



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I
U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2019

M É M O I R E
**POUR LE DIPLOME D'ÉTUDES SPÉCIALISÉES D'ORTHOPÉDIE DENTO-
FACIALE**

Présenté par

MARTY Myriam

Le 24 Octobre 2019

DIRECTEUR DE MÉMOIRE :

Madame le Docteur Claire PERNIER

**ÉVALUATION DE L'ORIENTATION MÉSIO-DISTALE DES DENTS GRÂCE AU CONE
BEAM : COMPARAISON DE 4 CLICHÉS PANORAMIQUES**

JURY

Madame Claire PERNIER, Maître de Conférences des Universités, Présidente

Madame Sarah CHAUTY, Maître de Conférences des Universités

Madame Martine HENNEQUIN , Professeur des Universités

Madame Camille PHILIP-ALLIEZ , Maître de Conférences des Universités

Monsieur Olivier ROBIN, Professeur des Universités

Madame Delphine SOULIER-PEIGUE , Praticien hospitalier

Monsieur Stéphane VIENNOT, Maître de Conférences des Universités

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I
U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2019

M É M O I R E
**POUR LE DIPLOME D'ÉTUDES SPÉCIALISÉES D'ORTHOPÉDIE DENTO-
FACIALE**

Présenté par

MARTY Myriam

Le 24 Octobre 2019

DIRECTEUR DE MÉMOIRE :

Madame le Docteur Claire PERNIER

**ÉVALUATION DE L'ORIENTATION MÉSIO-DISTALE DES DENTS GRÂCE AU CONE
BEAM : COMPARAISON DE 4 CLICHÉS PANORAMIQUES**

JURY

Madame Claire PERNIER, Maître de Conférences des Universités, Présidente

Madame Sarah CHAUTY, Maître de Conférences des Universités

Madame Martine HENNEQUIN , Professeur des Universités

Madame Camille PHILIP-ALLIEZ , Maître de Conférences des Universités

Monsieur Olivier ROBIN, Professeur des Universités

Madame Delphine SOULIER-PEIGUE , Praticien hospitalier

Monsieur Stéphane VIENNOT, Maître de Conférences des Universités

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	M. le Professeur F. FLEURY
Président du Conseil Académique	M. le Professeur H. BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	M. le Professeur D. REVEL
Vice-Président de la Commission Recherche du Conseil Académique	M. F. VALLEE
Vice-Président de la Commission Formation Vie Universitaire du Conseil Académique	M. le Professeur P. CHEVALIER

SECTEUR SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur G. RODE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directrice : Mme. la Professeure D. SEUX
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directrice : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. X. PERROT, Maître de Conférences
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directrice : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies Conférences	Directeur : M. F. DE MARCHI, Maître de
UFR des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur Agrégé
Institut Universitaire de Technologie Lyon 1	Directeur : M. le Professeur C. VITON
Ecole Polytechnique Universitaire de l'Université Lyon 1	Directeur : M. E. PERRIN
Institut de Science Financière et d'Assurances Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education (ESPE)	Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de Conférences Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE Directrice : Mme la Professeure I. DANIEL
Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique	Directeur : M. G. PIGNAULT

FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyenne : Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités

Vices-Doyens : M. Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités
Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE

SOUS-SECTION 56-01 : **ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Professeur des Universités : M. Jean-Jacques MORRIER
Maître de Conférences : Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER,
Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE
Maître de Conférences Associée Mme Christine KHOURY

SOUS-SECTION 56-02 : **PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE
ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE**

Professeur des Universités M. Denis BOURGEOIS
Maître de Conférences M. Bruno COMTE
Maître de Conférences Associé M. Laurent LAFOREST

SOUS-SECTION 57-01 : **CHIRURGIE ORALE – PARODONTOLOGIE – BIOLOGIE ORALE**

Professeur des Universités : M. J. Christophe FARGES, Mme Kerstin GRITSCH
Maîtres de Conférences : Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, M. Thomas FORTIN,
M. Arnaud LAFON, M. François VIRARD
Maître de Conférences Associé M. BEKHOUCHE Mourad

SOUS-SECTION 58-01 : **DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESE,
FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX**

Professeurs des Universités : M. Pierre FARGE, Mme Brigitte GROSGOGEAT,
M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Catherine MILLET, M. Olivier ROBIN,
Mme Dominique SEUX, M. Cyril VILLAT
Maîtres de Conférences : M. Maxime DUCRET, M. Patrick EXBRAYAT, M. Christophe JEANNIN,
M. Renaud NOHARET, M. Thierry SELLI, Mme Sophie VEYRE-GOULET,
M. Stéphane VIENNOT, M. Gilbert VIGUIE
Maîtres de Conférences Associés M. Hazem ABOUELLEIL,

SECTION 87 : **SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES**
Maître de Conférences Mme Florence CARROUEL

Évaluation de l'orientation mésio-distale des dents grâce au Cone Beam

TABLE DES MATIÈRES

- I. INTRODUCTION
- II. MATÉRIEL ET MÉTHODE
- III. RÉSULTATS
- IV. DISCUSSION
- V. CONCLUSION

I. INTRODUCTION

L'appréciation fidèle de l'orientation mésio-distale des dents est essentielle pour l'orthodontiste tant en ce qui concerne son diagnostic que la qualité et la pérennité de ses traitements.

Burstone (1) a ainsi souligné l'importance de l'appréciation fidèle des versions dentaires pour différencier l'origine squelettique ou dentaire des asymétries. Selon lui, si les dents ont la même angulation par rapport au plan d'occlusion, du côté droit et du côté gauche, il s'agit d'une asymétrie squelettique. Si cette angulation diverge entre une dent et sa controlatérale, il s'agit d'une asymétrie dentaire (Figure 1).

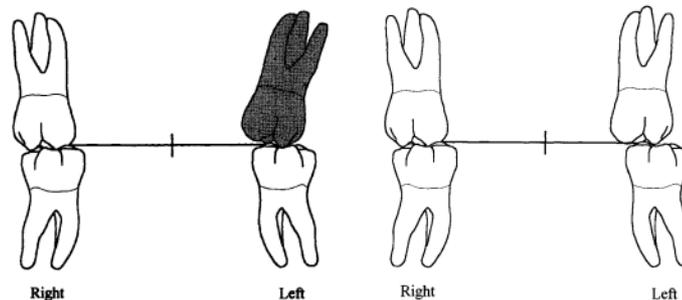


Figure 1 : Explication de Burstone sur la manière dont l'orientation mésio-distale des dents indique un problème d'origine dentaire (à gauche) ou squelettique (à droite).

Au cours du traitement, la détermination et l'obtention d'une orientation mésio-distale optimale des dents nous permet de satisfaire aux impératifs occlusaux, esthétiques, parodontaux, voire prothétiques de notre discipline.

L'inclinaison mésio-distale des dents est gérée par les informations de deuxième ordre ou angulations, obtenues par l'orientation mésio-distale de la lumière des attaches et/ou une courbure de 2^{ème} ordre exécutée sur l'arc. L'orientation mésio-distale de la lumière des attaches est tributaire de l'information de 2^{ème} ordre contenue dans le boîtier et du collage de l'attache.

▪ Impératifs occlusaux

- L'orientation mésio-distale des dents intervient dans la qualité de l'engrènement, la répartition des forces occlusales et l'obtention d'une bonne classe I d'Angle (2,3).
- Elle permet également de jouer sur la longueur d'arcade. Une dent avec une angulation trop prononcée occupe une place plus importante sur l'arcade (4).
- L'angulation et le torque sont interdépendants (4). 4° de torque corono-vestibulaire entraîne une convergence radiculo-mésiale de 1°.
- D'après Andrews, l'obtention d'un parallélisme radiculaire est souhaitée en présence d'une courbe de Spee plate (4). D'après Jarabak, un excès de recouvrement peut apparaître avec une augmentation de la courbe de Spee mandibulaire qui provoquerait une courbure opposée à l'arcade supérieure (5).
- Les sites d'extraction fermés orthodontiquement sont plus enclins à se réouvrir si les dents adjacentes ne sont pas parallèles (6,7). Jarabak estime que si les racines ne sont pas parallèles de part et d'autre du site d'extraction, la répartition des charges occlusales sur ces

dents exerce une force qui pourrait provoquer l'inclinaison et la rotation des dents postérieures ainsi que la rotation distale des canines (5).

En 1976, Hatasaka a étudié 28 cas traités en technique Edgewise sur le long terme, avec des contrôles radiographiques réalisés entre 1 et 13 ans après. Il a classé les résultats en quatre groupes en fonction du positionnement des racines : (1) les racines présentent une angulation excessive et se touchent au niveau de l'apex ; (2) l'angulation est excessive mais sans contact apical ; (3) les racines sont parallèles, sans espace entre les couronnes ; et (4) les racines sont divergentes, leur parallélisme n'a pas été obtenu. Selon cet auteur, c'est la troisième catégorie qui est la plus stable (6).

- Pour conduire leurs traitements, les orthodontistes s'appuient sur des références occlusales qui sont souvent le fruit de l'expérience clinique d'auteurs majeurs, tels qu'Angle, Tweed, Ricketts, Andrews ou encore Slavicek.

Ainsi, Andrews a défini l'occlusion normale, grâce à six clefs, à partir de l'étude de 120 moulages de dentures adultes ne nécessitant pas, selon lui, de traitement orthodontique et 1150 moulages réalisés après traitement orthodontique, présentés lors de congrès par des spécialistes reconnus. Selon lui, toutes les couronnes présentent une version mésiale, variable selon la dent considérée (8). Cette version impose une place sur l'arcade qui influence la place disponible pour les incisives qui elle-même dépend de l'importance des courbures artistiques antérieures de deuxième ordre. Le plan d'occlusion est plat ou présente une légère courbe de compensation sagittale (courbe de SPEE) (4) (Figure 2).

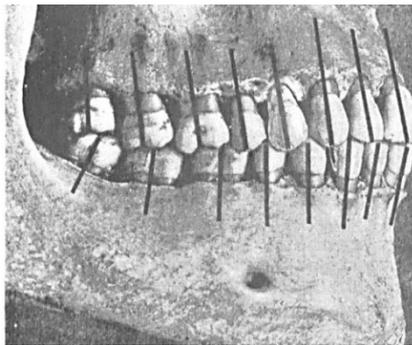


Figure 2 : Représentation des angulations selon les dents en vue sagittale selon Andrews

Selon Slavicek, en vue frontale, le groupe incisivo-canin mandibulaire s'inscrit sur une courbe de compensation à convexité supérieure. Dans le sens sagittal, le segment prémolaire ne présente aucune courbe de compensation, les molaires mandibulaires présentent une courbe de compensation à concavité supérieure. La courbe de Spee et la courbe de Wilson s'accroissent légèrement au niveau de la deuxième et de la troisième molaire. Ceci est surtout en rapport avec l'anatomie de ces dents (9).

▪ **Impératifs esthétiques**

- Dans la région antérieure, l'orientation méso-distale des dents est déterminante pour l'esthétique du sourire (version corono-mésiale des dents, symétrie de cette version par rapport au plan sagittal médian...).

▪ **Impératifs parodontaux**

- L'angulation des dents doit être idéale pour obtenir l'alignement des crêtes marginales et ainsi un point de contact efficace. Cela permet le respect des septas osseux et de la papille interdentaire. Jabarak souligne le risque potentiel de lésions parodontales dans les cas où un parallélisme correct n'est pas obtenu, en lien avec une mauvaise hygiène buccale (5).

▪ Impératifs prothétiques

- L'angulation assure une distance inter-radicaire optimale si la pose d'un implant est prévue

La question de l'orientation mésio-distale des dents intéresse particulièrement l'orthodontiste au moment du collage des attaches et au moment de la phase de réévaluation qui précède les finitions. Face à un axe incorrect, il pourra alors soit décider de repositionner le boîtier, soit de réaliser un pli sur l'arc.

Pour décider de cela, l'orthodontiste s'appuie d'abord sur ce qu'il voit en bouche mais il est gêné par la présence de la langue, des joues, la position et les mouvements du patients, notamment au niveau des secteurs postérieurs. Il peut donc s'appuyer sur les modèles en plâtres ou numériques pour affiner son jugement mais aussi sur la radio panoramique qui lui donne ainsi accès aux racines.

En 1990, Ursi (10) a cherché à définir quelles étaient les angulations normales des dents sur une radiographie panoramique. Il a sélectionné pour cela des patients possédant une occlusion naturelle, sans traitement orthodontique, « normale » c'est-à-dire une denture complète, avec des relations canine et molaire de classe I, un recouvrement maximal de 3 mm, un surplomb de 1 mm, de légères rotations et des écarts mineurs de la ligne médiane. Son étude a permis de conclure que sur une radio panoramique :

- les racines des incisives centrales et latérales maxillaires sont légèrement convergentes,
- les autres dents maxillaires présentent une inclinaison radiculo-distale à l'exception des deuxièmes molaires qui présentent une inclinaison radiculo-mésiale.
- les incisives mandibulaires doivent être droites,
- les racines des autres dents mandibulaires doivent être de plus en plus inclinées distalement à mesure que l'on se déplace vers l'arrière (Figure 3).

