



Courbes de Wilson : évaluation d'une nouvelle méthode de mesure passant par les axes dentaires

Florian Créhange

► To cite this version:

Florian Créhange. Courbes de Wilson : évaluation d'une nouvelle méthode de mesure passant par les axes dentaires. Chirurgie. 2019. dumas-02142444

HAL Id: dumas-02142444

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02142444>

Submitted on 28 May 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Courbes de Wilson : évaluation d'une nouvelle méthode de mesure passant par les axes dentaires

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 11 avril 2019

par

CREHANGE Florian

né le 21 septembre 1992
à CLAMART

Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président	: Monsieur le Professeur	J.-D. ORTHLIEB
Asseseurs	: Monsieur le Professeur Monsieur le Professeur <u>Monsieur le Docteur</u>	J. DEJOU M. RUQUET <u>J.-P. RÉ</u>
Invité	: Monsieur le Docteur	P. KARSENTI

ADMINISTRATION

Mise à jour : février 2019

DOYENS HONORAIRES	Professeur	R. SANGIUOLO†
	Professeur	H. ZATTARA
	Professeur	A. SALVADORI
DOYEN	Professeur	J. DEJOU
VICE – DOYEN	Professeur	J.D. ORTHLIEB
CHARGE DES ENSEIGNEMENTS		
DIRECTEUR DU DEPARTEMENT DE FORMATION INITIALE		
VICE – DOYEN	Professeur	C. TARDIEU
CHARGE DE LA RECHERCHE		
DIRECTEUR DU DEPARTEMENT DE LA RECHERCHE		
DIRECTEUR DU DEPARTEMENT DE FORMATION CONTINUE	Professeur	V. MONNET-CORTI
CHARGES DE MISSION RELATIONS INTERNATIONALES	Professeur	A. RASKIN
RESPONSABLE DES SERVICES ADMINISTRATIFS ET TECHNIQUES	Madame	K. LEONI

LISTE DES ENSEIGNANTS

<p>56^{ème} SECTION : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION</p>
--

56.01 ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE ET ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE

<i>Professeur</i>	C. TARDIEU *	<i>Assistant</i>	H. AL AZAWI
<i>Maître de Conférences</i>	D. BANDON	<i>Assistant</i>	E. CASAZZA
<i>Maître de Conférences</i>	A. CAMOIN		
<i>Maître de Conférences</i>	A. CHAFAIE		
<i>Maître de Conférences</i>	I. BLANCHET		
<i>associé</i>			

ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

<i>Maître de Conférences</i>	M. LE GALL *	<i>Assistant</i>	M. BARBERO
<i>Maître de Conférences</i>	J. BOHAR	<i>Assistant</i>	I. CAMBON
<i>Maître de Conférences</i>	J. GAUBERT	<i>Assistant</i>	D. DORISON-BACHET
<i>Maître de Conférences</i>	C. PHILIP-ALLIEZ	<i>Assistant</i>	L. LEVY
		<i>Assistant</i>	R. MATTERA
		<i>Assistant</i>	M. VINAÏ

56.02 PRÉVENTION - ÉPIDÉMIOLOGIE - ÉCONOMIE DE LA SANTÉ - ODONTOLOGIE LÉGALE

<i>Professeur</i>	B. FOTI *	<i>Assistant</i>	T. DRAUSSIN
<i>Professeur</i>	D. TARDIVO		

57^{ème} SECTION :

CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

57.01 CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

CHIRURGIE ORALE

<i>Maître de Conférences</i>	P. ROCHE-POGGI*	<i>Assistant</i>	R. CASTRO
<i>Maître de Conférences</i>	J. H. CATHERINE	<i>Assistant</i>	M. HADJ-SAÏD
<i>Maître de Conférences</i>	D. BELLONI	<i>Assistant</i>	Y. ROMANET
<i>Maître de Conférences</i>	F. CAMPANA		
<i>Maître de Conférences associé</i>	R. LAN		

PARODONTOLOGIE

<i>Professeur</i>	V. MONNET-CORTI *	<i>Assistant</i>	A. BOYER
		<i>Assistant</i>	C. DUMAS
		<i>Assistant</i>	S. MELLOUL
		<i>Assistant</i>	L. THOLOZAN

BIOLOGIE ORALE (Responsable Pr. Imad ABOUT)

<i>Maître de Conférences</i>	P. LAURENT	<i>Assistant</i>	C. LE FOURNIS
------------------------------	------------	------------------	---------------

58^{ème} SECTION :

REHABILITATION ORALE

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTION-DYSFONTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

<i>Professeur</i>	F. BUKIET *	<i>Assistant</i>	B. BALLESTER
<i>Professeur</i>	H. TASSERY	<i>Assistant</i>	H. DE BELENET
<i>Maître de Conférences</i>	G. ABOUDHARAM	<i>Assistant</i>	A. DEVICTOR
<i>Maître de Conférences</i>	M. GUIVARC'H	<i>Assistant</i>	S. MANSOUR
<i>Maître de Conférences</i>	C. PIGNOLY	<i>Assistant</i>	L. MICHEL-ROLLET
<i>Maître de Conférences</i>	L. POMMEL	<i>Assistant</i>	V. PILLIOL
<i>Maître de Conférences</i>	E. TERRER		

PROTHÈSE

<i>Professeur</i>	M. RUQUET *	<i>Assistant</i>	N. CHAUDESAYGUES
<i>Maître de Conférences</i>	G. LABORDE	<i>Assistant</i>	M. DODDS
<i>Maître de Conférences</i>	M. LAURENT	<i>Assistant</i>	C. MANSUY-DALMAS
<i>Maître de Conférences</i>	G. MAILLE	<i>Assistant</i>	C. MENSE
<i>Maître de Conférences</i>	B.E. PRECKEL	<i>Assistant</i>	A. REPETTO
<i>Maître de Conférences</i>	G. STEPHAN	<i>Assistant</i>	A. SETTE
<i>Maître de Conférences</i>	P. TAVITIAN	<i>Assistant</i>	F. SILVESTRI
<i>Maître de Conférences</i>	A. TOSELLO		

FONCTION-DYSFONTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX

<i>Professeur</i>	J. DEJOU	<i>Assistant</i>	M. JEANY
<i>Professeur</i>	J. D. ORTHLIEB *		
<i>Professeur</i>	A. RASKIN		
<i>Maître de Conférences</i>	T. GIRAUD		
<i>Maître de Conférences</i>	A. GIRAUDEAU		
<i>Maître de Conférences</i>	B. JACQUOT		
<i>Maître de Conférences</i>	J. P. RÉ		

65^{ème} SECTION : BIOLOGIE CELLULAIRE

PROFESSEUR

I. ABOUT

RESPONSABLE PROFIL BIOLOGIE ORALE

A Monsieur le Professeur Jean-Daniel Orthlieb,

Cher Maître, j'espère pouvoir tout au long de ma carrière être digne de vos enseignements érudits et de votre philosophie. Notre rencontre a commencé pendant les cours d'anatomie dentaire, j'ignorais alors qu'il fallait être doué en dessin pour soigner des dents, j'ai compris pendant vos cours que la main était le prolongement de l'esprit, et que si je ne savais pas dessiner de dent, jamais je n'arriverai à en restaurer. Prolonger son esprit est une chose... encore faut-il le nourrir et j'avais mal commencé par mes rattrapages en occlusodontologie en troisième année, et c'est à ce moment-là que vous m'avez offert une chance, c'est le genre de chance qui sauve une vie, le genre de chance qui a sauvé ma vie plutôt... Durant ces années, vous m'êtes d'abord apparu comme un enseignant qui m'intimidait par son savoir, puis comme un conseiller et enfin comme un ami investi me laissant le souvenir de votre bureau à la porte toujours ouverte lorsque vous y étiez et baigné de lumière. Vous étiez présent lors de mes moments de doutes, de douleurs et de peines, me voilà très heureux aujourd'hui que vous puissiez siéger à mes côtés pour ce moment de joie, à un instant de ma vie important. Veuillez trouver dans ce travail ma profonde reconnaissance. Puissé-je ne jamais vous décevoir.

A Monsieur le Docteur Jean-Philippe Ré,

Un jour, un Grand philosophe m'a dit qu'il existe quatre types de dentistes : l'incompétent inconscient, l'incompétent conscient, le compétent inconscient et le compétent conscient. Ce que je sais aujourd'hui, c'est que je connais la catégorie de dentistes à laquelle je souhaite appartenir grâce à vous, et ça reste un idéal. La vérité, c'est qu'il existe en réalité une cinquième catégorie de dentistes à laquelle vous appartenez : celle de l'enseignant passionné, elle permet aux étudiants comme moi qui n'étaient pas forcément enjoués par une discipline de finir par l'aimer et à vouloir en faire une carrière par la suite. J'ai tant aimé apprendre à vos côtés. Merci !

A Monsieur le Professeur Jacques Dejou,

Je me souviens d'un concours sur les diagrammes de phase en cours de biomatériaux que vous aviez organisé pendant ma deuxième année. Vous m'aviez offert une bouteille de Veuve Clicquot, elle encore chez moi, je la gardais pour la boire juste après ma thèse. J'espère juste que sa saveur ne sera pas trop bouchonnée à force de vouloir attendre ce moment. Vos enseignements ont toujours été riches pour moi. C'est une véritable joie de vous compter parmi le jury de ma thèse.

A Monsieur le Professeur Michel Ruquet,

Mes années de clinique n'ont été que plus belles à vos côtés, nous avons pu largement échanger sur les patients que nous avons traités ensemble. Votre proximité avec les étudiants vous honore, je pense qu'ils ne vous le rendent que trop bien en vous invitant tous à leurs thèses. Il faudra songer à être un peu plus méchant si vous voulez avoir quelques soirées de libres en plus l'année prochaine. Tout ce que je peux vous dire, c'est que lorsque nous n'étions pas en train de soigner des patients, je rigolais bien avec vous, que ça soit au laboratoire, dans les couloirs ou dans votre bureau lorsqu'il était ouvert. Merci à vous d'être présent ce soir pour mon dernier jour de vie d'étudiant, et pour le premier jour d'une autre de mes vies.

A Monsieur le Docteur Pascal Karsenti,

L'usage voudrait que je te vouvoie, j'essaye... Mais en vain, mon clavier d'ordinateur n'y parvient pas plus que moi, c'est uniquement lui le responsable (ça c'est au cas où on me reprocherait de tutoyer un membre du jury, ça m'évitera peut-être de me faire taper sur les doigts). Cela fait bientôt un an qu'on travaille ensemble, et quelques années qu'on se connaît. En quelque sorte, tu as repris le flambeau que t'ont confié inconsciemment les quatre personnes que j'ai cité avant toi et avec qui tu sièges ce soir. Tu es mon nouveau professeur ! Tu es mon professeur de dentisterie, mais pas seulement ! Tu parviens à me montrer le plus beau côté des personnes qui nous entourent et réussis à me prouver que la vie est un équilibre : il faut savoir jongler entre sa vie professionnelle, sa vie sentimentale, et sa vie familiale. Tu m'offres chaque jour de vraies leçons de vie. Merci à toi !

Remerciements tout particuliers au Dr Jean-Philippe Ré pour l'inspiration qu'il m'a donné avec sa thèse Variabilité diachronique de la courbe de Spee : exemples d'applications à l'anthropologie funéraire et à l'odontologie clinique.

Remerciements aux Dr Patrick Aouizerate et Dr Serge Bezzina.

SOMMAIRE

<u>I-Introduction</u>	page 1
<u>I.1-Définitions et concepts</u>	page 2
<u>I.1.1-Définitions</u>	page 2
I.1.1.1-En vue horizontale : les courbures d'arcades	page 2
I.1.1.2-En vue sagittale : la courbe de Spee	page 3
I.1.1.3-En vue frontale : les courbes de Wilson	page 4
<u>I.1.2-Concepts</u>	page 7
I.1.2.1-La sphère de Monson	page 7
I.1.2.2-L'hélicoïde d'Ackermann	page 8
<u>I.2-Eléments d'anatomie comparée</u>	page 11
<u>I.3-Intérêts du sujet d'étude</u>	page 14
I.3.1-Etat actuel de la littérature sur le sujet d'étude	page 14
I.3.2-Un regard différent sur les courbes de Wilson	page 16
<u>I.4-Objectifs de cette étude</u>	page 17
<u>II-Matériels et méthode</u>	page 18
<u>II.1-Matériels</u>	page 19
<u>II.1.1-Collections</u>	page 19
<u>II.1.2-Matériel d'acquisition des données</u>	page 20
II.1.2.1-Utilisation des images CBCT	page 20
II.1.2.2-Utilisation du logiciel permettant l'exploitation des données DICOM	page 21
II.1.2.2.1-Utilisation des données DICOM	page 22
II.1.2.2.2-Utilisation du logiciel AVIZO®	page 28
II.1.2.3-Utilisation du logiciel de mesures	page 44
II.1.2.3.1-Présentation du logiciel « LiveCode® »	page 44
II.1.2.3.2-Utilisation du logiciel MAEWA (Module d'Acquisition pour Etude des courbes de Wilson par les Axes)	page 48
II.1.2.3.2.1-Configuration	page 49
II.1.2.3.2.2-Utilisation de MAEWA	page 49
II.1.2.3.2.3-Concept de MAEWA	page 55
<u>II.2-Méthode</u>	page 72
<u>II.2.1-Utilisation des données DICOM</u>	page 72

II.2.1.1-Positionnement des points « A » et « C »	page 74
II.2.1.2-Positionnement des points « B » et « E »	page 74
II.2.1.3-Positionnement des points « T », « V » et « W »	page 75
II.2.1.4-Critères de non-inclusion	page 75
<u>II.2.2-Validité de la méthode</u>	page 77
<u>II.2.3-Points de référence, points, distances et angles recherchés</u>	page 77
II.2.3.1-Points de référence et points recherchés	page 77
II.2.3.2-Distances recherchées	page 80
II.2.3.3-Angles recherchés	page 81
<u>II.2.4-Analyse statistique</u>	page 82
<u>III-Résultats</u>	page 84
<u>III.1-Description des données statistiques</u>	page 85
<u>III.1.1 Description des données statistiques de la population « dents cuspidées »</u>	page 85
III.1.1.1-Description des données statistiques concernant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) cuspidées	page 87
III.1.1.2-Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires en mésial (M1.1) cuspidées	page 88
III.1.1.3-Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires en distal (M1.2) cuspidées	page 89
III.1.1.4-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires en mésial (M2.1) cuspidées	page 90
III.1.1.5-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires en distal (M2.2) cuspidées	page 91
<u>III.1.2-Description des données statistiques de la population « dents non-cuspidées »</u>	page 92
III.1.2.1-Description des données statistiques concernant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) non-cuspidées	page 94
III.1.2.2-Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires en mésial (M1.1) non-cuspidées	page 95
III.1.2.3-Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires en distal (M1.2) non-cuspidées	page 96
III.1.2.4-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires en mésial (M2.1) non-cuspidées	page 97
III.1.2.5-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires en distal (M2.2) non-cuspidées	page 98

<u>III.1.3-Description des données statistiques concernant les molaires mandibulaires de la population « dents CUSPIDEES » après fusion des résultats des cuspidés mésiales et distales</u>	page 100
III.1.3.1-Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires (M1) cuspidées	page 101
III.1.3.2-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2) cuspidées	page 102
<u>III.1.4-Description des données statistiques concernant les molaires mandibulaires de la population « dents NON-CUSPIDEES » après fusion des résultats des cuspidés mésiales et distales</u>	page 103
III.1.4.1 Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires (M1) non-cuspidées	page 104
III.1.4.2-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2) non-cuspidées	page 105
<u>III.2-Analyse des données statistiques</u>	page 106
<u>III.2.1-Test des rangs signés de Wilcoxon relatif aux individus aux dents CUSPIDEES</u>	page 106
<u>III.2.2-Test des rangs signés de Wilcoxon relatif aux individus aux dents NON-CUSPIDEES</u>	page 109
<u>III.2.3-Test de Mann-Whitney relatif aux courbes de Wilson issues de la méthode passant par les grands axes dentaires (RC)</u>	page 112
<u>III.2.4-Test de Mann-Whitney relatif aux courbes de Wilson issues de la méthode dite « conventionnelle » par trois points (WILSON)</u>	page 115
<u>IV-Discussion</u>	page 119
<u>IV.1-Comparaison des mesures</u>	page 120
IV.1.1-Comparaison des mesures entre les dents elles-mêmes	page 120
IV.1.2-Comparaison des mesures avec les valeurs issues de la littérature	page 124
<u>IV.2-Synthèse de l'analyse des données statistiques</u>	page 127
<u>IV.3-Atteinte des objectifs</u>	page 129
<u>IV.4-Perspectives</u>	page 129
IV.4.1-Recommandations pour les reconstructions prothétiques	page 129
IV.4.2-Recommandation pour l'orthopédie dento-faciale (O.D.F.)	page 129
IV.4.3-Poursuite de l'étude	page 130

I-Introduction

I.1-Définitions et concepts

I.1.1-Définitions

L'organisation des arcades dentaires est au travers de plusieurs courbes occlusales dans les trois sens de l'espace.

I.1.1.1-En vue horizontale : les courbures d'arcades

L'organisation en arcade parabolique continue aboutit à un équilibre optimal, répartissant et dirigeant les pressions pour assurer la préservation de l'ensemble des éléments constitutifs. Les dents assemblées en arcade réagissent globalement comme une voûte dont la forme permet l'absorption et répartition des contraintes dans le sens horizontal (Oh et al, 2004^[24]), perpendiculaires aux grands axes dentaires et dirigées vers l'avant du fait de la continuité que réalise l'effet de voûte ; les dents s'appuyant les unes sur les autres par le biais des points de contacts interproximaux (*Figure 1.1*).

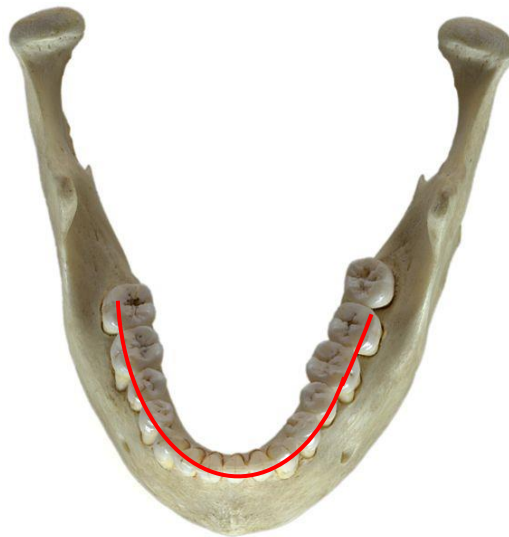


Figure 1.1 : Situation d'une arcade dentaire dans le plan horizontal

A partir de cette voûte, Slavicek^[31] décrit trois arcs occlusaux (*Figure 1.2*) :

-Arc de calage : ligne médiane définissant la stabilité sagittale, cette ligne fonctionnelle active bi-maxillaire suit les cuspides porteuses mandibulaires (cuspides vestibulaires mandibulaires) ;

-Arc de guidage : ligne vestibulaire définissant les surfaces de guidage, cette ligne suit les cuspides surplombantes des cuspides porteuses mandibulaires, elle est située sur les cuspides guides (cuspides vestibulaires maxillaires) ;

-Arc de centrage : ligne linguale participant à la stabilité transversale, cette ligne fonctionnelle active suit les cuspides porteuses mandibulaires et concerne donc les cuspides linguales maxillaires.

La ligne médiane ou arc de calage est la seule ligne continue à intéresser les deux arcades, c'est la raison pour laquelle cette ligne est choisie pour définir le plan d'occlusion et la courbe de Spee.

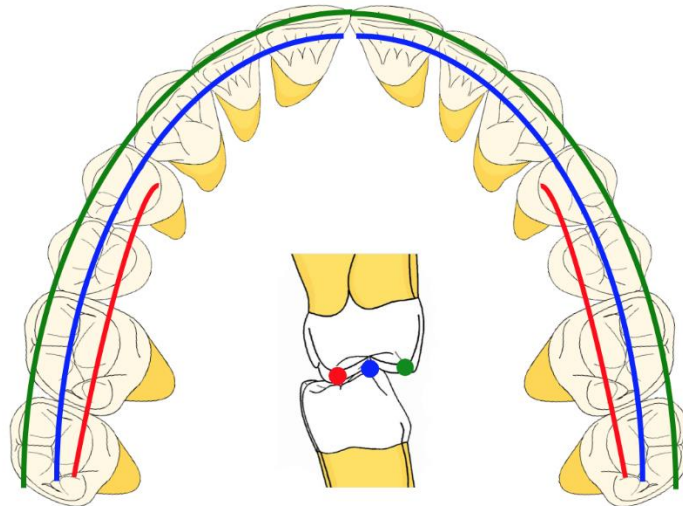


Figure 1.2 : En vue horizontale on décrit trois arcs occlusaux : un arc de calage (en bleu), un arc de guidage (en vert) et un arc de centrage (en rouge)

I.1.1.2-En vue sagittale : la courbe de Spee

La courbe de Spee est une courbe située dans un plan para-sagittal. Elle doit son nom à l'anatomiste allemand Ferdinand Graf von Spee ^[33] (1890), elle est le reflet de l'inclinaison sagittale des dents pluricuspidées. Le Collège National d'Occlusodontologie (CNO) propose la définition suivante (2001) : « **Courbe sagittale à concavité supérieure issue du sommet de la cuspide de la canine mandibulaire et qui suit la ligne des pointes cuspidiennes vestibulaires des prémolaires et molaires mandibulaires** ».

Il ne s'agit pas d'un « simple » plan d'occlusion dentaire puisque cette courbe intéresse également de l'os, c'est-à-dire le condyle mandibulaire et plus particulièrement son centre ou son bord antérieur (*Figure 1.3*).

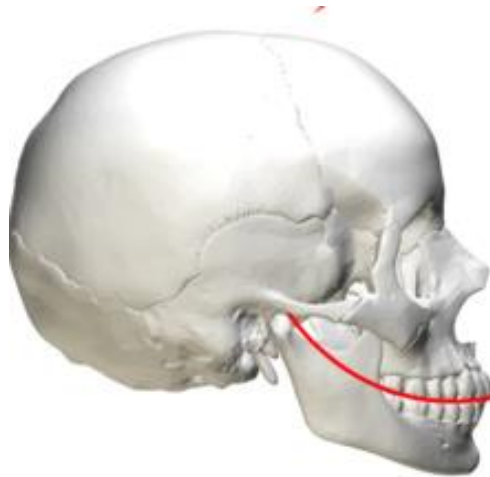


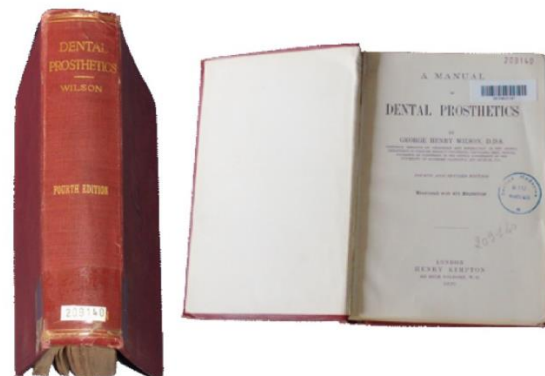
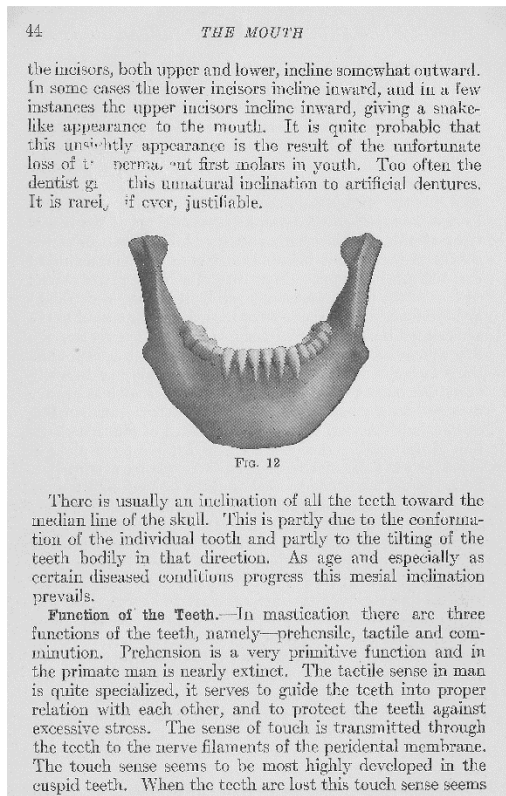
Figure 1.3 : Situation de la courbe de Spee dans un plan para-sagittal

Bien que la courbe de Spee est souvent désignée pour permettre une désocclusion harmonieuse des dents postérieures (en diduction ou en propulsion), par la combinaison du guidage antérieur et du guidage condylien^[2,20,25,30], son point fort réside surtout dans le fait d'axialiser les contraintes dans le sens vertical des dents en occlusion d'intercuspidie maximale (OIM) (Orthlieb^[28],1997).

Lors des reconstructions prothétiques, il est donc impératif de la recréer, adaptée à la physiologie du patient^[26,27,29,30].

I.1.1.3-En vue frontale : les courbes de Wilson

Sur une coupe frontale, les faces occlusales s'inscrivent dans une courbe imaginaire – assimilée à une portion de cercle – à concavité supérieure appelée courbe de Wilson. Décrites pour la première fois par Georges H. Wilson ^[34,35] en 1911 (*Figures 1.4a et 1.4b*), elles intéressent uniquement les dents (*Figure 1.5*). Le Collège National d'Occlusodontologie (2001) propose la définition suivante : « **Courbes frontales à concavité généralement supérieure réunissant les sommets des cuspides vestibulaires et linguales de deux dents homologues** », elles peuvent être décrites au maxillaire ou à la mandibule.



