
- Alvéolo-dentaire : cliché rétro-alvéolaire et occlusal
- Malaires : Blondeau, malaire plaque, Hirtz hyper axial et orbites de face.
- Plancher orbitaire, disjonction naso-ethmoïdo-frontale, disjonction inter maxillaire, Le Fort I, II ou III, parois de sinus frontal : TDM crânio-faciale.

Notre étude a permis de chiffrer et de voir quelle place occupait l'activité CBCT parmi les examens radiographiques standard et la TDM en traumatologie maxillo-faciale pour les fractures de mandibule, les fractures du plancher orbitaire et les fractures des os malaires et maxillaires, pour la période allant de Juillet 2010 à Novembre 2011.

Notre étude a également permis de comparer l'activité en radiographies standard et TDM entre la période antérieure à la mise en service du CBCT (Janvier 2009 à Mai 2010) et la période suivant la mise en service du CBCT (Juillet 2010 à Novembre 2011) pour le

diagnostic et le contrôle post opératoire des fractures de mandibule, de plancher orbitaire et des os malaire et maxillaires.

Néanmoins ces chiffres ne concernent que les patients hospitalisés pour ces différents diagnostics : S02.6 pour les fractures de mandibule, S02.3 pour les fractures de plancher orbitaire, S02.4 pour les fractures de malaire. Pour les patients présentant ces fractures mais n'ayant pas été hospitalisés, la saisie des diagnostics n'a pas été effectuée. Pour cette raison, les effectifs des populations de référence n'ont pu être établis et il ne nous a pas été possible de réaliser des statistiques sur les chiffres globaux. Seules des statistiques au sein des sous-populations de patients hospitalisés ont donc été réalisées. De plus ces 3 diagnostics représentent une grande proportion de la traumatologie maxillo-faciale, néanmoins d'autres diagnostics n'ont pas été pris en compte (S02.2 pour une fracture des os propres du nez, S02.5 pour une fracture dentaire, S02.7 pour fractures multiples du crâne et des os de la face, etc...).

4.3.2.3.1 Fractures de mandibule

Globalement, selon notre étude le nombre d'orthopantomogrammes a augmenté de 5 points, le nombre des autres incidences radiologiques standard a diminué de 22 points et le nombre de TDM a diminué de 6 points depuis la mise en service du CBCT.

Au niveau diagnostic, depuis la mise en service du CBCT, les incidences standard (face basse, défilé mandibulaire...) ont diminué de 10 points, les orthopantomogrammes ont diminué de 9 points et les TDM ont diminué de 11 points. Le CBCT représentait 30 % des examens.

En post opératoire, les orthopantomogrammes ont augmenté de 12 points, les autres incidences standard ont diminué de 28 points et les TDM ont diminué de 4 points. Le CBCT représentait 20 % des examens.

Toutes les différences retrouvées étaient statistiquement significatives.

Au niveau diagnostic :

Pour la période précédant la mise en service du CBCT, parmi les patients ayant eu au moins un orthopantomogramme au CHU, 21,4 % ont eu ce type d'imagerie sans aucun autre examen radiologique. Pour la période suivant la mise en service du CBCT, 38 % des patients ont eu un orthopantomogramme réalisé isolément. On peut estimer que pour ces patients, l'orthopantomogramme seul a été suffisant pour la prise en charge de leur fracture. Pour cette période, une augmentation significative de 16,6 points pour cet examen réalisé seul a été observée, et pourrait correspondre soit à des fractures de mandibule simples ne nécessitant pas d'exploration complémentaire, soit à une sous utilisation du CBCT au début de sa mise en service.

Pour la période précédant la mise en service du CBCT, 78,6 % des patients ont donc eu un orthopantomogramme associé à un autre examen radiologique (TDM ou radiographie standard type face basse, défilé mandibulaire, téléradiographie). Pour la période suivant la mise en service du CBCT, 62 % des patients ont eu un orthopantomogramme réalisé avec un autre examen radiologique. On peut estimer que pour ces patients, l'orthopantomogramme n'a pas été suffisant pour établir un diagnostic précis. Avec l'arrivée du CBCT, on a donc observé une diminution significative de 16,6 points pour ce type de bilan. Ceci pourrait correspondre à des cas de fractures de mandibule plus complexes qui auraient bénéficié d'un CBCT d'emblée.

Néanmoins, pour la période suivant l'utilisation du CBCT, 19 patients ont tout de même eu un CBCT associé à un orthopantomogramme et/ou des incidences standard (face basse, défilé mandibulaire, téléradiographie de face). Ceci correspond à des cas où les examens standard ont été insuffisants pour établir un bilan lésionnel précis et ont finalement nécessité un CBCT.

Afin d'optimiser la prescription du CBCT au niveau diagnostique, il faudrait cerner ces situations dans lesquelles un CBCT serait d'emblée nécessaire, afin d'éviter l'accumulation d'examens radiologiques et une surexposition aux effets des rayons X. En effet, la prescription d'un orthopantomogramme associé à d'autres incidences standard puis d'un CBCT pour analyser des fractures complexes entraîne une majoration importante de la dose

efficace délivrée. Selon notre étude, 32,6 μSv pour un orthopantomogramme, de 10 à 20 μSv pour les incidences standard (10 μSv pour une téléradiographie de face et 20 μSv pour un Blondeau) et 112 μSv pour un CBCT, soit un total de 154,6 à 164,6 μSv . Dans ce cas, un CBCT réalisé seul en première intention entraînerait environ 1,5 fois moins d'irradiation.

27 patients ont bénéficié d'un CBCT sans autres incidences. Dans ces cas, le CBCT a été réalisé d'emblée au CHU ou après un bilan réalisé à l'extérieur.

1 patient a bénéficié d'un bilan associant TDM et CBCT. Ceci pourrait correspondre à un cas de traumatisme crânien ayant eu une TDM cérébral sans coupes faciales, chez qui on aurait suspecté par la suite une fracture de mandibule confirmée par un CBCT réalisé secondairement.

Le nombre de TDM réalisées isolément a augmenté pour la période suivant la mise en service du CBCT et pourrait correspondre à des patients polytraumatisés.

Enfin pour les périodes précédant et suivant l'utilisation du CBCT, respectivement 56 % et 12 % des patients ont eu un bilan radiologique réalisé à l'extérieur du CHU. Ce bilan pourrait correspondre à des TDM, des orthopantomogrammes ou d'autres incidences standard. On ne peut donc pas savoir si les TDM et les incidences standard réalisées sans orthopantomogramme au CHU correspondent à un bilan initial de fracture ou à un complément d'un orthopantomogramme réalisé à l'extérieur du CHU.

En post opératoire :

Pour la période précédant la mise en service du CBCT, 26,6 % des patients ont eu un orthopantomogramme sans autre examen radiologique. Pour la période suivant la mise en service du CBCT, 44 % des patients ont eu un orthopantomogramme réalisé isolément. Cette augmentation pourrait correspondre à des contrôles post opératoires ou des suivis de fractures de mandibule qualifiées de simples (extra condylienne, unifocale, peu déplacée), où l'orthopantomogramme a été suffisant pour apprécier la qualité de la réduction de la fracture et l'absence de déplacement secondaire.

Pour la période précédant la mise en service du CBCT, 54,4 % des patients ont eu un orthopantomogramme associé à un autre examen (TDM ou autre incidence standard). Pour la période suivant la mise en service du CBCT, 41% des patients ont eu un orthopantomogramme associé à un autre examen (CBCT, TDM ou autre incidence standard).

Avec l'arrivée du CBCT, on a donc observé une diminution significative de 13 points pour ce type de bilan. Ceci pourrait correspondre à des cas de fractures de mandibule plus complexes nécessitant un contrôle post opératoire précis, apporté dans ce cas par le CBCT.

Pour la période suivant la mise en service du CBCT, 19 patients ont eu au moins un CBCT et un orthopantomogramme, le CBCT a pu être réalisé en post opératoire immédiat ou lors du suivi si une complication était suspectée, pour obtenir plus de précision par rapport à un orthopantomogramme.

9 % des patients ont eu un CBCT sans autre examen associé, ceci pourrait correspondre à des situations où le CBCT a été réalisé en post opératoire et pour le suivi de fractures complexes de mandibule.

Enfin lors des périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT, respectivement 8 et 2 patients n'ont pas eu d'imagerie de contrôle post opératoire, ceci pourrait correspondre à des fractures simples n'ayant bénéficié que d'un blocage maxillo-mandibulaire sans réduction ni ostéosynthèse.

Ces résultats soulèvent une question : devant la suspicion d'une fracture de mandibule, et lors du contrôle post opératoire et du suivi, en tenant compte du principe ALARA, quel examen radiologique réaliser ?

A visée diagnostique :

- Suspicion clinique de fracture uni focale en portion dentée de mandibule : si pas ou peu de déplacement, sans mobilité dentaire, l'orthopantomogramme paraît indiqué.
- Suspicion clinique de fracture pluri focale en portion dentée de mandibule : le CBCT paraît indiqué d'emblée pour établir un diagnostic précis des lésions osseuses et de l'éventuelle atteinte dentaire associée.
- Suspicion clinique de fracture du condyle (avec ou sans fracture de portion dentée associée) de mandibule : le CBCT paraît indiqué d'emblée pour préciser le type de fracture (capitale, sous condylienne haute ou basse) et son éventuel retentissement articulaire par déplacement dans les 3 plans de l'espace. Il remplacerait les clichés de PARMA et transorbitaires de Zimmer (qui ne peuvent plus être réalisés dans notre service) et la TDM, qui est encore systématiquement réalisée dans certains centres

[37]. Cette attitude permet de faire diminuer la dose efficace délivrée d'un facteur 13 selon notre étude.

En post opératoire :

- Contrôle post opératoire de fracture uni focale en portion dentée : l'orthopantomogramme paraît suffisant.
- Contrôle post opératoire de fracture pluri focale en portion dentée, fractures condyliennes : le CBCT paraît indiqué pour apprécier précisément la réduction et l'ostéosynthèse dans les 3 plans de l'espace.
- Contrôle post opératoire de fracture alvéolo dentaire : le CBCT permet de contrôler la réduction des fractures à la place des clichés rétro alvéolaires difficiles voir impossibles à réaliser en post opératoire à cause de la limitation d'ouverture buccale, de l'œdème, des douleurs et du blocage maxillo-mandibulaire.

Pour le Suivi :

- Suivi de n'importe quel type de fracture de mandibule opérée ou non : l'orthopantomogramme est indiqué en première intention.

4.3.2.3.2 Fractures de plancher orbitaire

Globalement, selon notre étude, le nombre de TDM a diminué de 13 points et le nombre d'incidences standard a diminué de 7 points depuis la mise en service du CBCT.

Au niveau diagnostique, le nombre de TDM a diminué de 23 points et les incidences standard ont augmenté de 12 points. Le CBCT représentait 11 % des examens.

En post opératoire, le nombre de clichés standard a diminué de 67 points, le nombre de TDM a augmenté de 22 points. Le CBCT représentait 45 % des examens.

Toutes les différences retrouvées étaient statistiquement significatives.

Au niveau diagnostique :

Pour la période précédant la mise en service du CBCT, une majorité des patients (64 %) a eu une TDM, examen de référence en cas de suspicion clinique de fracture du plancher orbitaire [38, 39].

Pour la période suivant la mise en service du CBCT, une grande partie des patients a continué à bénéficier d'une TDM (68,6%). Durant cette même période, 25,3 % des patients ont eu une TDM associée à des radiographies standard ou à un CBCT. Compte tenu de notre mode de recueil des données, nous n'avons pas pu préciser dans quel ordre ces examens ont été réalisés. Mais on peut supposer qu'un CBCT a pu être réalisé en complément d'une TDM si celle-ci n'était pas assez précise au niveau des coupes correspondant au plancher orbitaire (exemple du patient traumatisé crânien ayant eu une TDM de l'encéphale avec des coupes ne descendant pas au niveau du massif facial). L'autre hypothèse est qu'une TDM a pu être réalisée en seconde intention lorsqu'il n'était pas possible de distinguer une incarceration de muscle oculomoteur ou de graisse intra orbitaire en modalité CBCT. Enfin des radiographies standard ont pu être réalisées en première intention, complétées ensuite par un CBCT et une TDM.

Pour la période suivant la mise en service du CBCT, 5 patients ont eu un CBCT seul ou associé à des radiographies standard. Ces cas pourraient correspondre à des patients ayant eu une TDM insuffisamment précis à l'extérieur du CHU ou à des patients ayant eu des radiographies standard qui ne permettaient pas de confirmer le diagnostic.

Dans les deux périodes étudiées, certains patients ont eu un TDM associé à des radiographies standard. Cela pourrait correspondre à des situations où des radiographies standards ont été réalisées initialement, et complétées par la suite avec un TDM mieux indiqué dans ce cas.

Enfin dans les deux périodes étudiées, une partie des patients n'a pas eu d'imagerie au CHU de Nantes (36% pour la période précédant la mise en service du CBCT et 19% pour la suivante). Cela pourrait correspondre à des patients hospitalisés ayant eu une imagerie dans un autre centre avant d'être transférés au CHU pour poursuite de la prise en charge. Afin de réaliser des études telles que la notre et d'assurer un meilleur suivi du patient, il serait intéressant que ces examens réalisés en-dehors du CHU soient disponibles sur le PACS.

En Post opératoire :

Pour la période précédant la mise en service du CBCT, 1 seul patient a bénéficié d'une TDM, 13 patients ont eu des radiographies standard et 21 patients n'ont pas eu d'imagerie. Pour la période suivant la mise en service du CBCT, 7 patients ont eu une TDM, 8 ont eu des radiographies standard 39 n'ont pas eu d'examens.

Cette attitude est conforme à notre pratique, car les interventions sur ce type de fractures ne nécessitent pas systématiquement une imagerie post opératoire. Dans les cas où cela est indiqué, notamment pour contrôler la position d'une prothèse de corail ou pour vérifier une réduction de fracture de malaire associée, des radiographies standard (téléradiographie de profil, orbite de face, Hirtz hyper axial) sont réalisées. Seules les fractures de plancher isolées auraient dues être comptabilisées, cependant il peut exister un biais de sélection dans le mode de recueil utilisé. En effet, le code correspondant au diagnostic de fracture de plancher orbitaire a été recherché dans Clinicom en tant que diagnostic principal. Or dans les fractures associant plancher et malaire le praticien réalisant le codage a le choix de considérer l'un ou l'autre comme diagnostic principal.

En post opératoire, la TDM peut être indiquée: dans les suites immédiates en cas de suspicion d'hématome intra orbitaire, ou plus tardivement en cas de trouble oculomoteur persistant.

Pour la période suivant la mise en service du CBCT, nous avons pu constaté que 2 patients ont eu l'association TDM et CBCT. L'explication probable de cette attitude serait la survenue de complications post opératoires (hématome, persistance de diplopie, trouble oculomoteur), un CBCT puis une TDM auraient alors été réalisés. La TDM venant en complément du CBCT mal adapté pour analyser les tissus mous.

Durant cette même période, 14 patients ont eu un CBCT en post opératoire. Le CBCT a pu être utile pour contrôler une éventuelle réduction-ostéosynthèse de fracture de malaire associée, ou le positionnement d'une prothèse de corail.

Enfin, la proportion des patients ayant eu des radiographies standard post opératoires a diminué significativement entre la période précédant la mise en service du CBCT (37%) et la période suivante (11,4 %). On peut émettre d'hypothèse que ces examens radiologiques ont été remplacés par le CBCT.

Ces résultats, d'interprétation difficile, soulèvent une question : devant la suspicion d'une fracture de plancher orbitaire, et lors du contrôle post opératoire et du suivi, en tenant compte du principe ALARA, quel examen d'imagerie faut-il réaliser ?

Au niveau diagnostique :

L'indication opératoire est essentiellement posée sur la clinique. Pour conforter l'impression clinique ou lorsque l'indication chirurgicale est déjà posée, l'imagerie permettra de préparer l'intervention afin d'étudier la topographie et l'étendue de la fracture. L'imagerie est donc un examen indispensable avant d'opérer ce type de fracture.