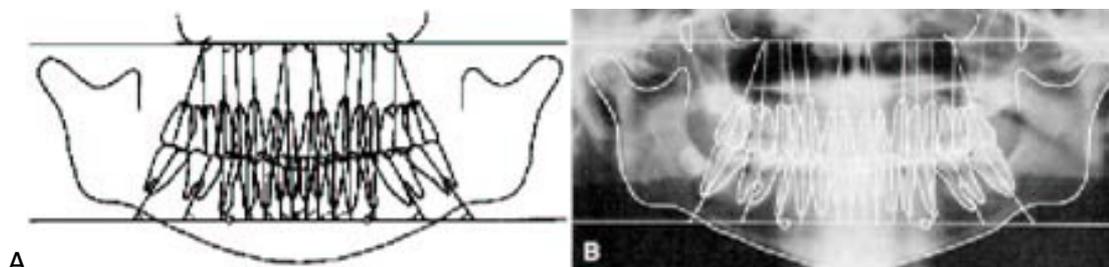


Figure 3 : A) Tracé représentant les structures, les lignes de référence, et les grands axes utilisés dans l'étude de Ursi ; B) Superposition du tracé à la radiographie panoramique

La radio panoramique est cependant loin d'être considérée comme un moyen irréprochable d'évaluation de l'orientation mésio-distale des dents.

Pour preuve, l'American Board of Orthodontics qui considère l'angulation de la racine comme un critère d'évaluation des cas orthodontiques soumis à examen et qui utilise les dernières radiographies panoramiques pour l'évaluation, n'attribue pas de score négatif à une canine présentant un manque de parallélisme avec les racines des dents adjacentes. Elle reconnaît en effet qu'une distorsion se produit fréquemment à ce niveau sur les radiographies panoramique.

D'une façon générale, les principales erreurs d'angulation, mises en évidence sur une radio panoramique, concernent les racines des incisives latérales, canines et deuxièmes prémolaires à l'arcade maxillaire et les premières prémolaires, à l'arcade mandibulaire (11).

Ce manque de fiabilité des radios panoramiques conventionnelles, dans l'évaluation de l'orientation mésio-distale des dents, nous a amené à nous demander si les clichés panoramiques reconstruits à partir des acquisitions Cone Beam, auxquelles nous avons de plus en plus souvent recours, présentaient de meilleurs résultats dans ce domaine. Et même au-delà, quel serait le protocole de reconstruction d'image à utiliser, afin d'obtenir le cliché le plus fidèle quant à l'orientation mésio-distale réelle des dents.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE :

L'objectif de notre étude est de déterminer quel examen radiographique nous permet l'appréciation la plus pertinente des angulations mésio-distale des dents, entre un cliché panoramique conventionnel et des clichés panoramiques issus d'une acquisition Cone Beam et reconstruits soit automatiquement par un logiciel, soit manuellement par nos soins, en fonction du plan d'occlusion et de la forme des arcades du patient.

2. CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉTUDE :

Il s'agit d'une étude comparative rétrospective monocentrique, menée dans le service de radiologie du Centre de Soins Dentaires de Lyon.

3. ÉCHANTILLON:

Nous avons cherché dans les fichiers du service de radiologie du Centre de Soins Dentaires de Lyon, des patients ayant bénéficié d'une radio panoramique et d'une acquisition Cone Beam le même jour, afin d'assurer la comparabilité des échantillons et d'éviter toute différence, liée à d'éventuels déplacements dentaires. L'acquisition Cone Beam devait être bimaxillaire et une segmentation 3D devait être possible.

Nous avons exclu les patients pour lesquels :

- la panoramique conventionnelle était floue ou inexploitable ;
- la lisibilité de la reconstitution volumique était entravée par d'importants artefacts métalliques ou implantaires ;
- la visibilité des racines était gênée par des tumeurs étendues.

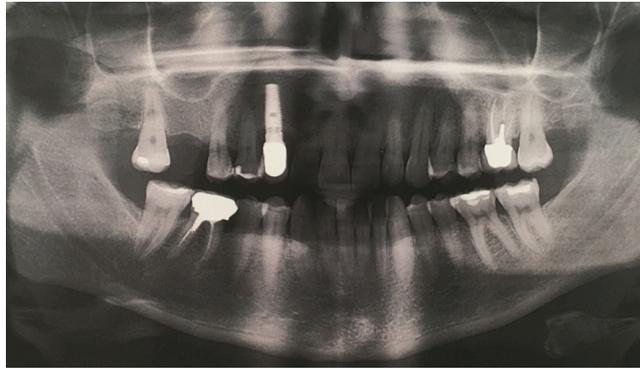
19 patients ont ainsi pu être retenus. Ni leur passé orthodontique, ni le contexte dans lequel les deux examens radiographiques ont été prescrits n'a été renseigné.

4. CLICHÉS :

Pour chacun de ces 19 patients, 4 clichés panoramiques ont été collectés (Figure 4).

- Cliché 1 : panoramique conventionnelle.
- Cliché 2 : reconstitution panoramique automatique, à partir de l'acquisition CBCT, par le logiciel Planméca®.
- Cliché 3 : reconstitution panoramique manuelle, à partir de l'acquisition CBCT, orientée selon le plan d'occlusion maxillaire et effectuée selon un dessin d'arcade maxillaire.
- Cliché 4 : reconstitution panoramique manuelle, à partir de l'acquisition CBCT, orientée selon le plan d'occlusion mandibulaire et effectuée selon un dessin d'arcade mandibulaire.

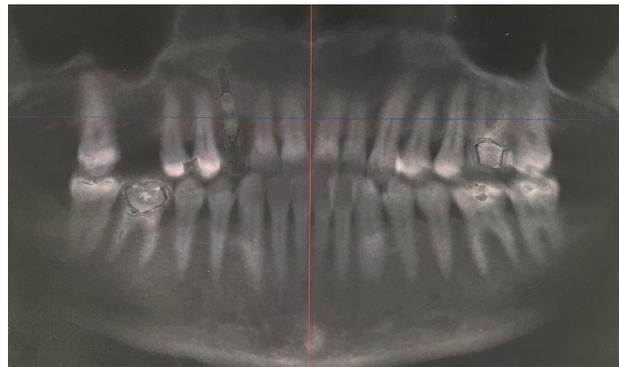
L'expérimentateur ayant conduit l'étude a réalisé le traitement de tous les clichés et ne s'est pas prêté à l'évaluation. Le traitement des artefacts métalliques a été systématiquement réalisé avant la manipulation.



Cliché 1 : Radiographie panoramique conventionnelle Planméca®



Cliché 2 : Radiographie panoramique automatique du CBCT



Cliché 3 : Radiographie panoramique reconstruite selon le plan d'occlusion maxillaire



Cliché 4 : Radiographie panoramique reconstruite selon le plan d'occlusion mandibulaire

Figure 4 : Exemple des 4 clichés radiographiques réalisés pour un patient donné

Cliché 1 : Radiographie panoramique conventionnelle Planméca ®

Pour rappel, la panoramique dentaire, ou orthopantomogramme est un examen permettant d'obtenir une exposition de l'ensemble des maxillaires, d'une ATM à l'autre, comprenant les fosses nasales, les sinus maxillaires ainsi que l'ensemble de la denture. Elle est considérée comme un examen de « débrouillage » ou de dépistage. Il s'agit d'une image radiographique de plan incurvé se rapprochant des mâchoires, produite par un faisceau de rayons X étroit en rotation autour de la tête du patient, sur un capteur bidimensionnel. Le mouvement de rotation est commandé de manière synchrone de sorte que sa vitesse corresponde à la vitesse d'arrivée des objets dans le plan orthogonal de coupe (Figure 5).

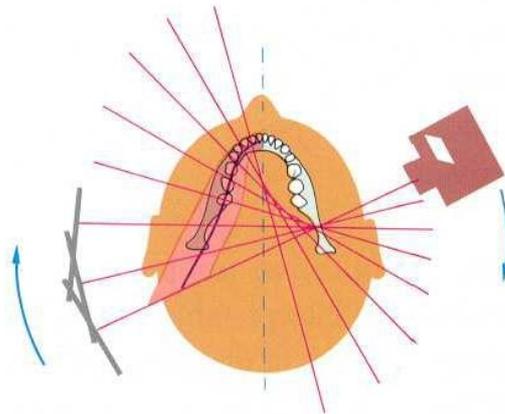


Figure 5 : Principe de la radiographie panoramique

Son fonctionnement associe deux principes :

- La radiographie à fente avec un faisceau de rayons X bien collimatés et en chaque point perpendiculaire à la tangente de la portion d'ellipse maxillo-mandibulaire considérée.
- La tomographie courbe à coupe épaisse qui résulte des mouvements simultanés et homothétiques du film et de la source de rayons X lors de la rotation.

C'est une technique de radiographie laminographique, c'est-à-dire permettant d'afficher une couche du corps ou de l'objet observé en rendant flou ce qui est devant et derrière. Les objets situés en dehors du centre du plan fortement représenté sont reproduits avec des distorsions caractéristiques : ceux situés au niveau du plan de coupe apparaissent nets, avec des proportions proches de la réalité ; ceux situés en avant sont flous et transversalement rétrécis (inclusion vestibulaire), tandis que ceux situés en arrière sont flous et transversalement élargis (inclusion palatine) (12).

Le tube et le film se déplacent réciproquement autour d'un axe qui correspond au plan de coupe anatomique observé. Des prototypes ont été tentés pour enregistrer l'arcade dentaire selon ce principe en utilisant un seul centre de rotation. Cela n'a pas donné de bons résultats car l'arcade dentaire ne décrit pas un vrai demi-cercle mais une courbe parabolioïde (c'est à dire qui n'a pas de centre de symétrie). De ce fait d'autres techniques d'acquisition panoramique ont été développées avec deux centres de rotation (Paatero 1949) ; un pour chaque côté de la face (Panorex®). Puis Siemens orthopantomograph® a utilisé 3 centres de rotation et enfin GE Pantelipse® a développé une technologie à centres de rotation continuellement redéfinis au cours du mouvement. Cela a permis une reconstitution approximative du schéma d'arcade dentaire (13).

Le modèle de rotation optimal de l'ensemble Tube à rayons X- Récepteur est :

- Une distance objet-récepteur constante.

- Un faisceau toujours perpendiculaire à la mâchoire au cours de son déplacement.

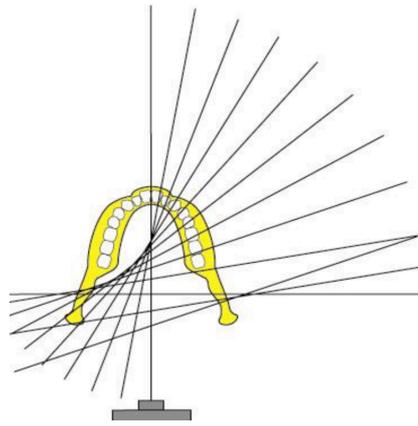


Figure 6 : Centres de rotations des faisceaux de rayons X de la radiographie Planméca®

La géométrie d'imagerie avec la panoramique de Planmeca® tente de suivre au plus près l'anatomie réelle de la mâchoire ; l'épaisseur de coupe est la plus étroite dans la région antérieure (Figure 7).

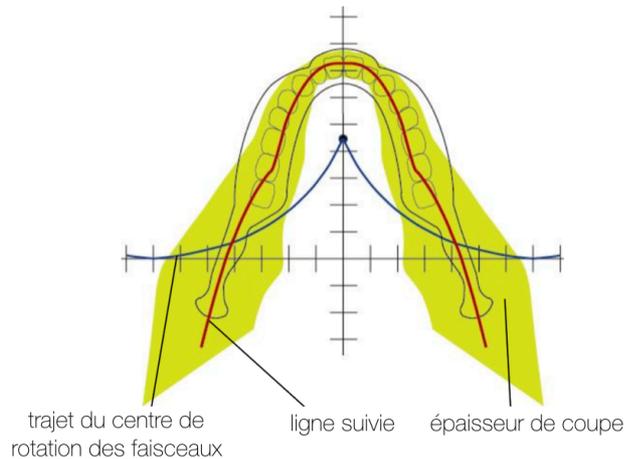


Figure 7 : Description de la géométrie d'imagerie de la panoramique Planméca®

La vitesse de déplacement du film influence la position de la tranche d'images réfléchi : Une augmentation relative de la vitesse du film déplace l'épaisseur de coupe vers le récepteur (Figure 8 ; $V1 > V2 > V3$). De ce fait, en faisant varier la vitesse du film, la forme de la couche étudiée peut être adaptée à la forme de la mâchoire.