Figures 1.4a et 1.4b : Schéma (1.4a) et livre (1.4b) original Dental Prosthetic de Georges H. Wilson

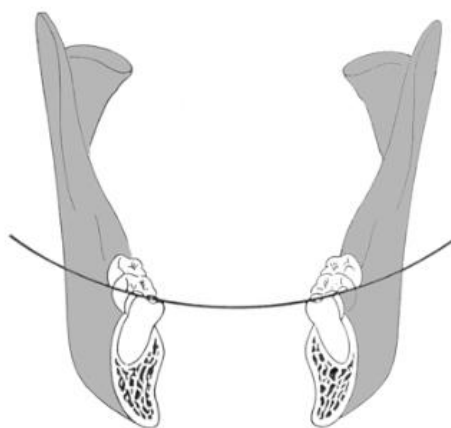


Figure 1.5 : Courbe de Wilson passant par les premières molaires mandibulaires

De ce fait puisqu'il existe une courbe de Wilson passant par les sommets des cuspidés vestibulaires et linguales d'un couple de dents homologues, alors il est préférable de parler de ces dernières au pluriel. La concavité de ces courbes est davantage marquée en distal qu'en mésial, traduisant ainsi le marquage d'une transition vers des zones aux contraintes et aux pressions de plus en plus importantes pour la fonction nutritive. Il faut aussi noter que les axes dentaires convergent de plus en plus du sens mésial vers distal (Figure 1.6).

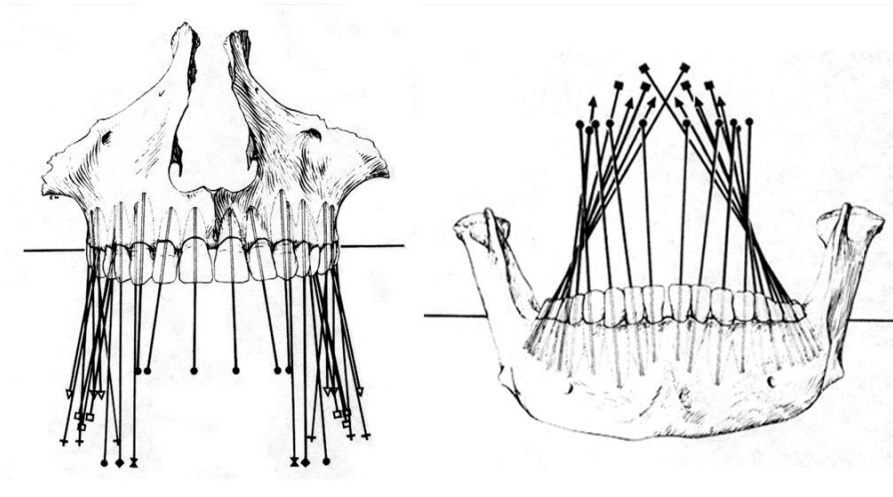


Figure 1.6 : Configuration spatiale des axes dentaires au maxillaire et à la mandibule, d'après Demptser et al^[12] (1963)

Ces courbes permettent donc de concentrer les contraintes et de favoriser la mastication. Leur concavité supérieure permet de faire converger la résultante des forces occlusales en haut et en dedans, à travers la voûte palatine qui constitue une zone idéale de résistance aux pressions (Figure 1.7).

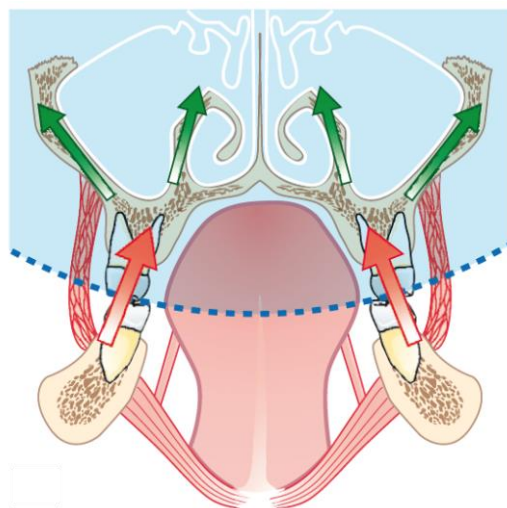


Figure 1.7 : Courbe de Wilson et convergence de la résultante des forces occlusales, d'après Slavicek

De plus, l'inclinaison dans le plan frontal des tables occlusales des dents pluricuspidées est une nécessité pour permettre – lors des déplacements mandibulaires en diduction – le

maintien de la proximité des tables occlusales (mastication), sans créer cependant d'interférence occlusale^[7].

I.1.2-Concepts

Les courbes occlusales de Spee et de Wilson se forment au fur et à mesure de l'éruption des molaires permanentes, parallèlement à la croissance de la branche montante de la mandibule. A la différence de l'enfant, le "plan" d'occlusion, chez l'adulte, n'est pas plan et il faudra en tenir compte lors des traitements prothétique et orthodontique par la mise en place de dispositifs thérapeutiques adaptés.

I.1.2.1-La sphère de Monson

En 1920, Monson ^[22] décrit un concept de sphère avec un centre et un rayon unique, il s'agirait de la réunion de la courbe de Spee avec les courbes de Wilson. L'objectif du concept de cette sphère imaginaire est de guider la réalisation des prothèses adjointes complètes. Son rayon moyen serait égal à la longueur moyenne d'une arête du triangle équilatéral de Bonwill, soit 101,6 mm (4 pouces) (*Figure 1.8*).

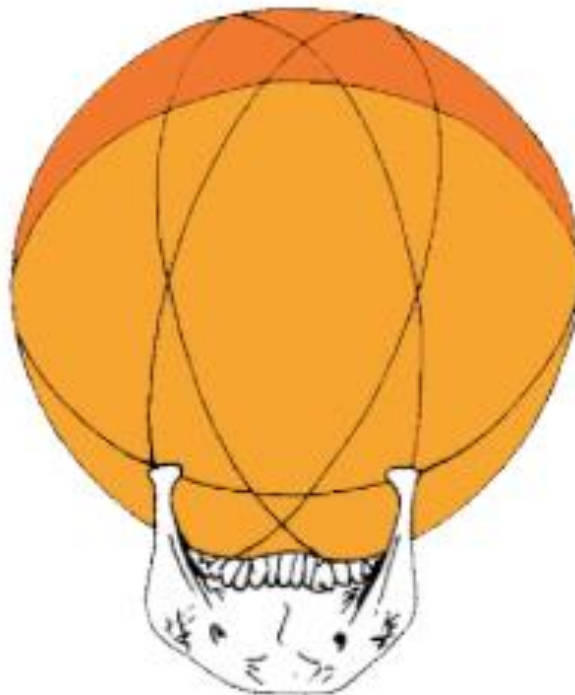


Figure 1.8 : Concept de la sphère de Monson (1920)



Figure 9. George S. Monson, DDS (1869–1933). (Reprinted by permission of ADA Publishing, a division of ADA Business Enterprises, Inc.¹⁶ Copyright © 1933, American Dental Association.)

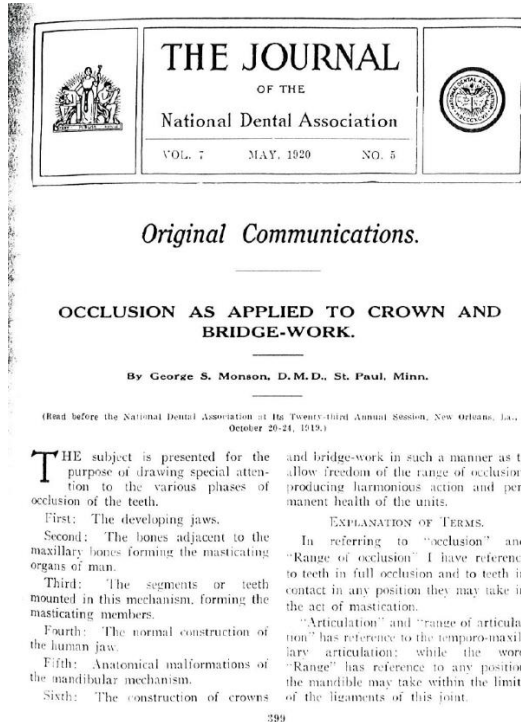


Figure 9 : Représentation de G.S. Monson et sa communication relative à la sphère de Monson dans le Journal of the National Dental Association (mai 1920)

I.1.2.2-L'hélicoïde d'Ackermann

Selon Ackermann^[1] (1954), les courbes frontales sont non homogènes contrairement à la courbe sagittale. Il réfute donc le concept de sphère stricte et décrit une forme hélicoïde du plan d'affrontement occlusal. Le pas d'hélice (changement de courbure) se situerait au niveau des deuxième molaires (*Figures 1.10a, 1.10b et 1.10c*).

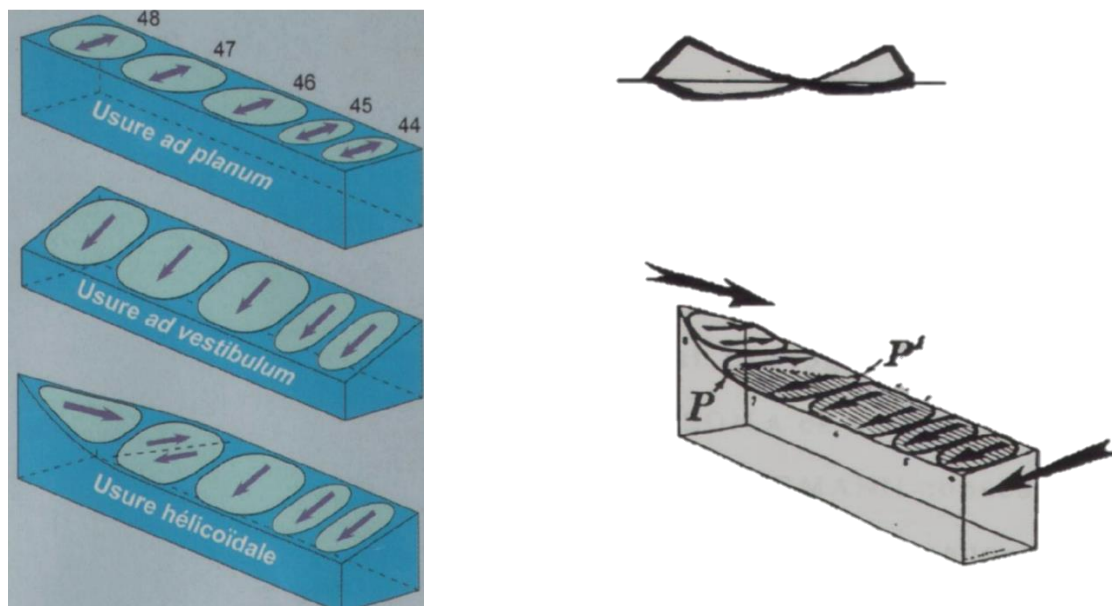


Figure 1.10a : Différentes topographies du plan d'occlusion, d'après d'Incau (2004) ; Figure 1.10b : Disposition des arcades en forme d'hélice, d'après Ackermann (1954).



Figure 1.10c : Usure occlusale hélicoïde sur des molaires mandibulaires (Vilarneau d'Amont, 2009 ; R. Esclassan)

En présence d'une denture abrasée, Lundeen et Gibbs ^[16] ont montré que l'enveloppe des mouvements masticatoires était modifiée. La normalité montre qu'en entrée de cycle les contacts dentaires se font du côté mastiquant vers l'OIM où le mouvement se stabilise ; la mandibule s'abaisse alors à nouveau pour se diriger vers l'autre côté : c'est la mastication unilatérale alternée. En présence d'une denture abrasée, le mouvement ne se stabilise pas en OIM mais glisse au contact des dents vers le côté opposé avant l'ouverture de la mandibule du côté opposé.

Ce processus d'usure altérerait la morphologie des versants externe et interne des cuspides porteuses, et du versant interne des cuspides de recouvrement. Cette altération serait responsable de l'inversion des courbes de Wilson décrite par quelques auteurs (Beyron ^[2], 1964 ; D'Amico ^[8-11], 1961).

Brabant ^[4-6] définit en 1970 l'usure dentaire des populations anciennes, et ce jusqu'au moyen âge, comme étant intense, rapide, précoce, homogène sur une même arcade. Les stades avancés de l'usure dentaire peuvent aller jusqu'à l'inversion totale « ad vestibulum », (restes fossiles de l'abri Pendimoun à Castellar - Alpes Maritimes qui représentent les plus anciens restes néolithiques étudiés), et même provoquer la mortification pulpaire.



Figure 1.11 : Usure dentaire sur mandibule humaine, d'après Brian Palmer

A la vue de ces différentes images d'usure, il est évident que cette usure ne se réalise pas perpendiculairement au grand axe des dents (*Figure 1.11*) et que par cette même usure il existe une modification de l'orientation des tables occlusales, alors que globalement les dents conservent la même inclinaison (*Figure 1.12*). Ces usures occlusales – observées dans des temps historiques et préhistoriques – sont des abrasions liées au mode alimentaire et à l'usage non-nutritif des dents.

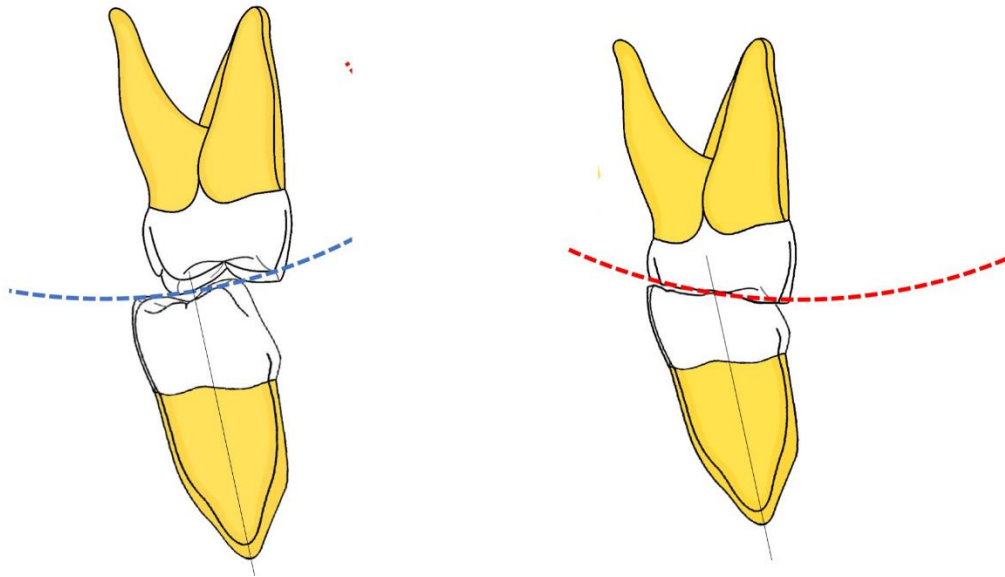


Figure 1.12 : Avec l'importante usure par abrasion, l'inclinaison frontale de la table occlusale s'inverse mais l'axe de la dent ne change pas globalement

I.2-Eléments d'anatomie comparée

Toute organisation d'un être vivant vise à respecter les lois élémentaires de la biologie qui sont – hormis la reproduction de l'espèce – la préservation de ses structures et l'économie d'énergie (Marguelles-Bonnet et Yung^[21], 1984). Au niveau dentaire, deux phénomènes semblent particulièrement intéressants : la gracilisation des tissus de soutien du système dentaire et l'apparition très récente du recouvrement des dents antérieures maxillaires sur les dents antérieures mandibulaires (guidage antérieur) (*Figure 1.13b*).

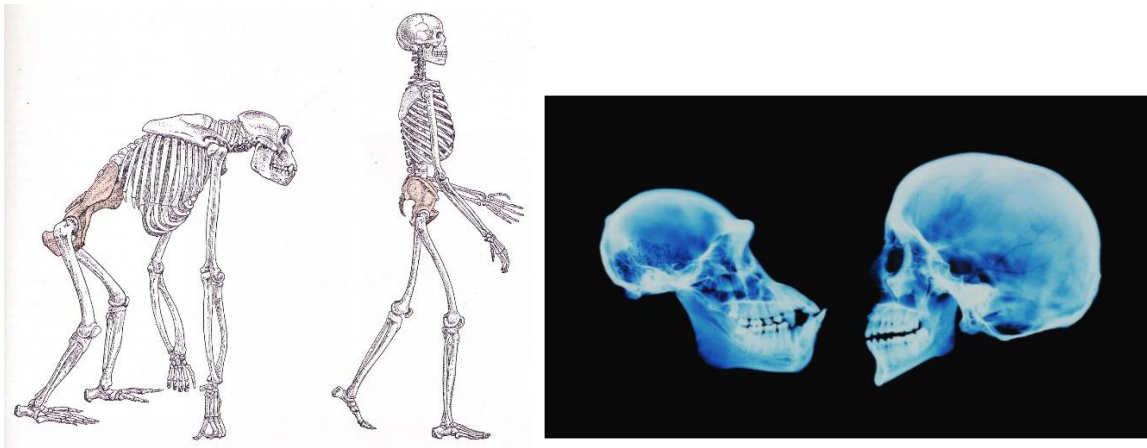


Figure 1.13a : Illustration d'un squelette de chimpanzé et d'humain dans leur posture d'économie ; Figure 1.13b : Radiographie de profil d'un crâne humain et d'un crâne de chimpanzé. Noter la réduction du massif osseux appendu à la face.

L'étude de la phylogénèse du genre *Homo* montre que bipédie, cérébralisation et habileté manuelle sont associées à une réduction considérable du volume du tissu osseux supportant les dents (Brabant^[5], 1964)(Figure 1.12a), mais aussi à un élargissement dans le sens transversal du crâne. Cet élargissement est davantage marqué concernant l'os de la mandibule (Figure 1.14).



Figure 1.14 : Vue de face d'un crâne humain et d'un crâne de chimpanzé, d'après Getty Image

Du fait d'une base osseuse mandibulaire plus large que la base osseuse maxillaire, les molaires ont pris - au cours de cette évolution - une inclinaison plus prononcée (*Figure 1.15*). Ce qui fait que les courbes de Wilson sont une spécificité propre à l'espèce humaine.



Figure 1.15 : Inclinaison « ad vestibulum » des axes des molaires mandibulaires chez le macaque

Chez le genre *Homo*, le système dentaire a, pour sa part, relativement peu évolué en dehors de la diminution du volume des canines, la disparition des diastèmes et la constitution d'arcades dentaires paraboliques continues (*Figure 1.16*). Parallèlement, le développement considérable du système nerveux central a assuré l'épanouissement de nouvelles fonctions manducatrices, les fonctions de relation : phonation, mimiques, gestion des émotions. Ainsi, le système dentaire humain actuel possède un système de protection neuro-sensoriel fin compensant la fragilisation mécanique du tissu de soutien.

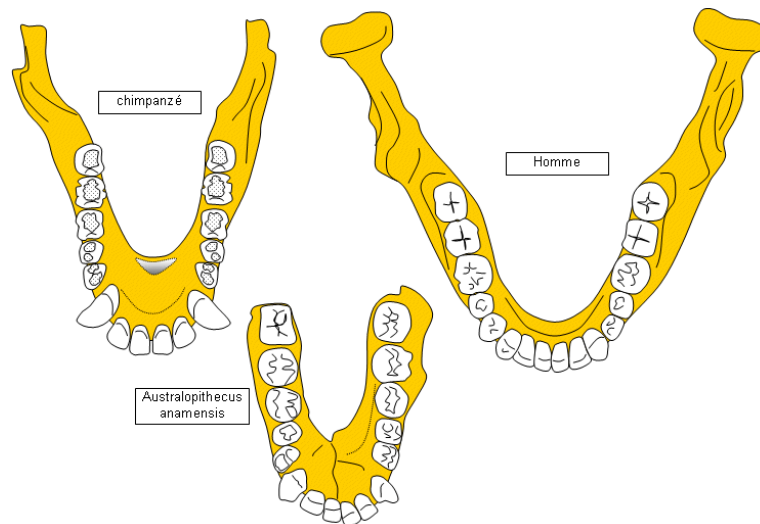


Figure 1.16 : Situation des arcades mandibulaires chez trois espèces de primates :
Chimpanzé, Australopithèque et Homme, d'après l'Académie de Dijon

I.3-Intérêts du sujet d'étude

La littérature sur le sujet de l'étude est assez pauvre, nous avons donc commencé à chercher et à passer en revue l'ensemble des connaissances actuelles afin d'établir des suppositions permettant d'acquérir un point de vue différent quant aux courbes de Wilson.

I.3.1-Etat actuel de la littérature sur le sujet d'étude

A notre connaissance et à ce jour, très peu d'études de variabilité ont porté sur les courbes de Wilson et encore moins en présence de dents abrasées.

B. Holly Smith a étudié les usures molaires dans le plan frontal chez différentes espèces animales^[32] (1986). Il conclue que « l'inclinaison axiale progressive des molaires produisant un plan hélicoïdal est constante chez les mammifères comme chez les hominidés, les pongidés, certains cervidés, les macropodidés, les ursidés, et les sciuridés. Le raccourcissement du visage est une tendance importante dans l'évolution des hominidés et on peut s'attendre à ce que l'inclinaison axiale des molaires montre un changement progressif de l'*Australopithecus afarensis* jusqu'au plus récent *Homo sapiens* ».

Ferrario^[14] (1999) et al mesurent de manière électronique par scannage les courbes occlusales parasagittale (courbe de Spee) et frontales (courbes de Wilson) sur des moulages dentaires issus d'une population adolescente en denture adulte, ainsi que sur une population adulte. Ils parviennent à mettre en évidence que le rayon de la courbe de Spee est égal au rayon

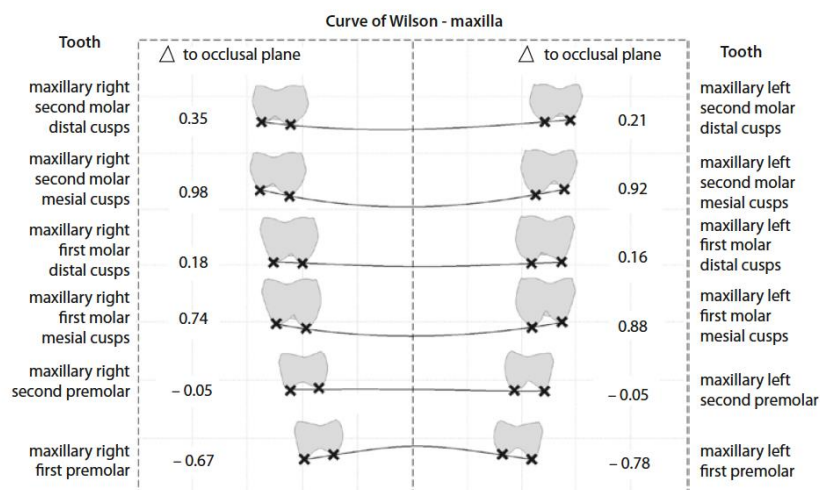
de la courbe de Wilson passant par les premières molaires mandibulaires pour la population adolescente et la population adulte.

En 2001, Bezzina et al^[3] s'intéressent à l'usure dentaire et aux courbes de compensation transversales. Ainsi, il est comparé une population médiévale aux dents abrasées à une population contemporaine aux dents cuspidées. Les auteurs proposent une approche différente pour mesurer les courbes de Wilson : une méthode géométrique dont le centre de la courbe recherchée est donné par l'intersection des deux médiatrices issues de segments représentant les tables occlusales. La comparaison de cette méthode dite « géométrique » avec la méthode dite des « gabarits » (gabarits en papiers de diamètres différents - posés à même sur les tables occlusales d'un couple de dents homologue - permettant ainsi une lecture rapide et simple de la profondeur de courbe de Wilson recherchée). Les résultats de cette étude ont prouvé que les deux méthodes proposées sont reproductibles, comparables et peuvent être utilisées de manière similaire, avec toutefois un avantage pour la méthode géométrique par le fait qu'elle est modélisable.

Puis en 2011 Kulmer^[18] étudie sur une population adolescente issue du Tyrol des points céphalométriques tels que le point condylien, le point infra-orbitaire ainsi que certains points dentaires maxillaires. A cela il ajoute les moulages en plâtre des arcades des sujets, montés en relation centrée, sur lesquels il relève les points cuspidiens et certains points d'occlusion qu'il corrèle avec les analyses céphalométriques spécifiques à chacun des sujets. Il parvient ensuite de manière digitale à retracer le plan axio-orbitaire, le plan d'occlusion de Gysi^[17] (qui s'étend du bord libre entre les deux incisives centrales maxillaires jusqu'à la cuspide mésiolinguale de la première molaire maxillaire), la courbe de Spee et les courbes de Wilson. Il en conclut que les courbes de Wilson s'établissent chez l'adolescent à la fin des phénomènes d'éruptions dentaires. La figure qui suit (*Figure 1.17*) est relative à l'étude de Kulmer, il est mis en évidence un gradient entre une droite passant par la cuspide vestibulaire et linguale de chaque dent pluri-cuspidée (prémolaires et molaires) et le plan d'occlusion de Gysi où il parvient à reconstruire les courbes de Wilson chez une population adolescente en denture adulte.

En 2013, Nam^[23] et al mesurent aussi des moulages dentaires par scannage, mais avec un protocole différent que celui de Ferrario, la technologie ayant fortement évolué entre temps. Nam et son équipe parviennent aux mêmes conclusions que Ferrario, mais avec des résultats légèrement différents probablement dus au fait que les populations étudiées par les deux auteurs soient issues d'ethnicités différentes.