Dans cette indication, la TDM est l'examen de référence, et les radiographies standard ne sont d'aucune utilité.

Néanmoins le CBCT pourrait être une alternative à la TDM. En effet, une équipe anglaise utilise le CBCT pour le diagnostic des fractures isolées du plancher orbitaire, et précise que l'impossibilité de distinguer graisse et muscle oculomoteur ne modifie pas la prise en charge chirurgicale [30]. Cette attitude commence juste à être adoptée dans notre service et donc mal reflétée par les chiffres d'activité. Elle paraît néanmoins intéressante car en pratique, lorsqu'une fracture du plancher est confirmée par un CBCT (effondrement du plancher, esquille osseuse se dirigeant vers les parties molles, ptose de parties molles dans le sinus maxillaire) et que l'indication chirurgicale est posée, s'il y a incarceration de tissus mous, celle-ci sera traitée de la même façon que si la distinction entre muscle et graisse avait été détectée lors d'une TDM. Cette attitude permet de diminuer l'exposition aux effets des rayons X d'après notre étude (1450 μ Sv pour la TDM et 112 μ Sv pour le CBCT, soit 13 fois moins).

Toutefois, la TDM garde sa place dans certaines situations cliniques :

Dans les cas de fractures dites en « trap door » (fracture se refermant sur le muscle droit inférieur, entraînant une limitation douloureuse de l'élévation de l'œil), le trait de fracture n'est pas toujours visible que se soit en CBCT ou en TDM. Il est donc indispensable de pouvoir distinguer les parties molles incarcérées, chose que seul la TDM peut apporter.

En cas de suspicion d'hématome intra orbitaire post traumatique, le CBCT ne permettra pas de visualiser l'hématome, c'est pourquoi la TDM reste indiquée.

En résumé,

- En cas de signes cliniques de gravité : hématome intra orbitaire, signes de fractures en « trap door », la TDM est indiquée.
- En cas de signes cliniques évocateurs de fracture de plancher orbitaire sans signes de gravité, le CBCT est indiqué.

En post opératoire :

- Contrôle post opératoire de fracture de plancher orbitaire :
 - dans la majorité des cas aucun contrôle radiologique n'est nécessaire.
 - Si une réfection du plancher orbitaire est réalisée par une prothèse en corail, le CBCT nous semble indiqué en première intention pour vérifier le bon positionnement du matériel en proposant des images d'une plus grande précision que les clichés standard et dans les 3 plans de l'espace. L'irradiation qui en découle (112 μ Sv pour le CBCT contre 24 μ Sv pour le bilan orbites de face + téléradiographie de profil) paraît acceptable en regard du bénéfice apporté.
- En cas de réduction et/ou d'ostéosynthèse de fracture de malaire associée, un CBCT sera également indiqué (cf. chapitre fractures de malaire).

Pour le suivi :

- Suivi d'une fracture de plancher orbitaire : l'examen clinique est suffisant en première intention. Une TDM sera réalisée en cas de majoration ou d'apparition secondaire d'une diplopie, de trouble oculomoteur, d'énophtalmie. Contrairement au CBCT, la TDM permettra d'étudier avec plus de précision l'état des muscles oculomoteurs et du matériel mis en place dans l'orbite.

4.3.2.3.3 Fractures des os malaires et maxillaires

Globalement, selon notre étude, le nombre de TDM a diminué de 6 points et le nombre de clichés standard a diminué de 33 points depuis la mise en service du CBCT.

Au niveau diagnostique, depuis la mise en service du CBCT, le nombre de radiographies standard a augmenté de 8 points et le nombre de TDM a diminué de 39 points. Le CBCT représentait 31 % des examens.

En post opératoire, les clichés standard ont diminué de 42 points et les TDM ont diminué de 5 points. La part de CBCT représentait 47 % des examens.

Toutes les différences retrouvées étaient statistiquement significatives.

Plus précisément, pour les périodes précédant et suivant la mise en service du CBCT, au niveau diagnostique et en post opératoire, nous allons étudier les répartitions des patients entre les différents examens d'imagerie réalisés :

Au niveau diagnostique :

Pour la période précédant la mise en service du CBCT, une TDM a été réalisée chez 95,5 % des patients ayant eu des examens d'imagerie au CHU. Cette proportion importante de patients tient peut être au fait qu'une fracture du plancher orbitaire était associée ou que des TDM ont été réalisées dans les cas où des incidences standard de fracture de malaire (Hirtz hyper axial, Blondeau, malaire plaque, orbites de face) étaient indiquées. Cette attitude peut être expliquée par le fait que les incidences standard peuvent poser des difficultés d'interprétation (superposition des structures osseuses et sinusiennes) aux praticiens des urgences et de réalisation (patient traumatisé du rachis cervical chez qui il est contre indiqué de réaliser un Hirtz hyper axial). Ces cas peuvent également correspondre à certains patients polytraumatisés ayant eu une TDM lors du bilan lésionnel initial.

Pour la période suivant la mise en service du CBCT, 57,7 % des patients ont eu une TDM. La réalisation d'un CBCT à la place d'une TDM pourrait expliquer cette diminution.

Pour cette même période, 27 patients ont eu un CBCT, dont 8 ont également eu des incidences standard. Ces 8 patients pourraient correspondre à des situations où des clichés standard ont été réalisés en première intention, et devant des difficultés d'interprétation un CBCT a complété le bilan.

Un bilan comportant une TDM et un CBCT a été réalisé pour 2 patients. Il est très probable que dans ces cas une TDM ait été réalisée en première intention (patient polytraumatisé, traumatisme crânien) et qu'un CBCT ait complété le bilan par la suite en cas d'absence de coupes faciales sur la TDM.

Enfin pour ces deux périodes, un nombre important de patient a bénéficié d'un bilan radiologique (TDM ou radiographie standard) en dehors du CHU.

En post opératoire :

On a observé une diminution du nombre de patients ayant eu des incidences standard entre la période précédant et la période suivant la mise en service du CBCT (88,8 % et 41,2 %). Cette diminution peut être liée à la réalisation de CBCT (36,8 % des patients).

Il a été noté que 27 % des patients n'avaient pas eu de contrôle post opératoire durant la période suivant la mise en place du CBCT, il peut s'agir soit d'un erreur lors du recueil des données sur le PACS, soit une absence de prescription post opératoire.

Ces résultats soulèvent une question : devant la suspicion d'une fracture des os malaies et maxillaire et lors du contrôle post opératoire et du suivi, en tenant compte du principe ALARA, faut-il réaliser un CBCT, une TDM ou des radiographies standard ?

Au niveau diagnostic :

Pour ce type de fracture, il existe un nombre irréductible de patients qui auront une TDM en pré ou en post opératoire à cause de lésions associées : patients polytraumatisé, traumatisé crânien et rachidien, position debout ou assise impossible, patient sédaté en réanimation, patient présentant une fracture du plancher orbitaire associée.

En dehors de ces situations, 2 choix sont possibles : le CBCT ou des incidences standards.

- Suspicion de fracture des os malaies et maxillaires : le CBCT paraît indiqué car il fournit les mêmes informations qu'une TDM sur les structures osseuses en étant 13 fois moins irradiant et il est beaucoup plus performant que les incidences standard. Il permet d'éviter la répétition de clichés standard en cas de mauvais positionnement du patient (lors du Hirtz hyper axial notamment), ainsi que les approximations liées aux superpositions des structures osseuses et sinusiennes, nombreuses dans cette région.). Par rapport aux incidences standard, l'utilisation du CBCT permet de s'assurer d'obtenir immédiatement des images radiologiques interprétables, en étant toutefois

plus irradiant (112 μSv pour un CBCT contre 74,8 μSv pour le bilan comportant un Blondeau, un Hirtz hyper axial, un malaire plaque et des orbites de face, soit 1,5 fois plus selon notre étude). Cette irradiation supérieure paraît acceptable vu les bénéfices apportés.

En post opératoire :

- Contrôle post opératoire de fracture des os malaires et maxillaires : les clichés standards peuvent être indiqués, mais sont opérateur et patient dépendant, le risque étant de refaire des clichés et d'augmenter l'irradiation si les premiers ne sont pas satisfaisants. Des incidences type Hirtz hyper axial suffisent pour apprécier la projection du malaire ou de l'arcade zygomatique, et permettent également de vérifier la bonne position d'une éventuelle broche trans-faciale mise en place en cas de réduction instable. Le cliché orbite de face est suffisant pour visualiser une plaque d'ostéosynthèse mise en place sur la margelle infra orbitaire, ou un fil d'acier sur la suture fronto-malaire. L'avantage du CBCT dans ce cas est la certitude d'obtenir des images correctes en un seul examen.

Nous pensons donc que le CBCT paraît mieux indiqué en contrôle post opératoire, en irradiant finalement que 2 fois plus que le bilan Hirtz, malaire plaque, orbites de face (55 μSv pour ces 3 examens, 112 μSv pour le CBCT).

Pour le Suivi :

- Suivi d'une fracture des os malaires et maxillaires : examen clinique. Pour les mêmes raisons que citées précédemment, un CBCT sera réalisé en cas de suspicion de déplacement secondaire ou de casse de matériel d'ostéosynthèse.

4.3.2.3.4 Traumatismes dentaires et alvéolo-dentaires

Ces lésions nécessitent de faire un bilan lésionnel précis, afin de procurer la prise en charge la mieux adaptée pour les dents traumatisées et l'atteinte de l'os alvéolaire en regard.

Avant la mise en service du CBCT, des clichés rétro alvéolaires endo-buccaux, étaient réalisés. Ces clichés offraient une image de bonne qualité au niveau de la dent et de l'os alvéolaire, mais avaient le désavantage d'être opérateur dépendant et devaient donc être

recommencés en cas d'image non satisfaisante. De plus, il était indispensable de réaliser un orthopantomogramme afin de s'assurer de l'absence d'autres lésions.

Nous pensons que le CBCT paraît mieux indiqué pour ces traumatismes car c'est un examen standardisé d'une grande précision pour l'étude des structures osseuses et dentaires. Le seul inconvénient est qu'il expose le patient à des doses de rayons X plus importantes : d'après notre étude, la dose efficace pour un CBCT en mode zoom est de 112 μSv , et il est retrouvé dans la littérature une dose efficace de 4 à 6 μSv pour un cliché rétro-alvéolaire [40].

Pour le suivi de ces traumatismes, l'examen clinique aidé si besoin des clichés rétro-alvéolaires est suffisant. Un CBCT sera réalisé en vue de bilan pré-implantaire si une telle indication est posée suite à la perte d'une dent.

4.3.2.3.5 Fractures de Le Fort I, II, III, fractures intermaxillaires, disjonction naso-ethmoïdo-frontale, fracture de paroi antérieure de sinus frontal

Ces fractures sont le plus souvent présentes chez un patient polytraumatisé potentiellement atteint de lésions endocrâniennes. Dans ce contexte, une TDM est réalisée pour obtenir un bilan lésionnel complet et il n'est donc pas question de CBCT.

Un CBCT sera réalisé après la phase aiguë si les coupes du massif facial n'ont pas été faites ou sont de mauvaise qualité sur la TDM.

Le contrôle post opératoire de ces fractures sera réalisé par le CBCT, 13 fois moins irradiant selon notre étude et moins sensible aux artéfacts métalliques du matériel d'ostéosynthèse que la TDM, et offrant une qualité d'image bien supérieure aux radiographies standards, soumises aux superpositions des structures osseuses et sinusiennes dans cette région de la face et qui n'apportent pas d'informations utiles.

4.3.2.3.6 Fractures des os propres du nez

Le diagnostic est avant tout clinique, aucun examen d'imagerie n'est indiqué.

Il n'y a pas d'indication à réaliser une imagerie de contrôle post opératoire de la réduction de ces fractures.

Dans le suivi, en cas de résultat non satisfaisant ou de séquelles, le CBCT pour des raisons dosimétriques et de qualité d'image pourrait remplacer la TDM pour réaliser le bilan lésionnel avant reprise chirurgicale.

Pour conclure au niveau de la conduite à tenir quand au délai de prescription de CBCT en traumatologie dento-maxillo-faciale, nous proposons le tableau suivant :

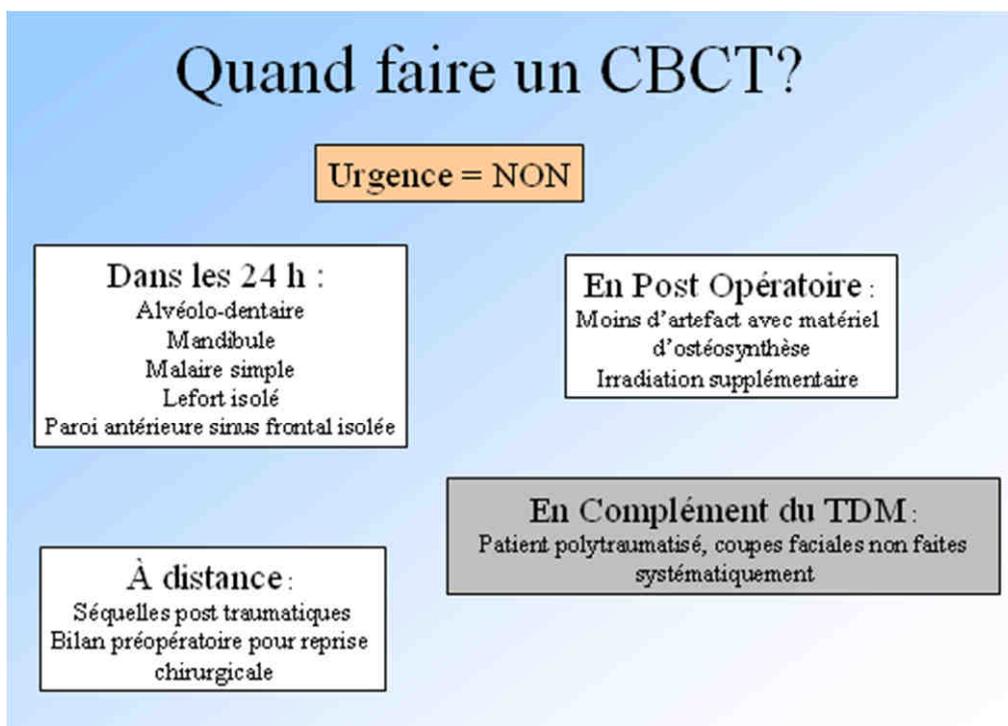


Tableau 13 : indications pour réaliser un CBCT en traumatologie dento-maxillo-faciale

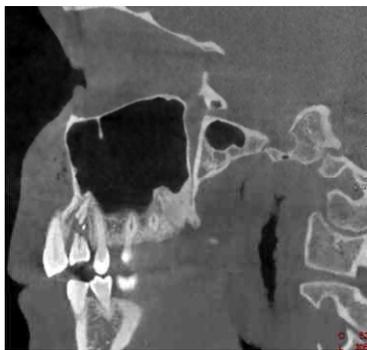


Figure 26 : fracture alvéolo-dentaire avec fracture radiculaire de 14

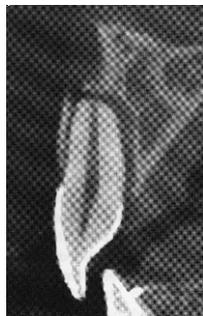


Figure 27 : fracture radiculaire et luxation dentaire antérieure avec fracture du mur alvéolaire à gauche, fracture radiculaire non déplacée à droite

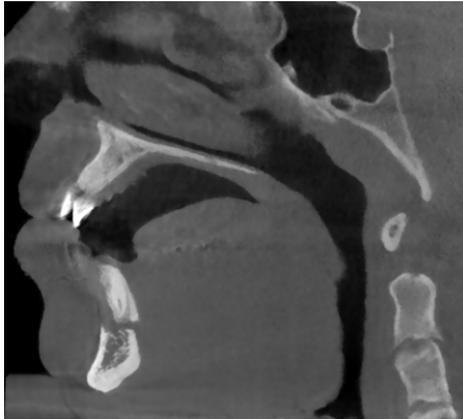


Figure 28 : fracture symphysaire passant sous un apex dentaire



Figure 29 : fracture para-symphysaire droite passant entre 43 et 44 sans atteinte radiculaire