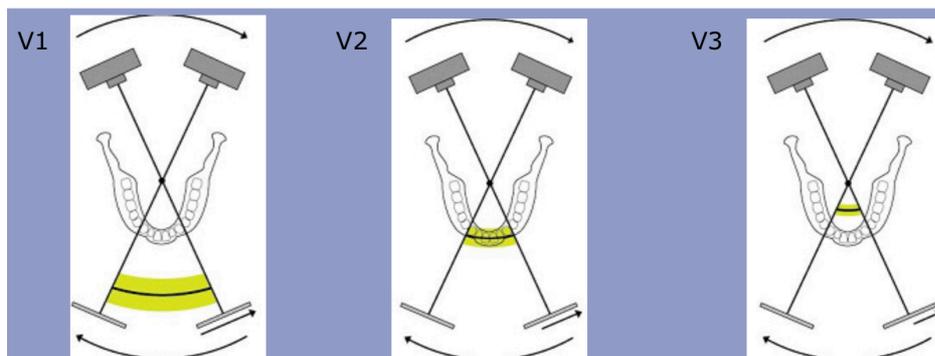


Figure 8 : Situation de l'épaisseur de coupe en fonction de la vitesse de rotation du film par rapport au capteur (technique utilisée par l'ingénierie Planméca®)

Les manipulatrices ayant effectué les clichés ont pour consigne d'orienter la tête du patient selon le plan de Frankfort dans le céphalostat. Le patient mord sur une languette antérieure et il est positionné de telle sorte que la mâchoire soit à l'intérieur de l'épaisseur de coupe. Celle-ci est plus étroite au niveau de la région antérieure c'est pourquoi le positionnement de la tête du patient doit être effectué par rapport aux incisives (Figure 9).

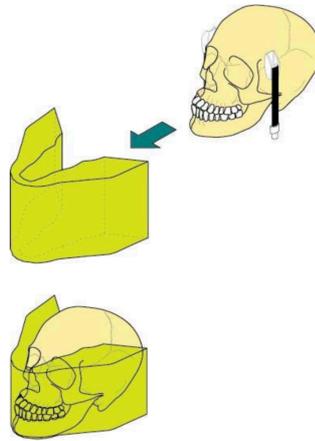


Figure 9 : Géométrie d'imagerie Planméca®, fonction du positionnement de la tête du patient

Les appareils sont réglés selon les paramètres de Planméca® avec un rayonnement ascendant, c'est-à-dire que la source est orientée 7° en dessous du film (Figure 10).

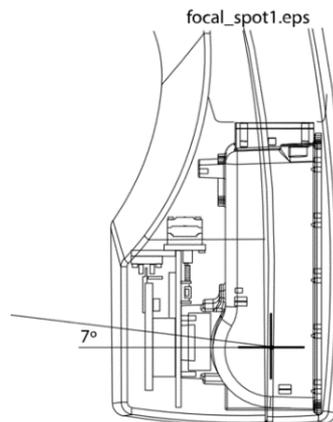


Figure 10 : Calibration de l'angle du faisceau de rayons X à 7° par rapport au film (Planméca®).

Clichés 2, 3 et 4 : Radiographies panoramiques reconstituées à partir d'une acquisition Cone Beam

L'imagerie volumique par faisceau conique ou Cone Beam, est une technique d'acquisition récente, mise au point dans les années 2000, fondée sur l'utilisation de faisceaux de rayons X coniques qui seront captés par un détecteur étendu. La source de rayons X et la surface de détection réalisent de façon synchrone une seule rotation de 360° autour de la tête du patient, pendant une émission pulsée ou continue de rayons X, permettant l'obtention d'une centaine de projections dans les différents plans de l'espace et secondairement la reconstruction volumique par ordinateur d'un cylindre contenant l'objet (ici, les maxillaires), sans que la translation du patient ne soit nécessaire (Figure 11) (14).

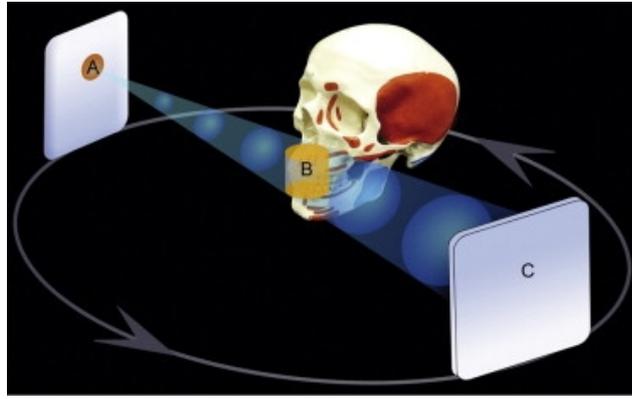


Figure 11 : Principes du CBCT. (A : La source de rayons X conique. B : Le volume d'acquisition. C : La surface de détection).

Le volume ainsi acquis est composé de voxels (volume dont le côté est de la taille d'un pixel), qu'il est possible d'explorer via des coupes 2D reconstruites par un logiciel informatique (Figure 12). Elles mettent en évidence des structures non visibles sur une radiographie bidimensionnelle. L'épaisseur des coupes, leur espacement et agrandissement peuvent être réglés par le médecin en fonction des résultats recherchés.

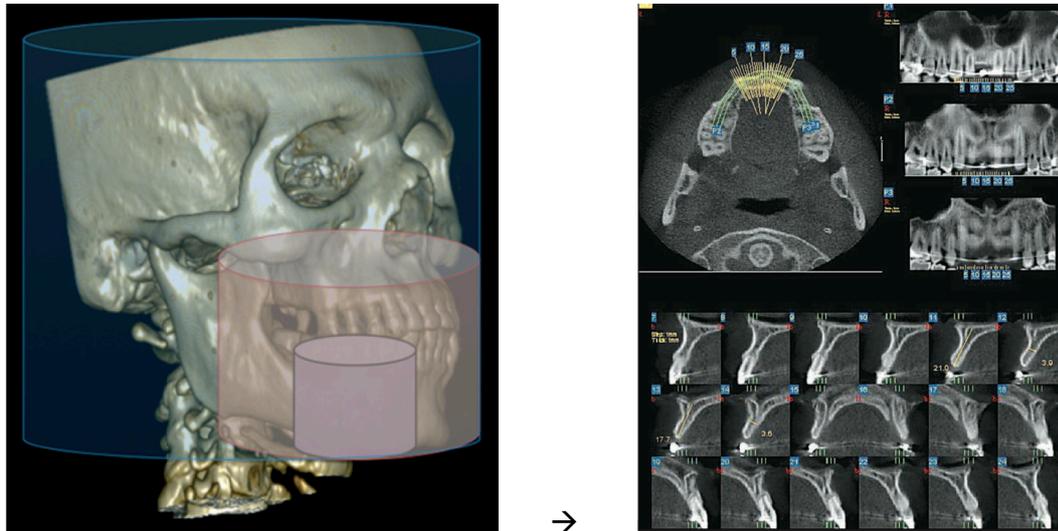


Figure 12 : Volume d'exploration reconstruit en coupes axiale, frontale et sagittale

Les coupes frontales peuvent être assimilées à des coupes panoramiques. Ce sont elles qui seront comparées dans notre étude.

Cliché 2 : panoramique automatique

Dans ce cas, la coupe panoramique est générée automatiquement par l'option proposée par le logiciel Planméca®, sans intervention du praticien.

Par opposition, les coupes panoramiques des clichés 3 et 4 ont été reconstruites de façon manuelle, selon les protocoles suivants.

Pour les deux clichés, dans un premier temps, la tête du patient est orientée dans le navigateur.

Cliché 3 : orientation selon le plan d'occlusion maxillaire

L'orientation de la tête du patient dans le plan sagittal s'est faite selon l'axe du plan d'occlusion maxillaire. Le plan d'occlusion maxillaire retenu dans la mise en œuvre de cette étude est le plan passant par le point inter-incisif maxillaire antérieurement et les cuspidés méso-palatines des 1^{ères} molaires maxillaires postérieurement. Lorsqu'une molaire est absente, le plan d'occlusion est déterminé avec les cuspidés palatines des prémolaires (Figure 13).

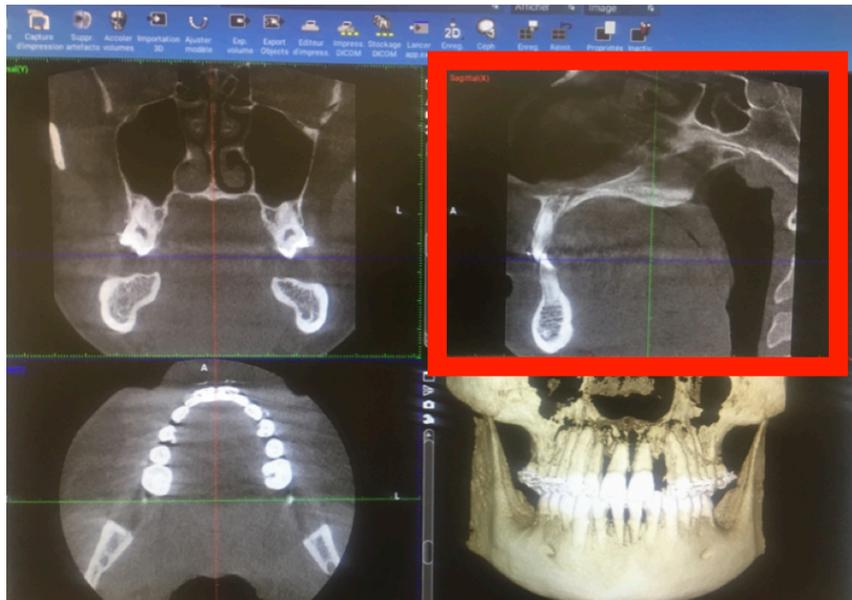


Figure 13 : Orientation selon le plan d'occlusion maxillaire

Le centrage de l'arcade est réalisé dans le plan axial (Figure 14).

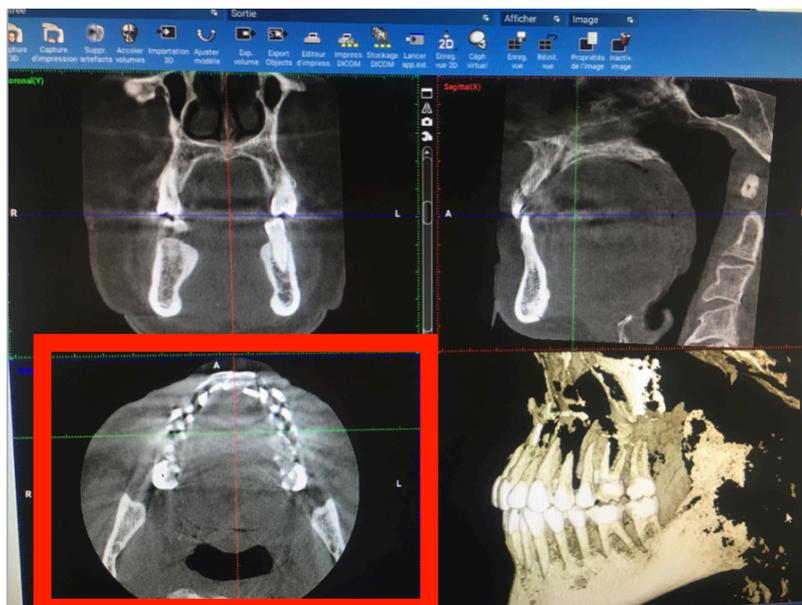


Figure 14 : Centrage

De même l'absence de bascule dans le plan frontal est vérifiée (Figure 15) :



Figure 15 : Horizontalisation dans le plan frontal.

Cliché 4 : orientation selon le plan d'occlusion mandibulaire

L'orientation de la tête du patient dans le plan sagittal, pour le 4^{ème} cliché, s'est faite selon l'axe du plan d'occlusion mandibulaire. Le plan d'occlusion mandibulaire que nous avons choisi est le plan passant par le point inter-incisif mandibulaire antérieurement et les fosses des 1^{ères} molaires mandibulaires postérieurement. Lorsqu'une molaire est absente, le plan d'occlusion est déterminé avec les fosses prémolaires (Figure 16).

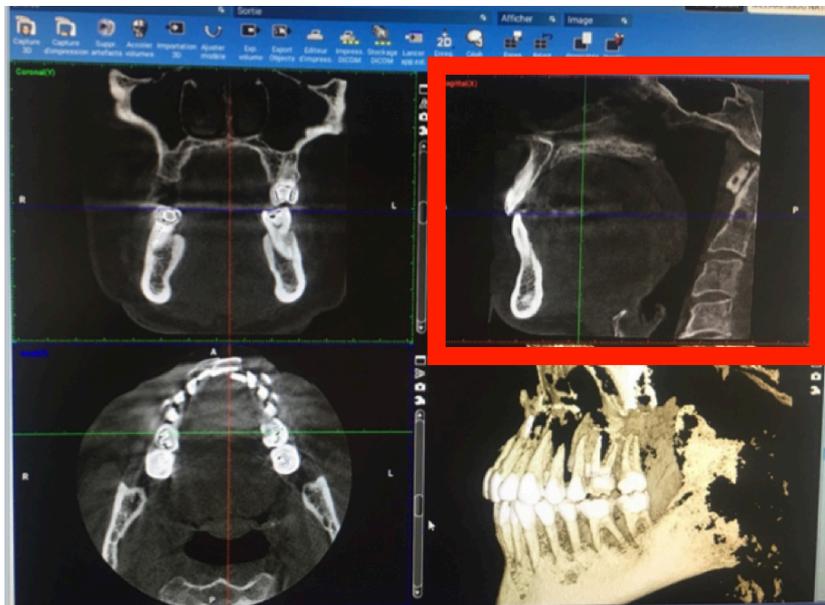


Figure 16 : Orientation selon le plan d'occlusion mandibulaire

Tout comme pour le 3^{ème} cliché, le centrage et l'horizontalisation ont ensuite été réalisés.