Curve of Wilson, maxilla. Projection of cusp tips (x) of maxillary premolars and molars in frontal plane and interpolated curves of Wilson. Numbers indicate the difference between buccal and lingual cusp tips measured to maxillary occlusal plane in millimeters. Negative values indicate that lingual cusp is shorter than buccal cusp



Curve of Wilson, mandibular. Projection of cusp tips (x) of mandibular premolars and molars in frontal plane and interpolated curves of Wilson. Numbers indicate difference between buccal and lingual cusp tips measured to mandibular occlusal plane in millimeters

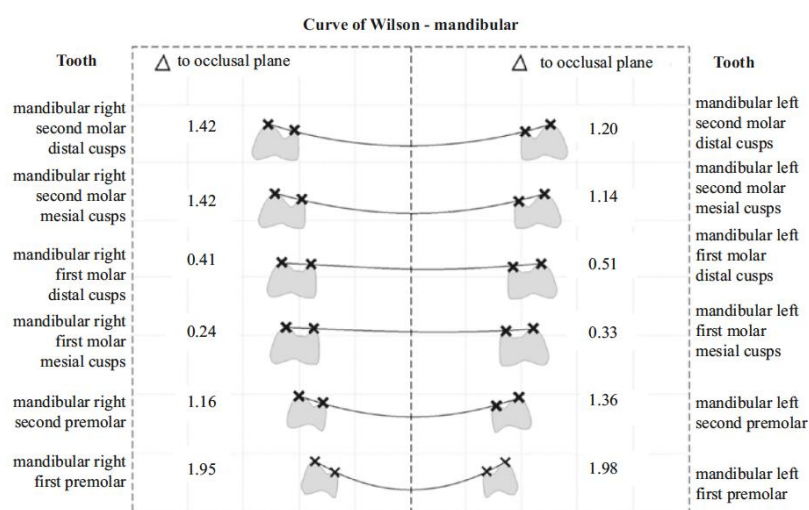


Figure 1.17 : Courbes de Wilson, d'après Kulmer (2011)

I.3.2-Un regard différent sur les courbes de Wilson

Vouloir retrouver et calculer les courbes de Wilson en s'affranchissant des cuspidés dentaires – qui par usure – sont des éléments variables dans le temps nous est apparu comme étant un sujet d'intérêt. L'étude des grands axes dentaires sera conduite en identifiant un grand axe dentaire global de chaque dent passant par le milieu des premiers tiers/deuxième tiers apical de chaque racine dentaire et remontant jusqu'au centre de chaque couronne dentaire.

Pour valider cette nouvelle méthode de mesure, il faut la comparer à la méthode de mesure conventionnelle des courbes de Wilson : celle passant par les cuspidés dentaires d'individus aux dents non abrasées. Il est par ailleurs nécessaire de tester ces deux méthodes – la nouvelle, passant par les grands axes dentaires et la conventionnelle, passant par les cuspidés

dentaires – sur une population aux dents abrasées. Pour cela, l'imagerie tridimensionnelle et les outils numériques sont d'une grande aide en apportant un haut niveau de précision.

I.4-Objectifs de cette étude

A partir des valeurs métriques et angulaires mesurées sur les images 3D de mandibules numérisées, les objectifs de ce travail sont :

- proposer une nouvelle méthode de mesure des courbes de Wilson passant par les axes dentaires qui est autant efficace que la méthode de mesure des courbes de Wilson conventionnelle ;

- proposer une nouvelle méthode de mesure des courbes de Wilson - autre que la méthode de mesure des courbes de Wilson conventionnelle – qui fonctionne en s'affranchissant des cuspides dentaires et donc du facteur d'usure occlusale à contrario de la méthode de mesure conventionnelle, qui elle ne peut se passer des cuspides dentaires.

II-Matériels et **méthode**

Pour les besoins de l'étude, il est nécessaire d'extraire des données physiques issues de crânes sec d'humains, de les convertir en données numériques en trois dimensions pour ensuite les transformer en images en deux dimensions dans un plan donné afin de les exploiter par un logiciel de mesures physiques, ces dernières seront analysées statistiquement.

II.1-Matériels

Il s'agit des collections de crânes utilisées pour l'étude, du matériel d'acquisition des données physiques ainsi que du logiciel d'utilisation des données numériques, du logiciel de calcul des mesures ainsi qu'un logiciel d'analyse statistiques.

II.1.1-Collections

Les images des mandibules utilisées, souvent associées à leur crâne, proviennent de deux collections du Museum d'Histoire Naturelle de Vienne en Autriche.

La première collection est nommée collection « Weissbach » (WB). Elle provient d'Augustin Weissbach (1837-1914), médecin militaire autrichien qui a recueilli ces crânes en travaillant à l'hôpital de Constantinople (Istanbul dans l'actuelle Turquie) dans la seconde moitié du XIXème siècle. La plupart de ces crânes provient de soldats qui ont servi dans l'armée impériale Austro-Hongroise. Weissbach a fait don de sa collection privée au département d'anthropologie et d'ethnographie du Museum d'Histoire Naturelle de la ville de Vienne en 1885. Les archives montrent que les crânes appartenaient principalement à des soldats adultes masculins décédés entre 19 et 50 ans aux alentours de 1870. L'âge de cette collection est d'environ 150 ans.

La deuxième collection est nommée collection « Hainburg » (HB). Elle se compose de crânes de l'âge de bronze et est nommée ainsi d'après le lieu, non loin de Vienne et proche de la frontière avec la Hongrie où a été trouvé ce matériel. L'âge de cette collection est estimé à environ 4000 ans.

Les deux populations sont composées indifféremment, mais majoritairement de crânes indissociés de leur mandibule et de mandibules sans leur crâne.

En tout, les fichiers numérisés de 447 « mandibules » ont pu être fournis par le Museum d'Histoire Naturelle de Vienne au format DICOM, mais pour les besoins de l'étude, plusieurs mandibules ont dû être rejetées. Les numérisations de ces crânes ont été rendues possibles grâce à une fondation financée par le Pr. Rudolf Slavicek. Ce dernier a accepté de nous faire bénéficier de ces données à titre gracieux.

Nous avons décidé de travailler sur l'os mandibulaire car c'est la partie du squelette crânien la mieux conservée.

Pour la population Weissbach (WB), 150 ans, 13 spécimens ont pu être étudié.

Pour la population Hainburg (HB), 4000 ans, 7 spécimens ont pu être étudié.

En raison des critères de non-inclusion, le rejet des mandibules présentes dans les collections est conséquent. (Voir partie : **II.2.1.4 – Critères de non-inclusion**).

II.1.2-Matériel d'acquisition des données

La méthode de travail à partir de l'utilisation d'images en données DICOM a été retenue pour plusieurs raisons :

- Possibilité de conserver les données, afin de les partager ou tout simplement pour d'éventuelles autres mesures ultérieures à contrario d'un modèle physique (os ou moulage) qui nécessiterait un milieu de stockage adapté et un entretien régulier. Ici, un simple de stockage externe de données suffit ;

- Facilité de réaliser des mesures par une meilleure ergonomie de travail sans avoir à se déplacer sur le lieu où sont entreposées les collections, ni de se rendre dans un laboratoire d'anthropologie ;

- Souci du respect de la préservation du matériel (os, moulage), en évitant de nombreuses et délicates manipulations pouvant causer leur dégradation mais aussi permettant de diminuer les coûts nécessaires pour l'exploitation de ce matériel.

II.1.2.1-Utilisation des images CBCT

Les images numérisées CBCT (Cone Beam Computed Tomography) ont été acquises avec le Galileo Compact (Galileo, SironaSystem Company, Bensheim, Allemagne) : 220V, fréquence 50/60 Hz et avec une filtration totale du tube d'assemblage radiographique supérieure à 2,5 Al. L'angle du faisceau conique était calibré à environ 24° et avec une angulation orbitale

de 204°. Le temps de scannage était d'environ 14 secondes, et le nombre d'expositions individuelles était de 200 pour chaque crâne. Le champ de vision était de 15cm de diamètre et de 15 cm de hauteur. Comme les échantillons n'ont pas de tissus mous, les paramètres d'exposition ont été contrôlés par l'exposition automatique. Les données CBCT ont été exportées à partir du logiciel Sidexis XG (Sirona Dental System) dans disque en format DICOM.

II.1.2.2-Utilisation du logiciel permettant l'exploitation des données DICOM

L'utilisation des données DICOM se fait par l'emploi du logiciel Avizo®, prêté à titre gracieux via une licence d'essai pendant un total de quinze semaines au cours de l'année 2018.

Le logiciel Avizo® fournit une large gamme d'outil destinés à la visualisation des informations quantitatives des images 3D.

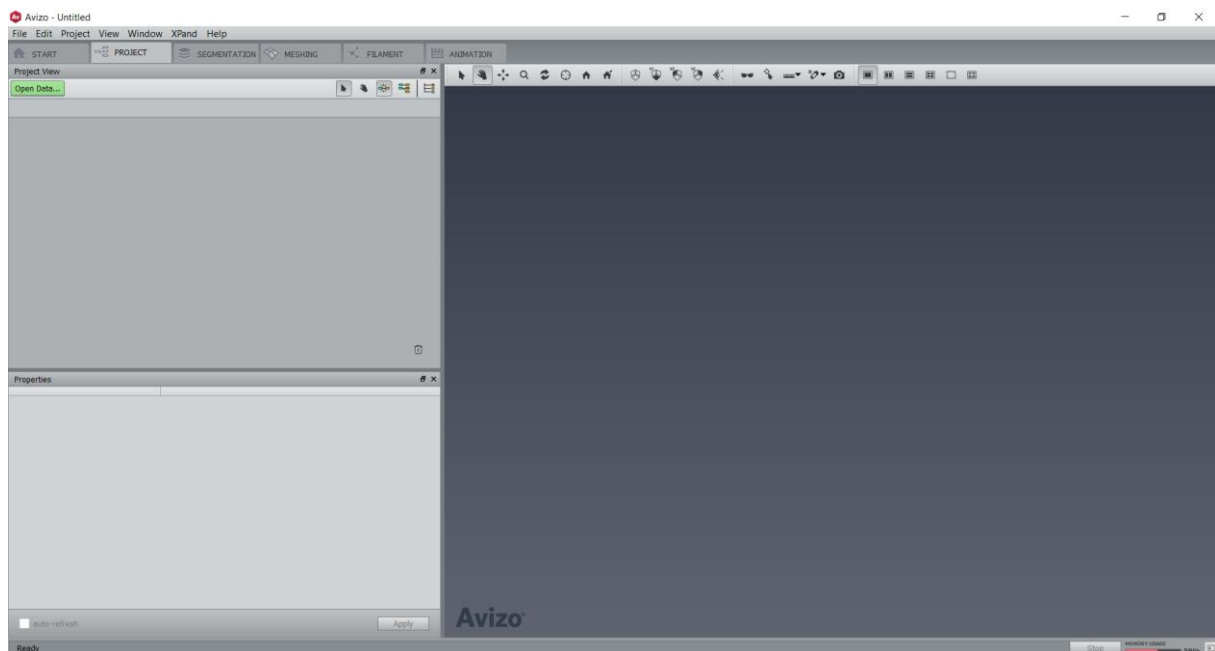
Dédié, entre autres, à la tomographie industrielle, la cristallographie, la microstructure des matériaux, l'inspection, le contrôle non-destructif (CND), la géologie, l'analyse des aliments, Le logiciel Avizo® offre un ensemble de fonctionnalités permettant de pénétrer au cœur des matériaux afin de mieux comprendre leur structure.

II.1.2.2.1-Utilisation des données DICOM

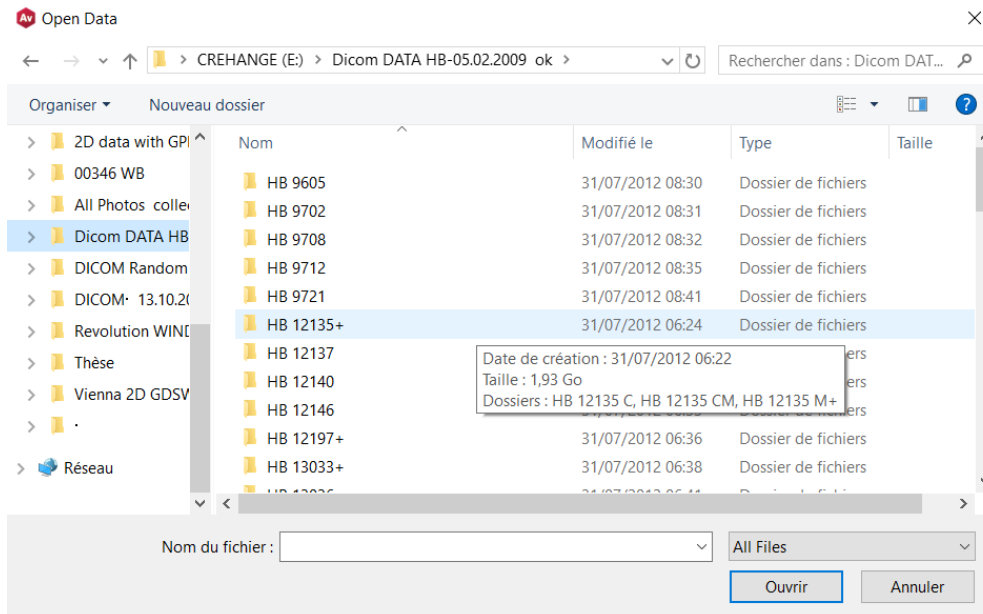
Il convient dans un premier temps d'importer les données DICOM et de les rendre utilisables pour le logiciel AVIZO®. Cette étape est décrite point par point de la manière suivante :

-Ouvrir le logiciel, *l'utilisateur sera alors sur la fenêtre principale telle que montrée ci-dessous.*

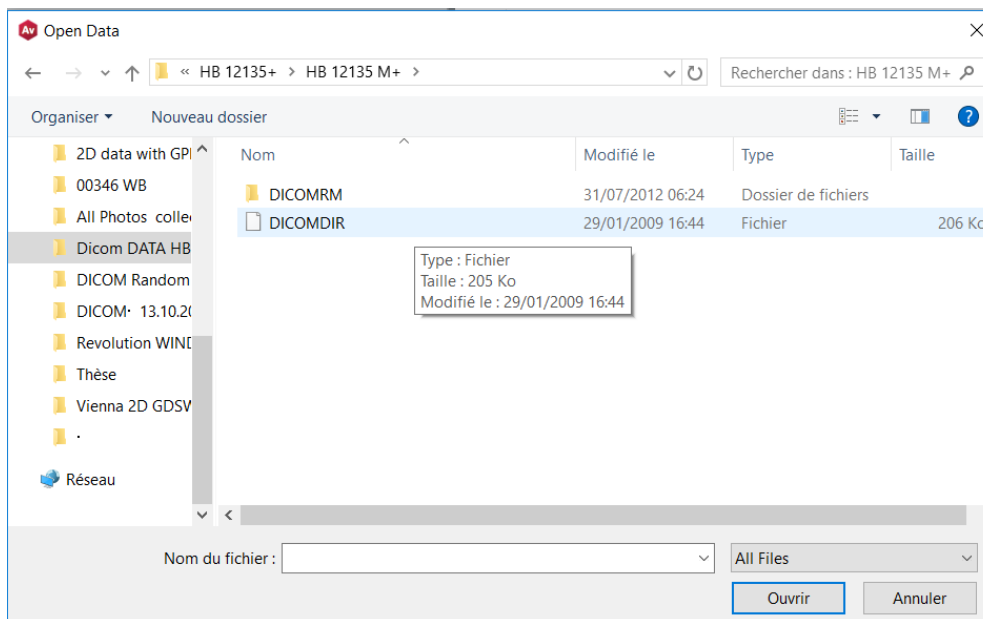
-Choisir « Open data »



-Puis choisir le dossier contenant les données DICOM (en l'occurrence, ici, « HB12135+ »)

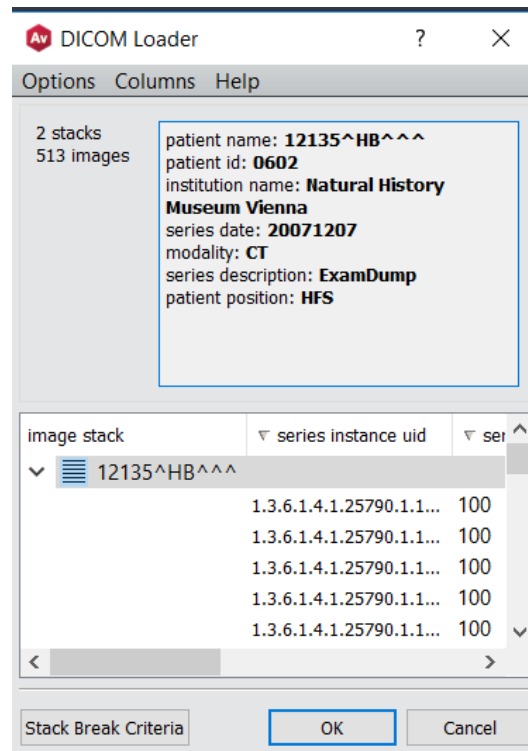


-Puis, sélectionner les icônes contenant les données à étudier

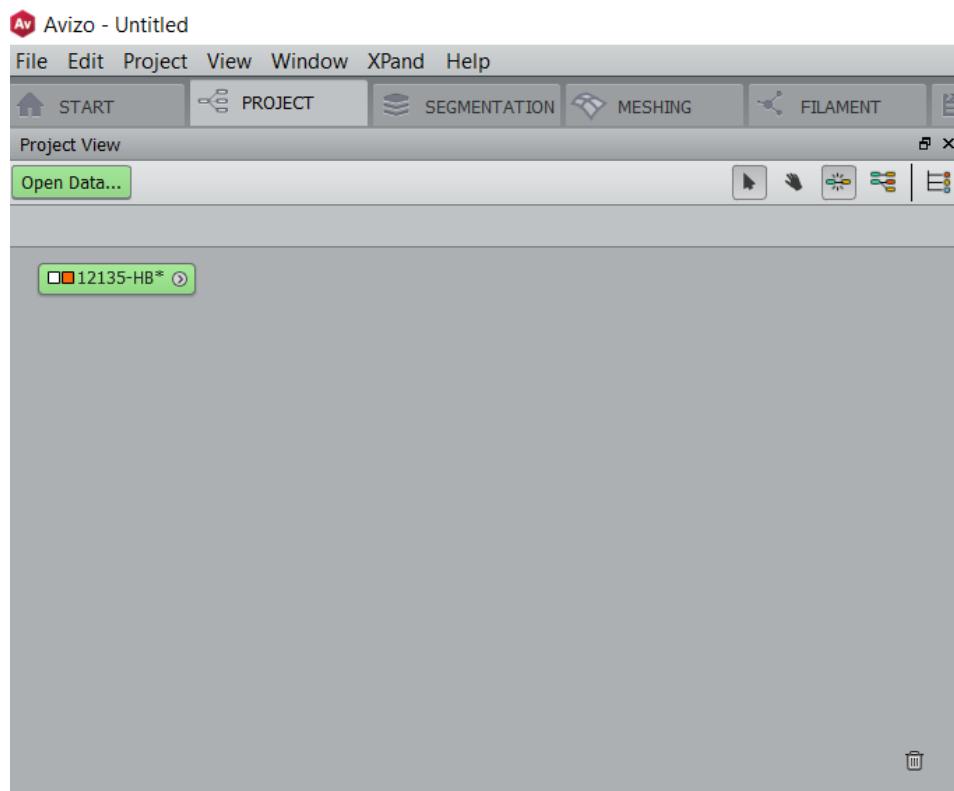


-« Ouvrir »

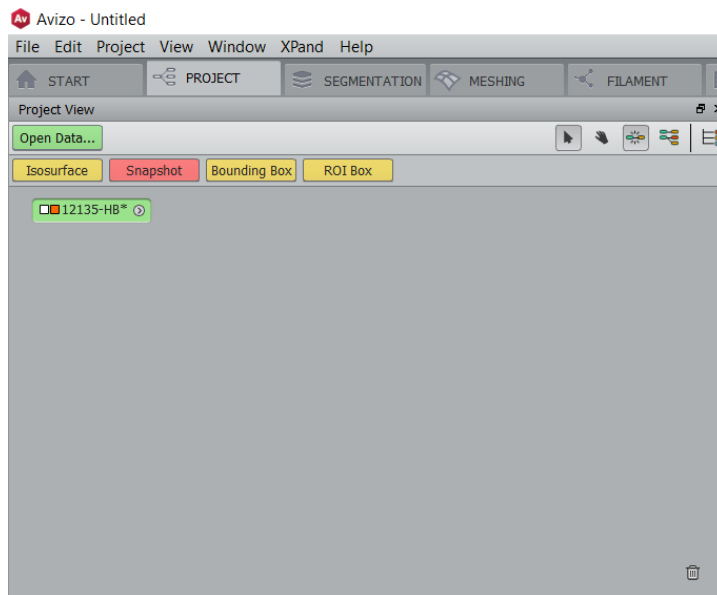
-Puis, « OK » ; cette étape correspond à la lecture des Header contenant les informations du spécimen étudié et les paramètres d'acquisition du scanner.



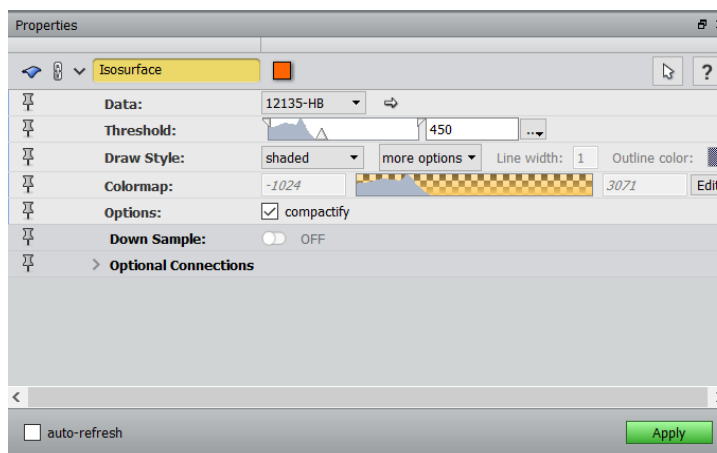
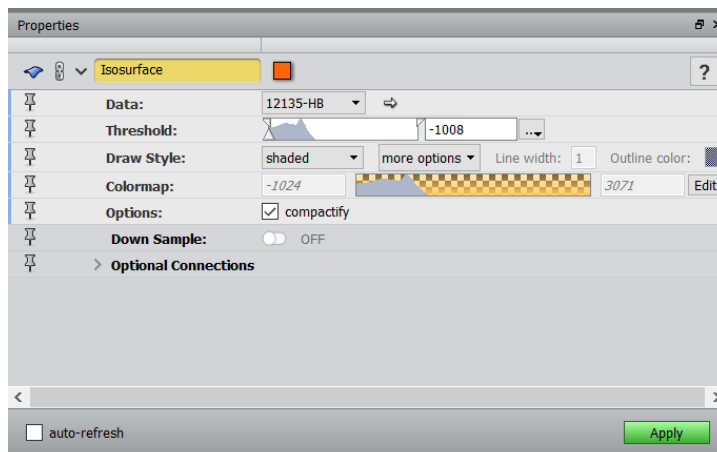
-Apparaît alors l'objet vert dans la fenêtre « Main Panel »



-Sélectionner l'objet vert ; puis cliquer sur l'onglet jaune « Isosurface »

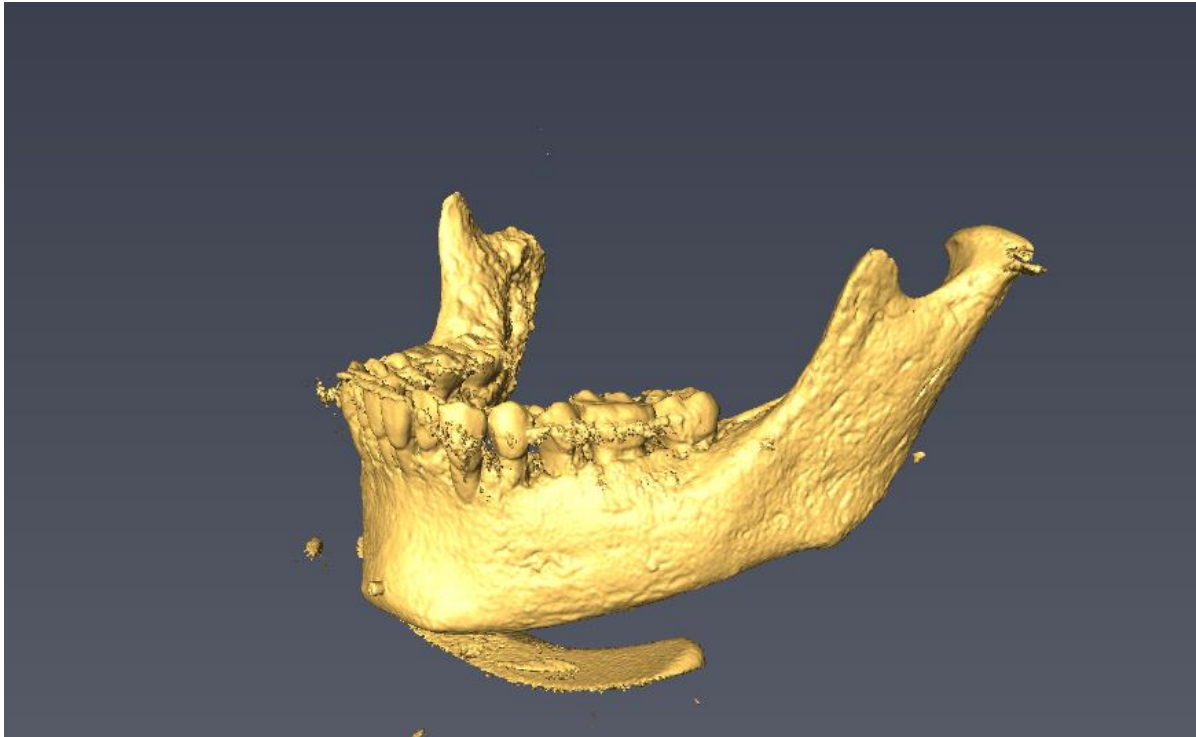


-Puis, choisir le seuil de reconstruction (threshold) dans le panneau « Properties » et déplacer le curseur (threshold) au moins jusqu'à « +450 »