Figure 30 : contrôle post opératoire en 3D d'une fracture para-symphysaire bilatérale traitée par blocage maxillo-mandibulaire et ostéosynthèse bilatérale



Figure 31 : fracture sous condylienne gauche avec bascule interne de la tête condylienne



Figure 32 : coupe axiale de cette même fracture sous condylienne gauche, montrant bien la bascule interne



Figure 33 : fracture condylienne bilatérale: capitale droite et sous condylienne gauche



Figure 34 : fracture de Le Fort I et II bilatérale

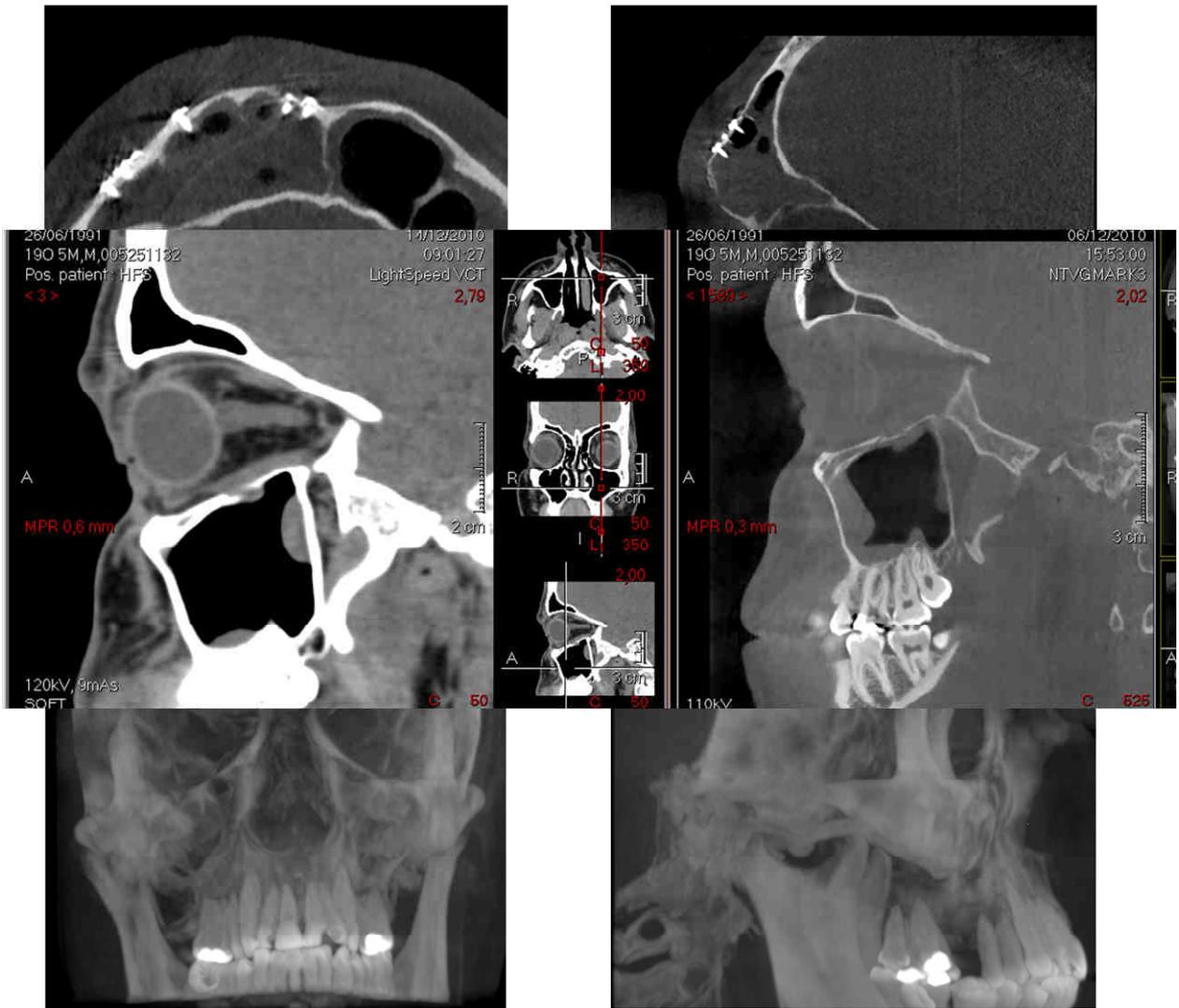


Figure 35 : contrôle post opératoire de réduction - ostéosynthèse de fracture de paroi antérieure droite du sinus frontal par mini plaques



Figure 36 : fracture de l'arcade zygomatique gauche

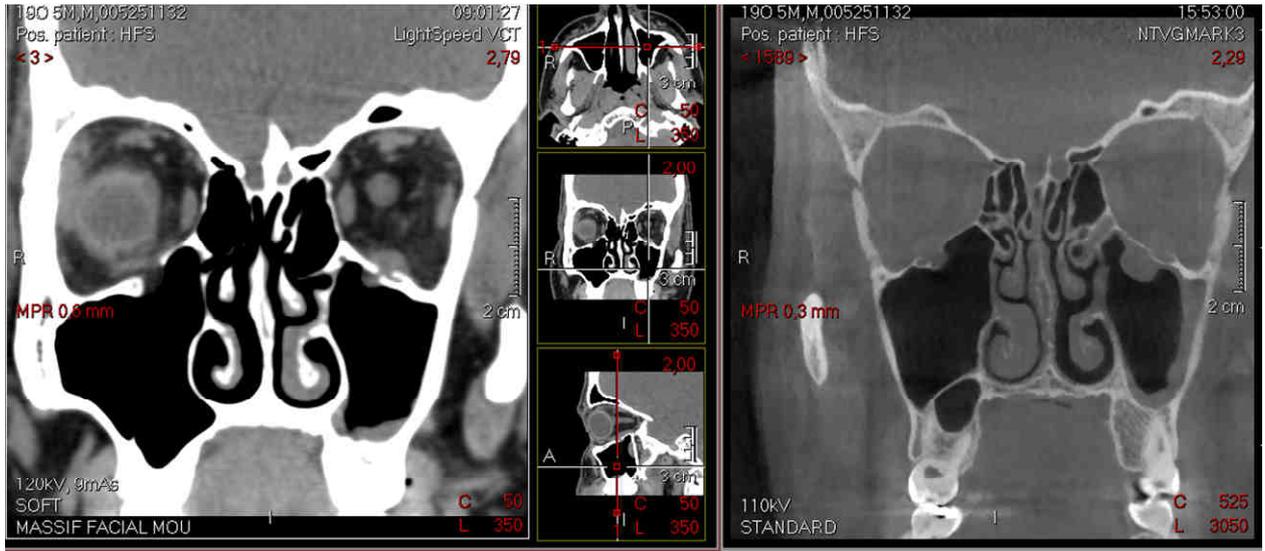


Figure 37 : fracture de plancher orbitaire gauche chez le même patient
Images de droite (CBCT), on distingue la fracture du plancher avec une ptose de tissus mous dans le sinus maxillaire, impossibilité de distinguer la graisse du muscle. A gauche (TDM en fenêtre parenchymateuse), visualisation d'une incarceration partielle du muscle droit inférieur gauche

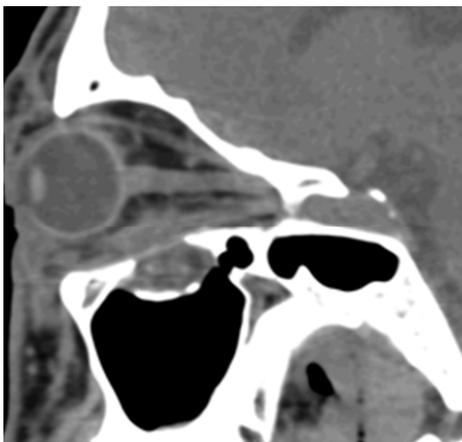


Figure 38: Fracture du plancher orbitaire chez le même patient. Image de droite en CBCT, visualisation d'une ptose de tissus mous dans le sinus maxillaire, distinction impossible entre muscle et graisse. Image de gauche en TDM, le muscle droit inférieur est en place, la ptose de tissus mous ne concerne que la graisse intra-orbitaire

4.3.2.4 Activité du CBCT et des radiographies standard spécifiques à la Chirurgie Maxillo-Faciale et à la Stomatologie (orthopantomogramme, téléradiographies)

4.3.2.4.1 Activité globale du CBCT et des radiographies standard

Concernant l'activité globale en radiographies standard, notre étude retrouve une diminution du nombre moyen d'examen par mois entre la période précédant et la période suivant la mise

en service du CBCT. Cette diminution n'a pas pu être démontrée statistiquement car la population de référence au sein de laquelle ont été effectués ces bilans n'était pas connue.

De même le nombre moyen de bilans radiographiques standard par mois a diminué entre le début et la fin de la période étudiée suivant la mise en service du CBCT : 279 bilans en moyenne par mois en 2010 et 263 en 2012. Parmi ces bilans radiographiques au cours de cette période, le nombre de bilans réalisés par mois pour la chirurgie orthognathique et malformative, ODF et pour les SAOS n'a pas diminué (107 bilans en 2010, 130 en 2011 et 127 en 2012 pour l'orthognathique et l'ODF ; 2 bilans par mois en 2010, 3 en 2011 et 3 en 2012 pour les SAOS). L'absence de différence entre ces valeurs n'a pas pu être démontrée statistiquement car la population de référence au sein de laquelle ont été effectués ces bilans n'était pas connue.

Le nombre moyen par mois de bilans constitués d'un orthopantomogramme seul à quant à lui diminué progressivement depuis Mai 2010 : 172 par mois en 2010, 159 par mois en 2011 et 136 par mois en 2012. Toujours pour la même raison, cette diminution n'a pas de valeur statistique.

Cette baisse conjointe de l'activité globale par mois et de la moyenne par mois d'orthopantomogramme réalisés seuls alors que l'activité en chirurgie orthognathique et malformative, ODF et SAOS est restée stable, nous fait émettre l'hypothèse que la baisse de l'activité globale est en rapport avec la diminution de l'activité en orthopantomogramme.

Parallèlement, l'évolution de l'activité globale en CBCT s'est faite à la hausse. Au final nous pouvons donc émettre l'hypothèse que l'activité CBCT tend à se substituer à l'activité en orthopantomogrammes réalisés seuls.

Cependant concernant l'activité CBCT, il n'a pas été possible en dehors de l'implantologie et de la traumatologie de chiffrer le nombre d'examens effectués pour chaque indication (ODF, chirurgie orthognathique...).

En effet, les catégories dans lesquelles sont comptabilisés les CBCT ne sont pas assez précises :

- CBCT CMF+dentaire : peut correspondre à des bilans dentaires, de dents incluse, ODF, orthognathiques ou traumatologiques. d'ostéoradionécrose, de pathologie kystique
- Bilan infectieux : peut correspondre à des bilans dentaires, de dents incluses, d'ostéite chronique, d'ostéoradionécrose, de pathologie kystique.
- ATM : pouvait correspondre à des bilans de traumatologie, d'orthognathique, de dysfonctions de l'appareil manducateur.

A l'avenir, pour avoir des informations plus précises sur les indications pour lesquelles le CBCT a été prescrit, il serait nécessaire de revoir le nombre et l'intitulé de ces catégories en détaillant les items à cocher sur les fiches de prescription.

4.3.2.4.2 Activité radiologique en ODF et en chirurgie orthognathique

Comme cela a été dit précédemment, le nombre de bilans standard par mois pour l'ODF et la chirurgie orthognathique n'a pas diminué durant la période d'utilisation du CBCT à partir de Mai 2010. Le CBCT n'a donc pas entraîné de changement dans les habitudes de prescription des praticiens dans cette activité bien spécifique à la Chirurgie Maxillo-Faciale.

La conduite d'un traitement ODF, son suivi, et l'éventuelle indication de chirurgie orthognathique nécessite un examen clinique et radiologique crânio-facial et dentaire complet. L'imagerie doit permettre d'obtenir des informations sur les rapports crânio-faciaux, crânio-rachidiens, l'état parodontal, l'anatomie de la filière aérienne, la classe d'occlusion dentaire. Elle permet également par l'intermédiaire de points anatomiques précis de réaliser une analyse céphalométrique, en particulier celle de Delaire dans notre service.

Le bilan d'imagerie de base réalisé dans notre service comporte une téléradiographie de face, de profil, un panoramique dentaire et éventuellement un Hirtz hyper axial en cas d'asymétrie faciale (73,3 μ Sv (ICRP 103) pour les 4 clichés selon notre étude).

A la suite de ce bilan de base, dans les cas de dysmorphose dento-squelettiques complexes, une TDM du massif crânio-facial (1450 μ Sv (ICRP 103) selon notre étude) est réalisée avec des reconstructions dans les 3 plans de l'espace et modélisation en 3D, pour obtenir un bilan diagnostique complet.

Pour ce bilan, notre étude retrouvait une dose efficace totale de 1523,3 μ Sv.

L'utilisation du CBCT d'emblée permettrait d'obtenir toutes ces informations lors du même examen grâce aux procédés de reconstruction (panoramique, scout view de face, de profil, coupes et reconstructions volumiques 3D). Des études [41],[42] ont montré que les mesures céphalométriques obtenues avec le CBCT étaient comparables à celles obtenues avec la céphalométrie conventionnelle et qu'elles étaient suffisamment précises et reproductibles. Un des facteurs limitant du CBCT réalisé isolément vient de la hauteur limitée de son champ d'exploration (FOV ou field of view de 15 cm). Ce champ n'est pas assez haut pour obtenir entièrement les contours du crâne, ce qui pose problème pour réaliser l'analyse céphalométrique de Delaire. Réaliser un CBCT associé à une téléradiographie de profil permettrait de pallier à ce problème. La dose efficace correspondante était de 118 μ Sv (ICRP 103) d'après notre étude. Cette attitude permettrait de diminuer d'un facteur **13** l'irradiation par rapport à un bilan complet (bilan de base et TDM).

Dans les cas moins complexes, le bilan habituel comporte un orthopantomogramme associé à une téléradiographie de face et de profil (48.8 μ Sv (ICRP 103) pour les 3 examens). Le passage à un bilan associant un CBCT et une téléradiographie de profil (118 μ Sv (ICRP 103)) entraînerait **2.4** fois plus d'irradiation. La surexposition engendrée paraît acceptable en regard des apports de ce type de bilan. Le scout view de face et encore mieux la 3D de face remplace avantageusement la téléradiographie de face. En effet, il est possible de réorienter les images volumiques 3D à la demande alors que les mauvais positionnements dans le céphalostat lors de la réalisation des téléradiographies peuvent être source d'erreur et de difficulté d'interprétation. Avec les images en 3D, le repérage des points céphalométriques se fait de façon plus aisée tout comme l'analyse des structures anatomiques (image volumique des condyles mandibulaires en particulier). Le bilan associant CBCT et téléradiographie de profil apporterait un surplus d'informations très intéressantes dans la planification d'une éventuelle chirurgie orthognathique : la position du canal alvéolaire inférieur et des 2ème molaires mandibulaires restées incluses (clivage des valves dans l'ostéotomie sagittale des branches montantes de mandibule), position des apex des racines du maxillaire (ostéotomie de Le Fort I), la distance apex dentaires – plancher des fosses nasales (ostéotomie du maxillaire en fer à cheval), les asymétries et les rotations des arcades dentaires.

De plus, le bilan complet est disponible d'emblée du fait de l'accessibilité à la modalité et visualisable au cours de la même consultation

Enfin, il est possible d'obtenir avec le CBCT des reconstructions 3D de surface du squelette ou du revêtement cutané. En chirurgie orthognathique, avec l'aide d'un logiciel spécifique, il est possible de réaliser des simulations des modifications des tissus mous après ostéotomie [43]. Plus intéressant sur le plan scientifique, une analyse des modifications engendrées par le traitement ODF ou chirurgical peut être réalisée [44].