Puis dans un deuxième temps, après sauvegarde de l'orientation déterminée dans le navigateur, l'opérateur a procédé au tracé de la courbe d'arcade, sur la coupe axiale, dans l'onglet panoramique.

Comme la précision décroît avec le nombre de points choisis et leur proximité, le dessin de l'arcade s'est fait selon 7 points (Figure 17).

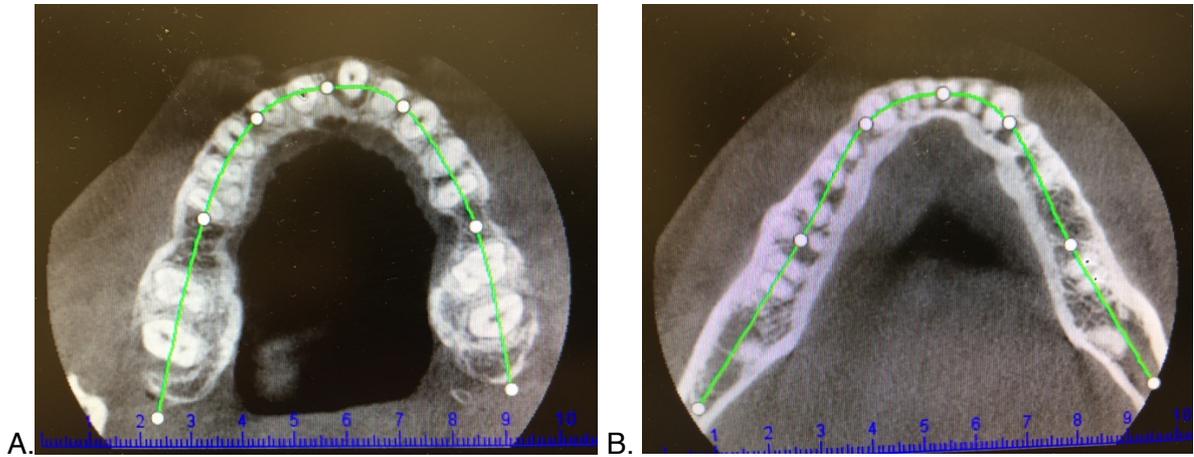


Figure 17 : Répartition et nombre de points (7) établis pour le tracé de la panoramique.
A : Selon le maxillaire ; B : Selon la mandibule.

L'épaisseur maximale de coupe, c'est-à-dire 25mm, a été choisie afin de balayer le plus grand champ (Figure 18).

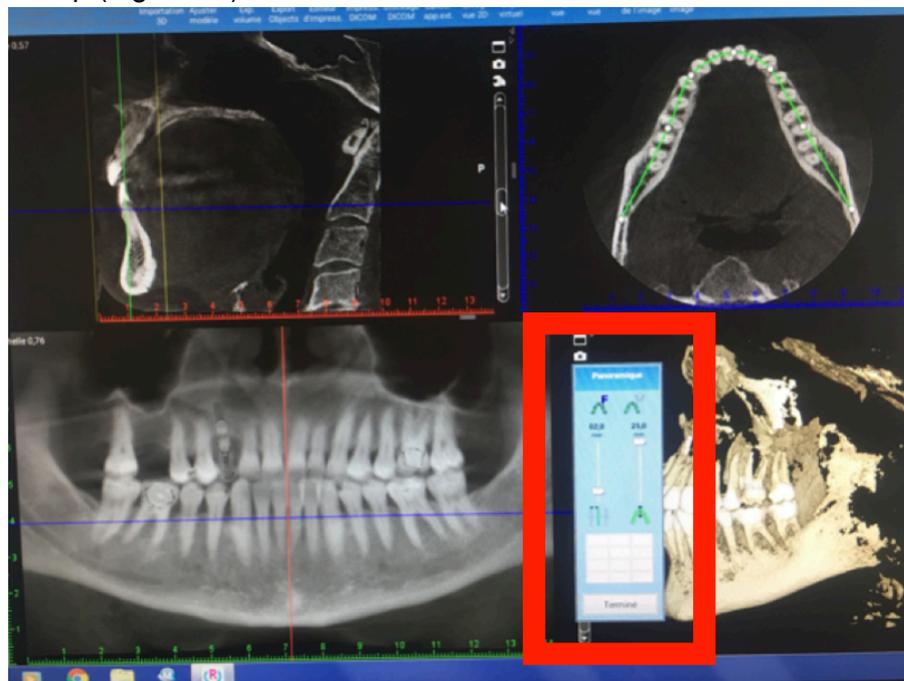


Figure 18 : Réglage manuel à l'épaisseur de coupe maximale.

Un seul opérateur a effectué toutes les reconstitutions manuelles des coupes panoramiques issues du CBCT. La reproductibilité de la manipulation, autrement dit la variabilité intra-opérateur, a été testée sur 5 patients tirés au hasard. L'assurance d'un bon niveau de reproductibilité est nécessaire pour attester que l'utilisation en routine de notre protocole ne soit pas hasardeuse.

5. CRITÈRES DE JUGEMENT :

Quatre examinateurs (3 femmes et 1 homme) ont procédé à l'évaluation en aveugle de tous les clichés, pour tous les patients. Il n'a donc pas été nécessaire de réaliser une randomisation des groupes. Ils sont âgés de 25 à 35 ans, 2 sont des Internes en DES d'ODF, de respectivement 2 et 3 ans d'expérience et 2 des Assistants Hospitalo-Universitaires, de respectivement 6 et 9 ans d'expérience.

L'opérateur a présenté les clichés à l'examinateur, de façon aléatoire, afin que ce dernier ne se souvienne pas des réponses qu'il avait fournies antérieurement (élimination du biais de mémorisation). Les différents examinateurs ont analysé les clichés de façon isolée, sans connaître les réponses des autres. Il s'agit donc d'interprétation multiples et aveugles.

Le critère de jugement consistait en l'appréciation du respect ou du non-respect du bon positionnement radicaire dans le sens mésio-distal, pour chacune des dents, sur chaque radiographie présentée à l'examinateur.

Les examinateurs ont eu pour indication de se fier seulement aux racines dentaires pour guider leur choix de correction des axes, sans prise en compte de l'anatomie coronaire et de la morphologie des restaurations coronaires si elles sont présentes.

Les résultats sont donc sous forme de variables qualitatives binaires (oui/non), selon la décision du praticien d'intervenir ou non pour un repositionnement de l'axe radicaire.

Les dents ne bénéficiant pas d'une visibilité suffisante pour que les examinateurs répondent ont été notées comme « NR » (non renseignées).

Les dents de sagesse, les dents incluses, et les implants étaient considérés comme des dents manquantes et traitées comme des données « NA » (non applicables).

La détermination des dents « véritablement » à repositionner pour chaque patient (ou Gold Standard pour chaque patient) a été réalisée par un orthodontiste spécialiste qualifié, Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier de plus de 20 ans d'expérience, ne se prêtant pas à l'évaluation des radiographies 2D. Cette détermination a été réalisée à l'aide du modèle 3D, issu de la segmentation du CBCT. Le praticien pouvait ainsi manipuler le modèle virtuel dans toutes les dimensions de l'espace pour faire son choix dans des conditions idéales (Figure 19).

Les quatre examinateurs n'ont, bien sûr, pas eu connaissance de la « réalité 3D » des axes dentaires avant d'en juger sur les différentes radiographies panoramiques.

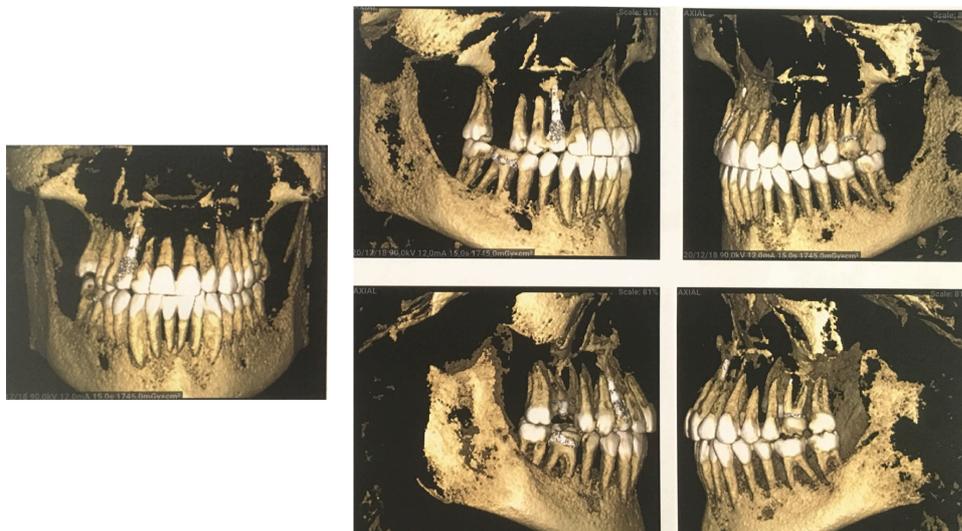


Figure 19 : Modèle de référence 3D pour la détermination du Gold Standard.

III. RESULTATS

○ CONCERNANT L'ECHANTILLON :

L'échantillon de 19 patients est composé de 10 hommes et 9 femmes, de 16 à 72 ans (moyenne : 39 ans).

En termes de malocclusions et formes d'arcades :

- 1 patient présentait un surplomb fortement augmenté (>10mm)
 - 3 patients présentaient une supraclusion antérieure d'origine maxillaire
 - 2 patients présentaient une infraclusion antérieure d'origine maxillaire
 - 1 patient présentait une béance latérale gauche d'origine maxillaire
 - 1 patient présentait une courbe de Spee bien marquée
 - 8 patients présentaient une vestibulo-version de l'incisive maxillaire
 - 7 patients présentaient une vestibulo-version de l'incisive mandibulaire
 - 4 patients présentaient une arcade maxillaire en V.
 - 4 patients présentaient une arcade mandibulaire en V.
- 3 patients ont réalisé l'examen CBCT bouche ouverte.

○ CONCERNANT LES EXAMENS RADIOLOGIQUES :

La performance des examens radiologiques comparés dans cette étude doit prendre en compte à la fois leur **capacité à mettre en évidence une dent qui doit être repositionnée (= sensibilité, Se)**, mais aussi celle **à ne pas incriminer une dent qui ne devrait pas être repositionnée (= spécificité, Sp)**, car l'incidence clinique sera tout aussi déterminante.

ANALYSE UNIVARIEE :

L'analyse univariée fabrique des tableaux croisés entre avis donné par un médecin et le gold standard, en regroupant les catégories de notre choix et en en séparant d'autres.

Le nombre de vrais négatifs (VN), vrais positifs (VP), faux négatifs (FN), faux positifs (FP) est ainsi obtenu.

Les tableaux permettent de calculer la sensibilité (Se) et la spécificité (Sp), assorties de leurs intervalles de confiance à 95% (IC95) respectifs.

La p-value est issue d'un test exact de Fisher et teste l'hypothèse nulle H0 : les différentes Se (ou Sp) sont identiques. **Si elle est <0.05 alors H0 est rejetée et il est considéré que les Se (ou Sp) concernées sont statistiquement différentes les unes des autres. Il s'agit d'un test global qui ne permet pas à ce stade de dire quelle est la pire ou la meilleure Se (ou Sp).**

Cette analyse univariée ne tient pas compte du fait que les mesures sont répétées par patient, par examinateur, par examen, par dent.

1. Comparaison entre médecins (tous clichés confondus)

Examineur	1 - AHU 6ans d'expérience	2 - DES ODF 2 ^e année	3 - AHU 9ans d'expérience	4 - DES ODF 3 ^e année
VN (%)	1337 (70.48)	1271 (67.07)	1290 (68)	1269 (66.9)
FN (%)	249 (13.13)	252 (13.3)	233 (12.28)	231 (12.18)
FP (%)	113 (5.96)	177 (9.34)	161 (8.49)	179 (9.44)
VP (%)	198 (10.44)	195 (10.29)	213 (11.23)	218 (11.49)
Sp [IC95]	92.21 [90.71 ; 93.53]	87.78 [85.98 ; 89.42]	88.9 [87.17 ; 90.47]	87.64 [85.83 ; 89.29]
Se [IC95]	44.3 [39.63 ; 49.04]	43.62 [38.97 ; 48.36]	47.76 [43.04 ; 52.51]	48.55 [43.84 ; 53.28]

p-value(Sp)= 5*10⁻⁴

p-value(Se)= 0.3438

Nombre de vrais négatifs (VN), vrais positifs (VP), faux négatifs (FN), faux positifs (FP), sensibilité (Se), spécificité (Sp), assorties de leurs intervalles de confiance à 95% (IC95).

Tableau 1

Cette analyse a pu mettre en évidence des valeurs de **Se** moyennes par praticien de 43,6% à 48,5%. Ainsi, plus de la moitié des dents qui ne présentent pas une angulation adéquate selon le Gold Standard ne sont pas détectées.

Les valeurs moyennes de **Sp** par praticien sont bien meilleures, allant de 87,6% à 92,2%. Ainsi peu de dents bien orientées sont identifiées comme devant être repositionnées.

Des différences statistiquement significatives en termes de **Sp** sont retrouvées selon les examinateurs, alors que les **Se** ne sont pas statistiquement différentes entre les différents examinateurs.