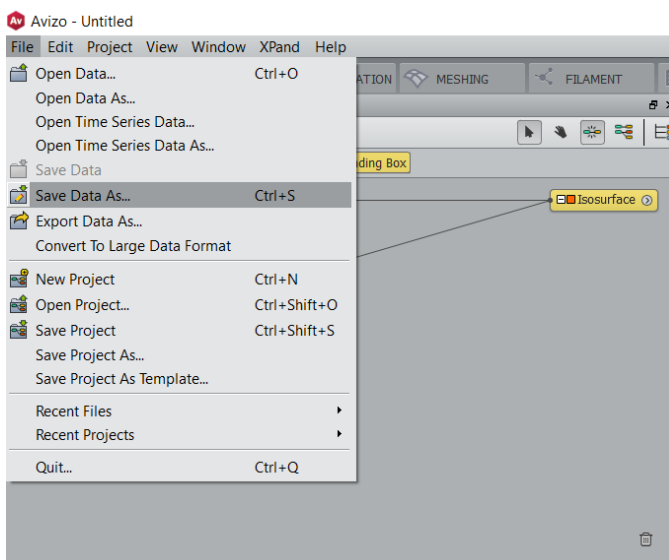
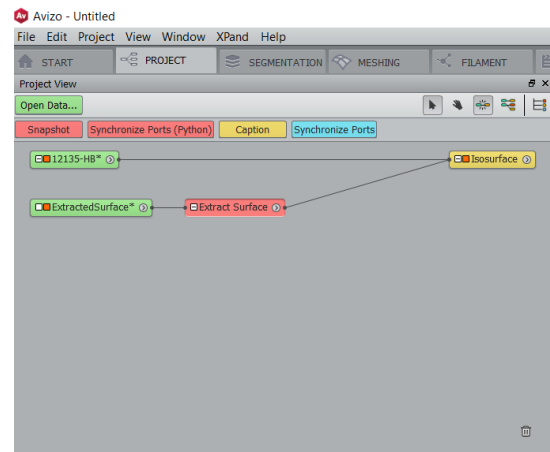
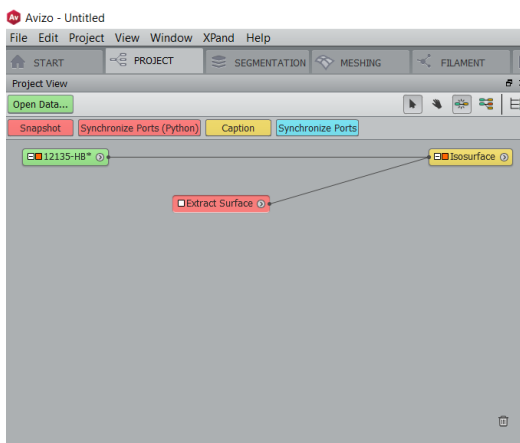
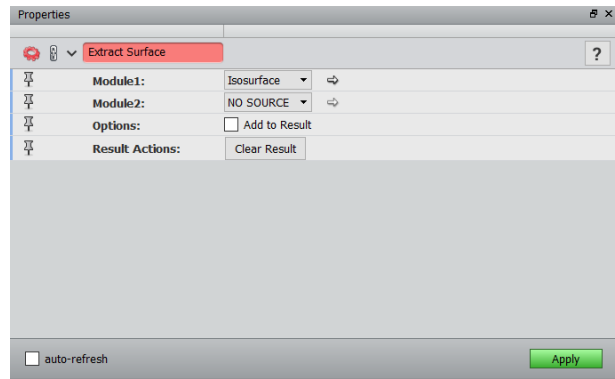
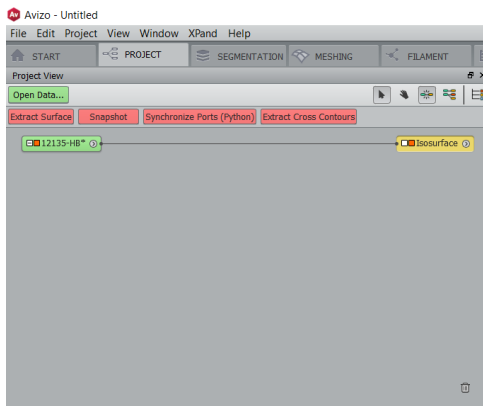


-Et valider en sélectionnant « Apply »

L'image apparaît alors (si les bruits gênent dans la compréhension de l'image, il est toujours possible de les réduire en déplaçant le curseur (threshold)).



-Puis, cliquer sur le module « Isosurface » et sélectionner l'onglet orange « ExtractSurface » afin d'obtenir un nouvel objet vert (save data as) en .stl ou .ply ou .obj ou .surf.



-Puis, « Apply »

II.1.2.2.2-Utilisation du logiciel AVIZO®

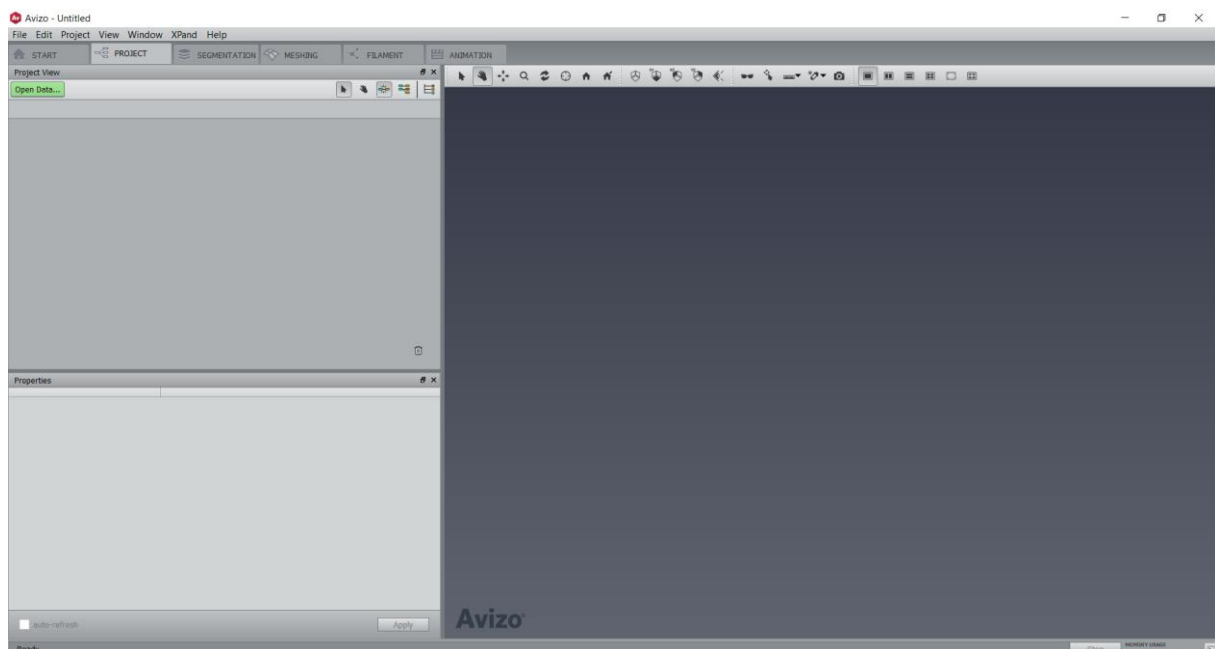
La version 9.4 utilisée du logiciel AVIZO® permettant la visualisation et l'analyse 3D autorise d'utiliser n'importe quel matériel dans les trois plans de l'espace.

A l'ouverture de ce dernier, il convient de choisir le matériel à étudier afin de le situer dans la fenêtre du logiciel.

Procédure d'utilisation

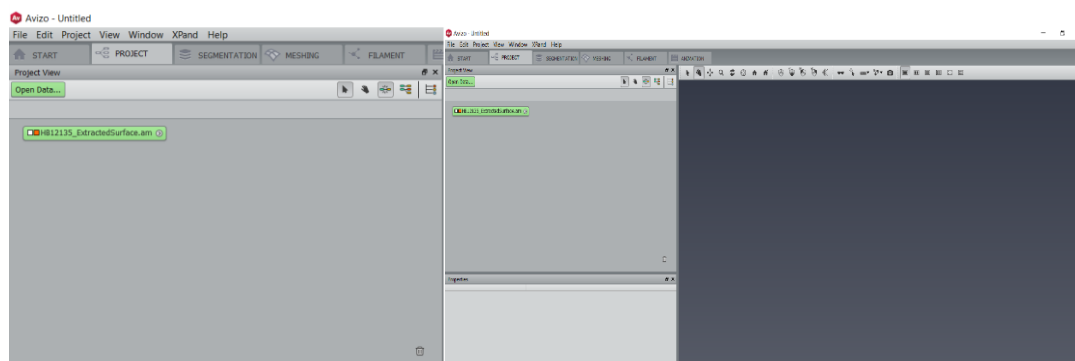
- **Choix du matériel à étudier**

-Se diriger sur « Open data »



-Choisir l'élément à étudier

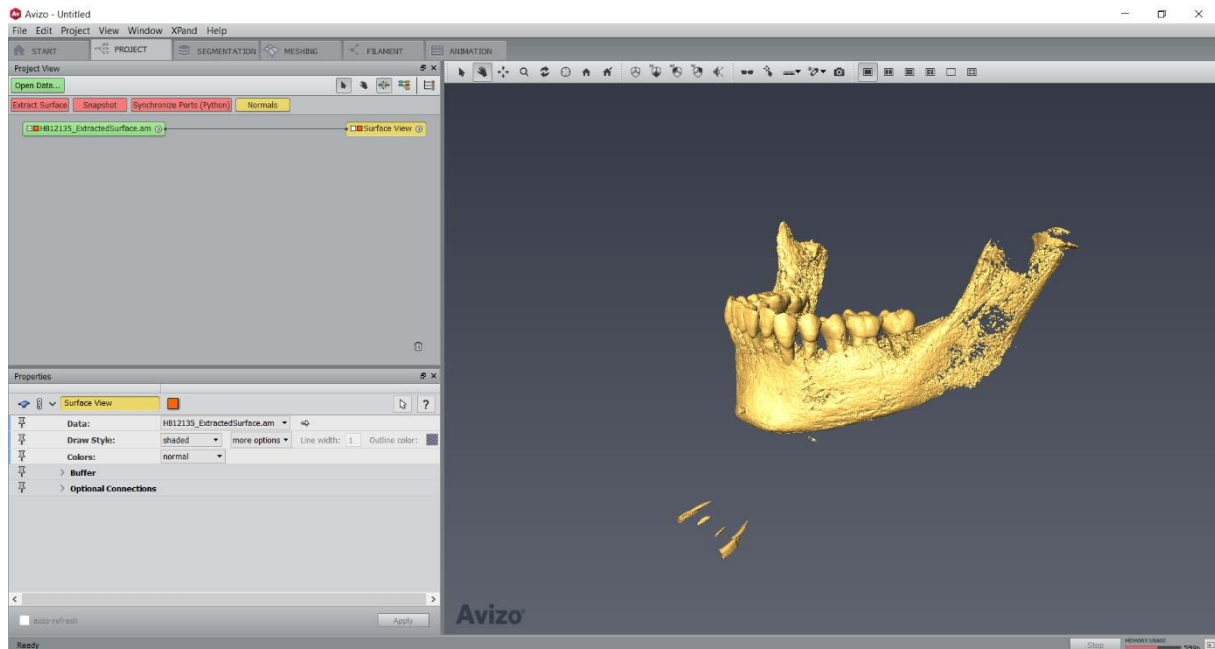
-Cliquer sur l'objet vert nouvellement apparu



-Le fait de cliquer sur « Surface View » permettra de faire apparaître le matériel à étudier

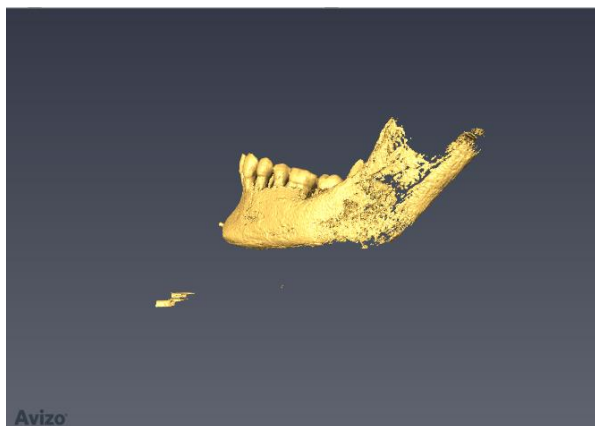
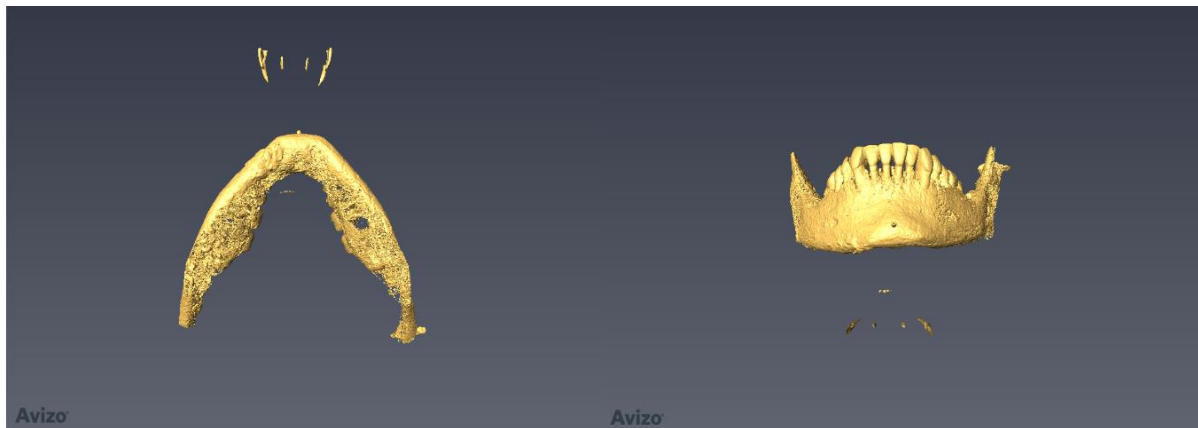
Surface View

-(Noter la création d'un objet jaune en face de l'objet vert)

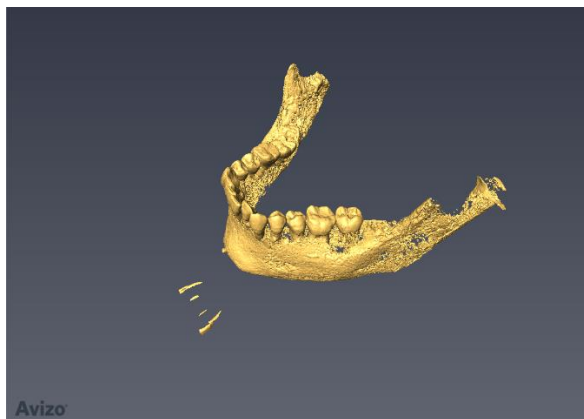


Le matériel peut ensuite être déplacé « grossièrement » selon l'orientation désirée en cliquant sur ces différentes icônes :





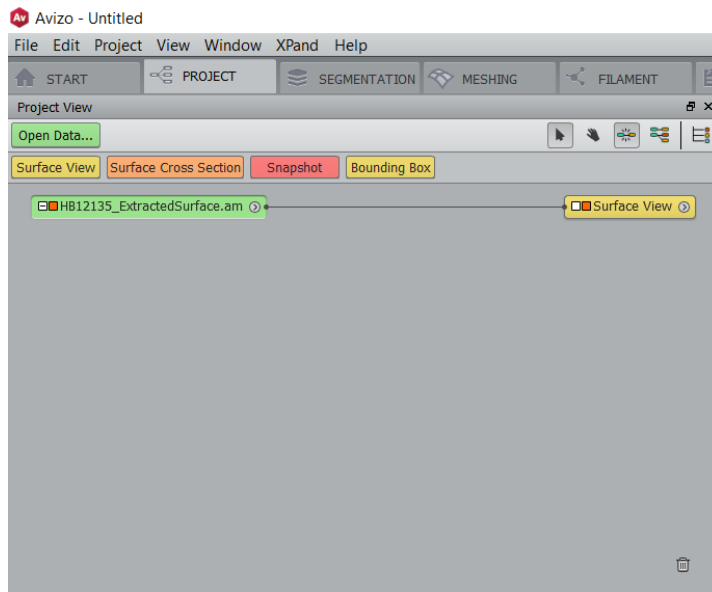
Ou plus finement en utilisant l'outil « main » :



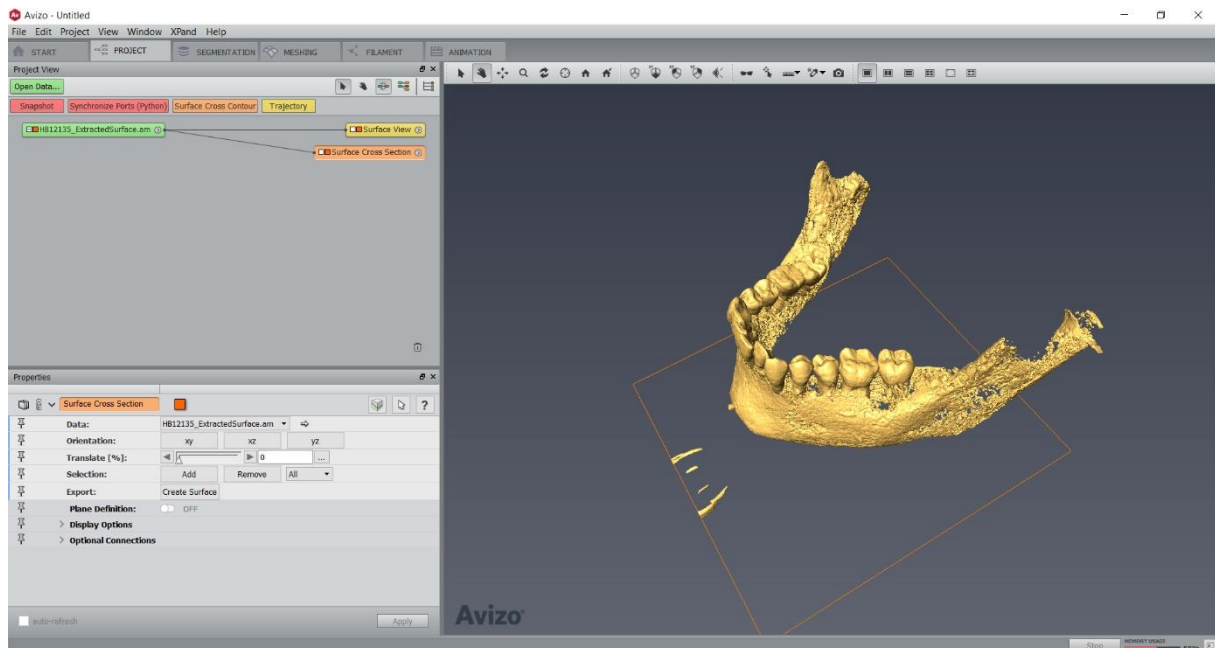
- **Positionnement des points de repère (Landmarks) et création d'un plan de référence**

Afin de travailler dans le plan voulu, il est nécessaire de situer sur le matériel à examiner des points de repères (Landmarks). Il est rappelé que par trois points ne peut passer qu'un seul plan.

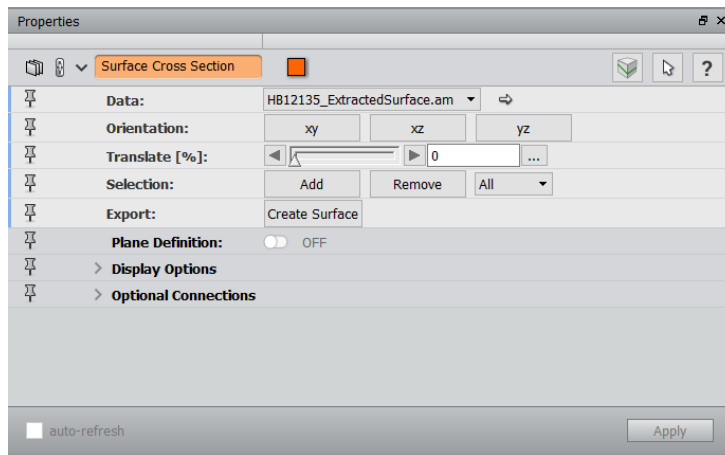
-Cliquer sur l'objet vert et sélectionner l'icône orange « Surface Cross Section »



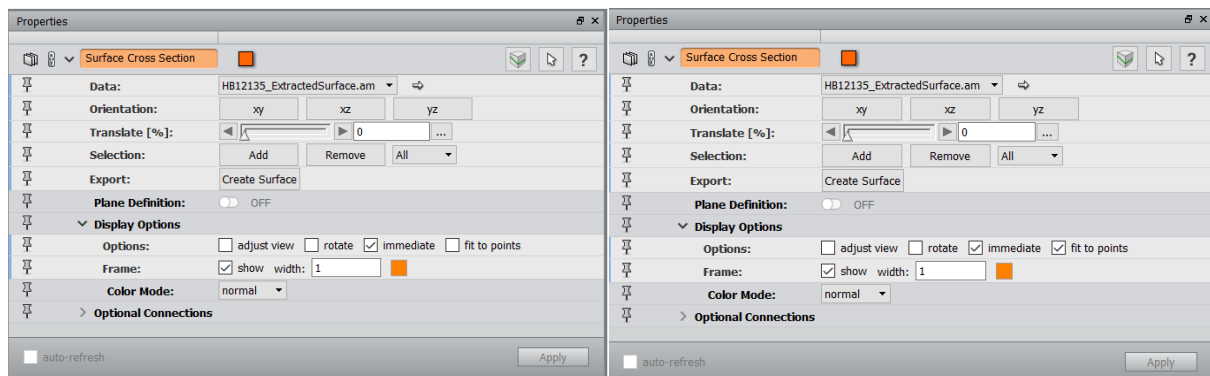
-(Noter l'apparition d'un objet orange « Surface Cross Section » en face de l'objet vert)



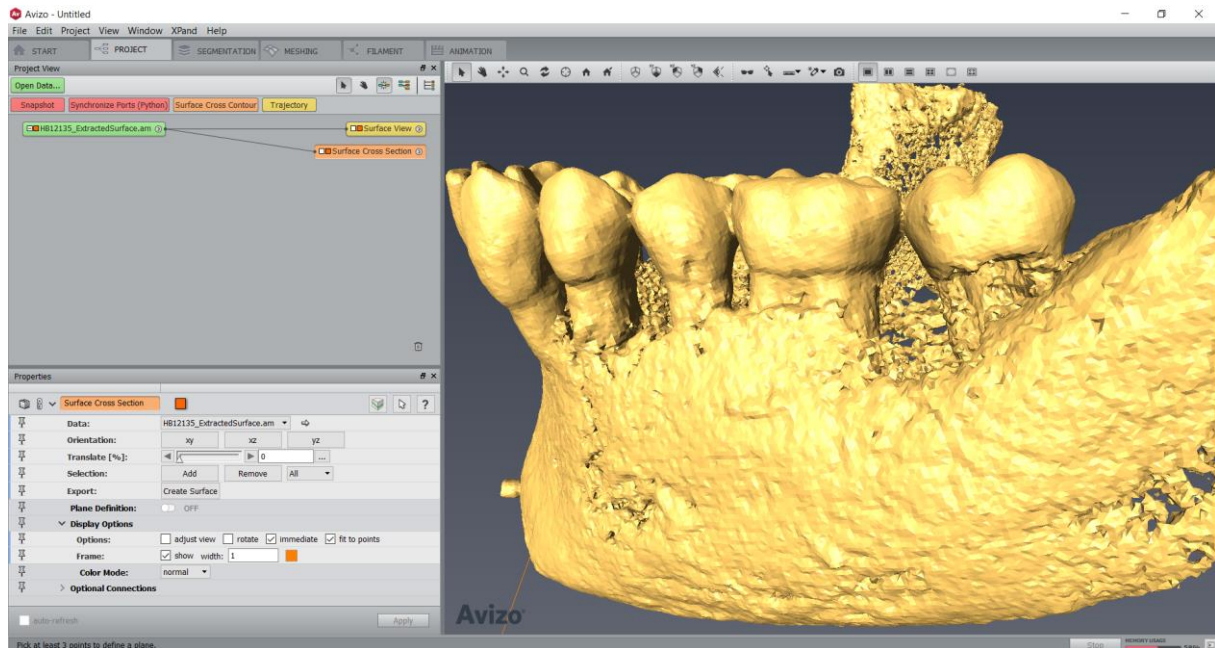
-Dans l'onglet « Properties », sélectionner le menu « Display Options »