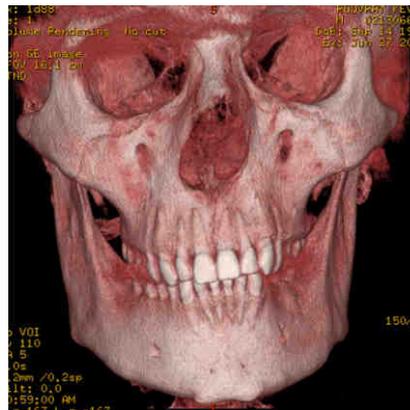


Figure 39 : reconstruction en 3D montrant une asymétrie des étages moyens et inférieurs

4.3.2.4.3 Activité radiologique en SAOS

Cette pathologie, tout d'abord suspectée lors de l'interrogatoire du patient, nécessite un examen clinique de la face et des voies aérodigestives supérieures (VADS), un relevé polysomnographique qui confirme le diagnostic et un bilan radiologique étudiant à la fois les bases osseuses et la filière aéro digestive.

Le bilan radiologique réalisé dans notre service comporte actuellement :

- un orthopantomogramme associé à une téléradiographie de face et de profil afin d'analyser les structures osseuses et dentaires.
- une téléradiographie de profil en « i » afin d'évaluer la mobilité du voile du palais
- une téléradiographie de profil en propulsion afin d'évaluer la modification du diamètre de la filière oro-pharyngée lors de la simulation d'une avancée mandibulaire.

L'avancée mandibulaire soit à l'aide d'orthèse soit chirurgicale représente en effet l'un des moyens thérapeutiques possibles pour cette pathologie.

Selon notre étude le nombre moyen de bilans par mois effectué dans le cadre des SAOS est resté stable durant la période où le CBCT a été utilisé. Cette stabilité n'a pas pu être

démontrée statistiquement car la population de référence au sein de laquelle ont été effectués ces bilans n'était pas connue. Le CBCT n'a donc pas entraîné de changement dans les habitudes de prescription des praticiens dans cette activité.

Il a été rapporté dans la littérature [45] la possibilité de quantifier la modification du diamètre des VADS en simulant la propulsion mandibulaire que l'on obtient lors d'une chirurgie d'avancée mandibulaire. Néanmoins cette attitude nécessite la réalisation de 2 CBCT, l'un en occlusion et l'autre en propulsion. La dose efficace correspondante serait alors de 224 μSv contre 55 μSv pour le bilan habituel, soit 4 fois plus importante.

4.3.2.4.4 Activité radiologique concernant les syndromes malformatifs faciaux

La prise en charge dans notre service des patients atteints de fentes labio-maxillo-palatine ou de divisions palatines, est réalisée depuis la chirurgie primaire du nourrisson jusqu'à l'âge adulte. Ce suivi réalisé sur une très longue durée est indispensable pour surveiller la croissance faciale et l'éruption dentaire ainsi que pour évaluer les problèmes phonatoires de ces patients. En complément de l'examen clinique, un bilan radiologique est donc réalisé pour effectuer cette surveillance. L'évolution de la croissance crânio-faciale et de l'éruption dentaire est évaluée avec un bilan comprenant un orthopantomogramme associé à une téléradiographie de face et de profil, l'évaluation de la mobilité du voile du palais est appréciée en réalisant le bilan associant une téléradiographie de profil et profil en « i ».

Notre étude a montré que l'activité de ces bilans n'avait pas diminué durant la période d'utilisation du CBCT. En effet, ces bilans réalisés régulièrement (1 fois tous les ans ou tous les 2 ans) chez des jeunes patients doivent apporter le maximum d'information tout en étant le moins irradiant possible, c'est pourquoi proposer un CBCT à chaque consultation ne serait pas raisonnable d'un point de vue dosimétrique (112 μSv pour un CBCT contre 55 μSv pour un bilan associant orthopantomogramme et téléradiographie de face et de profil en occlusion et en « i »).

Néanmoins de manière ponctuelle, le CBCT pourrait trouver sa place dans l'évaluation des fentes labio-maxillo-palatines en donnant une information précise sur les dimensions de la fente, la quantité d'os alvéolaire présente, la communication avec les fosses nasales, la présence et l'anatomie des dents au niveau des berges de la fente et leur potentiel évolutif.

Outre ce bilan diagnostique, le CBCT permettrait également de visualiser en préopératoire le volume d'os spongieux à greffer dans les gingivopériostoplasties comme il est retrouvé dans la littérature [46]. Un CBCT pourrait par exemple être réalisé en pré et post opératoire de ces gingivopériostoplasties.

En fin de prise en charge, le CBCT est bien sur indiqué pour réaliser le bilan pré-implantaire chez ces patients dont les incisives latérales sont fréquemment manquantes.

Dans des syndromes malformatifs complexes, le CBCT nous semble pouvoir remplacer la TDM dans les limites du champ d'exploration. Cela paraît d'autant plus intéressant que le patient est jeune et donc que ses structures crânio-rachidiennes sont de plus petite taille, et seront donc plus largement incluses dans le champ, pour une irradiation qui doit être la plus basse possible (13 fois moins qu'une TDM). Bien entendu si les structures crânio-rachidiennes se trouvent à l'extérieur du cylindre d'exploration du CBCT (15 x15 cm pour un grand champ), la TDM reste indiquée.



Figure 40 : fente labio-maxillo-palatine bilatérale, bourgeon médian en place comprenant les deux incisives centrales



Figure 41 : fente labio maxillo-palatine droite, visualisation du défaut osseux

4.3.2.5 Place du CBCT dans les autres indications en Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie

Compte tenu de l'imprécision dans le recueil des données concernant l'indication pour laquelle un CBCT a été réalisé, il n'a pas été possible comme nous l'avons dit précédemment de chiffrer cette activité. Nous allons néanmoins discuter l'intérêt du CBCT dans chacune des indications suivantes :

4.3.2.5.1 Dents incluses et anomalies dentaires

Les inclusions dentaires touchent préférentiellement les canines maxillaires et les troisièmes molaires.

Les dents incluses touchent de 25 à 50% de la population [47] .

L'extraction de ces dents demande donc une connaissance précise de la localisation de la dent dans les mâchoires, ainsi que ses rapports avec les autres dents et les structures anatomiques voisines, et la morphologie de ses racines.

- **Troisièmes molaires**

Les troisièmes molaires sont extraites à titre préventif (déplacement secondaire des dents voisines) ou thérapeutique en cas d'accident d'évolution (kystes péri coronaires).

La structure importante à analyser avant l'extraction de la troisième molaire est le canal mandibulaire dans lequel chemine le nerf alvéolaire inférieur.

L'examen de première intention est l'orthopantomogramme, qui confirme le diagnostique d'inclusion et permet de renseigner sur les rapports des racines avec le canal mandibulaire, uniquement dans la dimension verticale. En cas de superposition des apex avec le canal mandibulaire, il convient de déterminer avec plus de précision la forme des racines, leur situation ainsi que la distance respective canal mandibulaire-apex, afin de ne pas léser le nerf alvéolaire inférieur lors de l'alvéolectomie et la section de la dent nécessaires à l'avulsion [48]. Une étude prospective a évalué la valeur diagnostique du panoramique dentaire et du CBCT pour apprécier la relation topographique entre la dent incluse et le canal mandibulaire. Les sensibilités et spécificités, en termes de prédiction d'exposition, étaient respectivement de

93% et 77% pour le CBCT et de 70% et 63% pour le panoramique, avec une précision diagnostique du CBCT significativement meilleure que celle du panoramique (p inférieur à 0.05) [49].

Dans ces cas difficiles, le CBCT remplace avantageusement la TDM de part sa moindre irradiation (13 fois moins selon notre étude) et ses performances supérieures en termes de définition osseuse et dentaire.

On ne peut toutefois pas proposer le CBCT en première intention à la place du panoramique dentaire pour des raisons d'irradiation plus importante (112,04 μ Sv pour un CBCT petit champ contre 32,6 μ Sv pour un orthopantomogramme, soit 3,4 fois plus d'après l'étude que nous avons réalisée).

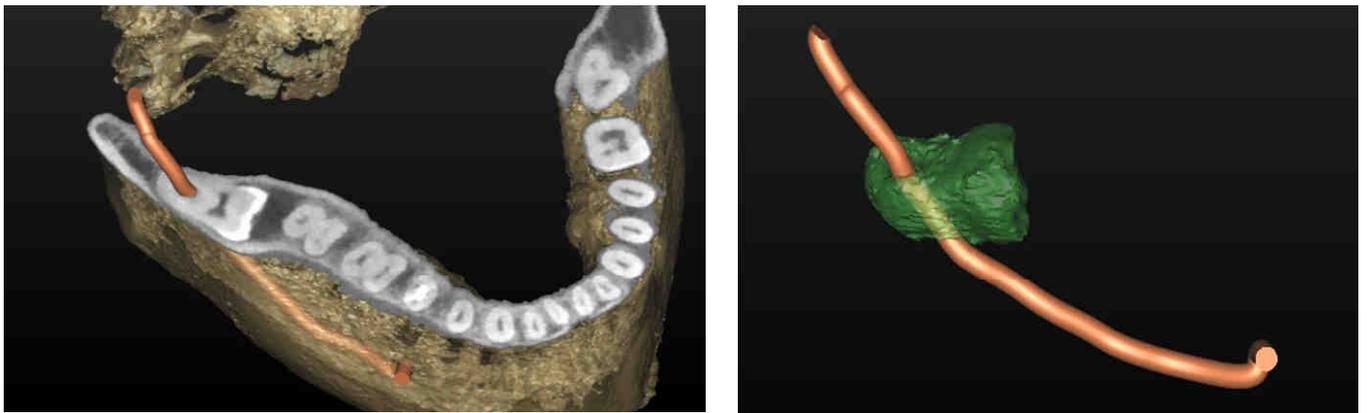


Figure 42: reconstruction en 3D du nerf alvéolaire inférieur passant entre les racines d'une 3ème molaire mandibulaire droite incluse en position horizontale

- **Canines incluses**

Présentes chez 1 à 3 % de la population [50, 51]. Dans la population Caucasienne, les canines incluses sont en position palatine au moins 2 ou 3 fois plus fréquemment qu'en vestibulaire.

D'un point de vue thérapeutique, que ce soit pour les extractions ou le dégagement chirurgical avant traction orthodontique pour mise sur arcade, il est important de connaître la position précise de la canine incluse dans le maxillaire, son orientation, ses rapports par rapport aux dents adjacentes, la présence de signes d'ankylose. Il est également primordial de planifier le trajet de la dent pour optimiser son déplacement et éviter de léser les racines des autres dents le long de ce trajet, un examen en 3D est donc indispensable.

Le panoramique dentaire ne permet l'étude que dans un seul plan de l'espace et pose des problèmes de superposition des structures osseuses et dentaires, et il est toujours nécessaire de réaliser des clichés occlusaux et rétro alvéolaires, voire une TDM, pour obtenir plus d'informations.

En pratique, soit l'inclusion dentaire est découverte fortuitement sur un orthopantomogramme, le bilan tridimensionnel est alors effectué en seconde intention ; soit il y a une forte suspicion clinique d'inclusion et il paraîtrait licite d'effectuer d'emblée une imagerie 3D. Dans ce cas, le CBCT permettrait d'obtenir toutes les informations avec reconstructions 3D comprises, en évitant l'irradiation d'un orthopantomogramme puis d'un TDM (13 fois plus selon notre étude).

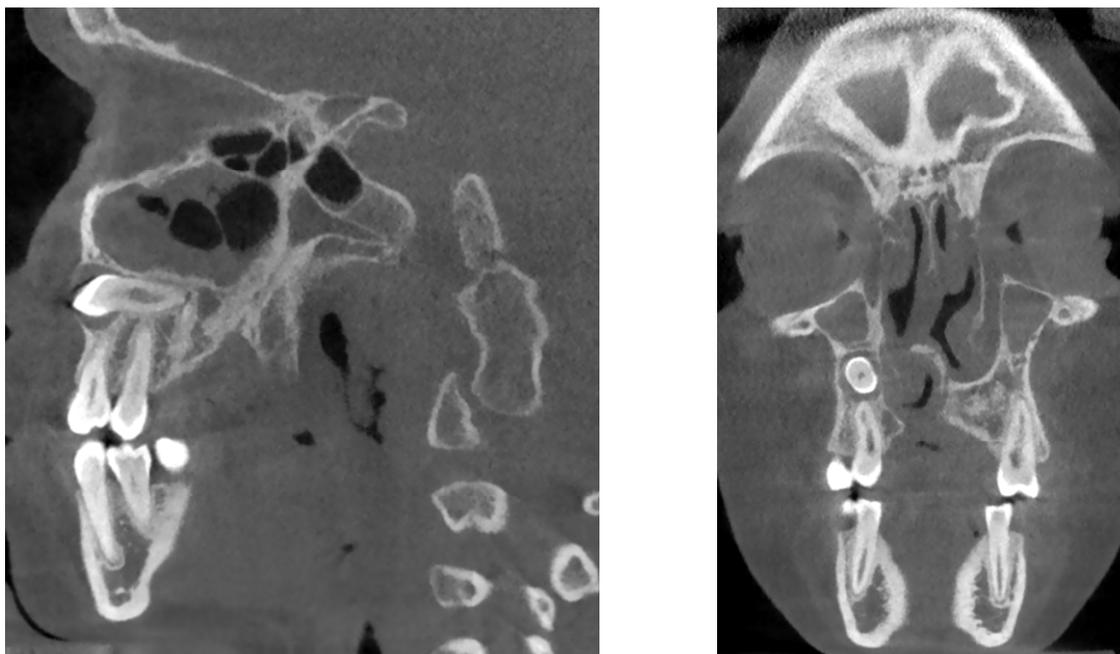


Figure 43 : canine maxillaire droite incluse en position horizontale, noter les rapports étroits avec les apex des prémolaires

4.3.2.5.2 Pathologie des articulations temporo mandibulaires (ATM)

L'étude radiologique des ATM repose sur deux versants : statique (étude des constituants squelettiques) et dynamique (déplacement du condyle mandibulaire et du disque articulaire aux différents temps de l'ouverture buccale).

L'IRM représente l'examen non invasif le plus fiable pour l'étude statique et dynamique du ménisque et des structures musculo tendineuses des ATM.

En ce qui concerne l'étude des données squelettiques, la TDM représentait l'examen de choix, lorsqu'une anomalie morphologique ou structurale était détectée sur l'orthopantomogramme réalisé en première intention. Le CBCT permet de se passer avantageusement du TDM, de part une meilleure résolution spatiale et de la moindre irradiation aux rayons X.

Dans les dysfonctionnements des ATM, l'acquisition volumique du CBCT permet des reconstructions osseuses 2D frontales et sagittales [52], comparatives des deux ATM, bouche ouverte et fermée. Cependant la réalisation de ces 2 CBCT qui double donc la dose efficace reçue ne paraît pas justifiée car l'étude cinétique des ATM peut être effectuée cliniquement, par l'axiographie, ainsi que par l'IRM.

Le CBCT est par contre utile dans le bilan des asymétries faciales liées aux malformations des ATM (dysplasies, hypoplasies condyliennes dans les syndromes du premier arc, les

hypercondylios), les ankyloses temporo mandibulaires (post traumatiques, maladie de Langebeck avec hypertrophie des coronés, maladie de Jacob avec articulation coronoïdomalaire, chondrome articulaire, myosite ossifiante...). En ce qui concerne la pathologie tumorale le CBCT n'est pas indiqué car il ne permet pas l'étude des parties molles. Si la découverte de la lésion tumorale se fait de façon fortuite sur un CBCT, une TDM ou une IRM devra être réalisée pour compléter le bilan.