2. Les clichés sont-ils équivalents ?

Examens	Cliché 1	Cliché 2	Cliché 3	Cliché 4
VN (%)	1283 (67.38)	1288 (68.26)	1295 (68.16)	1301 (68.65)
FN (%)	228 (11.97)	224 (11.87)	262 (13.79)	251 (13.25)
FP (%)	171 (8.98)	157 (8.32)	157 (8.26)	145 (7.65)
VP (%)	222 (11.66)	218 (11.55)	186 (9.79)	198 (10.45)
Sp [IC95]	88.24 [86.47 ; 89.85]	89.13 [87.42 ; 90.69]	89.19 [87.48 ; 90.74]	89.97 [88.31 ; 91.47]
Se [IC95]	49.33 [44.62 ; 54.06]	49.32 [44.57 ; 54.09]	41.52 [36.91 ; 46.24]	44.1 [39.45 ; 48.83]

p-value(Sp) = 0.5047

p-value(Se) = 0.0465

Tableau 2

Cette analyse a pu mettre en évidence des **Se** moyennes statistiquement différentes selon les clichés : 41% pour le cliché 3, 44% pour le cliché 4, et 49% pour les clichés 1 et 2.

L'analyse multivariée permettra d'affiner ces résultats en termes de supériorité.

Les **Sp** calculées vont de 88% à 90%, mais ne sont pas significativement différentes les unes des autres.

3. Quel est le cliché le plus adapté pour décrire l'arcade maxillaire ?

Examens	Cliché 1	Cliché 2	Cliché 3	Cliché 4
VN (%)	627 (67.49)	651 (69.85)	642 (68.88)	638 (69.88)
FN (%)	90 (9.69)	81 (8.69)	96 (10.3)	96 (10.51)
FP (%)	98 (10.55)	77 (8.26)	86 (9.23)	74 (8.11)
VP (%)	114 (12.27)	123 (13.2)	108 (11.59)	105 (11.5)
Sp [IC95]	86.48 [83.78 ; 88.89]	89.42 [86.96 ; 91.56]	88.19 [85.62 ; 90.44]	89.61 [87.13 ; 91.75]
Se [IC95]	55.88 [48.78 ; 62.81]	60.29 [53.23 ; 67.06]	52.94 [45.85 ; 59.95]	52.24 [45.1 ; 59.31]

p-value (Sp) = 0.2929

p-value (Se) = 5e-04

Tableau 3

Les **Se** retrouvées diffèrent statistiquement les unes des autres. Elle est de 52,2% pour le cliché 4, 52,9% pour le cliché 3, 55,8% pour le cliché 1 et 60,2% pour le cliché 2. Il semble que le cliché 2 (panoramique reconstruite automatiquement) soit le plus sensible pour décrire l'arcade maxillaire.

Les **Sp** sont proches entre les clichés, allant de 86,4% à 89,6%.

4. Quel est le cliché le plus adapté pour décrire l'arcade mandibulaire ?

Examens	Cliché 1	Cliché 2	Cliché 3	Cliché 4
VN (%)	656 (67.28)	637 (66.7)	653 (67.46)	663 (67.52)
FN (%)	138 (14.15)	143 (14.97)	166 (17.15)	155 (15.78)
FP (%)	73 (7.49)	80 (8.38)	71 (7.33)	71 (7.23)
VP (%)	108 (11.08)	95 (9.95)	78 (8.06)	93 (9.47)
Sp [IC95]	89.99 [87.57 ; 92.07]	88.84 [86.31 ; 91.05]	90.19 [87.79 ; 92.26]	90.33 [87.96 ; 92.37]
Se [IC95]	43.9 [37.6 ; 50.35]	39.92 [33.64 ; 46.44]	31.97 [26.16 ; 38.22]	37.5 [31.46 ; 43.85]

p-value(Sp)= 0.2929

p-value(Se)= 5e-04

Tableau 4

Les **Se** à la mandibule sont également statistiquement différentes selon les examens : 31,9% pour le cliché 3, 37,5% pour le cliché 4, 39,9% pour le cliché 2, et 43,9% pour le cliché 1. Le cliché 1 (panoramique conventionnelle) semble le plus sensible pour décrire l'arcade mandibulaire.

L'analyse n'a pas mis en évidence de différences significatives entre les **Sp** moyennes en fonction des clichés. Celles-ci allaient de 88,8% à 90,3%.

ANALYSE MULTIVARIEE :

L'analyse multivariée est réalisée grâce à des modèles de régression logistique à effets mixtes. Les buts de l'analyse multivariée sont :

- l'ajustement sur des facteurs de confusion potentiels, et notamment ajuster dans le même modèle sur tous les facteurs de l'analyse univariée (= modèle de régression) ;
- la possibilité d'obtenir des odds-ratio (OR) plus « parlants » ;
- la prise en compte de la structure répétée des données elles-mêmes à effets mixtes.

Les modèles pour la Se et la Sp sont réalisés séparément, puisque les facteurs de mauvaise Se ne sont peut-être pas les mêmes que les facteurs de mauvaise Sp.

Stratégie de modélisation :

Même devant le grand nombre d'avis donnés du fait des données répétées, le nombre de patients reste faible. De ce fait, la stratégie suivante de modélisation a été retenue pour la Se et pour la Sp séparément :

1. Dans un 1^{er} temps, un modèle principal contenant le type de dent, le cliché, l'arcade (maxillaire ou mandibulaire), l'interaction cliché/arcade et l'interaction cliché/type est fabriqué. C'est le résultat principal de l'étude. Ce modèle autorise :
 - chaque cliché à avoir une Se (ou Sp) différente (quelle que soit l'arcade ou le type de dent)
 - chaque arcade à avoir une Se (ou Sp) différente (quel que soit l'examen ou le type de dent)
 - chaque type de dent à avoir une Se (ou Sp) différente (quel que soit l'examen ou l'arcade)
 - l'effet de l'arcade sur la Se (ou la Sp) à être différent selon l'examen;
 - l'effet du type de dent sur la Se (ou la Sp) à être différent selon l'examen.
2. Dans un 2^{ème} temps, une (et une seule) variable est ajoutée au modèle principal parmi :
 - les deux variables concernant la forme d'arcade (U/ V) maxillaire ou mandibulaire
 - les deux variables concernant la vestibulo-version (0 : absente / 1 : présente) des incisives maxillaires ou mandibulaires
3. Un test du rapport de vraisemblance est enfin réalisé entre le modèle principal et le modèle qui contient une variable supplémentaire, afin de savoir si cette variable apporte significativement de l'information. Ce test répond donc à la question : "Est-ce que ça vaut le coup d'autoriser la Se (ou la Sp) à être différente selon les modalités de cette variable, après ajustement sur l'arcade, le type de dent et l'examen ?"

Interprétation des modèles multivariés :

Les résultats seront donnés par des OR ajustés dans la colonne « Estimate » car les termes d'interaction ne sont pas des logarithmes d'OR à proprement parler.

Cet OR s'interprète donc comme la valeur par laquelle "toutes choses égales par ailleurs", multiplie l'odd de la sensibilité :

- Un $OR > 1$ ou un $\ln(OR) > 0$ est donc le signe d'une sensibilité améliorée (significativement si $p\text{-value} < 0.05$, non significativement sinon).
- Un $OR < 1$ ou un $\ln(OR) < 0$ est donc le signe d'une sensibilité plus faible (significativement si $p\text{-value} < 0.05$, non significativement sinon).

Les P-values seront signifiées en rouge lorsqu'elles révèlent une différence significative et en vert lorsqu'elles suggèrent SEULEMENT une tendance.

La ligne « intercept » correspond en fait au cliché 1, qui sert à « calibrer » le modèle de régression.

1. Quels sont les facteurs qui influencent la SENSIBILITÉ de chaque examen ?

	Estimate	P-value
Intercept	0.0288	0.9656
Cliché 2	-0.2704	0.6117
Cliché 3	-1.0729	0.0382
Cliché 4	-0.9476	0.0659
Arcade maxillaire	0.9290	0.0289
Incisive	-0.3621	0.6086
Molaire	-1.2915	0.0925
Prémolaire	-0.4595	0.5223
Effet d'être au maxillaire avec l'examen 2	0.3436	0.2645
Effet d'être au maxillaire avec l'examen 3	0.5209	0.0893
Effet d'être au maxillaire avec l'examen 4	0.2376	0.4334
Effet d'être une incisive avec l'examen 2	0.2547	0.6532
Effet d'être une incisive avec l'examen 3	0.3624	0.5093
Effet d'être une incisive avec l'examen 4	0.3638	0.5054
Effet d'être une molaire avec l'examen 2	0.3727	0.5667
Effet d'être une molaire avec l'examen 3	1.0267	0.1084
Effet d'être une molaire avec l'examen 4	1.3814	0.0285
Effet d'être une prémolaire avec l'examen 2	-0.1754	0.7630
Effet d'être une prémolaire avec l'examen 3	0.3724	0.5116
Effet d'être une prémolaire avec l'examen 4	0.6495	0.2492

Tableau 5

Le cliché 3 (panoramique reconstruite manuellement selon le maxillaire) donne de moins bonnes Se.

Ce résultat est retrouvé pour le cliché 4 (panoramique reconstruite manuellement selon la mandibule) mais sous la forme d'une simple tendance.

Les clichés reconstruits manuellement sont donc moins performants en termes de Se comparés à la panoramique conventionnelle et celle automatisée par le logiciel Planméca®.

- **L'arcade et la dent** (Tableau 5 et Figure 20) :

Les clichés montrent significativement de meilleures Se à l'arcade maxillaire, comparée à l'arcade mandibulaire.

La Se a tendance à diminuer lorsqu'il s'agit des molaires.

Le cliché 3 (panoramique reconstruite manuellement selon le maxillaire) se rattrape un peu quand il s'agit du maxillaire (interaction).

Le cliché 4 (panoramique reconstruite manuellement selon la mandibule) se rattrape bien sur l'appréciation des molaires (interaction).

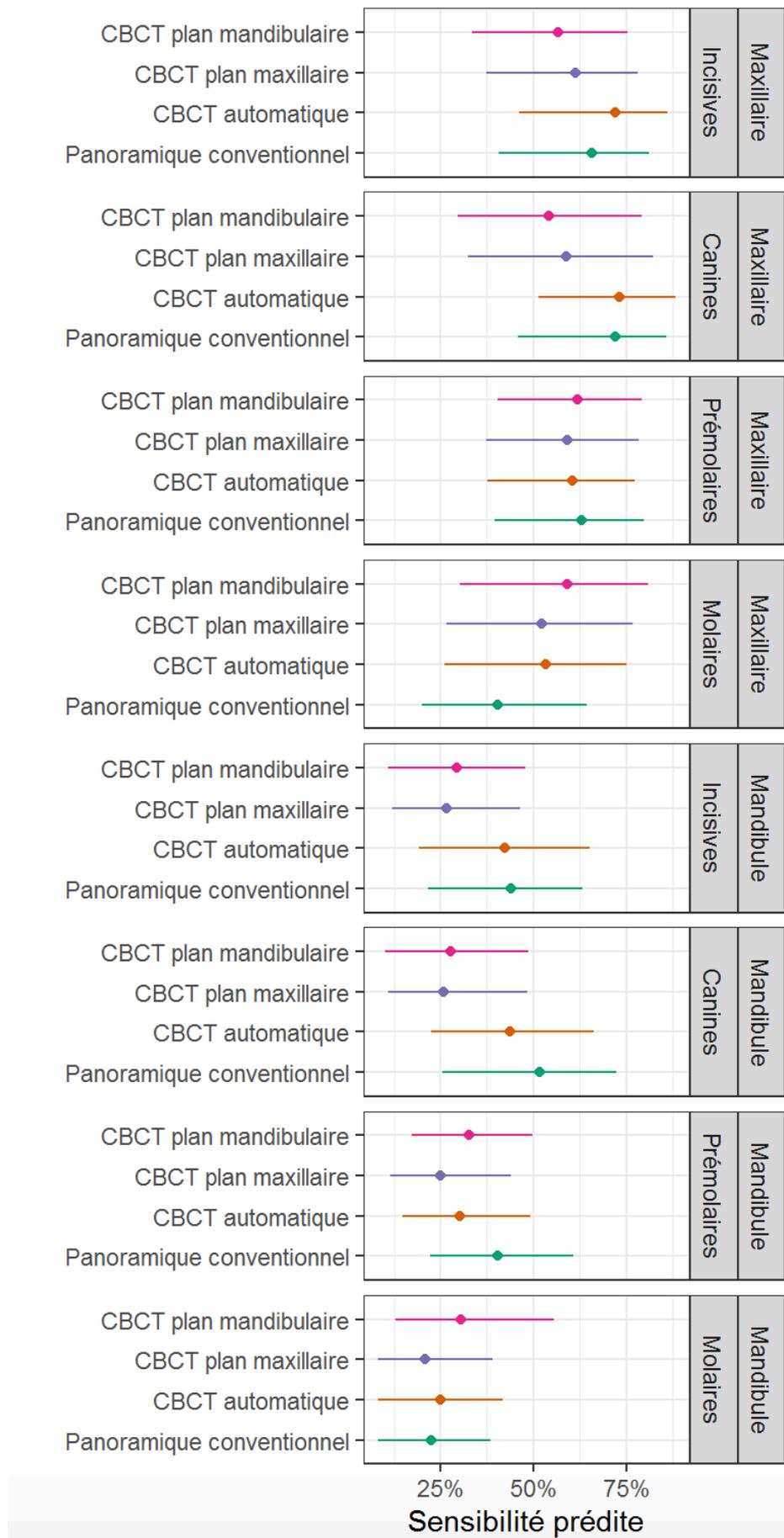


Figure 20 : Diagramme représentant les valeurs de sensibilité selon les clichés en fonction de l'arcade et des dents.