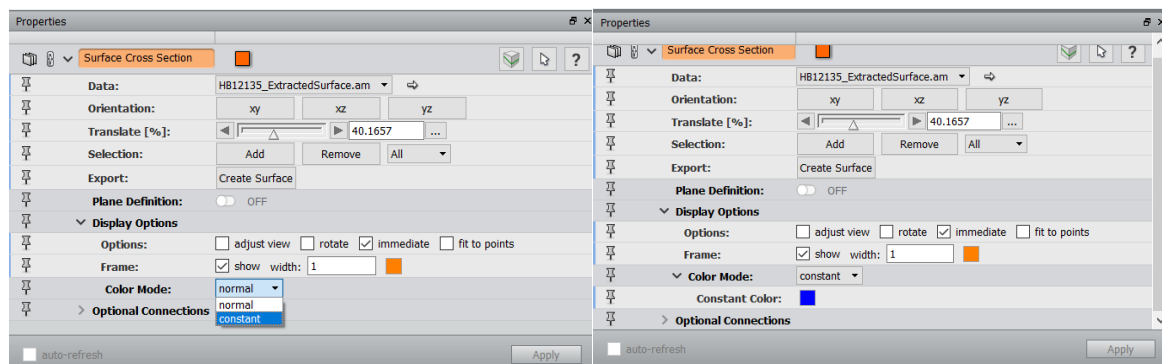
-Puis, cocher la case « fit to points »



-Cliquer avec le curseur de la souris sur les 3 points par lequel devra passer le plan à étudier



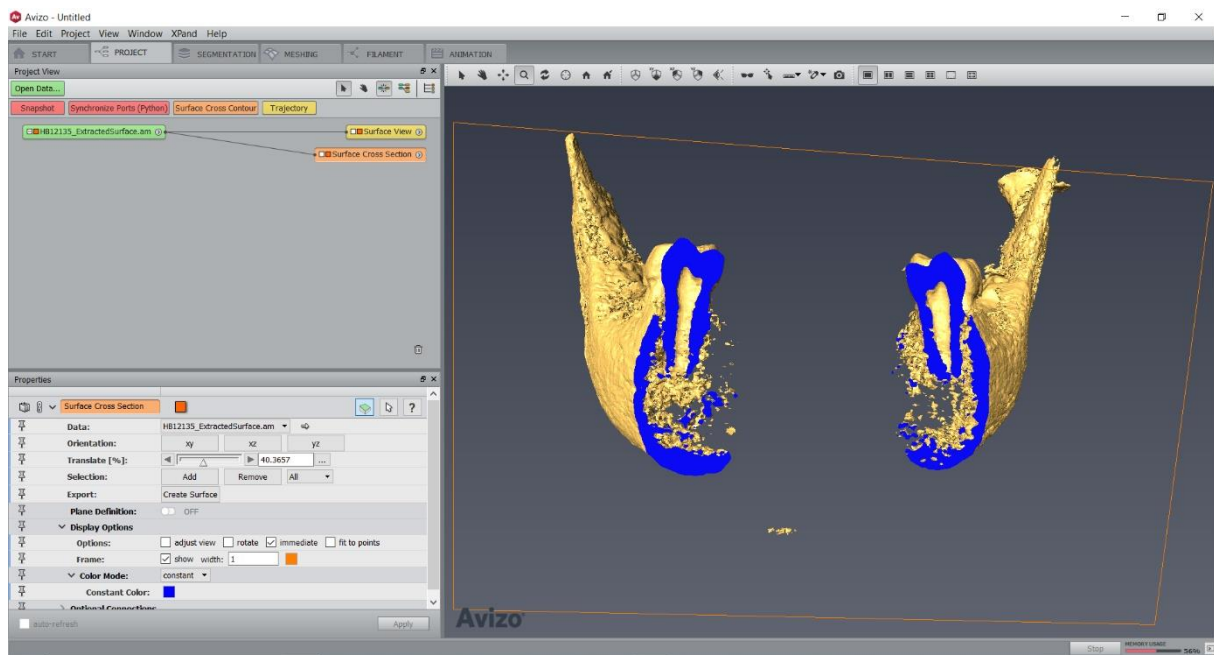
-Puis toujours le l'onglet « Properties », cliquer sur le menu « Color Mode », la couleur choisie est bleue pour contraster avec le jaune



-Cliquer sur l'outil « Clip » dans l'onglet « Properties »



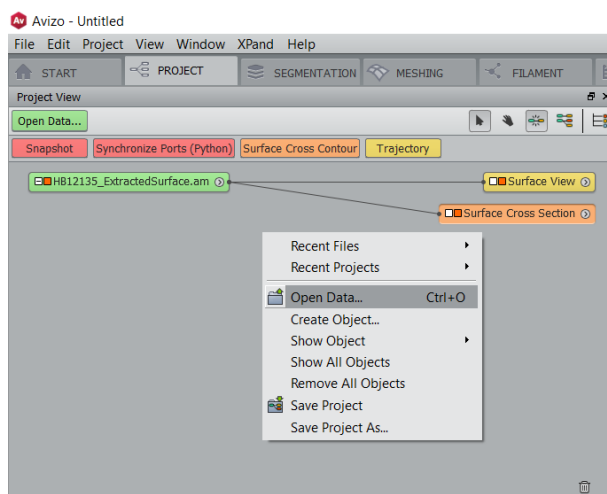
Apparaît alors une coupe passant par le plan sélectionné de couleur bleue.



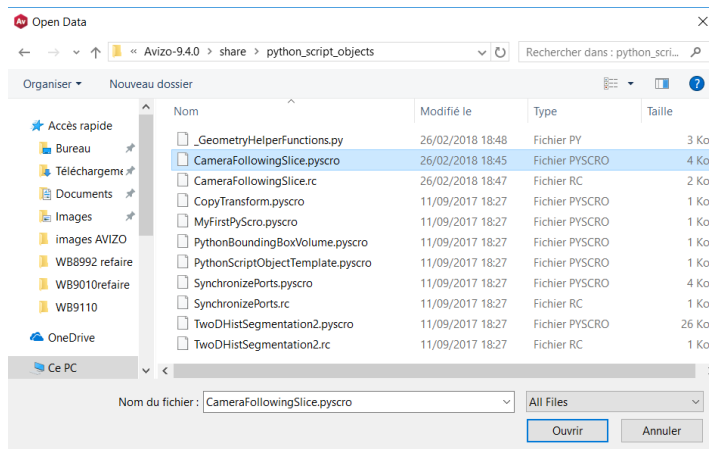
- **Mise en place d'un point de vue orthogonal au plan de référence**

La mise en place d'un point de vue orthogonal au plan de référence choisi est nécessaire afin d'éviter tout risque de biais supplémentaire et permet de réaliser des mesures fiables.

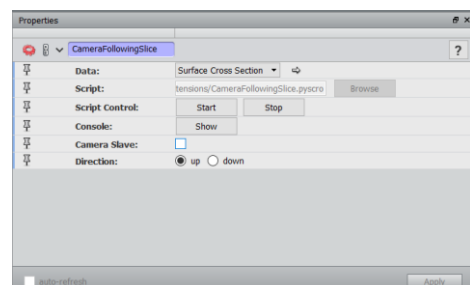
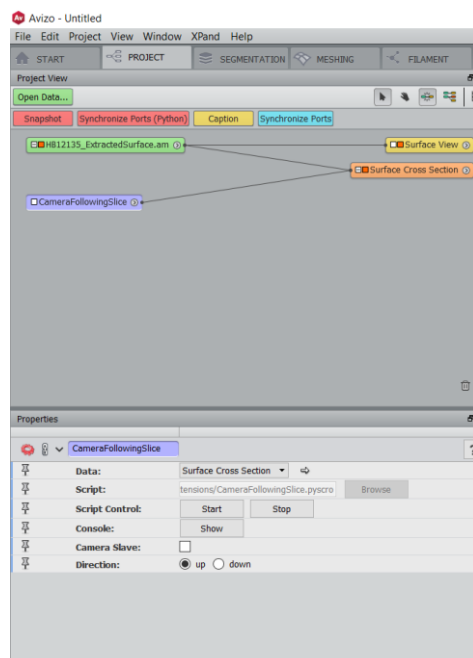
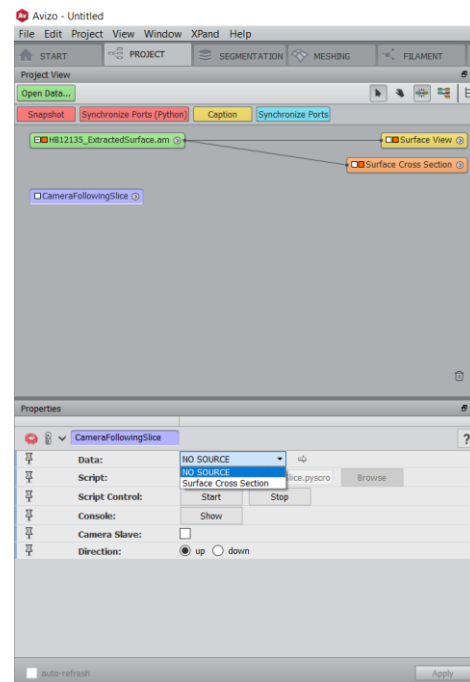
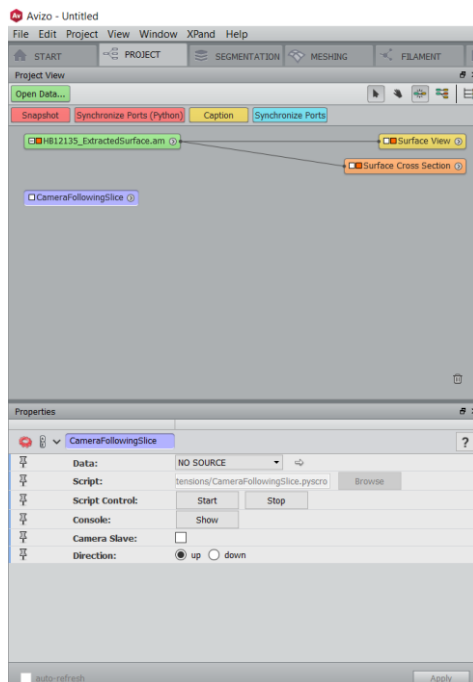
-Dans l'onglet « Project View », faire clic droit et sélectionner « Open Data »



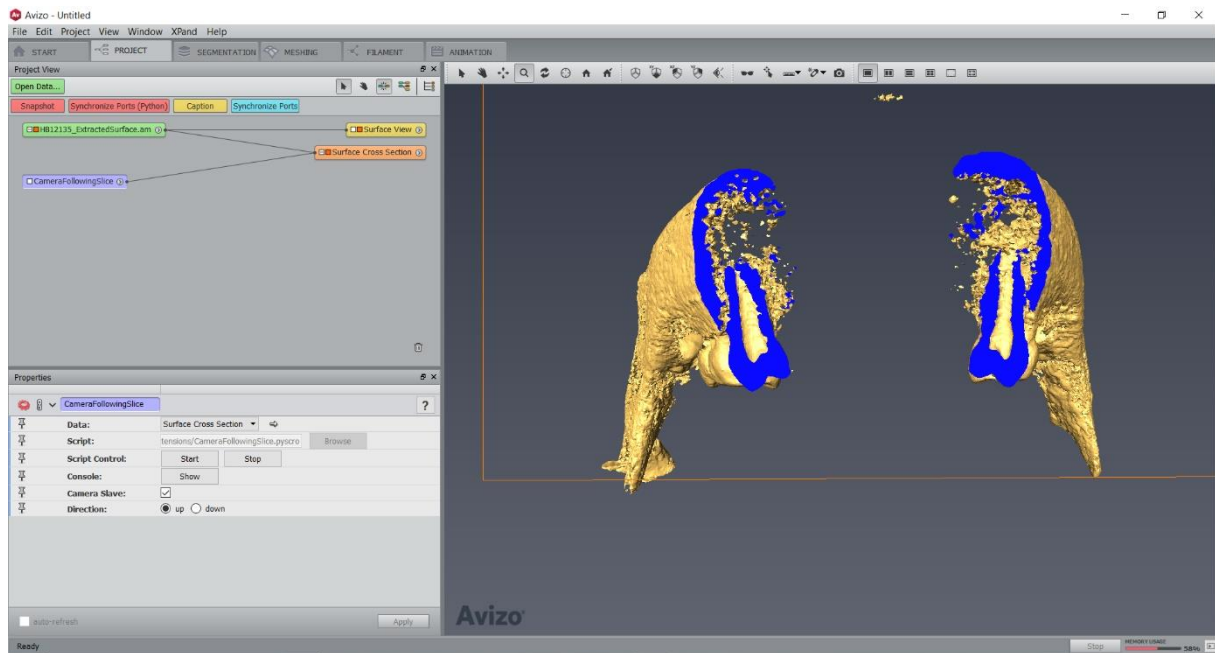
-Aller dans « Programmes » > « AVIZO 9.4.0 » > « Share » > « python_script_objects »
et sélectionner le dossier « CameraFollowingSlice.pyscro »



-Apparaît alors un nouvel objet bleu « CameraFollowingSlice », cliquer dessus et dans l'onglet « Properties », sélectionner le menu « Surface Cross Section » dans le menu « Data », et cliquer sur la case « Camera Slave »



-Le point de vue de l'image obtenu est ainsi orthogonal au plan de référence



-Pour le faire pivoter de 180 degrés, cliquer deux fois sur l'onglet « Rotate » tout en maintenant la touche « Shift » du clavier

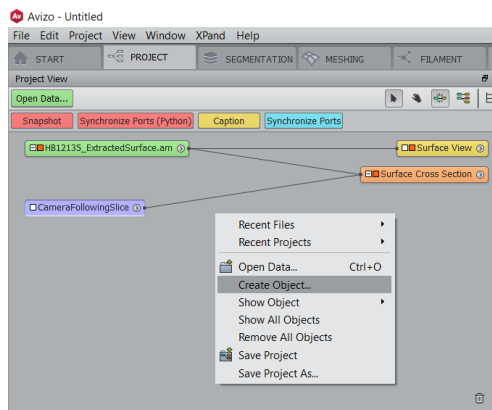


Ainsi l'image retrouve son sens idéal pour être étudiée

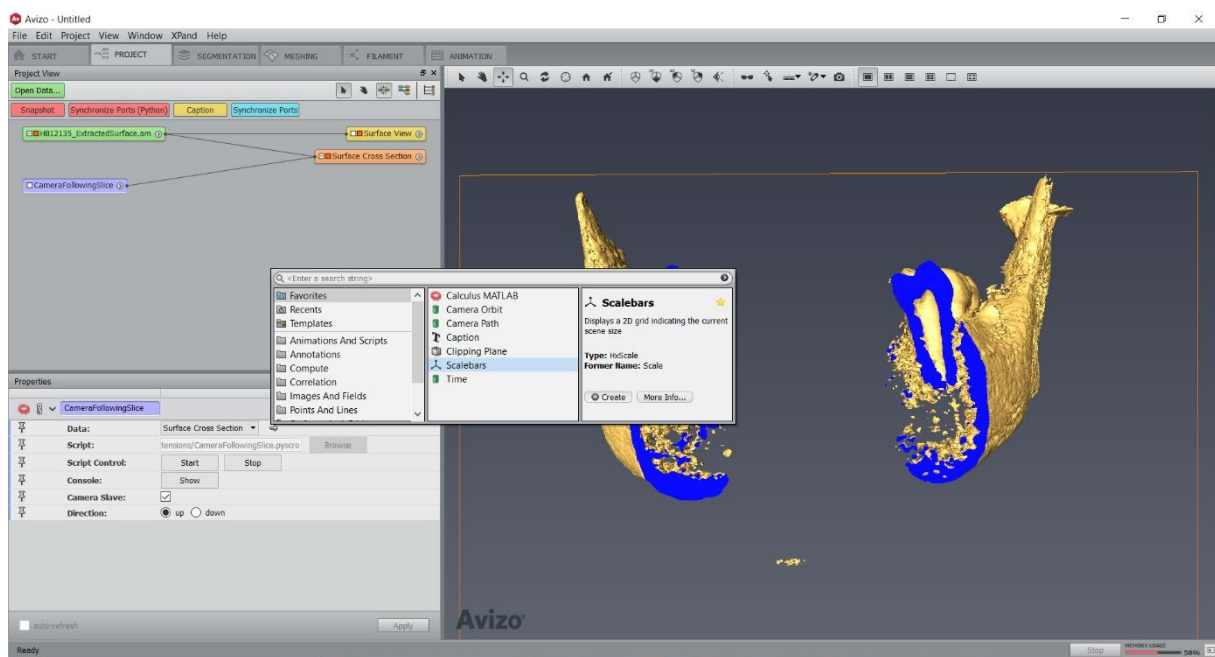
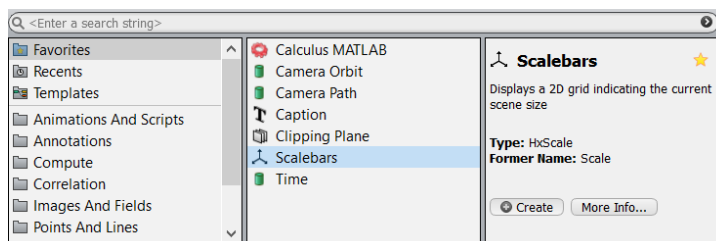
- **Création d'un axe d'échelle**

Pour l'obtention de mesures fiables, il convient de placer le matériel à étudier dans un repère orthonormé. Pour des raisons de facilité, l'axe des abscisses devra mesurer 100mm de longueur.

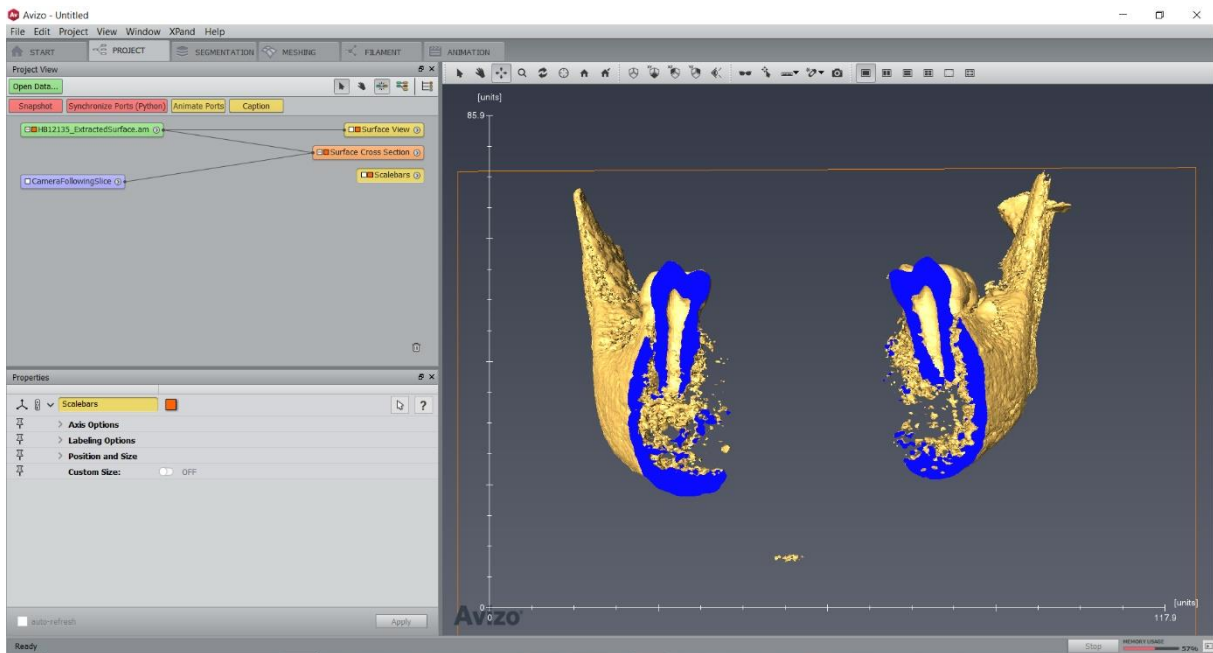
-Dans l'onglet « Project View », réaliser clic droit et sélectionner « Create Object »



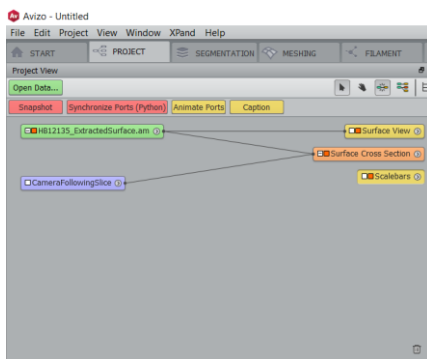
-Sélectionner « Scalebars » et cliquer sur « Create »



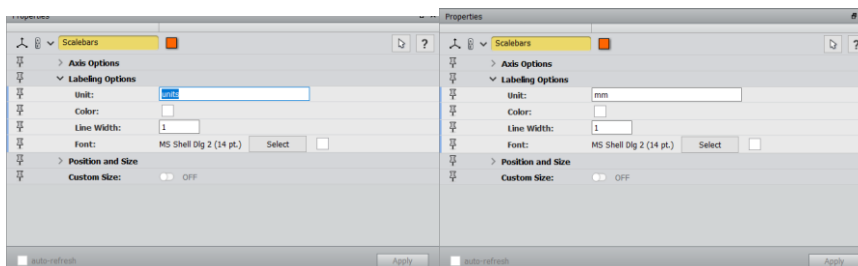
-Apparaît alors à coté du matériel à étudier un repère orthonormé anarchique



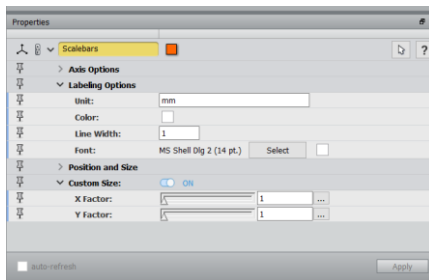
-Dans l'onglet « Project View », cliquer sur l'objet jaune « Scalebars »



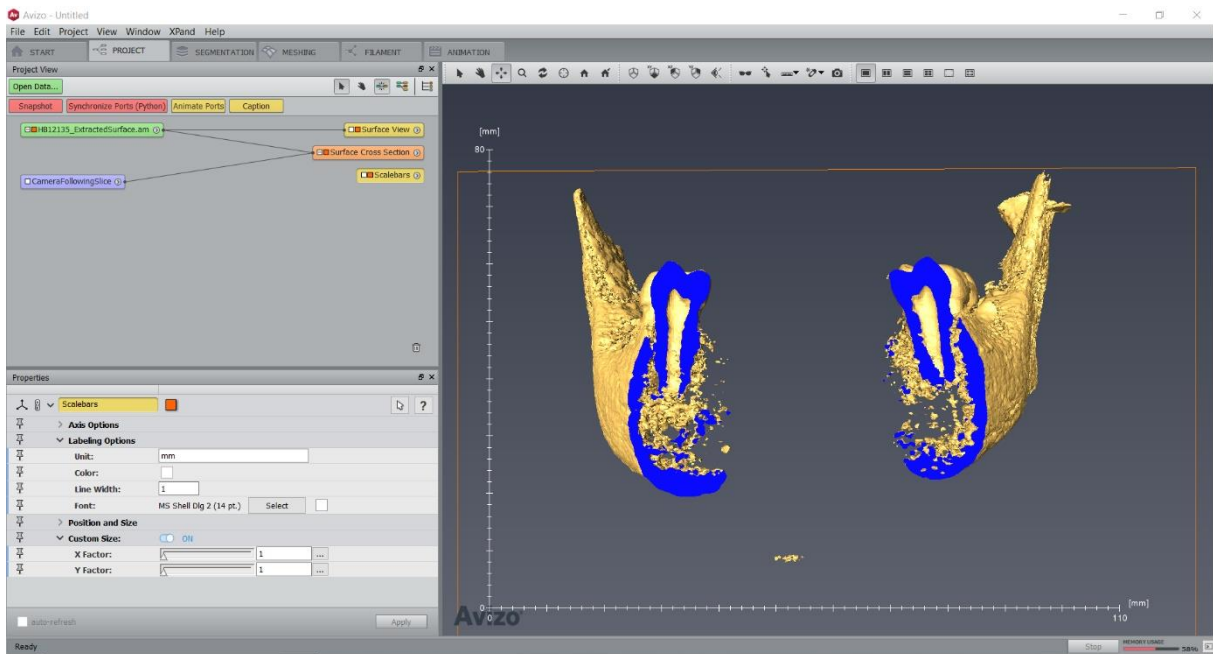
-Puis dans l'onglet « Properties », ouvrir le menu « Labelling Options » et remplacer « unit » par « mm » dans le champ « Unit »



-Enfin, aller dans le menu « Options Size » et cliquer sur « On »