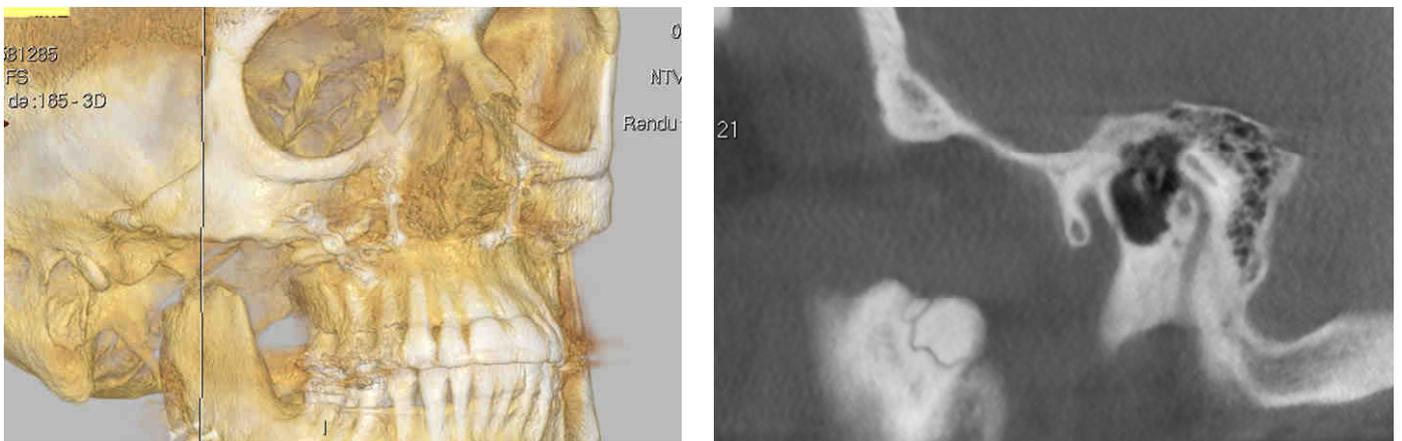


Figure 44 : résorption condylienne droite, vue 3D et coupe sagittale



Figure 45 : hypercondylie droite

4.3.2.5.3 Pathologie sinusienne

En terme d'imagerie, le bilan des sinusites aiguës fait l'objet de recommandations de l'HAS (octobre 2008)[53] :

- « - La radiographie standard des sinus n'est plus indiquée :
- Dans les formes non compliquées, l'imagerie n'est indiquée qu'après échec d'un traitement bien conduit
- Dans les formes compliquées (suppuration intracrânienne ou intra orbitaire, thrombophlébite), l'imagerie est indiquée d'emblée
- La technique d'imagerie recommandée est la TDM. »

Néanmoins, un CBCT pourrait être réalisé dans la recherche d'une étiologie dentaire à une sinusite aiguë, de même que lors de la recherche de foyers infectieux ORL dans la prévention de la maladie d'Osler. Dans ce cas, la réalisation du CBCT nécessite l'utilisation d'un grand champ pour englober tous les sinus et les arcades dentaires maxillaires, et d'un mode haute résolution afin d'analyser l'état radiculaire et périradiculoapical des dents antrales.

Le CBCT permet donc l'analyse fine de toute la pathologie inflammatoire et infectieuse des sinus [5] sans toutefois faire la différence entre épaissement muqueux simple, kyste muqueux, polype, rétention, tout comme le TDM sans injection de produit de contraste. Seule la présence d'un niveau horizontal témoignera du caractère liquide d'un comblement.

La faible susceptibilité aux artéfacts métalliques et la bonne résolution spatiale autorisent la mise en évidence des fines calcifications accompagnant les greffes aspergillaires sur corps étranger métallique intra sinusien d'origine dentaire. La morphologie de l'opacité évocatrice de truffe ou balle fait également évoquer le diagnostic.

Le grand avantage du CBCT par rapport à la TDM se trouve dans l'étude des relations dents-sinus : l'exploration en haute résolution permet d'analyser très finement l'anatomie radiculaire et canalaire dentaire, la visualisation de micro perforations du plancher sinusien en regard de foyers apicaux dentaires, la présence d'une communication bucco-sinusienne [5]. Nous proposons donc de réaliser un CBCT en pathologie sinusienne en remplacement de la TDM lorsque celle-ci est indiquée. Il pourrait être également réalisé dans les bilans de prévention de l'endocardite en apportant des informations diagnostiques beaucoup plus précises que les examens radiologiques ORL et stomatologiques actuellement réalisés qui comportent une incidence de Blondeau et un orthopantomogramme.

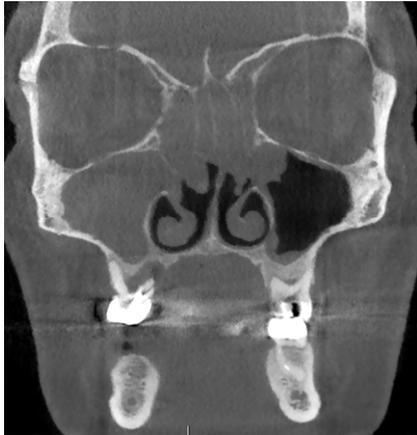


Figure 46 : comblement sinusien maxillaire droit avec image apicale radiculaire

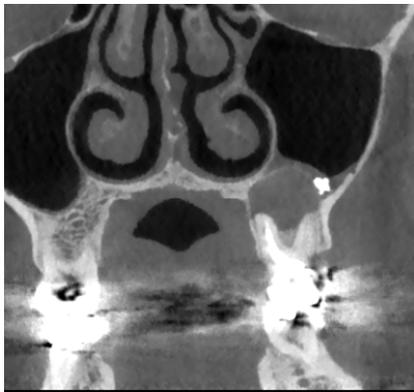


Figure 47 : kyste apical sur molaire traitée endodontiquement, avec dépassement de matériel d'obturation dans le sinus maxillaire gauche, hypertrophie de la muqueuse sinusienne en regard

4.3.2.5.4 Lésions osseuses des maxillaires

Radiologiquement, on distingue des images radio claires ou radio denses. Ces lésions sont généralement mises en évidence de manière fortuite sur un orthopantomogramme réalisé pour un bilan dentaire, ou suspectées cliniquement.

En fonction de leurs caractéristiques sur l'orthopantomogramme (multiples ou uniques, présence de cloisons, calcifications, limites nettes ou floues, état des structures de voisinage) une TDM est en général réalisée pour apporter plus de précisions anatomiques.

Parmi les lésions radio claires les plus fréquemment rencontrées, on cite le granulome et kyste apical en rapport direct avec les dents, et les images extra dentaires comme les kystes fissuraires, les kératokystes, améloblastomes, kystes solitaires [54].

Les images denses en rapport avec la dent évoquent une hypercémentose, une ankylose (disparition de l'espace ligamentaire), des corps étrangers iatrogènes (dépassement de pâte

dentaire). Les images radio denses extra dentaires sont représentées par des tori, ostéomes, odontomes, exostoses, cémentomes, dysplasie fibreuse, fibrome cémento-ossifiant.

Pour toute lésion d'allure maligne, parmi lesquelles on peut citer les sarcomes, carcinomes, métastases, une TDM et /ou une IRM sont réalisés pour un bilan d'extension locorégional complet.

En dehors de toute pathologie maligne, la haute résolution osseuse obtenue avec le CBCT dans l'évaluation dentaire, du parodonte et des structures canalaire et de voisinage se révèle donc très intéressante dans l'étude des lacunes ou des hyperdensités des maxillaire [2].

Cependant, la plupart de ces images sont de découverte fortuite et chaque patient ne peut pas raisonnablement bénéficier d'un CBCT en première intention.

Le CBCT est dans ce cadre un examen de seconde intention, en complément diagnostique de l'orthopantomogramme.

Néanmoins, un CBCT pourrait être réalisé en post opératoire, par exemple à 3 et à 6 mois d'un drainage d'un volumineux kyste mandibulaire, afin de s'assurer de la réossification des corticales et du canal alvéolaire inférieur.



Figure 48 : Dysplasie fibreuse avec atteinte sphénoïdale et orbitaire externe

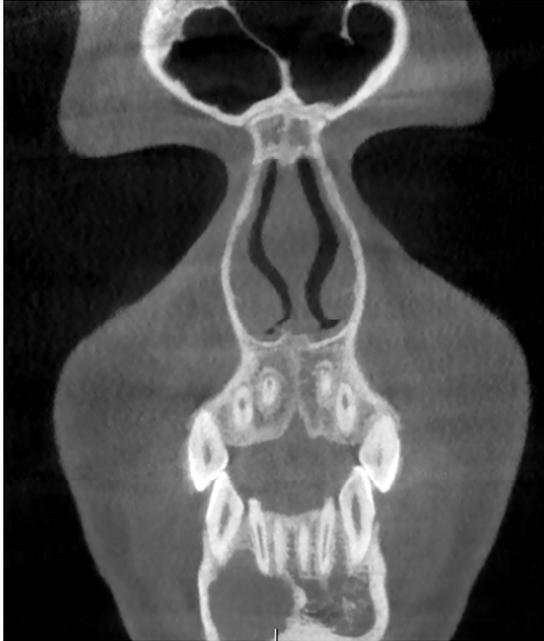
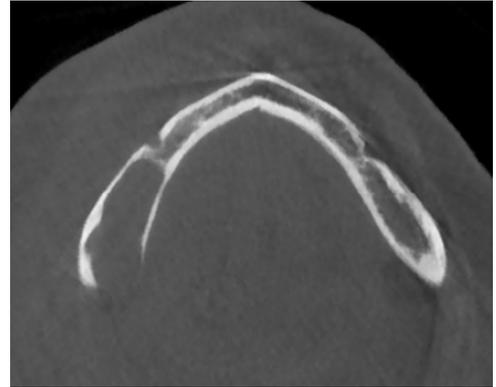


Figure 49 : kystes maxillaire et mandibulaires

4.3.2.5.5 Endodontie

Le diagnostic des caries, porte d'entrée de l'endodonte, est radiologique. Un simple cliché rétro alvéolaire suffit à établir le diagnostic, et est plus précis pour déterminer la profondeur de la lésion. L'emploi du CBCT dans le diagnostic des lésions carieuses n'est pas justifiée du fait de l'importance de la dose d'irradiation administrée au patient comparativement à un cliché rétro-alvéolaire (4 à 6 μSv pour un cliché rétro-alvéolaire ; 50 à 250 μSv pour un cone beam) [40]. En cariologie, la population concernée est majoritairement pédiatrique et doit donc avant tout être exposée à la technique radiologique la moins irradiante.

En endodontie, le CBCT joue un rôle majeur dans la détection des lésions d'origine endodontique (LOE). En effet, le CBCT permet de détecter des radio-clartés aux apex des dents que la radiologie intra buccale ne met pas en évidence, de part leur localisation anatomique, de la présence de superposition de structures osseuses et dentaires ou de leur petite taille [55]. La précision géométrique tridimensionnelle du CBCT avec ses reconstructions axiales, coronales et sagittales élimine la superposition des structures anatomiques.

Le CBCT a permis de créer un nouveau Peri-Apical Index (PAI) pour l'évaluation de la sévérité d'une parodontite apicale. Le Peri-Apical Index, crée par Brynolf en 1967 et modifié par Orstavik en 1986, est un système d'enregistrement et d'évaluation de la parodontite apicale, établit sous forme d'une échelle de 5 degrés où 1 signifie que le patient est sain et 5 que ce dernier est atteint d'une parodontite apicale sévère. La validité de ce test repose sur les références radiographiques rétro-alvéolaires et le diagnostic histologique de l'état apical [56]. Estrela et al en 2008 ont développé un nouvel PAI basé sur le CBCT et appelé CBCTPAI. Il est établi sous forme d'une échelle de 6 degrés : 0 étant la normale, 5 signifiant un diamètre de clarté péri-apical de plus de 8 mm. Ce nouveau score repose donc sur des mesures objectives et précises et permettrait de réduire l'incidence de faux négatifs [57]. Les auteurs ne précisent pas quelles conséquences précises a ce nouveau score sur la thérapeutique.

Le CBCT permet également dans des cas difficiles une analyse fine de l'anatomie canalaire et de ses variations, une visualisation des perforations radiculaires avec dépassement de pâte canalaire, le diagnostic des résorptions radiculaires, et enfin le contrôle postopératoire du traitement endodontique et de la qualité d'obturation.

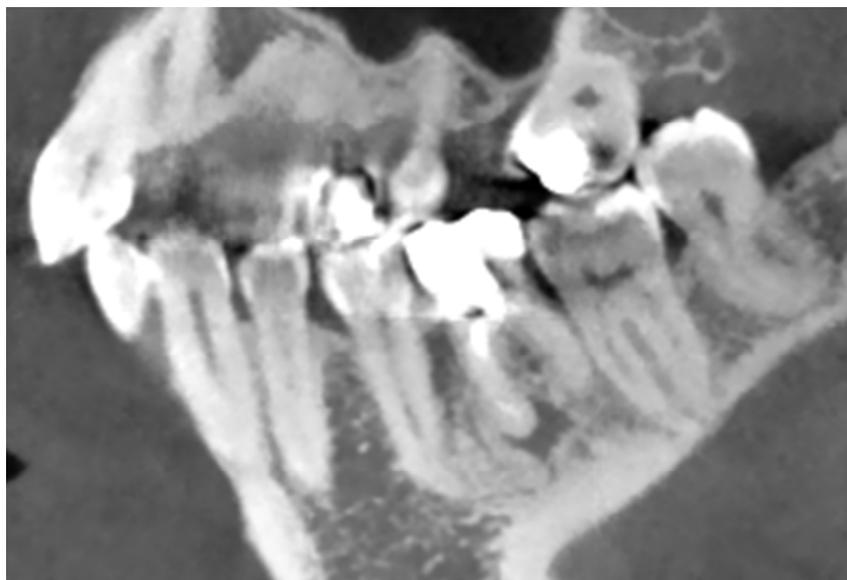
La radiographie conventionnelle peut donc présenter des limites pour visualiser des lésions péri-apicales en l'absence de déminéralisation suffisante (au moins 30-50%) et une différence

importante peut être observée en termes de prévalence de ces lésions selon les méthodes d'imagerie utilisées. Une étude a montré qu' en utilisant des clichés comparatifs panoramiques, rétro-alvéolaires et CBCT, la prévalence de lésions survenant sur des dents avec traitement endodontique, a été estimée respectivement à 17,6%, 35,3% et 63,3% [58].

La recherche de foyers infectieux d'origine dentaire est un motif fréquent de consultation dans notre service, et demandé particulièrement au cours d'un bilan pré opératoire de chirurgie cardiothoracique (remplacement valvulaire, transplantation cardio-pulmonaire), orthopédique, avant mise en aplasie pour greffe de moelle osseuse, mise en route d'un traitement immunosuppresseur ou par biphosphonates. Le bilan est basé sur l'examen clinique et la lecture du panoramique dentaire. En cas de doute sur une image apicale, sur l'intégrité du traitement endocanalair, sur la présence d'une poche parodontale, le bilan radiologique était très souvent complété de clichés endo buccaux rétro-alvéolaires, parfois selon plusieurs incidences pour la même dent afin de bien individualiser chaque racine.

Ce type de bilan radiologique opérateur dépendant et chronophage pourrait être remplacé par le CBCT qui, en une seule rotation, permet d'obtenir des informations sur les dents, les structures osseuses et sinusiennes dans les trois dimensions de l'espace et de s'affranchir des problèmes de superposition des éléments dentaires, osseux et sinusiens (pour l'étude des molaires maxillaires par exemple).

La réponse apportée serait donc plus précise et permettrait de déceler des LOE à un stade précoce [58].



4.3.2.5.6 Parodontologie

Le CBCT pourrait se substituer à l'examen long cône pour un bilan parodontal et il pourrait présenter un intérêt pour le diagnostic différentiel des lésions endo-parodontales avec une symptomatologie mal définie [14]. Des études ont montré que le CBCT apportait des informations non fournies par la clinique et la radiologie conventionnelle, ce qui améliorerait la prise en charge et le pronostic de la dent [59], [60].

4.3.2.5.7 Pathologie inflammatoire et infection osseuse, nécrose osseuse

Dans les suspicions d'ostéite des maxillaires, de diagnostic parfois difficile, l'apport du CBCT peut être intéressant pour des patients qui ne présentent aucune anomalie radiologique sur l'orthopantomogramme ou les clichés rétro alvéolaires, avec des signes cliniques pourtant bien présents comme la douleur.

Grâce à la bonne résolution spatiale du CBCT, il est possible de visualiser une apposition périostée, une ostéosclérose, des fistulisations d'abcès au travers des corticales osseuses des maxillaires [2].