- **La forme d'arcade :**

	Estimate	P-value
Se max / Fait d'avoir une arcade en U au maxillaire	- 0.5843	0.1316
Se mand / Fait d'avoir une arcade en U à la mandibule	- 1.0530	0.0003

Tableau 6

Une forme d'arcade en V à la mandibule augmente la sensibilité, significativement. Cet effet n'est pas significativement présent au maxillaire.

- **La vestibulo-version :**

	Estimate	P-value
Absence de VV des incisives mandibulaires à l'arcade mand	0.6784	0.0054
Absence de VV des incisives maxillaires à l'arcade max	-0.3343	0.1552

Tableau 7

L'absence de vestibuloversion des incisives inférieures améliore la sensibilité à l'arcade mandibulaire. Cet effet n'est pas significativement présent au niveau maxillaire.

2. Quels sont les facteurs qui influencent la SPÉCIFICITÉ de chaque examen ?

	Estimate	P-value
Intercept	2.2258	0.0000
Cliché 2	-0.7921	0.0045
Cliché 3	-0.0332	0.9117
Cliché 4	-0.2199	0.4544
Arcade maxillaire	-0.3713	0.1023
Incisive	-0.4949	0.1323
Molaire	1.0476	0.0047
Prémolaire	0.5147	0.1464
Effet d'être au maxillaire avec l'examen 2	0.4253	0.0877
Effet d'être au maxillaire avec l'examen 3	0.1359	0.5807
Effet d'être au maxillaire avec l'examen 4	0.2910	0.2427
Effet d'être une incisive avec l'examen 2	0.7452	0.0166
Effet d'être une incisive avec l'examen 3	0.0389	0.9051
Effet d'être une incisive avec l'examen 4	0.4308	0.1883
Effet d'être une molaire avec l'examen 2	0.6879	0.0826
Effet d'être une molaire avec l'examen 3	-0.0514	0.8984
Effet d'être une molaire avec l'examen 4	-0.0433	0.9129
Effet d'être une prémolaire avec l'examen 2	1.6703	0.0001
Effet d'être une prémolaire avec l'examen 3	0.3613	0.3546
Effet d'être une prémolaire avec l'examen 4	0.5151	0.1862

Tableau 8

Le **cliché 2** est associé à de moins bonnes Sp : il y a plus de risques de repositionner une dent par erreur avec la panoramique automatique du CBCT, comparé aux trois autres examens.

- **L'arcade et la dent :**

La spécificité est meilleure pour les **molaires**.

Le cliché 2 tend à se rattraper quand il s'agit de l'arcade maxillaire (interaction) et quand il ne s'agit pas d'une canine.

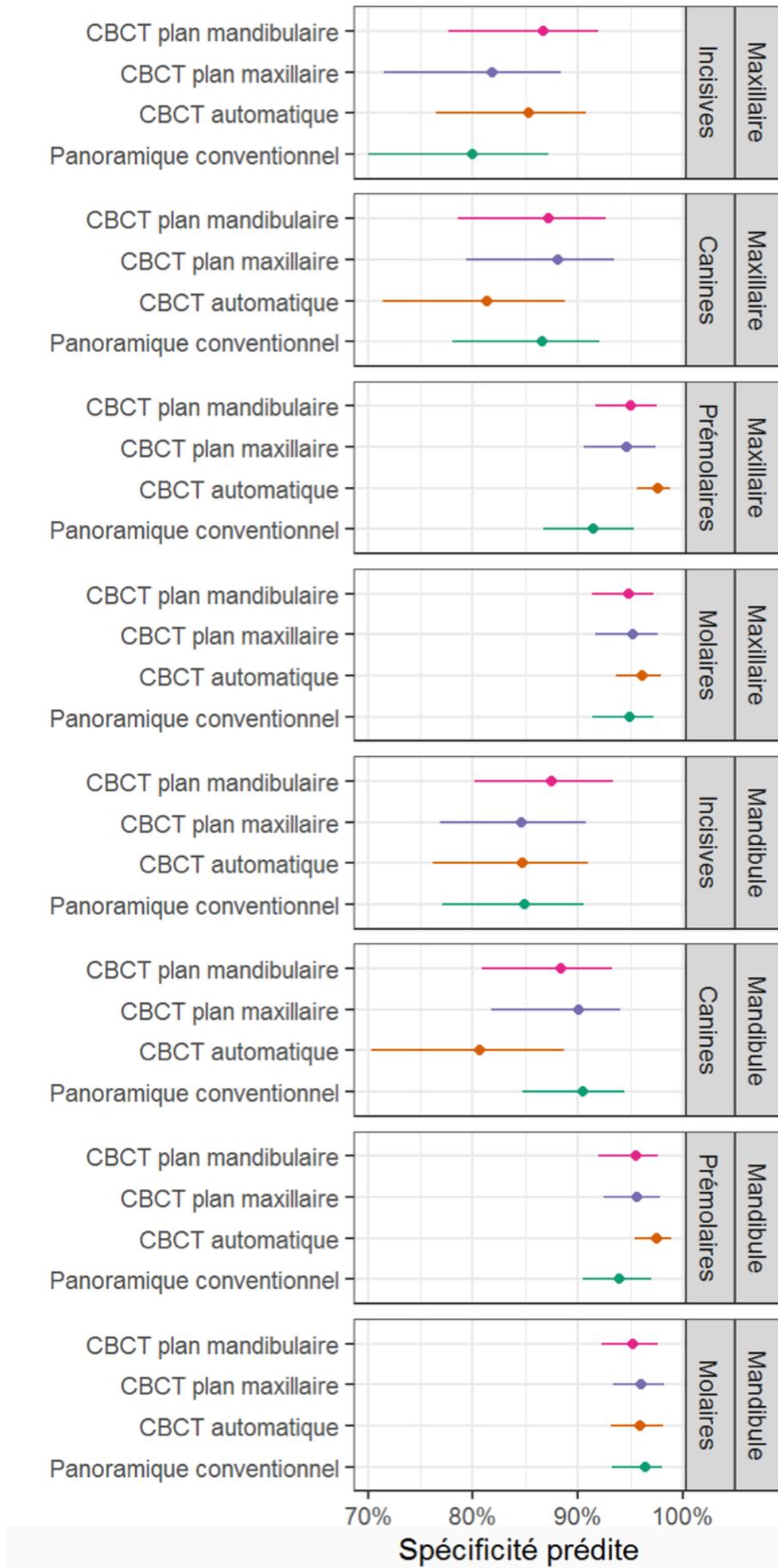


Figure 20 : Diagramme représentant les valeurs de spécificités selon les clichés en fonction de l'arcade et des dents.

- **La forme d'arcade :**

	Estimate	P-value
Sp max / Fait d'avoir une arcade en U au maxillaire	- 0.1771	0.3549
Sp mand / Fait d'avoir une arcade en U à la mandibule	- 0.3712	0.0821

Tableau 9

Une forme d'arcade mandibulaire en V a tendance à améliorer la spécificité des tests à l'arcade mandibulaire mais ce n'est pas statistiquement significatif.

Cet effet n'est pas présent au niveau maxillaire.

- **La vestibulo-version :**

	Estimate	P-value
Absence de VV des incisives mandibulaires à l'arcade mand	- 0.1227	0.4918
Absence de VV des incisives maxillaires à l'arcade max	- 0.0684	0.6969

Tableau 10

La **vestibulo-version** incisive au niveau de la mandibule ou du maxillaire n'influence pas la Sp.

IV. DISCUSSION

COMPARAISON ENTRE **MÉDECINS** (TOUS CLICHES CONFONDUS) : L'EXPÉRIENCE INFLUENCE-T-ELLE LA QUALITÉ DES RÉSULTATS ?

Les **spécificités** entre les différents examinateurs se sont avérées être **élevées** (de 87,6% à 92,2%) et statistiquement **différentes**, traduisant le fait que les examinateurs sont généralement peu enclins à repositionner une dent qui ne doit pas l'être, même si des différences existent entre eux. Le nombre d'examineur est cependant trop réduit dans notre étude pour que nous puissions en tirer des conclusions entre l'expérience et la pertinence de la réponse.

A l'inverse, les **sensibilités** entre les différents examinateurs se sont avérées être **moyennes** (de 43,6% à 48,5%) et **non** statistiquement **différentes**. Cela traduit le fait que, sur les clichés présentés, tous les examinateurs ne détectent qu'un peu moins de la moitié des dents présentant une orientation mésio-distal perfectible. Il semblerait que l'expérience ne joue pas sur nos résultats mais là encore notre échantillon est trop réduit pour pouvoir en tirer des conclusions définitives.

Dans notre étude, nous n'avons pas réalisé d'étalonnage des examinateurs. Cela peut être considéré comme l'introduction d'un biais ou d'une incertitude dans nos mesures. Nous avons cependant estimé que ce calibrage était difficile dans la mesure où la notion d'orientation mésiodistale idéale des dents était une notion finalement assez floue en orthodontie. Nous avons préféré laisser chaque examinateur libre de son interprétation et au final, nous avons obtenu des résultats plutôt homogènes, peu impactés par l'expérience si cette influence existe.

SENSIBILITÉS ET SPÉCIFICITÉS - LES **CLICHÉS** SONT-ILS ÉQUIVALENTS ?

Si les 4 clichés présentent le **même** niveau de **spécificité élevée** (de 88 à 90 %), ils diffèrent cependant en termes de sensibilité. La panoramique issue du Cone Beam reconstruite selon le plan d'occlusion et l'arcade maxillaire (**cliché 3**) présente la sensibilité la plus basse avec un score de **41%**, suivie par la panoramique issue du Cone Beam reconstruite selon le plan d'occlusion et l'arcade mandibulaire (**cliché 4**) avec un score de **44%** puis viennent quasiment à ex aequo la panoramique conventionnelle (**cliché 1**) et la panoramique issue du Cone Beam reconstruite automatiquement (**cliché 2**), avec une sensibilité de **49%**.

Ces résultats soulignent le **manque de finesse de l'examen panoramique 2D** pour déterminer l'orientation mésio-distale des dents, puisque la moitié des dents qui gagneraient à être repositionnées selon l'examen 3D, ne sont pas détectées par lui.

Il faut cependant peut-être relativiser les faibles sensibilités obtenues dans notre étude en évoquant le caractère binaire de notre évaluation. En effet, l'orientation mésio-distale des dents a été jugée adéquate ou non, sans quantifier la malposition. Il est possible que les erreurs d'orientation, perçues sur l'examen 3D et ayant échappé à l'examen 2D, soient des défauts mineurs, sans conséquences cliniques.

Quoiqu'il en soit, nos résultats confirment les nombreuses études qui ont été menées sur les limites de la panoramique conventionnelle :

- Elle est responsable d'un écrasement et d'une déformation des structures à cause des phénomènes de projection. Il est ainsi difficile d'effectuer des mesures fiables (12,15,16), de situer une dent ectopique et d'apprécier la position réelle d'une dent en rotation ou torquée (17).
- Le grossissement dans les dimensions horizontale (10,12,16,18) et verticale (18,19,20,21,22) varie en fonction de la position de la source le long de l'objet et de la profondeur de l'objet (16). Ainsi, les déformations de la panoramique ne sont pas uniformes sur toute l'image, elles varient en fonction des régions (23) et des dimensions (24)
- L'amplitude des distorsions angulaires est de l'ordre de 5° (15,25) à 10° (26,27).

De même, la panoramique générée par le Cone Beam est responsable de « pseudodistorsions ». Ces distorsions ne proviennent pas de l'acquisition même (les voxels sont isométriques) (28) mais apparaissent du fait de l'illustration 2D de structures 3D (29).

Dans notre étude, les **panoramiques automatique et conventionnelle présentent des sensibilités équivalentes**. Des études antérieures penchaient plutôt en faveur d'une précision supérieure pour la panoramique issue du Cone Beam (27,30). Le champ peut en effet être individualisé au patient et réorienté, afin d'éviter la déformation des structures qui tombent en dehors du champ d'acquisition contrairement à la panoramique classique (31). Une épaisseur de coupe maximale pour balayer le plus grand champ doit être choisie (32). Malgré une épaisseur de 25 mm (maximale) appliquée dans notre protocole, l'examen issu du Cone Beam n'a pas démontré sa supériorité dans notre étude.

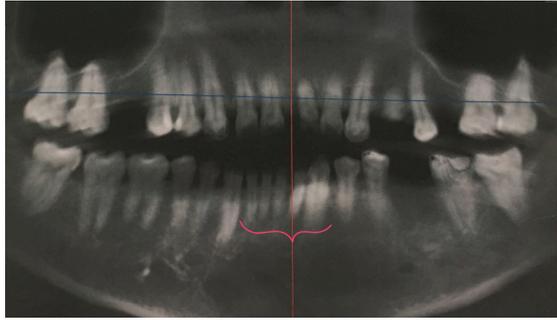
Cela peut s'expliquer par le fait que les deux clichés sont tirés de machine du même constructeur dans notre travail (Planmeca®). Elles utilisent peut-être des algorithmes similaires, contrairement à l'étude de Peck qui évalue des appareils de différents fabricants (27).