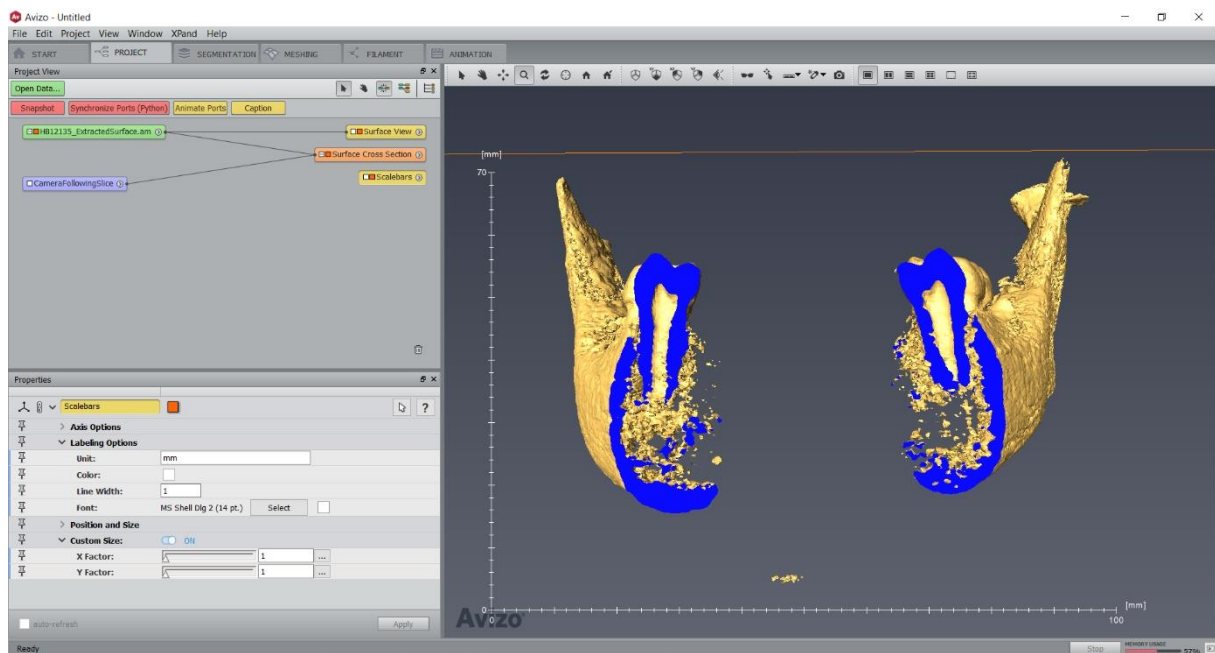
-Apparaît alors un matériel à étudier avec un repère orthonormé en millimètre et avec des chiffres entiers



-Afin que l'axe des abscisses soit égal à 100mm, cliquer sur l'onglet « Loupe », et zoomer jusqu'à ce que cet axe soit égal à 100mm



-(Noter que l'axe des abscisses est désormais égal à 100mm)



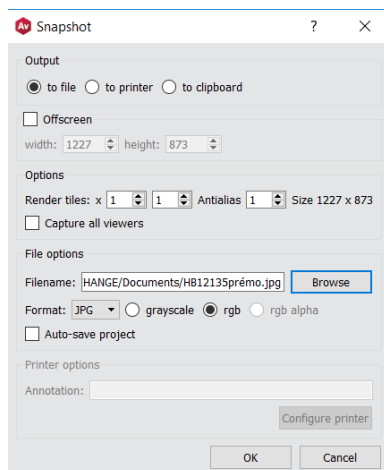
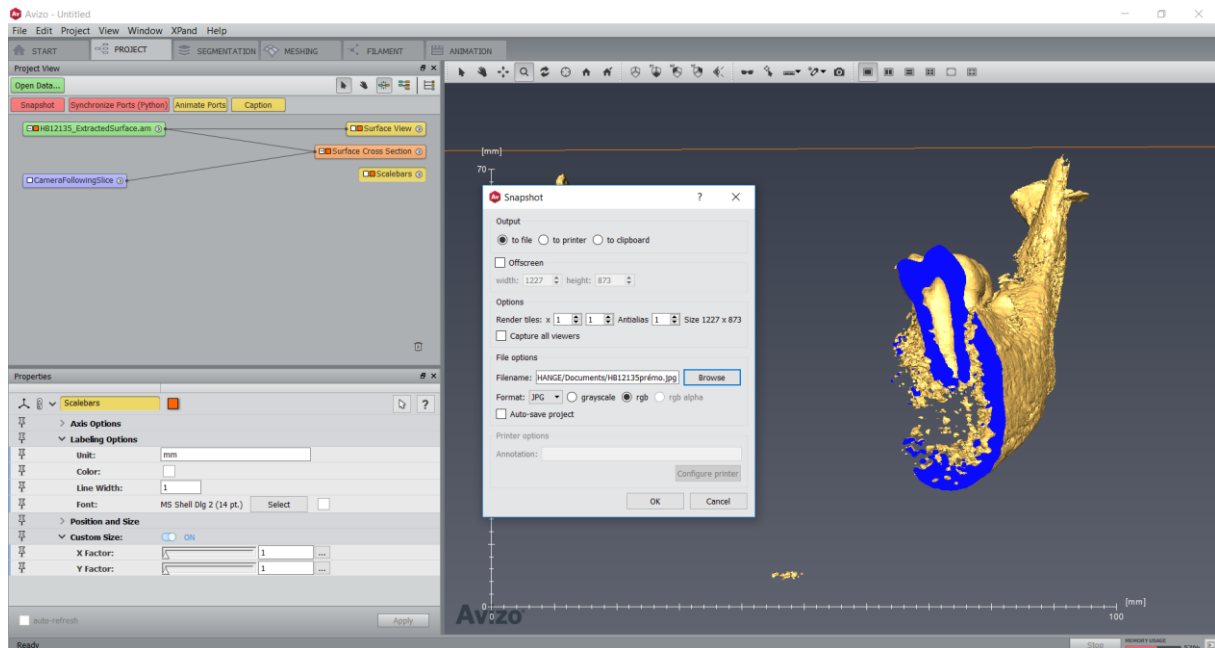
- **Enregistrement des matériels à étudier**

Il conviendra d'enregistrer via le logiciel AVIZO® une capture d'écran (« Snapshot ») afin d'exploiter les données issues de la coupe créée.

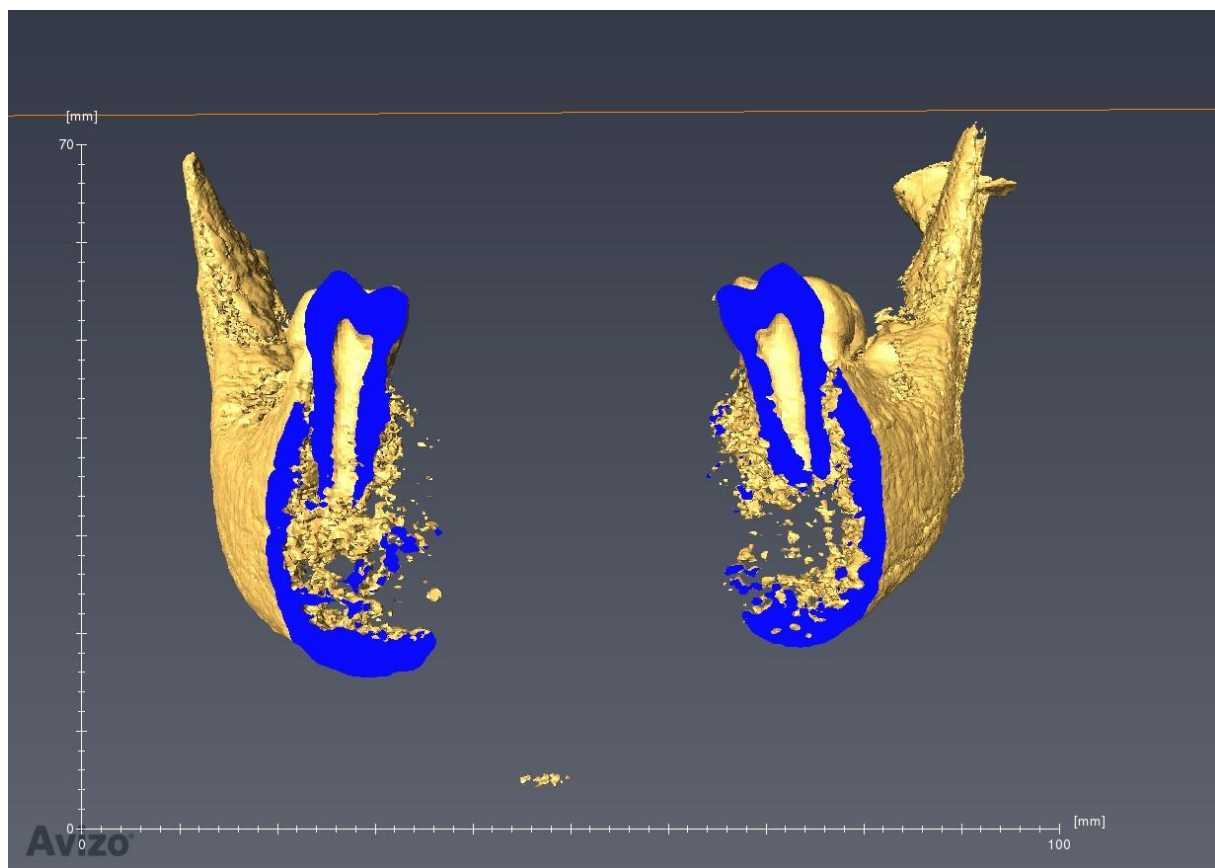
-Cliquer sur l'onglet « Snapshot » dans la barre d'outils



-Sélectionner l'emplacement de sauvegarde du fichier image. Enregistrer au format « .jpeg »



Aperçu de l'image obtenue :



II.1.2.3-Utilisation du logiciel de mesures

La création d'un logiciel permettant de réaliser des nombreuses mesures, métriques ou angulaires, est apparue nécessaire pour plusieurs raisons :

- rapidité dans la saisie des landmarks ;
- rapidité et précision des calculs ;
- précision de saisie des landmarks par le curseur informatique ;
- possibilité de traiter un grand nombre de données ;
- facilité de la méthode.

Ce logiciel a pu être réalisé à partir d'un autre, ou progiciel : le logiciel Livecode®.

II.1.2.3.1-Présentation du progiciel « LiveCode® »

LiveCode® est un logiciel de prototypage et de programmation, évolution du logiciel d'HyperCard®, outil de développement rapide mythique de la marque Macintosh™ dans les années 1980.

LiveCode® est proposé sous deux formes :

-libre (appelée Community) : le logiciel est gratuit et le code créé par l'utilisateur est ouvert à tous ;

-commerciale (appelée Indy) : le logiciel est payant (environ 500 USD/an), le code produit par l'utilisateur est fermé, ce qui permet de le protéger à des fins commerciales.

Ce progiciel présente de nombreux avantages :

-Il fonctionne aussi bien sous Mac iOS que Windows, Linux et même le système Androïd. LiveCode® présente l'intérêt de créer des applications utilisables sur plusieurs plates-formes sans avoir à modifier la moindre ligne de code. De nombreuses fonctions qui requièrent habituellement l'écriture d'un sous-programme complexe sont obtenues ici via une seule ligne de code ;

-Il bénéficie d'une interface assez intuitive permettant de développer un programme informatique relativement complexe, sans pour autant avoir des connaissances très approfondies en informatique avec un prototypage facilité par une démarche « essai/erreur ». Le projet peut donc être réalisé sans intermédiaires.

Le progiciel Livecode® a permis de créer le logiciel MAEWA (Module d'Acquisition pour Etude des courbes de Wilson par les Axes).

- **Interface de LiveCode®**

LiveCode® est basé sur la création de fiches écrans appelées « cartes » qui contiennent des éléments graphiques (schémas) et des espaces ou « champs » (ou *fields*) contenant des chiffres ou du texte. La juxtaposition d'une série de cartes constitue une « pile » (ou *stacks*). Sur chaque carte, le développeur dispose de « boutons » qui permettent, lorsqu'ils sont activés, à la fois de se déplacer vers une autre carte, et de déclencher des opérations de manipulations ou de transferts de chiffres ou de textes. Les scripts des « boutons » sont programmés en langage « Transcript », de même que les scripts généraux des « piles » et des « cartes ».

L'opérateur travaillant sur un programme développé sur LiveCode® devra donc pointer des « boutons » avec la flèche de la souris, et les déclencher en activant la souris, c'est-à-dire en cliquant une fois dessus.

A l'aide de la palette d'outils intégrée sur l'interface, il suffit simplement de glisser sur les cartes :

- des boutons ;
- des onglets ;
- des cases à cocher ;
- des cercles à option ;
- des pop-up menus en tous genre ;
- des champs textes ;
- des tableaux (champs textes spéciaux) ;
- des images (de très nombreux formats sont supportés)
- des barres de progression ;

- des curseurs ;
- des animations ;
- des formes vectorielles ;
- des films QuickTime.



Figure 2.1 : Palette d'outils intégrés du logiciel LiveCode®

Tout le nécessaire est disponible pour dessiner une interface plaisante à travers divers développements ; de plus la couleur est omniprésente et se trouve ce qui est d'autant plus intuitif.

- **Le langage de LiveCode®**

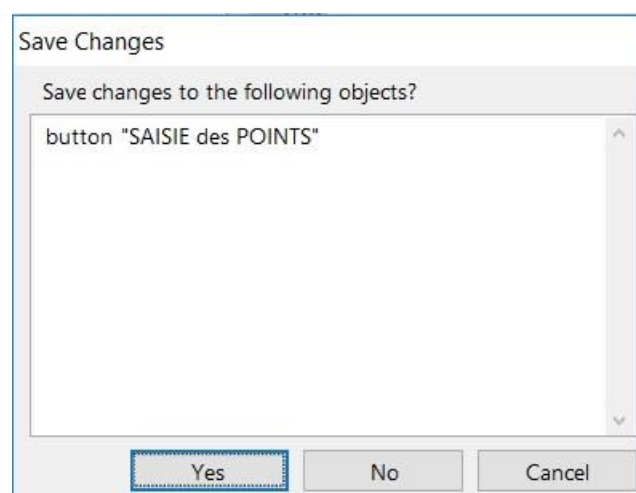
Le langage de LiveCode® est le « Transcript », très proche d'« HyperTalk » en plus évolué pour s'intégrer aux nouvelles technologies. Il est possible de glisser un script derrière chacun des objets, cartes et piles.

La fenêtre dédiée à l'écriture des scripts indente automatiquement les lignes en tenant compte des boucles de programmation au fur-et-à-mesure de la saisie.

Le commande « Colorize » permet de mieux visualiser la programmation ; les mots-clés par exemple, mais aussi les variables, les débuts et les fins de boucles, les propriétés seront de couleurs différents pour une meilleure lecture. Egalement, une ligne quelconque peut devenir un commentaire – et par conséquent ne pas être interprétée – par le simple ajout des signes « - » à son début. Le commentaire apparaît alors en vert.

```
40
41 put (q-p)/(m-n) into CRX--calcul coordonnées centre
42 put m*CRX+p into CRZ
43
44 put (CRX-WX)*(CRX-WX) into des--calcul rayon de courbe
45 put (CRZ-WZ)*(CRZ-WZ) into dem
46
```

Figure 2.2 : Exemple de script en langage « Transcript » ; les commentaires apparaissent en vert



Toutes les modifications effectuées sur le script sont prises en compte uniquement lorsque la fenêtre d'édition est fermée et validée.

- **Ergonomie de LiveCode®**

Chaque objet, carte ou pile proposé par LiveCode® peut avoir une très grande quantité de propriétés (couleur, forme, style, alignement, profondeur dans la hiérarchie,...) pilotées par une seule palette de mise en forme : le « Property Inspector ».

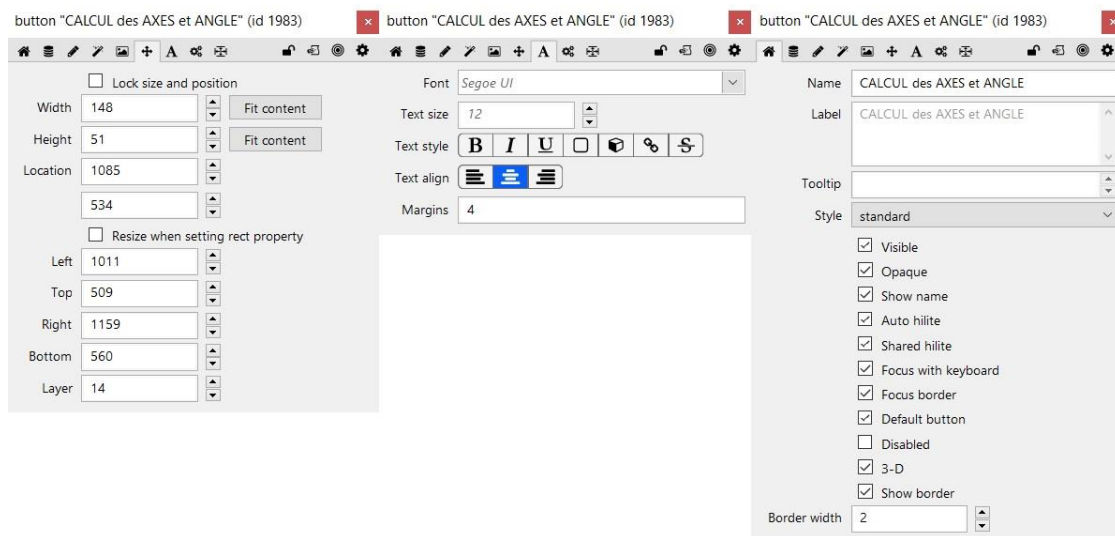


Figure 2.3 : Exemple de quelques propriétés disponibles pour chaque objet, carte ou pile.

II.1.2.3.2-Utilisation du logiciel MAEWA (Module d'Acquisition pour Etude des courbes de Wilson par les Axes)

Le développement du logiciel MAEWA a été réalisé par Florian Créhange pendant ses études d'odontologie et par le Pr. Jean-Daniel Orthlieb entre mars et septembre 2018 grâce à l'utilisation du progiciel LiveCode®.

La quantification de l'organisation dentaire d'une mandibule passe par la mesure de valeurs angulaires ou linéaires. Ces mesures seront réalisées à partir de points bien définis. La saisie informatique des coordonnées de ces points dans un plan référencé permettra tous les calculs nécessaires.

Cette saisie, dans un but de simplicité sera réalisée directement sur l'écran, en pointant, à l'aide d'un curseur en forme de croix, les différents points suivant une liste prédéterminée.

Ce curseur est manipulé par la souris de l'ordinateur. L'écran demande de saisir un point, on place le curseur au niveau de ce point, et on clique une fois sur la souris.

La saisie des points représente le déroulement d'une séquence complète ne pouvant être interrompue.

II.1.2.3.2.1-Configuration

Le programme MAEWA (Module d'Acquisition pour Etude des courbes de Wilson par les Axes) est conçu pour être utilisé sur n'importe quel micro-ordinateur mais en ayant au préalable installé le progiciel LiveCode®.

II.1.2.3.2.2-Utilisation de MAEWA

Le logiciel MAEWA comprend seulement une pile (stack) « logiciel thèse » qui contient :

- une carte « carteINTRO » qui est une carte d'introduction qui recense chaque spécimen étudié sous la forme d'une liste et en cliquant sur la référence d'un spécimen donné, permet de renvoyer l'utilisateur vers la carte personnelle du spécimen en question afin de visualiser les résultats issus des données céphalométrique du sujet.

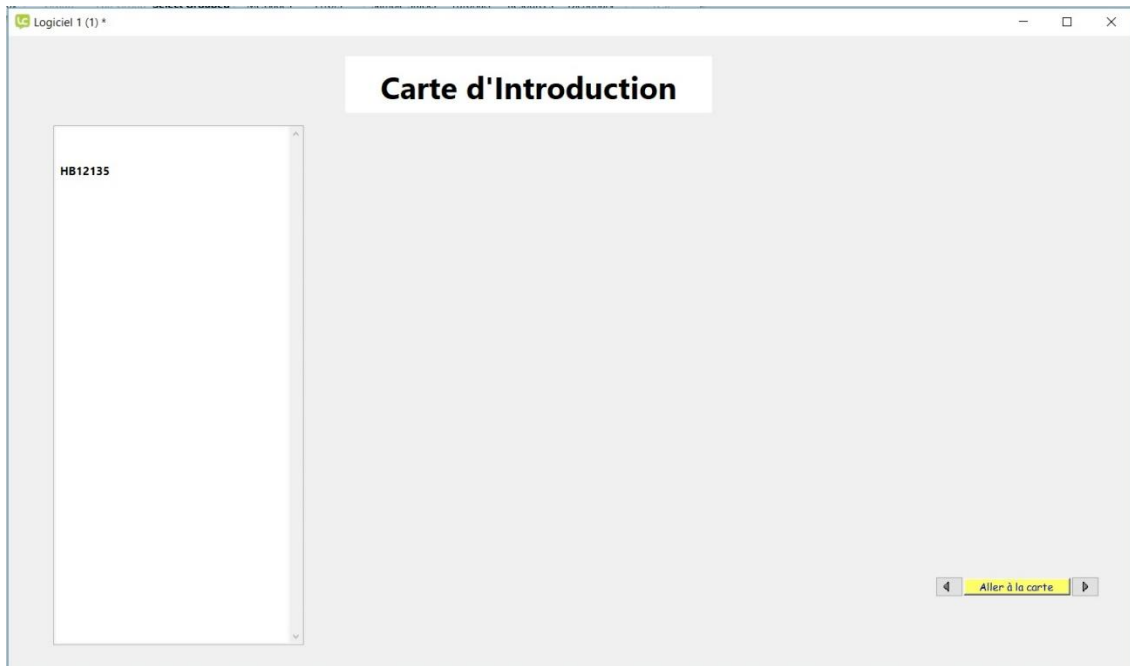


Figure 2.4 : Exemple de l'interface de la carte d'introduction.

-une carte « carteSAISIE » qui est la carte principale de la pile. Elle correspond au programme de saisie des divers points céphalométrique ainsi qu'aux différents programmes de calculs de l'analyse.

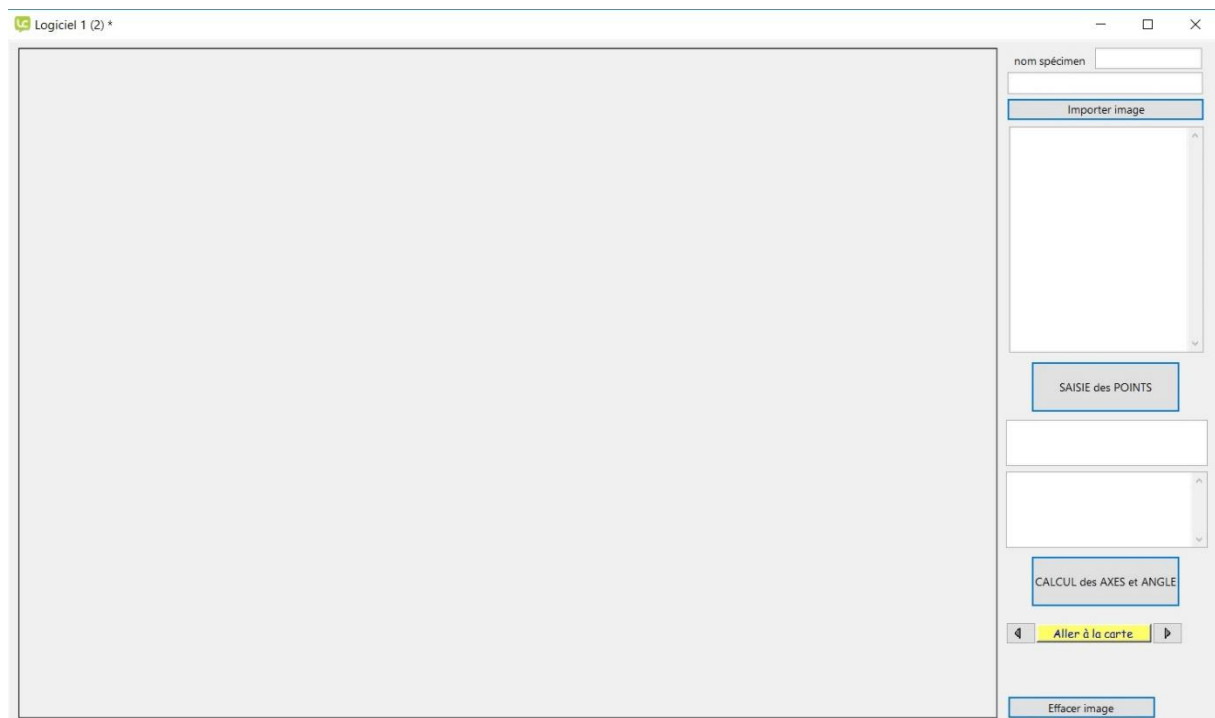


Figure 2.5 : Interface de la carte de saisie.

-une carte « Carte Modèle » qui va être une matrice vide et sera copiée et remplie pour chaque spécimen étudié. Cette carte est rendue ineffaçable via l'outil « Don't delete » du menu « Property Inspector ».

Figure 2.6 : Interface de la carte « Carte Modèle »

-une multitude de cartes, 1 carte = 1 spécimen étudié.

- **Création d'une fiche de données (exemple)**

Lancer MAEWA : le programme s'ouvre automatiquement sur la carte « carteSAISIE ».

Choisir le bouton « Importer image » et cliquer dessus, l'utilisateur devra écrire dans le champ proposé le nom du spécimen étudié (exemple HB12135) :

Figure 2.7 : Champ dans lequel doit être inscrit le nom du spécimen étudié

-Si le spécimen étudié n'existe pas encore dans la base de données, une carte personnelle avec son identité sera créée dans la bibliothèque de MAEWA, sur le même modèle que la carte « Carte Modèle » avec sa référence dans la carte d'introduction « carteINTRO » ;

-Si le spécimen étudié est déjà référencé dans la base de données, l'utilisateur pourra apprécier l'ensemble des mesures et calculs qui ont été réalisés sur ce dernier, et si besoin les refaire et les modifier.