Le CBCT apporte des informations sur des pathologies plus rares comme les ostéomyélites aiguës ou chroniques, avec présence de séquestres osseux et ostéocondensation [61].

En pathologie infectieuse des maxillaires, 3 situations peuvent se présenter : découverte d'une anomalie osseuse chez un patient symptomatique, découverte de lésion osseuse chez un patient asymptomatique, et enfin absence d'anomalie radiologique dans un bilan d'algies inexplicables.

La très bonne résolution spatiale du CBCT qui fournit des images dont les détails vont jusqu'à la moindre hétérogénéité de la trame osseuse expose au risque de surinterprétation de ces images radiologiques. Il est donc important de savoir ce que l'on veut rechercher avant de prescrire un CBCT [6].

Les lésions d'ostéoradionécroses ou d'ostéochimionécroses sous biphosphonates, sont peu spécifiques sur le plan radiologique. Les lésions radiologiques associent des zones radio

claires, des séquestres osseux denses, un décollement périosté et de nombreuses similitudes avec l'ostéomyélite. Mais c'est avant tout le contexte clinique qui permet d'établir le diagnostic : radiothérapie pour cancer ORL, prise de biphosphonates pour ostéoporose, myélome ou métastases osseuses.

Dans ce contexte, l'utilisation du CBCT permet de diagnostiquer plus précocement et plus précisément ce type de lésion, par rapport à un orthopantomogramme [2], [62]. C'est donc l'attitude qui a été adoptée dans notre service.

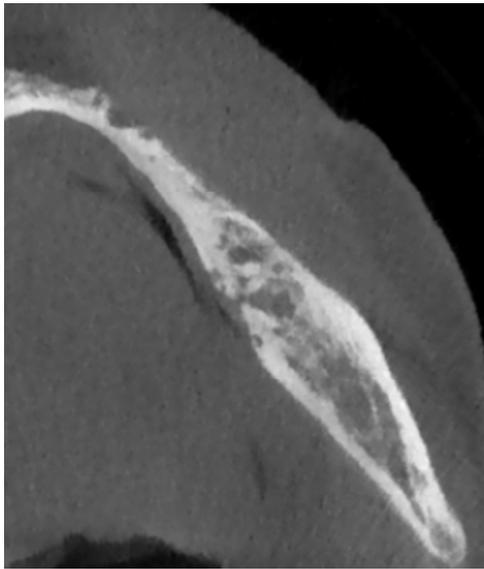
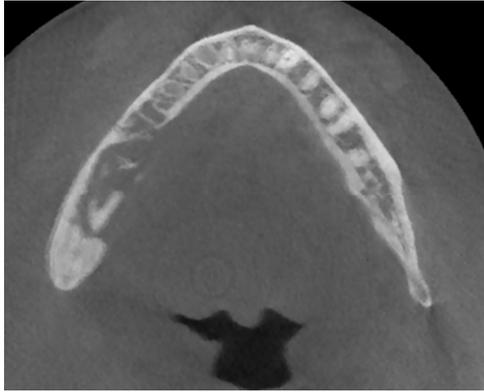


Figure 51 : ostéoradionécrose mandibulaire postérieure gauche



Figure 52 : ostéochimionécrose mandibulaire postérieure droite avec présence de séquestres osseux



4.3.2.5.8 Pathologie lithiasique

Les principales causes de coliques salivaires sont les lithiases, les sténoses, les lésions inflammatoires et les variations anatomiques. L'échographie permet de faire le diagnostic de pathologie lithiasique, mais il est parfois nécessaire de réaliser d'autres examens pour obtenir plus de précisions anatomiques. La sialographie permet d'obtenir un bilan topographique complet des canaux glandulaires. Une étude réalisée sur 5 patients pour prise en charge diagnostique de coliques salivaires non lithiasiques de la glande parotide a montré que la sialographie 3D en CBCT a visualisé les canaux glandulaires jusqu'à leur cinquième ou sixième ordre, contre trois à quatre pour la sialographie conventionnelle. De plus la qualité de l'image obtenue était meilleure par l'amélioration du rapport signal sur bruit et le rapport contraste sur bruit. Les inconvénients de la sialographie 3D en CBCT sont les mêmes que la sialographie conventionnelle, c'est-à-dire difficultés liées au cathétérisme canalaire, exposition aux rayonnements ionisants (toutefois inférieure au sialoscanner) et allergie potentielle aux produits de contraste iodés. Le CBCT peut également être intéressant pour l'exploration du plancher buccal et de l'aire sous maxillaire lorsqu'il existe une symptomatologie de colique salivaire avec une échographie peu ou pas contributive. Le moindre calcul radio-opaque apparaît immédiatement [63].

A l'heure actuelle, l'utilisation du CBCT couplé à la sialographie n'est pas réalisée dans notre service.



Figure 53 : lithiase de la glande sub mandibulaire droite

4.3.2.5.9 Reconstruction faciale

Dans le cadre de notre activité en reconstruction faciale, le CBCT est utilisé pour nous fournir des informations sur des défauts osseux post chirurgicaux en carcinologie par exemple. Il est également utile pour faire le bilan de séquelles en traumatologie faciale afin d'évaluer les structures osseuses disponibles et quelles corrections apporter pour améliorer le confort et l'aspect esthétique du patient. Utilisé en post opératoire, il nous permet de contrôler le matériel prothétique mis en place avec moins d'artéfacts que la TDM et pour une irradiation moindre.

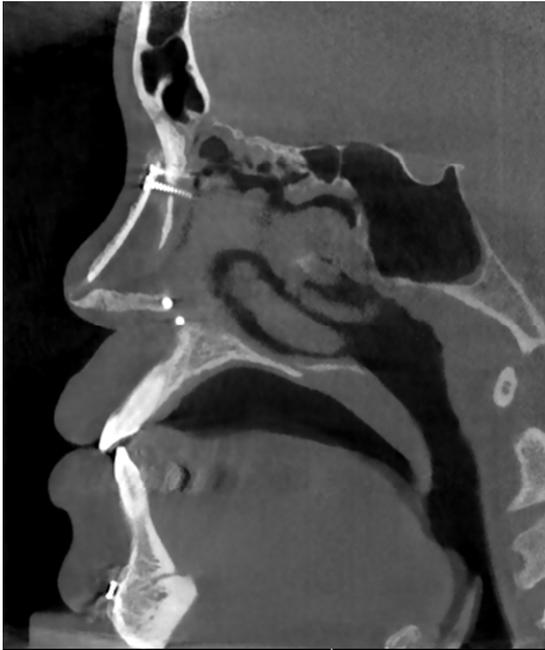


Figure 54 : reconstruction nasale par greffe osseuse crânienne. Etai columellaire et baguette osseuse au niveau du dorsum, ostéosynthèse au processus nasal de l'os frontal par vis



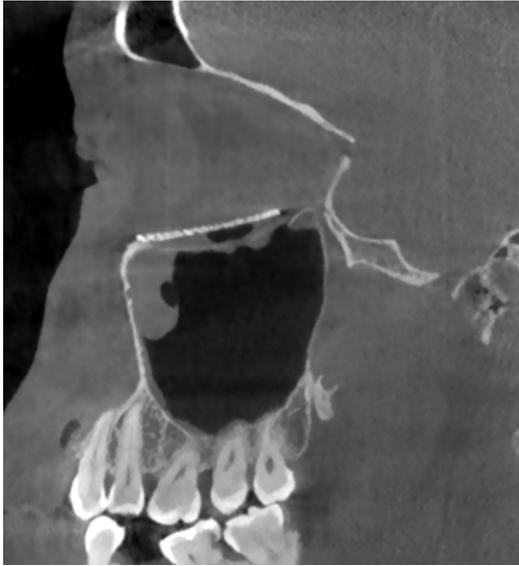


Figure 55 : réfection d'un plancher orbitaire par prothèse en corail

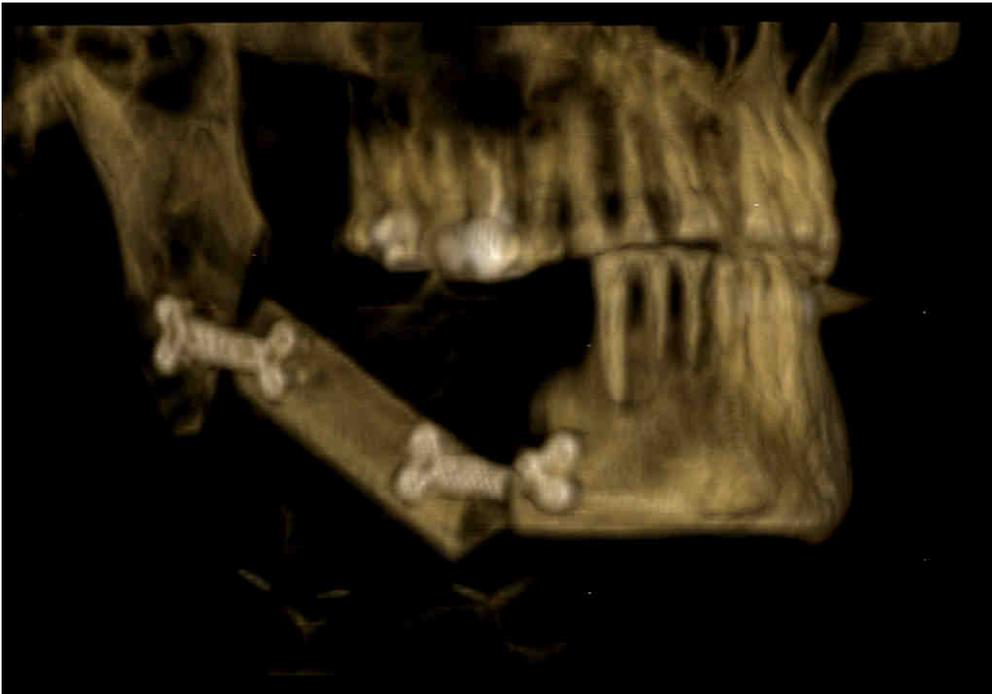


Figure 56 : reconstruction de branche horizontale droite de mandibule par lambeau libre micro-anastomosé de fibula, ostéosynthésée par deux plaques

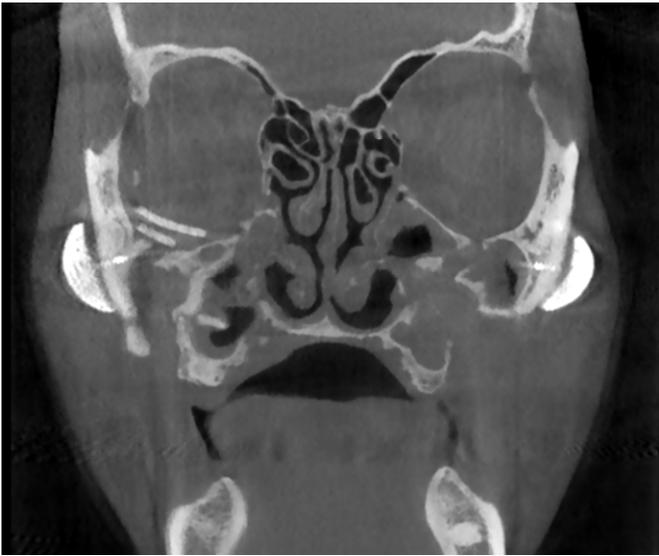


Figure 57 : réfection de plancher orbitaire droit et correction de l'hypoprojection des malaires par prothèses de corail

Conclusion

Le CBCT est un nouvel outil radiodiagnostique pour l'étude des structures osseuses de la face ainsi que des dents. Cet examen est désormais utilisé de façon pluriquotidienne dans le service de Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie du CHU de Nantes depuis sa mise en service au mois de mai 2010.

La première partie de notre étude a permis de situer le CBCT parmi les autres examens radiologiques réalisés en Chirurgie Maxillo-Faciale au niveau l'exposition aux effets des rayons X : La dose efficace délivrée par le CBCT est environ 3,5 fois plus importante qu'un orthopantomogramme, 1,5 fois plus importante qu'un bilan de chirurgie orthognathique ou d'ODF et qu'un bilan de traumatisme orbitaire et zygomatique et environ 13 fois moins importante qu'une TDM.

Elle nous a permis également de remarquer qu'il n'existe pas encore de normes et de moyens dosimétriques simples et fiables pour comparer les différents modèles de CBCT existant sur le marché, ce qui pourrait constituer une voie de recherche intéressante.

La seconde partie de notre étude a montré que l'activité du CBCT avait fait diminué globalement l'activité radiologique spécifique à la Chirurgie Maxillo-Faciale en faisant diminuer l'activité de l'orthopantomogramme. Par contre, l'arrivée du CBCT n'a pas eu d'influence sur l'activité des autres bilans radiologiques (téléradiographies) dédiés à des indications bien spécifiques de notre spécialité que sont l'ODF, le SAOS, la chirurgie orthognathique et malformative. Néanmoins dans les cas complexes, le CBCT est une alternative intéressante à la TDM. En effet le CBCT propose une qualité d'image égale voir supérieure à la TDM pour l'étude des structures osseuses tout en diminuant l'exposition du patient aux effets des rayons X.

En ce qui concerne l'implantologie et la chirurgie pré implantaire, le CBCT est devenu l'examen de référence dans notre pratique en proposant des images plus précises que la TDM tout en étant moins irradiant.

En traumatologie, notre étude a montré que la prescription d'examens radiologiques à visée diagnostique et post opératoire n'était pas bien standardisée. Afin de clarifier la situation, nous pensons que le CBCT peut remplacer la TDM en dehors des indications où une analyse des tissus mous est indispensable, et remplacer les radiographies standard dans tous les cas, exceptées les fractures de mandibule en portion dentée non déplacées, pour lesquelles l'orthopantomogramme est suffisant.

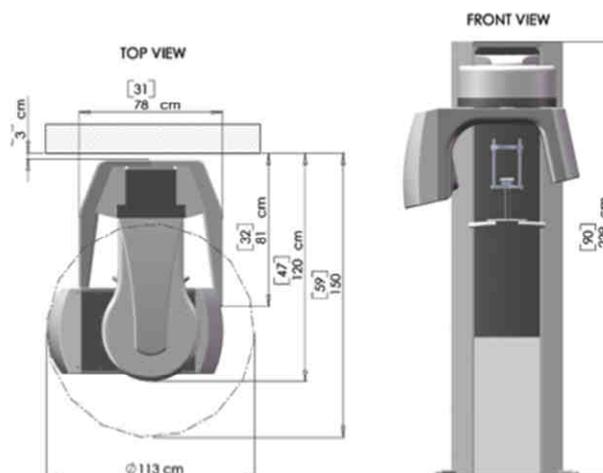
Le CBCT est également réalisé dans notre service à la place de la TDM pour d'autres indications : d'emblée ou en complément d'un orthopantomogramme pour un bilan de dents incluses, de lésion osseuse radio claire ou dense, dans le cadre d'un bilan infectieux dentaire et dans le diagnostic et la surveillance d'ostéoradionécroses et ostéochimionécroses des mâchoires.

Le CBCT trouve donc pleinement sa place en tant qu'examen de radiodiagnostic en Chirurgie Maxillo-Faciale et en Stomatologie, mais va également pouvoir offrir de nouvelles perspectives dans le domaine thérapeutique, en permettant par exemple de procéder à des interventions chirurgicales « assistées » par navigation, tout en proposant une irradiation moindre qu'avec la TDM.