Cette différence peut également s'expliquer du fait de la non prise en compte dans notre étude de certains paramètres qui influencent la qualité des examens comme :

- la présence d'un encombrement (33),
- l'existence d'un décalage inter-incisif dans le sens transversal (figure 21),
- la présence d'un fort surplomb (34) (Figure 22),
- les supraclusions d'origine maxillaire (Figure 23),
- le positionnement de la tête du patient. La panoramique conventionnelle tolère 10° de bascule de la tête dans le plan frontal (35). La rotation de la tête l'affecte peu sauf en ce qui concerne l'angulation des incisives mandibulaires qui peuvent varier jusqu'à 22° pour 5° de rotation (36). L'inclinaison impacte l'angulation des dents de façon plus marquée (35) et notamment à partir de 5°(36,37). Une inclinaison de la tête vers le haut crée une orientation plus distale des racines des dents maxillaires et plus mésiale des racines des dents mandibulaires. Une inclinaison vers le bas crée une orientation plus mésiale des racines dents postérieures maxillaires et une orientation plus distale des racines des dents postérieures mandibulaires(13,37,38). C'est l'effet de « cheese » (Figure 24).

- etc...

Examen 3 (centré sur le milieu inter-incisif maxillaire) :



Examen 4 (centré sur le milieu inter-incisif mandibulaire) :

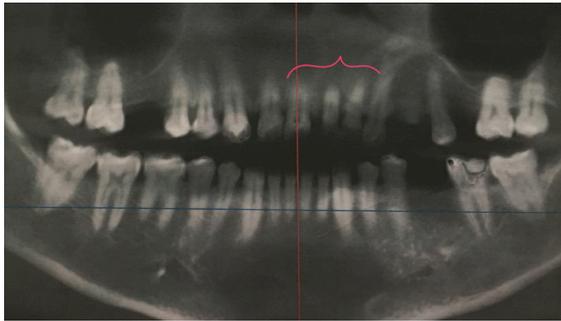


Figure 21 : Le centrage de l'arcade modifie les angulations radiculaires des incisives

Examen 2 :



Examen 3 :

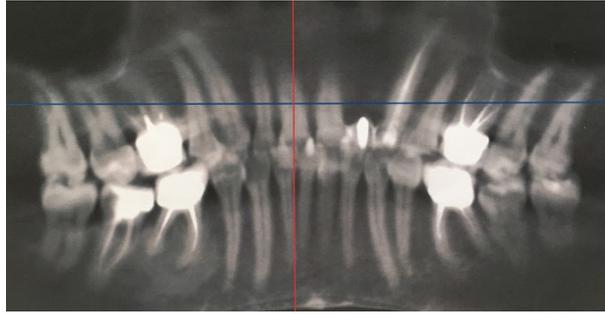


Examen 4 :



Figure 22 : La présence d'un fort surplomb, même avec une épaisseur de coupe maximale, ne permet pas la visibilité des 2 secteurs antérieurs, sur les clichés issus du Cone Beam

Examen 3 selon un plan d'occlusion incisivo-molaires maxillaire :



Examen 3 selon un plan d'occlusion prémolo-molaires maxillaire :

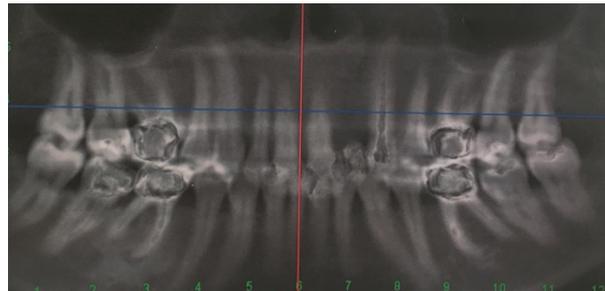


Figure 23 : Distorsions des axes des canines et prémolaires maxillaires en fonction du plan d'occlusion choisi

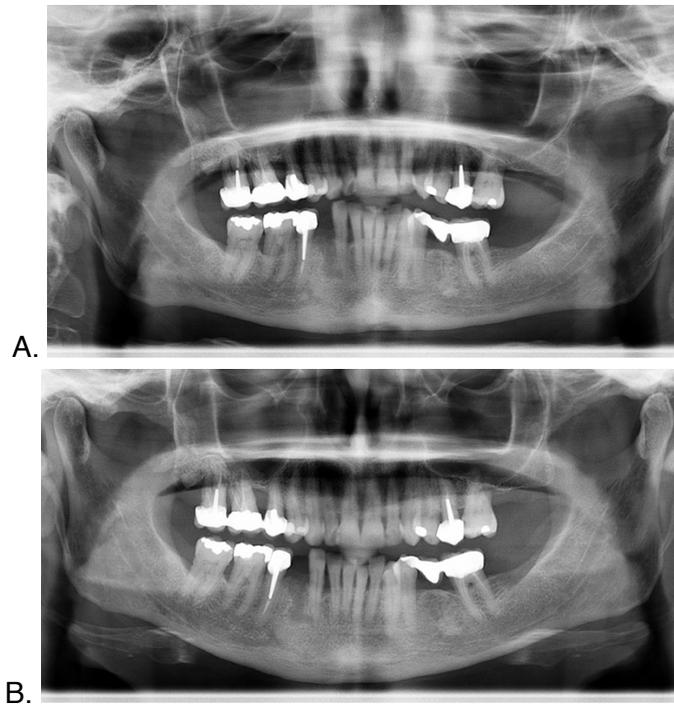


Figure 24 : Différentes panoramiques obtenues pour un même patient avec une inclinaison vers le bas plus importante de la tête du patient en (B) par rapport à (A) : effet de « cheese » et effacement du plan palatin.

Notre hypothèse, selon laquelle une panoramique reconstruite de façon individualisée, selon la forme et le plan d'occlusion de chaque arcade, apporterait plus de précision n'a pas été vérifiée. **Les examens reconstruits manuellement donnent en effet de moins bons résultats que les panoramiques conventionnelle et automatique, même lorsque les arcades sont considérées séparément.** Le cliché 3 (reconstruit selon l'arcade et le plan d'occlusion maxillaire) se positionne cependant devant le cliché 4 (reconstruit selon l'arcade et le plan d'occlusion mandibulaire) pour l'appréciation du maxillaire et inversement pour la mandibule, en termes de sensibilité.

La non vérification de notre hypothèse peut être liée au choix des critères choisis pour l'individualisation de chaque cliché (33).

En effet, l'orientation selon le plan d'occlusion, pour le maxillaire, a été décrite comme défavorable par Liu qui lui préfère une orientation selon le plan de Frankfort (31).

Pour la mandibule, cet auteur préconise une orientation selon le plan d'occlusion, comme dans notre étude. Cela peut expliquer que notre reconstruction mandibulaire devance notre reconstruction maxillaire de façon plus nette pour la mandibule que ne le fait la reconstruction maxillaire, pour le maxillaire. Pour autant, ces reconstructions n'atteignent pas le niveau de sensibilité des panoramiques conventionnelle et automatique.

Pour Nasseh, 3-4° d'inclinaison de la tête vers le bas serait un bon compromis. À noter qu'une extension de la tête augmente l'angulation radiculo-distale des dents maxillaires, et diminue celle des dents mandibulaires (36,37).

Il faut souligner enfin que les manipulatrices radios orientent les patients selon le plan de Frankfort dans le céphalostat lors de l'acquisition panoramique conventionnelle. Cette inclinaison moyenne de 6° de la tête vers le bas semble garantir la meilleure retranscription des angulations réelles dans l'ensemble, selon Philipp et Hurst (13).

QUELS SONT LES **FACTEURS** QUI INFLUENCENT LA SENSIBILITÉ ET LA SPÉCIFICITÉ DES CLICHÉS ?

L'arcade

Les sensibilités, pour tous les clichés, sont meilleures à l'arcade maxillaire. Cela est comparable aux résultats d'Owens et Mckee qui retrouvent plus de distorsions angulaires à la mandibule (25,26) mais diverge de ceux de Samawi et Bouwens qui trouvent des résultats inverses (38,39).

C'est la panoramique automatique issues du Cone Beam qui donne les meilleurs résultats au maxillaire et la panoramique conventionnelle, à la mandibule.

La dent

Dans notre étude, les **molaires** présentent de **moins bonnes sensibilités** mais également de meilleures spécificités. Cela signifie que ce sont les dents les moins repositionnées par les praticiens, même lorsque leur angulation est perfectible.

La spécificité des examens est moins bonne en ce qui concerne les dents antérieures, et ce notamment au niveau des **canines** avec le cliché 2 (panoramique reconstruite automatiquement).

Ces résultats diffèrent des études précédentes qui n'avaient pas pour Gold Standard la reconstruction 3D.

Selon la littérature, les incisives latérales maxillaires sont les dents les moins bien représentées sur la panoramique issue du Cone Beam (30), alors qu'il s'agit des canines et des prémolaires sur la panoramique conventionnelle (26,27,38).

La panoramique conventionnelle crée l'illusion d'une divergence radiculaire exagérée entre canines et 1^{ères} prémolaires maxillaires (26,25,38,39). Par conséquent, incliner les racines des canines et premières prémolaires jusqu'à ce qu'elles apparaissent parallèles sur l'image panoramique créerait en réalité une convergence excessive des celles-ci. C'est entre canines et incisives latérales que le parallélisme est le moins bien estimé à la mandibule avec l'illusion d'une convergence radiculaire exagérée (25,26).

Globalement, les racines des dents antérieures maxillaires sont trop inclinées mésialement sur une radiographie panoramique conventionnelle (25,27), alors que les racines des dents postérieures maxillaires sont trop inclinées en distal (25,27,39). Les auteurs s'accordent sur une angulation trop mésiale des racines des dents postérieures mandibulaires (25,27), avec la même tendance pour les dents antérieures mandibulaires (25) avec des variations (25,26,27,39) (Figure 25).

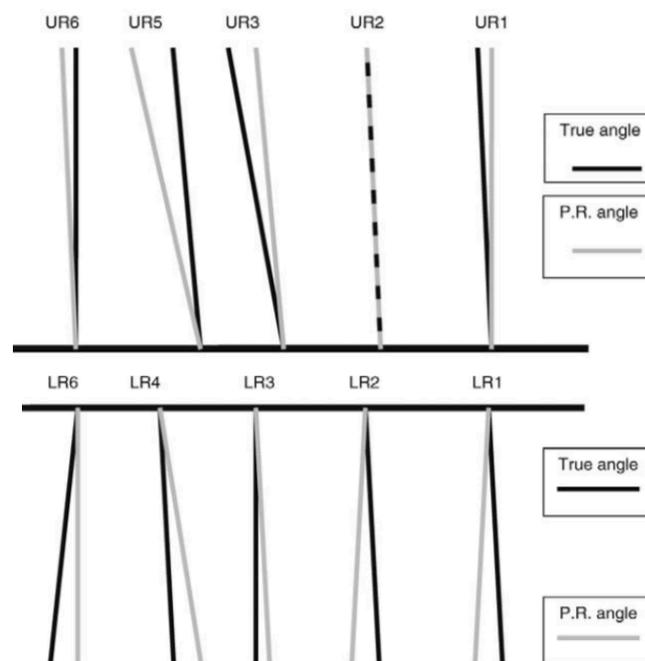


Figure 25 : Angulations radiculaires réelles (noires) et celles données par la panoramique (grises), d'après Owens (26)

Les études attestent que plus de la moitié des angulations sont transcrites différemment sur une panoramique issue du Cone Beam par rapport à une conventionnelle (30,33) et ceci également en fonction du type de dent considérée (33). C'est au niveau des dents antérieures que le plus de différences entre les deux clichés est retrouvé (33).

La synthèse des études sur le sujet (30,33) nous permet de construire ce schéma, qui suggère que seules les prémolaires maxillaires et les molaires mandibulaires sont plus fidèlement retranscrites avec la panoramique conventionnelle (Figure 26).

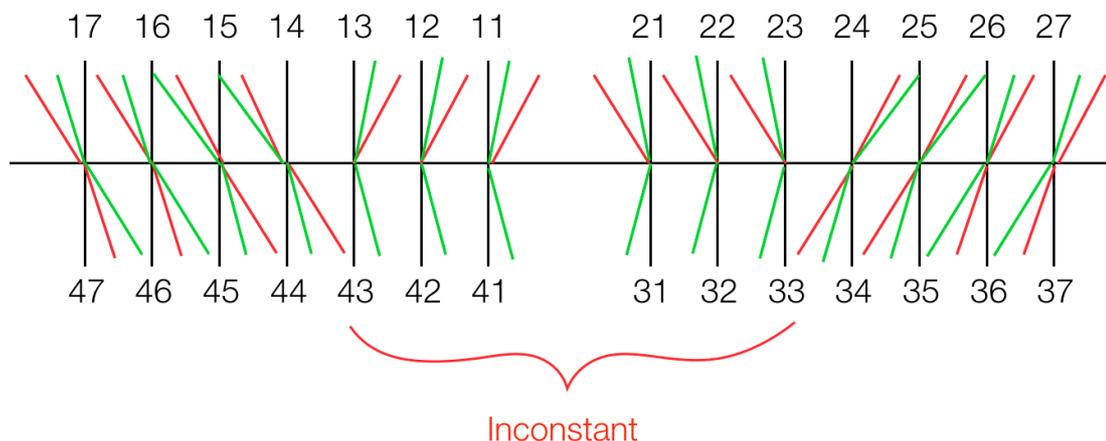


Figure 26 : Schéma récapitulatif des angulations radiculaires de la panoramique du Cone Beam (vert) et de la panoramique conventionnelle (rouge) par rapport aux angulations réelles (noires), d'après la synthèse des études sur le sujet.