Cliquer sur le bouton « SAISIE des POINTS », MAEWA va demander à l'utilisateur de quel couple de dents il s'agit de réaliser l'analyse (secondes prémolaires, premières molaire en mésial, premières molaires en distal, deuxièmes molaires en mésial, deuxièmes molaires en distal) :

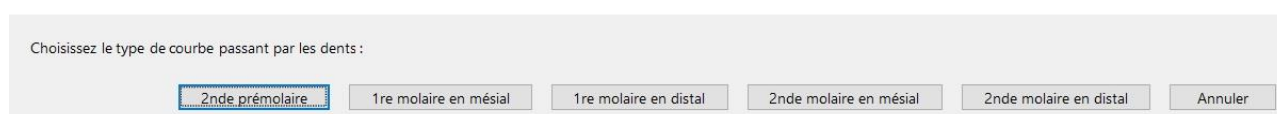


Figure 2.8 : Tableau de demande du type de coupe

Cliquer sur les points demandés par l'encadré à droite de l'écran et ainsi de suite pour l'ensemble des points. Une fois la saisie commencée, l'utilisateur doit réaliser la séquence complète. Une fois l'ensemble des points saisis, et si l'utilisateur pense les avoir saisis d'une manière cohérente, les coordonnées de ces points sont envoyées dans un champ correspondant à la coupe utilisée sur la carte du sujet.

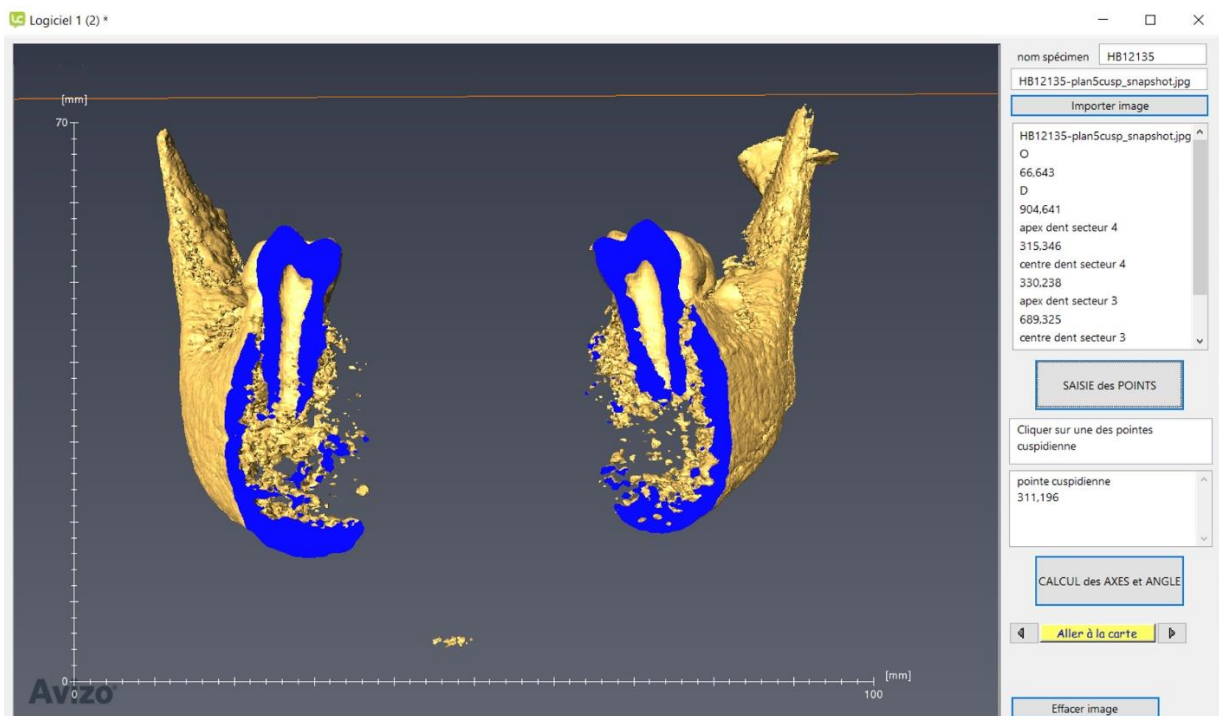


Figure 2.9 : Exemple d'une saisie de la mandibule « HB12135 » passant par les secondes prémolaires mandibulaires

Cliquer sur le bouton « CALCUL des AXES et ANGLES », MAEWA va inscrire directement les calculs dans les tableaux correspondants.

HB12135

HB12135-plan5_snapshot
 O
 68.640
 D
 863.641
 apex dent secteur 4
 297.435
 centre dent secteur 4
 308.330
 apex dent secteur 3
 596.420
 centre dent secteur 3
 572.320
 pointe cuspidienne
 295.302
 pointe cuspidienne
 332.309
 pointe cuspidienne
 581.295

dist. interdentaire	dist. interdentaire	dist. interdentaire	dist. interdentaire	dist. interdentaire
33.23				
rayon courbe	rayon courbe	rayon courbe	rayon courbe	rayon courbe
94.42				
angle de convergence	angle de convergence	angle de convergence	angle de convergence	angle de convergence
19.48				
angle intersect. tables occlusales	angle intersect. tables occlusales	angle intersect. tables occlusales	angle intersect. tables occlusales	angle intersect. tables occlusales
160.52				
rayon courbe wilson	rayon courbe wilson	rayon courbe wilson	rayon courbe wilson	rayon courbe wilson
96.74				

Effacer données 5 Effacer données 6.1 Effacer données 6.2 Effacer données 7.1 Effacer données 7.2

Résultats

Exporter

◀ Aller à la carte ▶

Effacer Carte

Figure 2.10 : Exemple : les coordonnées des points saisis sont situées dans les champs du haut, les valeurs calculées sont entrées de manière automatique dans les différents tableaux de la moitié inférieure

Une fois l'ensemble des points et des calculs réalisés pour le spécimen étudié, cliquer sur le bouton « Exporter » de la carte du spécimen étudié. Un ensemble de valeurs apparaît alors dans le champ situé au-dessus ce bouton.

Figure 2.10 : Exemple : l'ensemble des données s'apprête à être envoyé dans un tableau Excel

Copier l'ensemble des données du champ et coller dans la première case de la colonne « Réf. Sujet ». Apparaît alors l'ensemble des résultats dans un tableau Excel. Les résultats seront analysés une fois toutes les saisies de l'ensemble des sujets réalisées.

Ref. Sujet	Source	Datation	Prémolaires				1ères Molaires Mésial				1ères Molaires Distal				2èmes Molaires Mésial			
HB12135			Distance interdentaire PM	AC PM	WILSON PM	Distance interdentaire M1	AC M1.1	WILSON M1	Distance interdentaire M2	AC M2.1	WILSON M2	Distance interdentaire M2	AC M2.1	WILSON M2	Distance interdentaire M2	AC M2.1	WILSON M2	Distance interdentaire M2
			33.23	94.42	19.48	160.52	96.74	41.60	106.58	21.85	158.15	105.20	39.17	93.43	156.48	96.54	45.32	91.45

Figure 2.11 : Exemple d'une ligne du tableau Excel utilisé pour l'étude

II.1.2.3.2.3-Concept de MAEWA

Saisie des points

Le bouton qui héberge les opérations de saisies est le bouton « SAISIE des POINTS », il demeure accessible par l'opérateur et ne peut être modifié que par le programmeur.

Liste des points céphalométriques :

-Point O (Origine) ; le point O correspond à l'origine du repère fourni sur l'image issue du logiciel Avizo®.

-Le point D (Dix centimètres) ; le point D correspond au point situé à 100 mm sur l'axe des abscisses par rapport au point O, il est également fourni par Avizo®.

-Le point A : correspond au centre des deux-tiers inférieurs de la racine de la dent située en secteur 4 sur la coupe à étudier.

-Le point B : correspond au centre de la couronne de la dent située en secteur 4 sur la coupe à étudier.

-Le point C : correspond au centre des deux-tiers inférieurs de la racine de la dent située en secteur 3 sur la coupe à étudier.

-Le point E : correspond au centre de la couronne de la dent située en secteur 3 sur la coupe à étudier ;

-Le point W : correspond à la pointe d'une des cuspides dentaires (qui doit être entière) sur une des deux dents de la coupe à étudier.

-Le point V : correspond à une seconde pointe d'une cuspid dentaire sur une des deux autres dents de la coupe à étudier ;

-Le point T : correspond à une troisième pointe d'une cuspid dentaire sur la dent restante de la coupe à étudier.

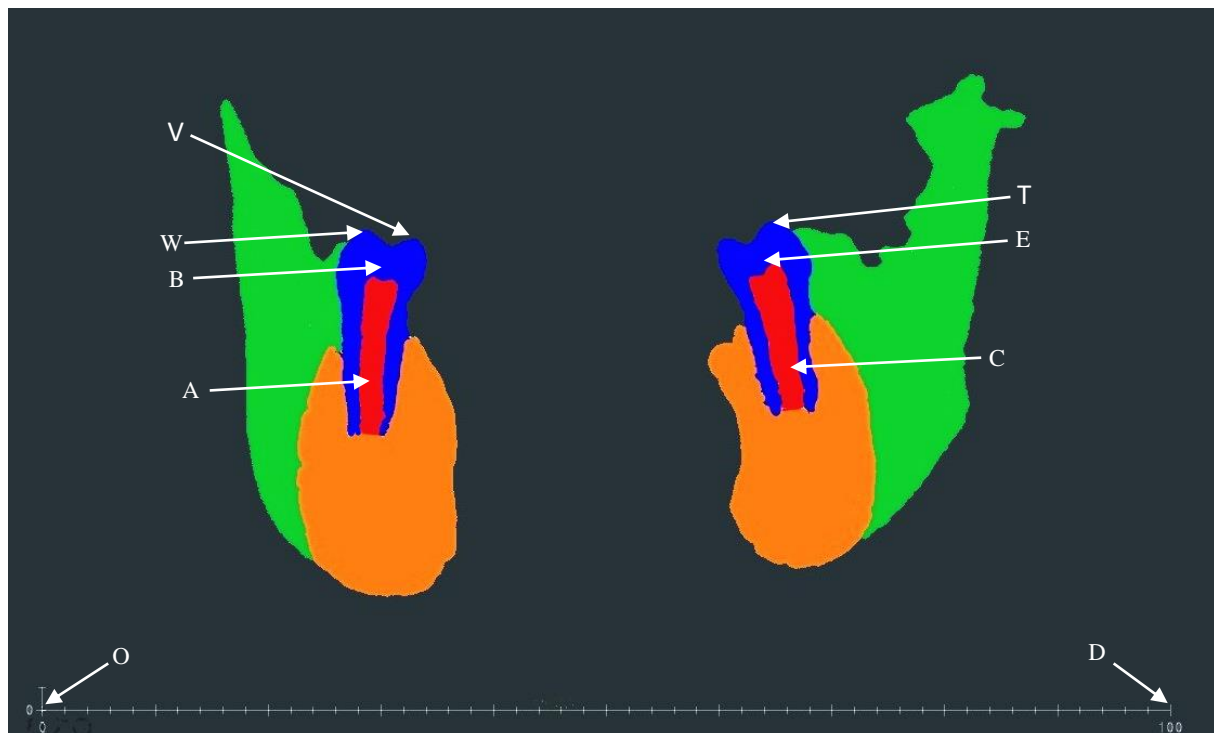


Figure 2.12 : Points céphalométriques

Le plan de référence [OD] doit toujours présenter une mesure unique de 100mm. Cette distance constitue la référence métrique permettant de faire correspondre la mesure du scanner (=mesure clinique) à la mesure d'analyse. Cette mesure, pour un souci de simplicité de programmation informatique devra conserver une horizontalité parfaite.

Calcul des variables

Les parties suivantes ont pour objectif de décrire de manière globale les méthodes de calcul utilisées pour la détermination des variables.

Le bouton qui héberge les opérations de calculs est le bouton « CALCUL des AXES et ANGLES », il demeure accessible par l'opérateur et ne peut être modifié que par le programmeur.

Liste des variables à calculer à partir des différents points céphalométriques :

- angle AC (angle de convergence) : angle issu de l'intersection des axes principaux d'un couple de dents homologue, en l'occurrence d'intersection entre les droites (AB) et (CE) ;

- distance interdentaire : distance séparant les point B et E ;

-rayon de courbe RC : distance séparant le point d'intersection des droites (AB) et (CE) du point « cuspidé » W ;

-angle AITO (angle d'intersection des tables occlusales) : angle issu de l'intersection des perpendiculaires à (AB) et (CE) ;

-rayon de courbe de Wilson vrai (WILSON) : distance séparant le centre du cercle passant par les points « cuspidé » W, V et T et le point « cuspidé » W.

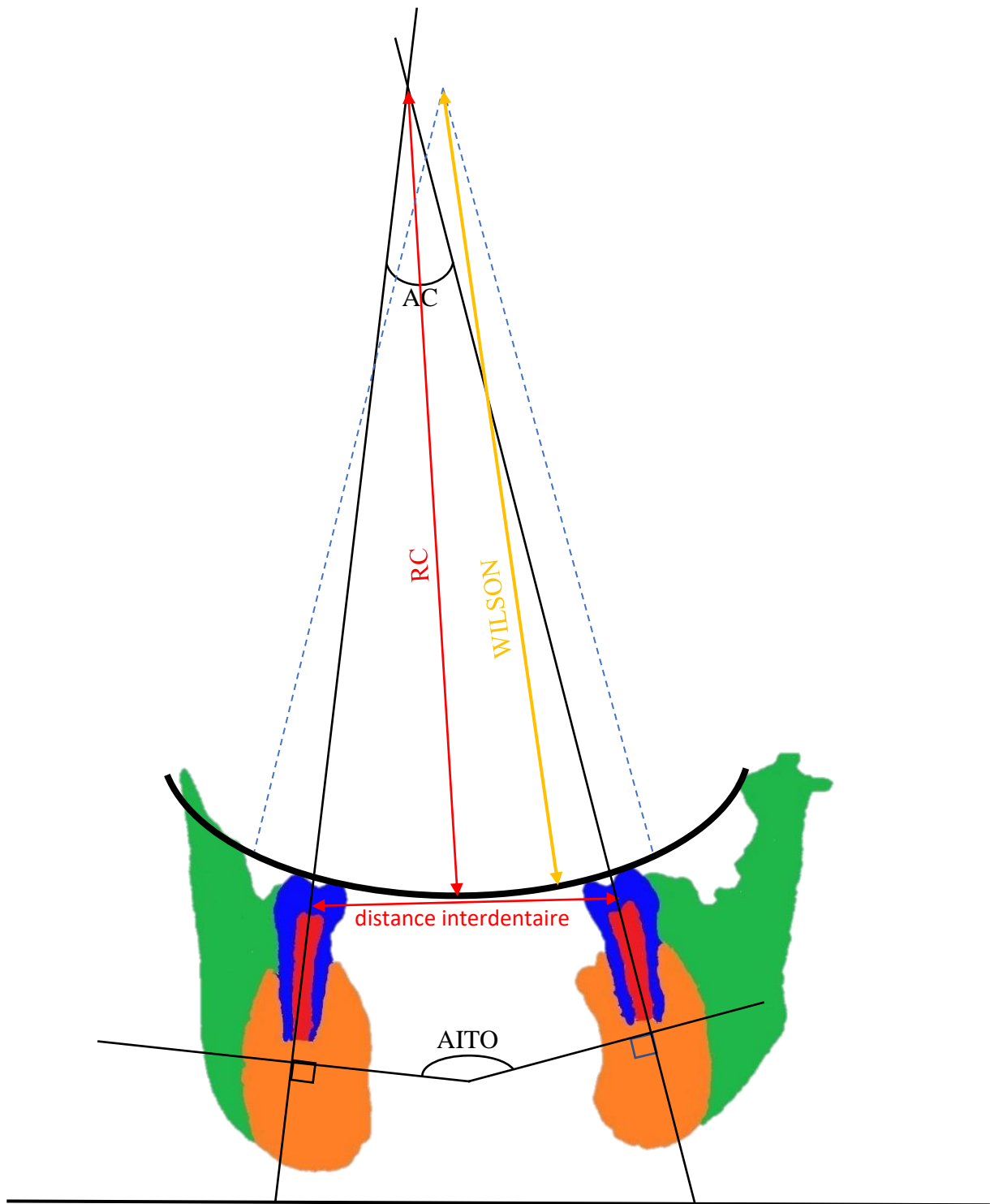


Figure 2.13 : Variables : distance interdentaire, AITO (angle intersection tables occlusales), AC (angle de convergence), RC (rayon de courbe), WILSON (rayon de courbe de Wilson conventionnelle).

Calcul des valeurs angulaires

Soit une droite Δ (delta) de type $y=a.x+b$ et deux points A et B sur cette droite, on a :

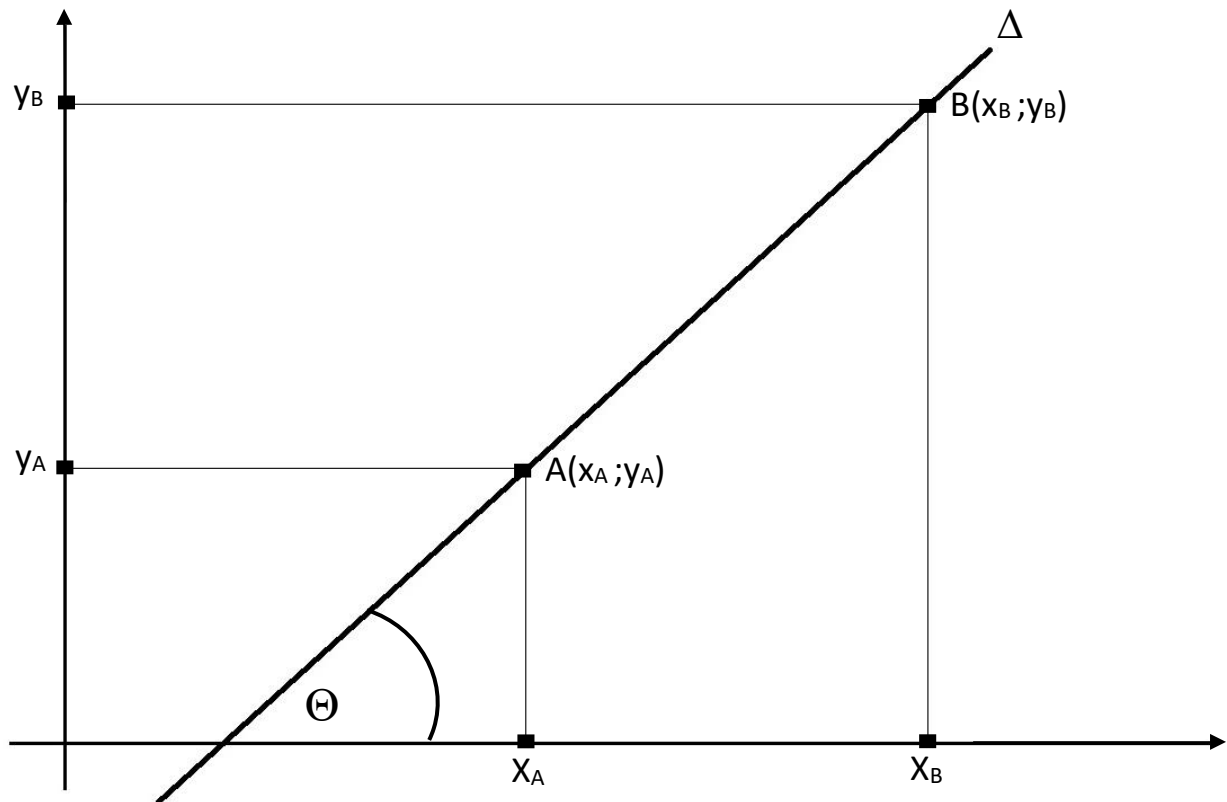
$$y_A=a.x_A+b, \text{ et}$$

$$y_B=a.x_B+b,$$

on en déduit que $a = y_B - y_A / x_B - x_A$ et $b = y_A - a.x_A$.

La valeur de a va nous donner, en radian, la pente de la droite, soit l'angle θ , il faut transformer cette valeur en degrés, soit $\Theta = \text{ArcTan de } a * 180 / \pi$

Cette valeur angulaire est calculée comme négative si la droite est descendante par rapport à l'horizontale de l'écran.



Exemple de script en langage TRANSCRIPT déclenchant par l'ouverture du bouton « CALCUL ANGLES et AXES » de la carte « carteSAISIE » le calcul d'une valeur angulaire : ici angle entre (AB) et (OD)

put the Atan of $m \cdot 180/\pi$ into m2

if m2>0

then put $180-m2-360$ into m2

if m2<0

then put $(-1 \cdot m2)$ into m2

put m2 into cd field valeur2

Calcul des valeurs linéaires

Certaines variables céphalométriques sont linéaires et s'expriment classiquement en millimètres.

Exemple de script en langage TRANSCRIPT déclenchant par l'ouverture du bouton « CALCUL des ANGLES et AXES » de la carte « carteSAISIE » le calcul d'une valeur linéaire : distance interdentaire entre les points B et E

put $(EZ-BZ) \cdot (EZ-BZ)$ into dar--calcul distance interdentaire

put $(EX-BX) \cdot (EX-BX)$ into dam

put dam+dar into gg

put the sqrt of gg into g

put g/ech into interdentaire

put interdentaire into cd fld distanceinterdentaire

Calcul de l'angle de convergence AC

Par définition, la somme des angles d'un triangle est égale à 180 degrés.

A partir de ce postulat, le calcul de l'angle de convergence AC se bornera à un calcul algébrique tel que :

$$AC = 180 - \text{angle 1} - \text{angle 2}$$

La méthode de calcul d'une valeur angulaire est expliquée dans la partie « Calcul des valeurs angulaires » ci-dessus.

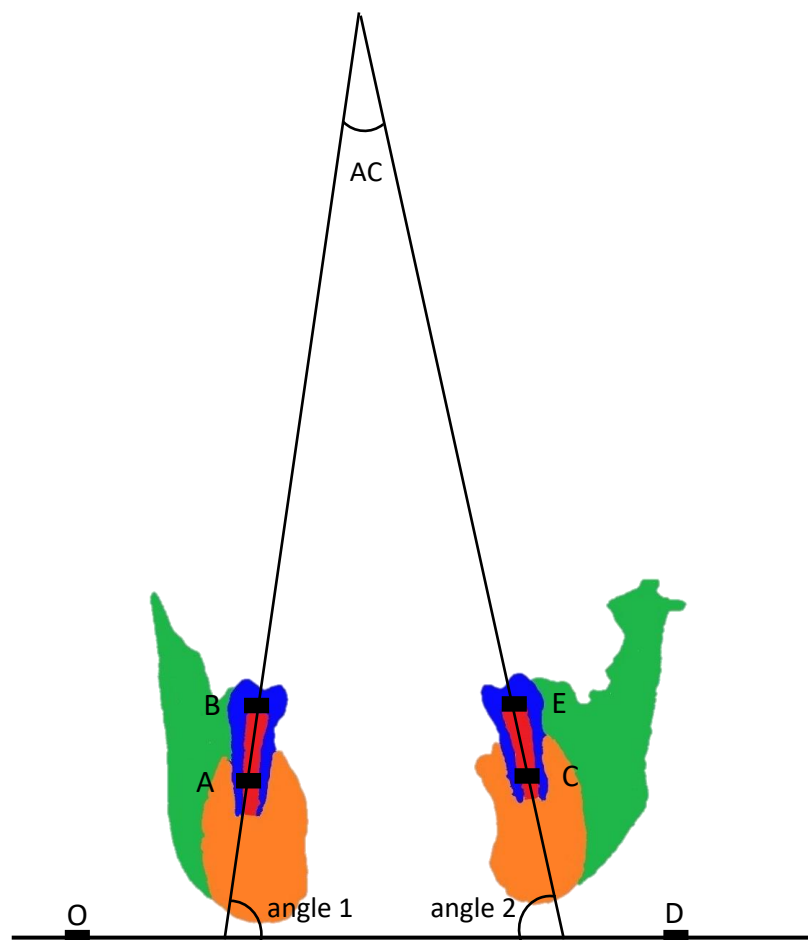


Figure 2.15 : Situation de l'angle AC par rapport aux angles 1 et 2 sur une coupe frontale.

Soit, exemple de script en langage TRANSCRIPT déclenchant le calcul de l'angle AC :

put the Atan of $n \cdot 180/\pi$ into n2--calcul angle (CE) et (OD)=angle2

if n2>0

then put 180-n2-360 into n2

if n2<0

then put (-1*n2) into n2

put n2-180 into n3

put n3 into cd field valeur1

put the Atan of $m \cdot 180/\pi$ into m2--calcul angle entre (AB) et (OD)=angle1

if m2>0

then put 180-m2-360 into m2

if m2<0

then put (-1*m2) into m2

put m2 into cd field valeur2

put 180-m2-n3 into anglecrehange--calcul angle AC

put anglecrehange into cd field valeur3

Calcul de l'angle d'intersection des tables occlusales (AITO) :

Par définition, la somme des angles d'un quadrilatère est égale à 360 degrés.

A partir de ce postulat, le calcul de l'AUTO se bornera à un calcul algébrique tel que :

$$\text{AITO} = 360 - 90 - 90 - \text{AC}$$

La méthode de calcul de la valeur angulaire de AC est expliquée dans la partie « Calcul de l'angle de convergence AC » ci-dessus.