ANNEXES

NewTom VGi Specifications

X-ray Source	High frequency, constant potential (DC), rotating anode: 110 kV; 1-20 mA (pulsed mode)		
Focal Spot	0.3 mm (IEC 60336)		
X-Ray Cone Beam	Proprietary SafeBeam™ control reduces radiation based on patient size.		
Effective Dose	100 µSv (ICRP 2007, estimate for adult)		
X-ray Emission Time	3.6s in standard mode		
Image Acquisition	360 Images - 360 degree rotation		
Image Detector	Amorphous silicon flat panel, 20 cm x 25 cm (Field of View)		
Signal Grey Scale	14-bit		
Voxel Size	Standard Mode	0.3 mm cubic isometric	
	Zoom Mode	0.24 mm	
	HiRes Zoom Mode	0.15 mm	
Scan Time	18s in standard resolution mode		
Patient Position	Standing or seated and wheelchair accessible		
Reconstruction Volume		Diameter	Height
	Standard Mode	15 cm (6")	15 cm (6")
	Zoom Mode	12 cm (5")	7.5 cm (3")
	HiRes Zoom Mode	12 cm (5")	7.5 cm (3")
Reconstruction Time	Approximately 1 minute		
Weight	Scanner unit: 600 lb (272 kg), Control box: 220 lb (100 kg)		
Software	NNT™ with free viewer and sharing application		
Power Required	10A @ 100/115V~, 5A @ 200/215/230/240V~, 50/60Hz		



Annexe 1 : Fiche technique du CBCT NewTom VGi, données constructeur

Dose declaration¹⁰

Dose declaration for Standard Dose Mode

Values are expressed in mGy/scan. Their tolerance is $\pm 30\%$

FOV	Full Mode ¹¹	Zoom Mode ¹²	HiRes Zoom Mode ¹³
CTDI ₁₀₀ Center	2.34	2.10	7.54
CTDI ₁₀₀ 0	2.24	1.80	7.35
CTDI ₁₀₀ 90	2.26	2.00	7.25
CTDI ₁₀₀ 180	2.24	1.80	7.35
CTDI ₁₀₀ 270	2.26	2.00	7.25
CTDI ₁₀₀ (perforico)	2.25	1.90	7.30
CTDI _w	2.34	1.96	7.23

Date: 2009-02-04

Dose declaration for Boosted Dose Mode

Values are expressed in mGy/scan. Their tolerance is $\pm 30\%$

FOV	Full Mode ¹⁴	Zoom Mode ¹⁵
CTDI ₁₀₀ Center	4.48	3.36
CTDI ₁₀₀ 0	4.51	3.21
CTDI ₁₀₀ 90	4.53	3.23
CTDI ₁₀₀ 180	4.51	3.21
CTDI ₁₀₀ 270	4.53	3.23
CTDI ₁₀₀ (perforico)	4.52	3.22
CTDI _w	4.48	3.25

Date: 2009-02-04

¹⁰ Measured using "head phantom" according to IEC 60.601-2-44 Sec. 29.1.102.2

¹¹ Loading factors: automaticamente impostati dal software, normalizzati a 110kV, 2.4mA, 3.6s, 8.45mAs

¹² Loading factors: automaticamente impostati dal software, normalizzati a 110kV, 3.2mA, 3.6s, 11.34mAs

¹³ Loading factors: automaticamente impostati dal software, normalizzati a 110kV, 10.9mA, 5.4s, 58.59mAs

¹⁴ Loading factors: automaticamente impostati dal software, normalizzati a 110kV, 6.5mA, 3.6s, 23.58mAs

¹⁵ Loading factors: automaticamente impostati dal software, normalizzati a 110kV, 6.3mA, 3.6s, 22.86mAs

Annexe 2 : données constructeur pour le CTDI du CBCT NewTom VGi

PCXMC 2.0 - Dose values:

Datafile: C:\Program Files\PCXMC\MCRUNS\graphe BLONDEAU true.en2

```

Header text:BLONDEAU (the true, l'autre c'est le hirtz)
Projection: 270.0000
Obl. Angle: -35.0000
Age: 30
Length: 178.6000
Mass: 73.2000
Arms in phantom: 1
FSD: 80.0000
X-ray beam width: 20.0000
X-ray beam height: 20.0000
Xref: -0.1565
Yref: -8.8584
Zref: 85.0620
E-levels (Max.en./10): 15
NPhotos: 20000
XYscale: 1.0000
Zscale: 1.0000
X-ray tube voltage (kV): 70
Filter: 2,7 mm Al
Incident air kerma: 1.1750

Organ: Dose(mGy): Error(%):
Active bone marrow 0.024489 0.5
Adrenals 0.000000 NA
Brain 0.116185 1.3
Breasts 0.000573 19.3
Colon (Large intestine) 0.000000 NA
(Upper large intestine) 0.000000 NA
(Lower large intestine) 0.000000 NA
Extrathoracic airways 0.258213 6.1
Gall bladder 0.000000 NA
Heart 0.000180 35.3
Kidneys 0.000002 100.0
Liver 0.000030 56.6
Lungs 0.001068 10.9
Lymph nodes 0.075397 3.1
Muscle 0.011569 0.6
Oesophagus 0.000493 59.4
Oral mucosa 0.450405 2.8
Ovaries 0.000000 NA
Pancreas 0.000000 NA
Prostate 0.000000 NA
Salivary glands 0.474352 2.9
Skeleton 0.120866 0.5
(Skull) 0.846022 0.5
(Upper Spine) 0.224210 2.4
(Middle Spine) 0.001230 11.9
(Lower Spine) 0.000027 70.6
(Scapulae) 0.002385 22.7
(Clavicles) 0.040410 8.1
(Ribs) 0.002068 10.0
(Upper arm bones) 0.004001 8.9
(Middle arm bones) 0.000099 42.5
(Lower arm bones) 0.000000 NA
(Pelvis) 0.000000 NA
(Upper leg bones) 0.000000 NA
(Middle leg bones) 0.000000 NA
(Lower leg bones) 0.000000 NA
Skin 0.052866 0.9
Small intestine 0.000000 NA
Spleen 0.000022 74.0
Stomach 0.000005 96.0
Testicles 0.000000 NA
Thymus 0.000585 49.7
Thyroid 0.046908 10.8
Urinary bladder 0.000000 NA
Uterus 0.000000 NA
Average dose in total body 0.028667 0.3
Effective dose ICRP60 (mSv) 0.007898 3.2
Effective dose ICRP103 (mSv) 0.020027 1.5
Abs. energy fraction (%) 38.410590

```

Annexe 3 : rapport PCXMC 2.0 BLONDEAU

PCXMC 2.0 - Dose values:

Datafile: C:\Program Files\PCXMC\MCRUNS\graphe BLONDEAU 2.en2

Header text:		blondeau
Projection:		270.0000
Obl. Angle:		-55.0000
Age:		30
Length:		178.6000
Mass:		73.2000
Arms in phantom:		1
FSD:		80.0000
X-ray beam width:		14.0000
X-ray beam height:		15.0000
Xref:		-0.1192
Yref:		-9.0851
Zref:		82.2298
E-levels (Max.en./10):		15
NPhotos:		20000
XYscale:		1.0000
Zscale:		1.0000
X-ray tube voltage (kV):		70
Filter:		2,7 mm Al
Incident air kerma:		1.8381
Organ:	Dose(mGy):	Error(%):
Active bone marrow	0.027333	0.4
Adrenals	0.000000	NA
Brain	0.102598	1.3
Breasts	0.000789	32.4
Colon (Large intestine)	0.000000	NA
(Upper large intestine)	0.000000	NA
(Lower large intestine)	0.000000	NA
Extrathoracic airways	0.298748	3.3
Gall bladder	0.000000	NA
Heart	0.000140	33.5
Kidneys	0.000005	68.1
Liver	0.000032	43.3
Lungs	0.001192	8.4
Lymph nodes	0.093486	1.6
Muscle	0.014411	0.4
Oesophagus	0.000785	26.7
Oral mucosa	0.625873	2.5
Ovaries	0.000000	NA
Pancreas	0.000031	100.0
Prostate	0.000000	NA
Salivary glands	0.628330	1.5
Skeleton	0.134807	0.5
(Skull)	0.960945	0.5
(Upper Spine)	0.182869	2.0
(Middle Spine)	0.001276	15.1
(Lower Spine)	0.000009	100.0
(Scapulae)	0.003225	12.1
(Clavicles)	0.058319	6.3
(Ribs)	0.002688	6.5
(Upper arm bones)	0.004079	7.6
(Middle arm bones)	0.000085	43.6
(Lower arm bones)	0.000000	NA
(Pelvis)	0.000000	NA
(Upper leg bones)	0.000003	100.0
(Middle leg bones)	0.000000	NA
(Lower leg bones)	0.000000	NA
Skin	0.063642	0.8
Small intestine	0.000000	NA
Spleen	0.000040	92.5
Stomach	0.000003	100.0
Testicles	0.000000	NA
Thymus	0.001479	46.7
Thyroid	0.052247	10.1
Urinary bladder	0.000000	NA
Uterus	0.000000	NA
Average dose in total body	0.032903	0.3
Effective dose ICRP60 (mSv)	0.008910	3.0
Effective dose ICRP103 (mSv)	0.024481	1.2
Abs. energy fraction (%)	53.680099	

Annexe 4 : rapport PCXMC 2.0 HIRTZ HYPER AXIAL

PCXMC 2.0 - Dose values:

Datafile: C:\Program Files\PCXMC\MCRUNS\graphe malaire plaque.en2

Header text:	RADIOGRAPHIE MALAIRE PLAQUE	
Projection:	220.0000	
Obl. Angle:	-30.0000	
Age:	30	
Length:	178.6000	
Mass:	73.2000	
Arms in phantom:	1	
FSD:	80.0000	
X-ray beam width:	15.0000	
X-ray beam height:	15.0000	
Xref:	-5.1942	
Yref:	-6.2606	
Zref:	90.0851	
E-levels (Max.en./10):	15	
NPhots:	20000	
XYscale:	1.0000	
Zscale:	1.0000	
X-ray tube voltage (kV):	70	
Filter:	2,7 mm Al	
Incident air kerma:	1.3778	
Organ:	Dose(mGy):	Error(%):
Active bone marrow	0.022474	0.3
Adrenals	0.000000	NA
Brain	0.200024	0.9
Breasts	0.000176	35.2
Colon (Large intestine)	0.000000	NA
(Upper large intestine)	0.000000	NA
(Lower large intestine)	0.000000	NA
Extrathoracic airways	0.084798	7.7
Gall bladder	0.000000	NA
Heart	0.000019	35.9
Kidneys	0.000004	100.0
Liver	0.000005	54.7
Lungs	0.000201	15.7
Lymph nodes	0.032598	3.4
Muscle	0.006338	0.6
Oesophagus	0.000021	82.1
Oral mucosa	0.264795	2.8
Ovaries	0.000000	NA
Pancreas	0.000000	NA
Prostate	0.000000	NA
Salivary glands	0.251488	3.5
Skeleton	0.112867	0.3
(Skull)	0.843538	0.3
(Upper Spine)	0.026673	3.8
(Middle Spine)	0.000339	23.1
(Lower Spine)	0.000000	NA
(Scapulae)	0.001496	19.2
(Clavicles)	0.009813	13.3
(Ribs)	0.001010	14.7
(Upper arm bones)	0.001979	10.4
(Middle arm bones)	0.000013	66.8
(Lower arm bones)	0.000000	NA
(Pelvis)	0.000000	NA
(Upper leg bones)	0.000000	NA
(Middle leg bones)	0.000000	NA
(Lower leg bones)	0.000000	NA
Skin	0.035839	1.0
Small intestine	0.000000	NA
Spleen	0.000000	NA
Stomach	0.000000	NA
Testicles	0.000000	NA
Thymus	0.000118	100.0
Thyroid	0.004385	29.3
Urinary bladder	0.000000	NA
Uterus	0.000000	NA
Average dose in total body	0.024415	0.3
Effective dose ICRP60 (mSv)	0.009591	0.8
Effective dose ICRP103 (mSv)	0.012508	1.1
Abs. energy fraction (%)	49.597846	

Annexe 5 : rapport PCXMC 2.0 MALAIRE PLAQUE

PCXMC 2.0 - Dose values:

Datafile: C:\Program Files\PCXMC\MCRUNS\graphe ORBITE FACE.en2

Header text:	GRAPHIE ORBITE FACE	
Projection:	270.0000	
Obl. Angle:	0.0000	
Age:	30	
Length:	178.6000	
Mass:	73.2000	
Arms in phantom:	1	
FSD:	100.0000	
X-ray beam width:	15.0000	
X-ray beam height:	15.0000	
Xref:	-0.3091	
Yref:	-9.1925	
Zref:	90.2545	
E-levels (Max.en./10):	15	
NPhotos:	20000	
XYscale:	1.0000	
Zscale:	1.0000	
X-ray tube voltage (kV):	70	
Filter:	2,7 mm Al	
Incident air kerma:	1.6800	
Organ:	Dose(mGy):	Error(%):
Active bone marrow	0.034249	0.3
Adrenals	0.000000	NA
Brain	0.282108	0.8
Breasts	0.000280	39.4
Colon (Large intestine)	0.000000	NA
(Upper large intestine)	0.000000	NA
(Lower large intestine)	0.000000	NA
Extrathoracic airways	0.149404	3.5
Gall bladder	0.000000	NA
Heart	0.000111	52.0
Kidneys	0.000000	NA
Liver	0.000017	58.2
Lungs	0.000306	15.1
Lymph nodes	0.043800	2.2
Muscle	0.009624	0.6
Oesophagus	0.000111	90.3
Oral mucosa	0.409976	2.5
Ovaries	0.000000	NA
Pancreas	0.000011	100.0
Prostate	0.000000	NA
Salivary glands	0.278419	3.0
Skeleton	0.171967	0.3
(Skull)	1.277857	0.3
(Upper Spine)	0.070918	3.8
(Middle Spine)	0.000341	16.9
(Lower Spine)	0.000000	NA
(Scapulae)	0.000994	20.6
(Clavicles)	0.016660	11.4
(Ribs)	0.001228	9.8
(Upper arm bones)	0.002160	11.7
(Middle arm bones)	0.000075	97.9
(Lower arm bones)	0.000000	NA
(Pelvis)	0.000000	NA
(Upper leg bones)	0.000000	NA
(Middle leg bones)	0.000000	NA
(Lower leg bones)	0.000000	NA
skin	0.057673	0.9
Small intestine	0.000000	NA
Spleen	0.000000	NA
Stomach	0.000001	100.0
Testicles	0.000000	NA
Thymus	0.000049	93.7
Thyroid	0.004673	25.6
Urinary bladder	0.000000	NA
Uterus	0.000000	NA
Average dose in total body	0.036763	0.2
Effective dose ICRP60 (mSv)	0.013983	0.6
Effective dose ICRP103 (mSv)	0.017932	0.8
Abs. energy fraction (%)	61.246005	

Annexe 6 : rapport PCXMC 2.0 ORBITE DE FACE

PCXMC 2.0 - Dose values:

Datafile: C:\Program Files\PCXMC\MCRUNS\teleradiographie 1.2.en2

Header text:	teleradiographie 1.1	
Projection:	270.0000	
Obl. Angle:	0.0000	
Age:	30	
Length:	178.0000	
Mass:	75.0000	
Arms in phantom:	1	
FSD:	378.5100	
X-ray beam width:	22.7100	
X-ray beam height:	28.3900	
Xref:	0.0000	
Yref:	-10.0000	
Zref:	84.0225	
E-levels (Max.en./10):	15	
NPhotos:	20000	
XScale:	1.0139	
Zscale:	0.9966	
X-ray tube voltage (kV):	73	
Filter:	2,8 mm Al	
Incident air kerma:	0.1710	
Organ:	Dose(mGy):	Error(%):
Active bone marrow	0.005702	0.6
Adrenals	0.000000	NA
Brain	0.033306	1.3
Breasts	0.000135	21.1
Colon (Large intestine)	0.000000	NA
(Upper large intestine)	0.000000	NA
(Lower large intestine)	0.000000	NA
Extrathoracic airways	0.079388	4.2
Gall bladder	0.000006	71.9
Heart	0.000095	29.3
Kidneys	0.000007	64.4
Liver	0.000024	34.3
Lungs	0.000613	6.2
Lymph nodes	0.024023	2.2
Muscle	0.003021	0.6
Oesophagus	0.001188	21.7
Oral mucosa	0.074806	3.3
Ovaries	0.000000	NA
Pancreas	0.000021	99.9
Prostate	0.000000	NA
Salivary glands	0.066860	2.9
Skeleton	0.027255	0.6
(Skull)	0.179421	0.7
(Upper Spine)	0.086998	2.2
(Middle Spine)	0.001553	7.8
(Lower Spine)	0.000001	97.5
(Scapulae)	0.000881	14.6
(Clavicles)	0.014075	5.1
(Ribs)	0.000921	6.8
(Upper arm bones)	0.000875	13.0
(Middle arm bones)	0.000063	46.4
(Lower arm bones)	0.000000	NA
(Pelvis)	0.000000	NA
(Upper leg bones)	0.000000	NA
(Middle leg bones)	0.000000	NA
(Lower leg bones)	0.000000	NA
Skin	0.012985	1.1
Small intestine	0.000000	NA
Spleen	0.000017	44.7
Stomach	0.000001	98.7
Testicles	0.000000	NA
Thymus	0.000364	40.3
Thyroid	0.158161	3.6
Urinary bladder	0.000000	NA
Uterus	0.000000	NA
Average dose in total body	0.006941	0.4
Effective dose ICRP60 (mSv)	0.009321	3.0
Effective dose ICRP103 (mSv)	0.010231	2.3
Abs. energy fraction (%)	38.881969	