La forme d'arcade

Selon, notre étude, une forme d'arcade en V à la mandibule améliore la sensibilité des tests et a tendance à améliorer également leur spécificité. Nasseh avait également suggéré qu'une constriction d'arcade pouvait être un facteur de confusion (33).

La vestibulo-version

L'absence de vestibulo-version des incisives inférieures dans notre étude améliore la sensibilité à l'arcade mandibulaire.

Ceci est en contradiction avec les résultats de Garcia qui affirme que les changements d'inclinaison vestibulo-linguale dans la zone incisive n'affectent pas l'expression du parallélisme radiculaire sur la panoramique. Pour cet auteur, ce sont les régions canines/prémolaires maxillaires et mandibulaires qui sont les plus fortement modifiées dans leur angulation lorsque leur torque varie (40).

D'après Liu, une vestibulo-version est associée à une augmentation de l'angulation distale des racines sur les panoramiques issues du Cone Beam (31), à l'inverse de ce qui a été montré pour la panoramique conventionnelle (38,40). Des données contradictoires sur ce sujet sont cependant rapportées (38,41).

V. CONCLUSION

D'après les résultats de notre étude, l'appréciation de l'orientation mésio-distale des dents est meilleure avec la panoramique reconstruite automatiquement à partir du Cone Beam, à l'arcade maxillaire et avec la panoramique conventionnelle, à l'arcade mandibulaire.

Les panoramiques reconstruites manuellement à partir du Cone Beam, de façon séparées à l'arcade maxillaire et à l'arcade mandibulaire, n'ont pas démontré leur supériorité par rapport aux panoramiques automatiques ou conventionnelles. Leurs imprécisions sont probablement liées des facteurs qui pourront être identifiés dans d'autres études, tels que la forme d'arcade, la vestibuloversion des incisives, etc...

Tous les clichés montrent de meilleurs résultats à l'arcade maxillaire.

La sensibilité des clichés a tendance à diminuer lorsqu'il s'agit des molaires.

BIBLIOGRAPHIE:

1. Burstone CJ. Diagnosis and treatment planning of patients with asymmetries. *Semin Orthod.* sept 1998;4(3):153-64.
2. Dewel BF. Clinical observations on the axial inclination of teeth. *Am J Orthod.* févr 1949;35(2):98-115.
3. Nelson SJ. Wheeler's dental anatomy, physiology, and occlusion. 2015.
4. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod.* sept 1972;62(3):296-309.
5. Jarabak JR, Fizzell JA. Technique and treatment with light-wire edgewise appliances. Saint Louis: Mosby; 1972.
6. Hatasaka HH. A radiographic study of roots in extraction sites. *Angle Orthod.* janv 1976;46(1):64-8.
7. Graber TM. Postmortems in posttreatment adjustment. *Am J Orthod.* mai 1966;52(5):331-52.
8. Andrews LF. The straight-wire appliance. Explained and compared. *J Clin Orthod JCO.* mars 1976;10(3):174-95.
9. Slavicek R. [Occlusal concepts]. *Inf Orthod Kieferorthop.* 1982;14(3-4):253-66.
10. Ursi WJ, Almeida RR, Tavano O, Henriques JF. Assessment of mesiodistal axial inclination through panoramic radiography. *J Clin Orthod JCO.* mars 1990;24(3):166-73.
11. Casco JS, Vaden JL, Kokich VG, Damone J, James RD, Cangialosi TJ, et al. Objective grading system for dental casts and panoramic radiographs. American Board of Orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* nov 1998;114(5):589-99.
12. suphangul suphachai, angawara rattanabanlang, parinya amornsettachai, natthamet wongsirichat. dimension distortion of digital panoramic radiograph on posterior mandibular regions. *M Dent J.* déc 2016;
13. Philipp RG, Hurst RV. The cant of the occlusal plane and distortion in the panoramic radiograph. *Angle Orthod.* oct 1978;48(4):317-23.
14. Bellaiche N, Méningaud J-P. Guide pratique du cone beam en imagerie dento-maxillaire. Malakoff: Éditions CdP; 2016.
15. Frykholm A, Malmgren O, Sämfors K-A, Welander U. Angular Measurements in Orthopantomography. *Dentomaxillofacial Radiol.* juin 1977;6(2):77-81.
16. Tronje G, Welander U, McDavid WD, Morris CR. Image distortion in rotational panoramic radiography. VI. Distortion effects in sliding systems. *Acta Radiol Diagn (Stockh).* 1982;23(2):153-60.
17. Scarfe WC, Nummikoski P, McDavid WD, Welander U, Tronje G. Radiographic interproximal angulations: implications for rotational panoramic radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* nov 1993;76(5):664-72.
18. Larheim TA, Svanaes DB, Johannessen S. Reproducibility of radiographs with the orthopantomograph 5: tooth-length assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* déc 1984;58(6):736-41.
19. Schulze R, Krummenauer F, Schalldach F, d'Hoedt B. Precision and accuracy of measurements in digital panoramic radiography. *Dento Maxillo Facial Radiol.* janv 2000;29(1):52-6.
20. Vazquez L, Nizam Al Din Y, Christoph Belser U, Combescure C, Bernard J-P. Reliability of the vertical magnification factor on panoramic radiographs: clinical implications for posterior mandibular implants. *Clin Oral Implants Res.* déc 2011;22(12):1420-5.
21. Kim Y-K, Park J-Y, Kim S-G, Kim J-S, Kim J-D. Magnification rate of digital panoramic radiographs and its effectiveness for pre-operative assessment of dental implants. *Dentomaxillofacial Radiol.* févr 2011;40(2):76-83.
22. Haghnegahdar A, Bronoosh P. Accuracy of linear vertical measurements in posterior mandible on panoramic view. *Dent Res J.* mars 2013;10(2):220-4.
23. Yim J, Ryu D, Lee B, Kwon Y. Analysis of digitalized panorama and cone beam

- computed tomographic image distortion for the diagnosis of dental implant surgery. *J Craniofac Surg.* mars 2011;22(2):669-73.
24. Zúñiga J. Quantification by Quadrants of the Distortion Present in Conventional Panoramic Radiograph. *Int J Morphol.* mars 2017;35(1):265-72.
 25. Mckee IW, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Glover KE, Major PW. The accuracy of 4 panoramic units in the projection of mesiodistal tooth angulations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* févr 2002;121(2):166-75.
 26. Owens AM, Johal A. Near-End of Treatment Panoramic Radiograph in the Assessment of Mesiodistal Root Angulation. *Angle Orthod.* mai 2008;78(3):475-81.
 27. Peck JL, Sameshima GT, Miller A, Worth P, Hatcher DC. Mesiodistal root angulation using panoramic and cone beam CT. *Angle Orthod.* mars 2007;77(2):206-13.
 28. Martin-Duverneuil N, Ruhin B. Cone beam CT: technique et principales indications en imagerie dento-maxillo-faciale chez l'adulte. 2019;13.
 29. Wikner J, Friedrich RE, Rashad A, Schulze D, Hanken H, Heiland M, et al. Obstacles in spatial evaluation of CBCT-reformatted panoramic imaging. *Dentomaxillofacial Radiol.* avr 2016;45(4):20150436.
 30. Van Elslande D, Heo G, Flores-Mir C, Carey J, Major PW. Accuracy of mesiodistal root angulation projected by cone-beam computed tomographic panoramic-like images. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* avr 2010;137(4 Suppl):S94-99.
 31. Liu SQ, Wen FJ, Chen H, Liu Y. Variation in mesiodistal root angulation of panoramic images generated from cone-beam computed tomography. *Chin J Dent Res Off J Sci Sect Chin Stomatol Assoc CSA.* 2013;16(2):101-10.
 32. Pittayapat P, Galiti D, Huang Y, Dreesen K, Schreurs M, Souza PC, et al. An in vitro comparison of subjective image quality of panoramic views acquired via 2D or 3D imaging. *Clin Oral Investig.* janv 2013;17(1):293-300.
 33. Nasseh I, Jensen D, Noujeim M. Comparison of Mesiodistal Root Angulation Measured from Conventional and CBCT Derived Panoramic Radiographs in Orthodontic Patients. *Open Dent J.* 2017;11:338-49.
 34. Dudhia R, Monsour PA, Savage NW, Wilson RJ. Accuracy of angular measurements and assessment of distortion in the mandibular third molar region on panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* avr 2011;111(4):508-16.
 35. Stramotas S, Geenty JP, Petocz P, Darendeliler MA. Accuracy of linear and angular measurements on panoramic radiographs taken at various positions in vitro. *Eur J Orthod.* févr 2002;24(1):43-52.
 36. Mckee IW, Glover KE, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Major PW. The effect of vertical and horizontal head positioning in panoramic radiography on mesiodistal tooth angulations. *Angle Orthod.* déc 2001;71(6):442-51.
 37. Hardy TC, Suri L, Stark P. Influence of patient head positioning on measured axial tooth inclination in panoramic radiography. *J Orthod.* juin 2009;36(2):103-10.
 38. Samawi SS, Burke PH. Angular distortion in the orthopantomogram. *Br J Orthod.* avr 1984;11(2):100-7.
 39. Bouwens DG, Cevidanes L, Ludlow JB, Phillips C. Comparison of mesiodistal root angulation with posttreatment panoramic radiographs and cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* janv 2011;139(1):126-32.
 40. Garcia-Figueroa MA, Raboud DW, Lam EW, Heo G, Major PW. Effect of buccolingual root angulation on the mesiodistal angulation shown on panoramic radiographs. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* juill 2008;134(1):93-9.
 41. Lucchesi MV, Wood RE, Nortjé CJ. Suitability of the panoramic radiograph for assessment of mesiodistal angulation of teeth in the buccal segments of the mandible. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* oct 1988;94(4):303-10.

MARTY Myriam

Évaluation de l'orientation mésio-distale des dents grâce au cone beam : comparaison de 4 clichés panoramiques (Mémoire: DES d'Orthopédie Dento-Faciale, Lyon : 2019)

Résumé :

L'orientation mésio-distale des dents est un point clé du diagnostic et de la thérapeutique orthodontique. Pour l'apprécier l'orthodontiste s'appuie sur son examen clinique et sur la radiographie panoramique. Or un manque de fiabilité est reproché à cette dernière. Cela nous a amené à nous demander si les clichés panoramiques issus des acquisitions cone beam (CB) présentaient de meilleurs résultats dans cette évaluation ?

Quels sont les secteurs les plus sensibles aux déformations selon les examens? Existe-t-il des facteurs de confusion ?

Nous avons conduit une étude rétrospective unicentrique de 4 groupes comparés à partir de 19 patients, ayant bénéficié d'une panoramique classique et d'un CB bimaxillaire le même jour. À partir de ces examens, 4 clichés ont été comparés :

- C1 : panoramique conventionnelle
- C2 : panoramique automatique issue du CB
- C3 : panoramique issue du CB, reconstruite selon le plan d'occlusion et l'arcade maxillaire
- C4 : panoramique issue du CB, reconstruite selon le plan d'occlusion et l'arcade mandibulaire

Les axes radiculaires ont été appréciés de façon binaire (orientation mésio-distale adéquate ou inadéquate) par 4 examinateurs de différents niveaux d'expérience sur les 4 clichés pour chaque dent de chaque patient. Leurs résultats ont été comparés à un gold standard défini à l'aide d'une reconstruction tridimensionnelle des arcades.

Ce travail expose les protocoles de mise en œuvre des clichés panoramiques C3 et C4 que nous avons testé, ainsi que les résultats de la comparaison des 4 clichés en termes de sensibilité et de spécificité. Notre analyse statistique a permis de répondre aux questions posées.

Mots clés : *Étude clinique*
Radiographie panoramique
Tomodensitométrie à faisceau conique
Orthodontie
Angulation mésio-distale

Mots clés en anglais : *Clinical trial*
Radiography panoramic
Cone beam computerized tomography
Orthodontics
Mesio distal angulation

Directeur de mémoire : Madame le Dr C. PERNIER

Jury : Madame le Docteur C. PERNIER
Madame le Docteur S. CHAUTY
Madame le Professeur M. HENNEQUIN
Madame le Docteur C. PHILIP-ALLIEZ
Monsieur le Professeur O. ROBIN
Madame le Docteur D. SOULIER-PEIGUE
Monsieur le Docteur S. VIENNOT

Adresse de l'auteur : Myriam MARTY
20 Place Louis Pradel
69001 LYON