Annexe 7 : rapport PCXMC 2.0 TELERADIOGRAPHIE FACE

PCXMC 2.0 - Dose values:

Datafile: C:\Program Files\PCXMC\MCRUNS\teleradiographie PROFIL.en2

Header text:	teleradiographie PROFIL
Projection:	180.0000
Obl. Angle:	0.0000
Age:	30
Length:	178.0000
Mass:	75.0000
Arms in phantom:	1
FSD:	378.5100
X-ray beam width:	22.7100
X-ray beam height:	28.3900
Xref:	-5.4000
Yref:	1.5403
Zref:	83.8000
E-levels (Max.en./10):	15
NPhotos:	20000
XYscale:	1.0139
Zscale:	0.9966
X-ray tube voltage (kV):	73
Filter:	2,8 mm Al
Incident air kerma:	0.1390

Organ:	Dose(mGy):	Error(%):
Active bone marrow	0.005338	0.5
Adrenals	0.000005	100.0
Brain	0.039093	1.2
Breasts	0.000063	32.2
Colon (Large intestine)	0.000000	NA
(Upper large intestine)	0.000000	NA
(Lower large intestine)	0.000000	NA
Extrathoracic airways	0.042491	5.4
Gall bladder	0.000000	NA
Heart	0.000076	38.2
Kidneys	0.000005	63.9
Liver	0.000019	32.4
Lungs	0.000456	6.8
Lymph nodes	0.014641	2.5
Muscle	0.002643	0.5
Oesophagus	0.001626	24.4
Oral mucosa	0.046521	3.2
Ovaries	0.000000	NA
Pancreas	0.000004	100.0
Prostate	0.000000	NA
Salivary glands	0.062700	2.5
Skeleton	0.025195	0.6
(Skull)	0.155292	0.6
(Upper Spine)	0.117712	1.4
(Middle Spine)	0.002327	5.9
(Lower Spine)	0.000000	NA
(Scapulae)	0.000772	13.8
(Clavicles)	0.011201	6.9
(Ribs)	0.000812	4.4
(Upper arm bones)	0.000941	10.2
(Middle arm bones)	0.000006	55.1
(Lower arm bones)	0.000000	NA
(Pelvis)	0.000000	NA
(Upper leg bones)	0.000000	NA
(Middle leg bones)	0.000000	NA
(Lower leg bones)	0.000000	NA
Skin	0.010625	1.0
Small intestine	0.000000	NA
Spleen	0.000005	100.0
Stomach	0.000002	78.0
Testicles	0.000000	NA
Thymus	0.000326	42.4
Thyroid	0.073629	4.3
Urinary bladder	0.000000	NA
Uterus	0.000000	NA
Average dose in total body	0.006371	0.4
Effective dose ICRP60 (mSv)	0.004995	3.2
Effective dose ICRP103 (mSv)	0.006075	2.2
Abs. energy fraction (%)	43.903798	

Annexe 8 : rapport PCXMC 2.0 TELERADIOGRAPHIE PROFIL

Bibliographie

1. R. Cavézian, G.P., T. Fortin, *L'imagerie dento-maxillaire: de l'insouciance à la radioprotection, de l'endobuccal au cone beam*. Bull. Acad. Natle Chir. Dent., 2010. **53**: p. 77-78.
2. R. Cavézian, *Cone Beam Imagerie diagnostique en odontostomatologie. Principes, résultats et perspectives*. Elsevier Masson ed. 2011.
3. Cavezian R, P.G., *Imagerie dento-maxillaire: approche radio-clinique*, ed. MASSON. 2006, Paris.
4. Bleuet, P., *Reconstruction 3D par tomosynthèse généralisée. Application à l'imagerie médicale par rayons X*. 2002, INSA: Lyon.
5. Hodez, C., C. Griffaton-Taillandier, and I. Bensimon, *Cone-beam imaging: applications in ENT*. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis. **128**(2): p. 65-78.
6. Hodez, *Imagerie dento-maxillo-faciale par faisceau conique "cone beam"*. SAURAMPS medical ed. 2010.
7. Miracle, A.C. and S.K. Mukherji, *Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles*. AJNR Am J Neuroradiol, 2009. **30**(6): p. 1088-95.
8. Bellaiche, *Scanner et tomographie à faisceau conique. Quelle méthode d'imagerie choisir en odontostomatologie?* Le Fil Dentaire, 2007. **27**: p. 16-28.
9. Silva, M.A., et al., *Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008. **133**(5): p. 640 e1-5.
10. Palomo, J.M., P.S. Rao, and M.G. Hans, *Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2008. **105**(6): p. 773-82.
11. Pauwels, R., et al., *Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners*. Eur J Radiol. **81**(2): p. 267-71.
12. Grunheid, T., et al., *Dosimetry of a cone-beam computed tomography machine compared with a digital x-ray machine in orthodontic imaging*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. **141**(4): p. 436-43.

13. Ludlow, J.B., et al., *Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT*. *Dentomaxillofac Radiol*, 2006. **35**(4): p. 219-26.
14. HAS. *Tomographie à faisceau conique de la face- rapport d'évaluation*. in *service d'évaluation des actes professionnels*. 2009.
15. Hashimoto, K., et al., *Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT*. *J Oral Sci*, 2006. **48**(1): p. 27-34.
16. Liang, X., et al., *A comparative evaluation of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) and Multi-Slice CT (MSCT) Part I. On subjective image quality*. *Eur J Radiol*. **75**(2): p. 265-9.
17. Liang, X., et al., *A comparative evaluation of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) and Multi-Slice CT (MSCT). Part II: On 3D model accuracy*. *Eur J Radiol*. **75**(2): p. 270-4.
18. Miracle, A.C. and S.K. Mukherji, *Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications*. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009. **30**(7): p. 1285-92.
19. Thilander-Klang, A. and E. Helmrot, *Methods of determining the effective dose in dental radiology*. *Radiat Prot Dosimetry*. **139**(1-3): p. 306-9.
20. Lofthag-Hansen, S., et al., *Calculating effective dose on a cone beam computed tomography device: 3D Accuitomo and 3D Accuitomo FPD*. *Dentomaxillofac Radiol*, 2008. **37**(2): p. 72-9.
21. De Vos, W., J. Casselman, and G.R. Swennen, *Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature*. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2009. **38**(6): p. 609-25.
22. Ludlow, J.B., L.E. Davies-Ludlow, and S.L. Brooks, *Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit*. *Dentomaxillofac Radiol*, 2003. **32**(4): p. 229-34.
23. Ludlow, J.B. and M. Ivanovic, *Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2008. **106**(1): p. 106-14.
24. Looe, H.K., et al., *Conversion coefficients for the estimation of effective doses in intraoral and panoramic dental radiology from dose-area product values*. *Radiat Prot Dosimetry*, 2008. **131**(3): p. 365-73.

25. Molteni, R., *Radiation dose in Dento-Maxillo-Facial cone beam volumetric radiography (CBCT), with emphasis on New Tom VGi*. 2012.
26. Huda, W., K.M. Ogden, and M.R. Khorasani, *Converting dose-length product to effective dose at CT*. *Radiology*, 2008. **248**(3): p. 995-1003.
27. Kaeppler, G., M. Buchgeister, and S. Reinert, *Influence of the rotation centre in panoramic radiography*. *Radiat Prot Dosimetry*, 2008. **128**(2): p. 239-44.
28. Chau, A.C. and K. Fung, *Comparison of radiation dose for implant imaging using conventional spiral tomography, computed tomography, and cone-beam computed tomography*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2009. **107**(4): p. 559-65.
29. Dreiseidler, T., et al., *Comparison of cone-beam imaging with orthopantomography and computerized tomography for assessment in presurgical implant dentistry*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2009. **24**(2): p. 216-25.
30. Drage, N.A. and V. Sivarajasingam, *The use of cone beam computed tomography in the management of isolated orbital floor fractures*. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2009. **47**(1): p. 65-6.
31. Palomo, L. and J.M. Palomo, *Cone beam CT for diagnosis and treatment planning in trauma cases*. *Dent Clin North Am*, 2009. **53**(4): p. 717-27, vi-vii.
32. Bremke, M., et al., *Digital volume tomography in the diagnosis of nasal bone fractures*. *Rhinology*, 2009. **47**(2): p. 126-31.
33. Shintaku, W.H., et al., *Applications of cone-beam computed tomography in fractures of the maxillofacial complex*. *Dent Traumatol*, 2009. **25**(4): p. 358-66.
34. Pohlenz, P., et al., *Intraoperative cone-beam computed tomography in oral and maxillofacial surgery using a C-arm prototype: first clinical experiences after treatment of zygomaticomaxillary complex fractures*. *J Oral Maxillofac Surg*, 2009. **67**(3): p. 515-21.
35. Klatt, J., et al., *Clinical indication for intraoperative 3D imaging during open reduction of fractures of the neck and head of the mandibular condyle*. *J Craniomaxillofac Surg*. **39**(4): p. 244-8.
36. Huet, P., et al., *[Standard radiography of the mandibular condyle in the dental office. The modified Parma and the Zimmer trans-orbital production technic using a retro-alveolar radiologic unit]*. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*, 1995. **96**(5): p. 295-303.

37. Meyer, C., et al., [*The value of 3-dimensional computed tomography in the preoperative evaluation of mandibular condyle fractures*]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*, 1995. **96**(5): p. 304-9.
38. Exadaktylos, A.K., et al., *The value of computed tomographic scanning in the diagnosis and management of orbital fractures associated with head trauma: a prospective, consecutive study at a level I trauma center*. *J Trauma*, 2005. **58**(2): p. 336-41.
39. Lee, H.J., et al., *CT of orbital trauma*. *Emerg Radiol*, 2004. **10**(4): p. 168-72.
40. Kalathingal, S.M., et al., *In vitro assessment of cone beam local computed tomography for proximal caries detection*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2007. **104**(5): p. 699-704.
41. van Vlijmen, O.J., et al., *Comparison of cephalometric radiographs obtained from cone-beam computed tomography scans and conventional radiographs*. *J Oral Maxillofac Surg*, 2009. **67**(1): p. 92-7.
42. de Oliveira, A.E., et al., *Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2009. **107**(2): p. 256-65.
43. Bianchi, A., et al., *Facial soft tissue esthetic predictions: validation in craniomaxillofacial surgery with cone beam computed tomography data*. *J Oral Maxillofac Surg*. **68**(7): p. 1471-9.
44. Cevidanes, L.H., et al., *Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients*. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009. **136**(1): p. 94-9.
45. Tso, H.H., et al., *Evaluation of the human airway using cone-beam computerized tomography*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2009. **108**(5): p. 768-76.
46. Shirota, T., et al., *Analysis of bone volume using computer simulation system for secondary bone graft in alveolar cleft*. *Int J Oral Maxillofac Surg*. **39**(9): p. 904-8.
47. Andreasen Jo, P.J., Hjorting-Hansen E, Axell T, *Oral health care: more than caries and periodontal disease. A survey of epidemiological studies on oral disease*. *Int Dent J*, 1986. **36**: p. 207-14.
48. Neugebauer, J., et al., *Comparison of cone-beam volumetric imaging and combined plain radiographs for localization of the mandibular canal before removal of*

- impacted lower third molars*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2008. **105**(5): p. 633-42; discussion 643.
49. Tantanapornkul, W., et al., *A comparative study of cone-beam computed tomography and conventional panoramic radiography in assessing the topographic relationship between the mandibular canal and impacted third molars*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2007. **103**(2): p. 253-9.
50. Walker, L., R. Enciso, and J. Mah, *Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam computed tomography*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2005. **128**(4): p. 418-23.
51. Algerban, A., et al., *Root resorption of the maxillary lateral incisor caused by impacted canine: a literature review*. Clin Oral Investig, 2009. **13**(3): p. 247-55.
52. Tsiklakis, K., K. Syriopoulos, and H.C. Stamatakis, *Radiographic examination of the temporomandibular joint using cone beam computed tomography*. Dentomaxillofac Radiol, 2004. **33**(3): p. 196-201.
53. HAS. *Que reste-t-il de la radio standard du massif facial (sinus et face)*. in *Synthèse d'avis et Fiche bon usage des technologies de santé*. 2008.
54. Duverneuil, *Les tumeurs maxillo-faciales. Imagerie-Anatomopathologie*. Sauramps Medical ed. 2004, Montpellier.
55. Lofthag-Hansen, S., et al., *Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2007. **103**(1): p. 114-9.
56. Orstavik, D., K. Kerekes, and H.M. Eriksen, *The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis*. Endod Dent Traumatol, 1986. **2**(1): p. 20-34.
57. Estrela, C., et al., *A new periapical index based on cone beam computed tomography*. J Endod, 2008. **34**(11): p. 1325-31.
58. Estrela, C., et al., *Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis*. J Endod, 2008. **34**(3): p. 273-9.
59. Grimard, B.A., et al., *Comparison of clinical, periapical radiograph, and cone-beam volume tomography measurement techniques for assessing bone level changes following regenerative periodontal therapy*. J Periodontol, 2009. **80**(1): p. 48-55.
60. Walter, C., et al., *Three-dimensional imaging as a pre-operative tool in decision making for furcation surgery*. J Clin Periodontol, 2009. **36**(3): p. 250-7.

61. Fullmer, J.M., et al., *Cone beam computed tomographic findings in refractory chronic suppurative osteomyelitis of the mandible*. Br J Oral Maxillofac Surg, 2007. **45**(5): p. 364-71.
62. Nathaniel S. Treister, D., DMSc,a,b Bernard Friedland, BChD, MSc, JD,b and and D. Sook-Bin Woo, MMSc., *Use of cone-beam computerized tomography for evaluation of bisphosphonate-associated osteonecrosis of the jaws*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2010. **109**: p. 753-764.
63. Varoquaux, A., et al., [*Cone beam 3D sialography: preliminary study*]. Rev Stomatol Chir Maxillofac. **112**(5): p. 293-9.

NOM: LARHANT **Prénom :** Mathieu

Titre de Thèse :

Tomographie volumique à faisceau conique (CBCT) : Evaluation en Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie

RESUME

Le CBCT est un nouvel outil radiodiagnostic utilisé en Chirurgie Maxillo-Faciale et en Stomatologie aux côtés des radiographies conventionnelles et de la tomodensitométrie. Offrant une qualité d'image comparable voire supérieure à la tomodensitométrie pour l'étude des structures osseuses, c'est un examen de choix pour l'étude de l'anatomie et de la pathologie maxillo-faciale, stomatologique et odontologique. Une étude dosimétrique comparant le CBCT aux autres examens d'imagerie de la sphère maxillo-faciale a été réalisée. Les résultats ont montré que le CBCT proposait une dose d'exposition aux rayons X plus faible qu'en tomodensitométrie, mais plus importante qu'en radiologie conventionnelle.

Une étude sur l'activité radiologique dans le service de Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie depuis la mise en service du CBCT a été réalisée et a montré que cet examen pouvait remplacer les radiographies conventionnelles et la tomodensitométrie dans certaines indications.

Par soucis de radioprotection, la prescription d'un CBCT doit se faire de façon rationnelle pour proposer au patient l'examen le plus adapté et le moins irradiant.

MOTS CLES

CBCT - Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie - Indications - Dosimétrie