Soit, exemple de script en langage TRANSCRIPT déclenchant le calcul de l'angle AITO :

put 360-180-anglechange into AITO --angle inter tables occlusales

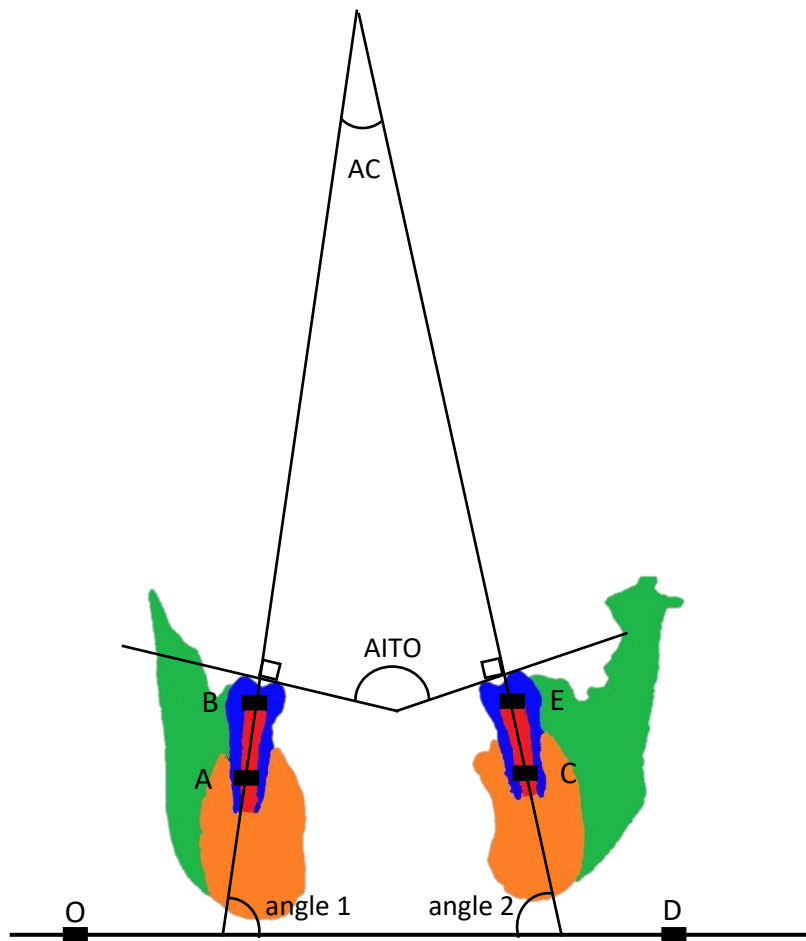


Figure 2.16 : Situation de l'angle AITO par rapport à une coupe frontale.

Calcul du rayon de courbe RC :

Le calcul du rayon de courbe RC est issu de deux opérations algébriques : dans un premier temps il convient de calculer les coordonnées du centre Ω d'un cercle qui aura pour rayon la longueur du segment $[\Omega W]$ (rappels : le point W est le point marquant la cuspide d'une dent). Pour cette étude, le point Ω sera issu de l'intersection des droites (AB) et (CE).

Détermination les coordonnées du point Ω pour une coupe :

Soient deux droites y_1 et y_2 existants dans un repère orthonormé et de coefficients directeurs tels que : $y_1=a.x+b$ et $y_2=c.x+d$ où $a \neq c$.

Lorsque ces deux droites se rencontrent, elles ont la même ordonnée, donc :

$$y_1=y_2 \leftrightarrow a.x+b = c.x+d$$

$$a.x - c.x = d - b$$

$$x.(a - c) = d - b$$

$x = \frac{d-b}{a-c}$ on a alors la coordonnée de l'abscisse lorsque deux droites s'intersectent. Pour trouver l'ordonnée, il suffit de placer la formule $x = \frac{d-b}{a-c}$ dans l'équation d'une des deux droite (y_1 ou y_2), soit :

$$y_1 = a.x + b \leftrightarrow y = a.\frac{d-b}{a-c} + b.$$

Ainsi les coordonnées du point $\Omega(x ; y)$ obtenues par le calcul sont : $\Omega(\frac{d-b}{a-c} ; a.\frac{d-b}{a-c} + b)$

Détermination de la longueur du segment $[\Omega W]$ pour obtenir le rayon R_c :

Si \vec{AB} est un vecteur de coordonnées $(x ; y)$, alors la norme $\|AB\|$ du vecteur \vec{AB} est donnée par $\sqrt{(x^2 + y^2)}$ où $x = x_B - x_A$ et $y = y_B - y_A$, soit :

$$\|AB\| = \sqrt{((x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2)}$$

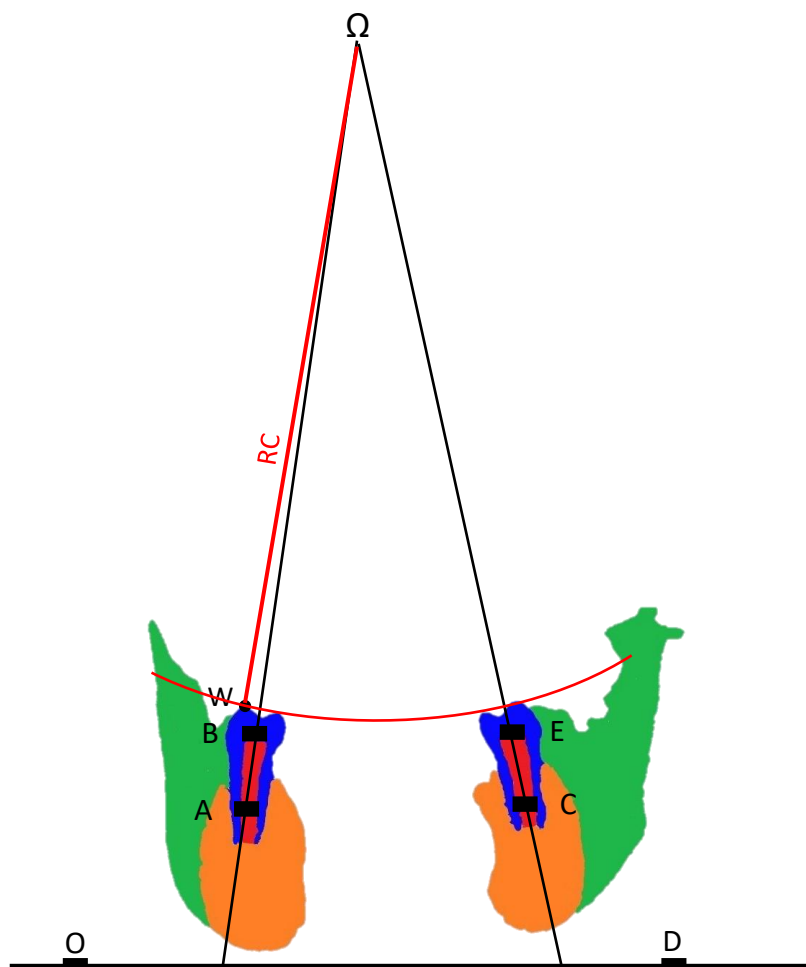


Figure 2.17 : Situation des points Ω et W permettant d'obtenir une courbe de Wilson de rayon RC en passant par les axes dentaires.

Soit, exemple de script en langage TRANSCRIPT déclenchant le calcul la valeur linéaire du rayon de courbe R_c :

put $(EZ-CZ)/(EX-CX)$ into n

put $(BZ-AZ)/(BX-AX)$ into m

put $AZ-m*AX$ into p --equation : $y=mx+p$

put $CZ-n*CX$ into q --equation : $y = nx+q$

put (q-p)/(m-n) into CRX--calcul coordonnées centre

put m*CRX+p into CRZ

put (CRX-WX)*(CRX-WX) into des--calcul rayon de courbe

put (CRZ-WZ)*(CRZ-WZ) into dem

put des+dem into cc

put the sqrt of cc into c

put c/ech into RC

put RC into cd fld rayoncourbe

Calcul du rayon de courbe de Wilson conventionnel (WILSON) :

Le calcul du rayon de courbe de Wilson conventionnel est issu de deux opérations algébriques : dans un premier temps il convient de calculer les coordonnées du centre Λ d'un cercle passant par les points W, V et T, puis il convient d'associer le centre Λ au point W pour obtenir la longueur du segment $[\Lambda W]$ (rappels : les points W, V et T sont les points marquants les cuspides des dents de la coupe étudiée).

Détermination les coordonnées du point Λ pour une coupe :

Soit trois points non alignés : W(x1 ; y1), V(x2 ; y2) et T(x3 ; y3)

Le centre du cercle est à l'intersection des médiatrices de segments [WV] et [VT].

On calcule les pentes et les ordonnées à l'origine des deux médiatrices a et b médiatrices du segment [WV] et a' et b' pour [VT].

Le centre Λ du cercle est à l'intersection des deux droites $y=a.x+b$ et $y'=a'.x+b'$ et qui aura pour coordonnées :

$$x_{\Lambda} = \frac{b-b'}{a'-a} \text{ et } y_{\Lambda} = ax_{\Lambda} + b$$

Pour [WV] la droite médiatrice passe par le point milieu du segment de coordonnées :

$$\frac{x_2+x_1}{2} \text{ et } \frac{y_2+y_1}{2}$$

Sa pente vaut l'inverse de changé de signe de la droite passant par les deux points :

$$a = -\frac{x_2-x_1}{y_2-y_1},$$

$$\text{et son ordonnée à l'origine : } b = \frac{(x_2-x_1)(x_2+x_1)}{2(y_2-y_1)} + \frac{y_2+y_1}{2} = \frac{x_2^2-x_1^2+y_2^2-y_1^2}{2(y_2-y_1)}$$

$$\text{Il en est de même pour la médiatrice de [VT] : } a' = -\frac{x_3-x_2}{y_3-y_2}$$

$$\text{Et son ordonnée à l'origine : } b' = \frac{(x_3-x_2)(x_3+x_2)}{2(y_3-y_2)} + \frac{y_3+y_2}{2} = \frac{x_3^2-x_2^2+y_3^2-y_2^2}{2(y_3-y_2)}$$

On a donc les expressions des coordonnées du centre du cercle en fonction des coordonnées des points :

$$x_A = \frac{\frac{x_3^2 - x_2^2 + y_3^2 - y_2^2}{2(y_3 - y_2)} - \frac{x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2}{2(y_2 - y_1)}}{\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} - \frac{x_3 - x_2}{y_3 - y_2}}$$

Et

$$y_A = -\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} x_A + \frac{x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2}{2(y_2 - y_1)}$$

Détermination de la longueur du segment [AW] pour obtenir le rayon Rc :

Le rayon du cercle R_w vaut alors

$$R_w = \sqrt{(x_1 - x_A)^2 + (y_1 - y_A)^2}$$

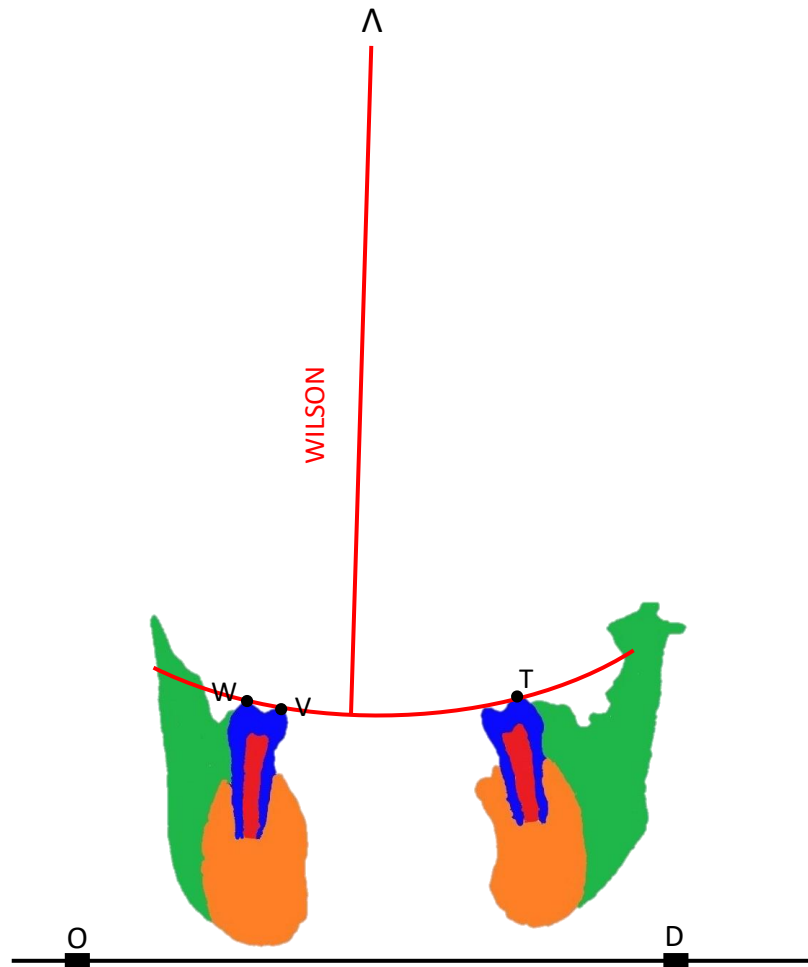


Figure 2.18 : Situation des points A et W permettant d'obtenir une courbe de Wilson conventionnelle en passant par les pointes des cuspides dentaires.

Soit, exemple de script en langage TRANSCRIPT déclenchant le calcul la valeur linéaire du rayon de courbe R_w :

put $(TX*TX)-(VX*VX)+(TZ*TZ)-(VZ*VZ)$ into AA--calcul XZERO

put $(TZ-VZ)$ into BB **if** BB=0

then put 0.0001 into BB

put $(VX*VX)-(WX*WX)+(VZ*VZ)-(WZ*WZ)$ into CC

put $(VZ-WZ)$ into DD **if** $DD=0$

then put 0.0001 into DD

put $(AA/(2*BB))-(CC/(2*DD))$ into dessus

put $VX-WX$ into EE

put $TX-VX$ into FF

put $(EE/DD)-(FF/BB)$ into dessous

put dessus/dessous into XZERO

put $-1*(EE/DD)*XZERO$ into AAA--calcul YZERO

put $CC/(2*DD)$ into BBB

put $AAA+BBB$ into YZERO

put $(WX-XZERO)*(WX-XZERO)$ into AAAAA

put $(WZ-YZERO)*(WZ-YZERO)$ into BBBBB

put $(AAAAA+BBBBB)$ into YAH

put the sqrt of YAH into YAHO

put YAHO/ech into YAHOU

put YAHOU into cd fld WILSON

Plan de référence : définition

Le plan de référence aura une mesure unique de 100mm qui constituera la référence métrique permettant le calcul des mesures.

II.2-Méthode

II.2.1-Utilisation des données DICOM

Pour chaque coupe étudiée, sept points mandibulaires doivent être impérativement présents afin de positionner les landmarks (points de repères) :

- point « A » ;
- point « B » ;
- point « C » ;
- point « E » ;
- point « T » ;
- point « V » ;
- point « W ».

De plus, pour chaque spécimen étudié, il convient de réaliser cinq coupes mandibulaires :

- une passant par les deuxièmes prémolaires (**PM**) ;
- une passant par la moitié mésiale des premières molaires (**M1.1**) ;
- une passant par la moitié distale des premières molaires (**M1.2**) ;
- une passant par la moitié mésiale des deuxièmes molaires (**M2.1**) ;
- une passant par la moitié distale des deuxièmes molaires (**M2.2**).

On définit les courbes de Wilson comme l'ensemble des courbes reliant les cuspidés vestibulaires et linguales de deux dents homologues d'une même arcade. (*Figure 2.19*)

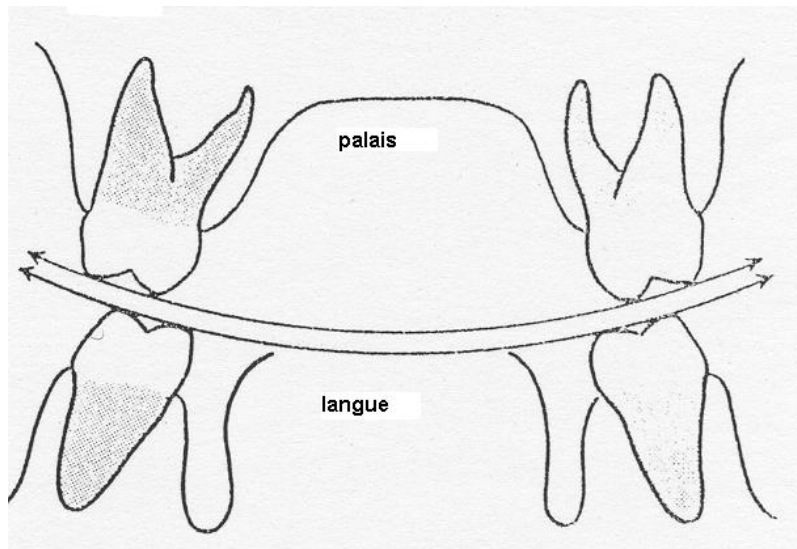


Figure 2.19 : Courbe de Wilson

Par définition, par trois points passe un cercle. Ainsi pour des raisons anatomiques évidentes, les premières prémolaires mandibulaires ne peuvent avoir de courbe de Wilson du fait de leur cuspide linguale quasi-inexistante. C'est pourquoi nous avons décidé de ne pas les inclure dans l'étude (*Figure 2.20*).



Figure 2.20 : à gauche, première prémolaire mandibulaire ; à droite, deuxième prémolaire mandibulaire. Noter la quasi absence des cuspides linguales sur la première prémolaire mandibulaire.

Dans cette étude, nous avons désiré étudier les courbes de Wilson en passant par les grands axes des couples de dents homologues.

Afin de donner des valeurs quantitatives significatives des courbes de Wilson étudiées, il a été décidé de choisir cinq points.

Les courbes de Wilson intéressent des dents homologues, il a été admis de choisir comme plan de coupe pour l'étude des axes dentaires dans le sens frontal. (Figure 2.21)

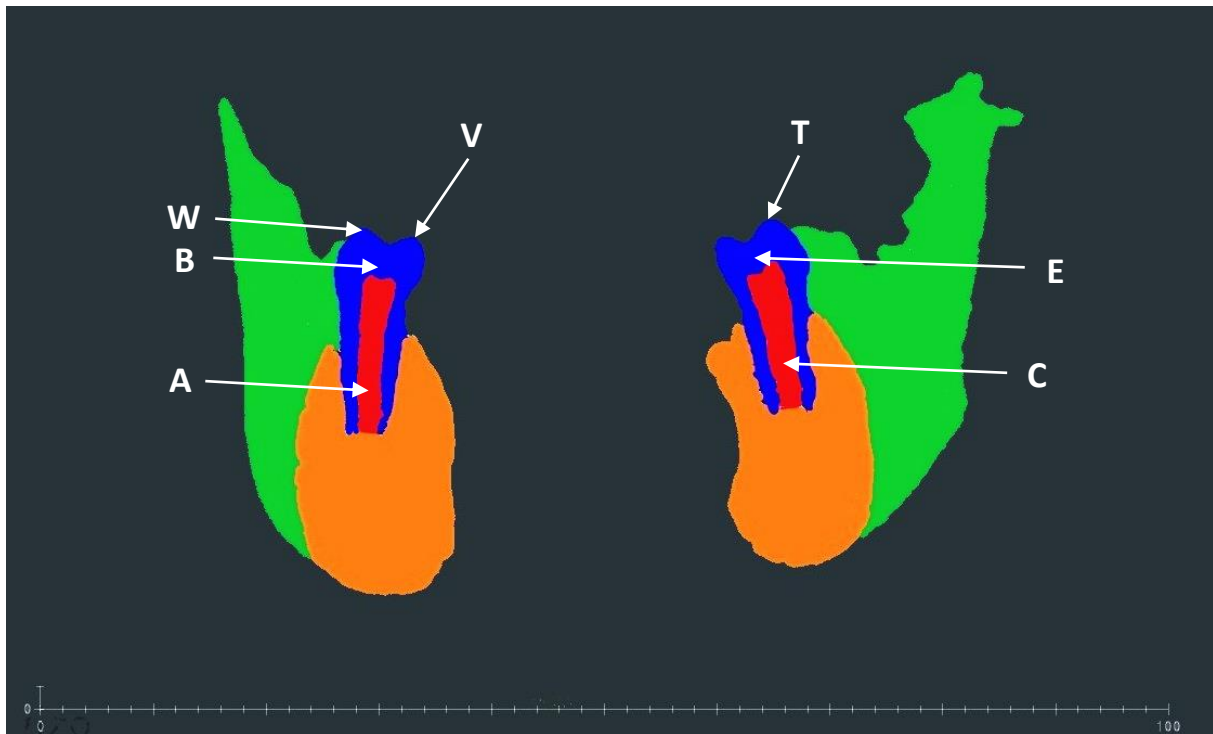


Figure 2.21 : Mise en situation des points para apicaux (A) et (C), des points centro-coronaires (B) et (E) et du point cuspidien (W) en vue frontale.

II.2.1.1-Positionnement des points « A » et « C »

Le positionnement des points « A » et « C » doit se faire au minimum à la jonction 1/3 apical-1/3 médian des racines des dents concernées sur la coupe étudiée ainsi qu'au centre de la largeur des racines de ces dernières.

II.2.1.2-Positionnement des points « B » et « E »

Le positionnement des points « B » et « E » doit se faire au centre de la couronne des dents concernées sur la coupe étudiée.

II.2.1.3-Positionnement des points « T », « V » et « W »

Le positionnement des points « T », « V » et « W » doit se faire sur trois cuspidés dentaires appartenant aux dents intéressant la coupe étudiée.

II.2.1.4-Critères de non-inclusion

-Mandibule ayant subi une fracture non réparée entre la dent 37 et 47 (*Figure 2.22*) ;

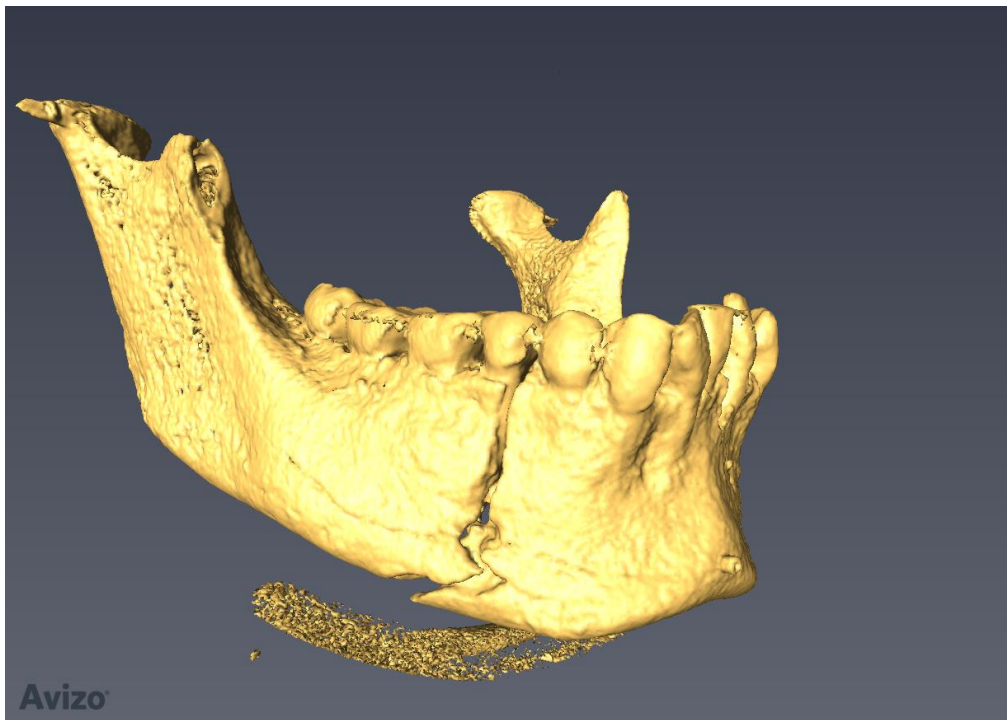


Figure 2.22 : Mandibule fracturée non réparée.

-Deuxième prémolaire et/ou première molaire permanente et/ou deuxième molaire permanente absente(s) (*Figure 2.23*) ;

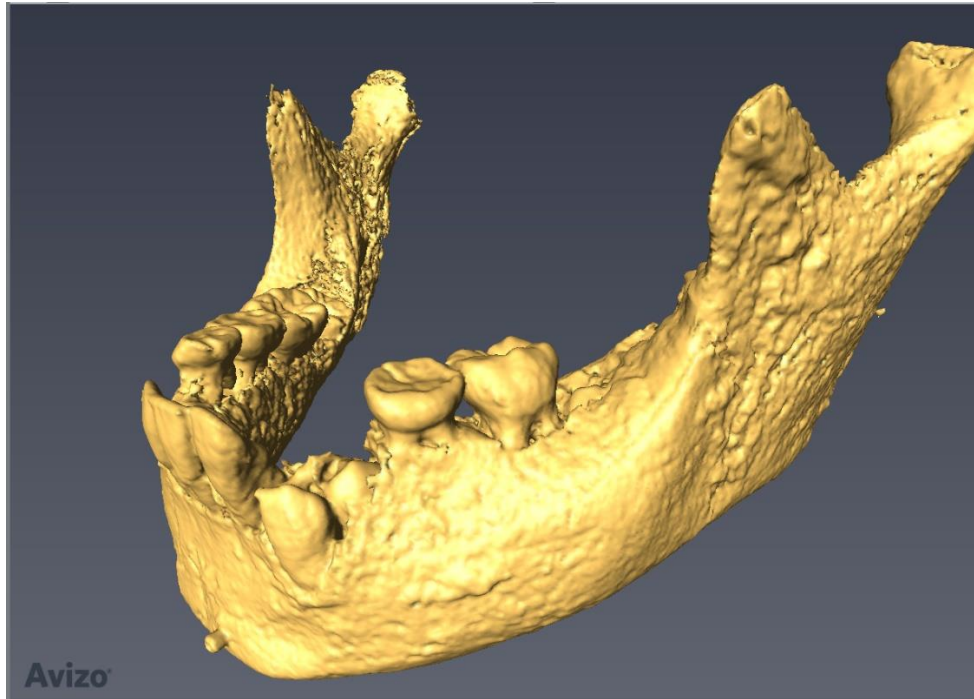


Fig.2.23 : Dents absentes car le sujet est décédé jeune (11-12ans)

-Dent allant de la première prémolaire gauche (34) à la première prémolaire droite (44) extraite de manière ante-mortem (*Figure 2.24*) ;

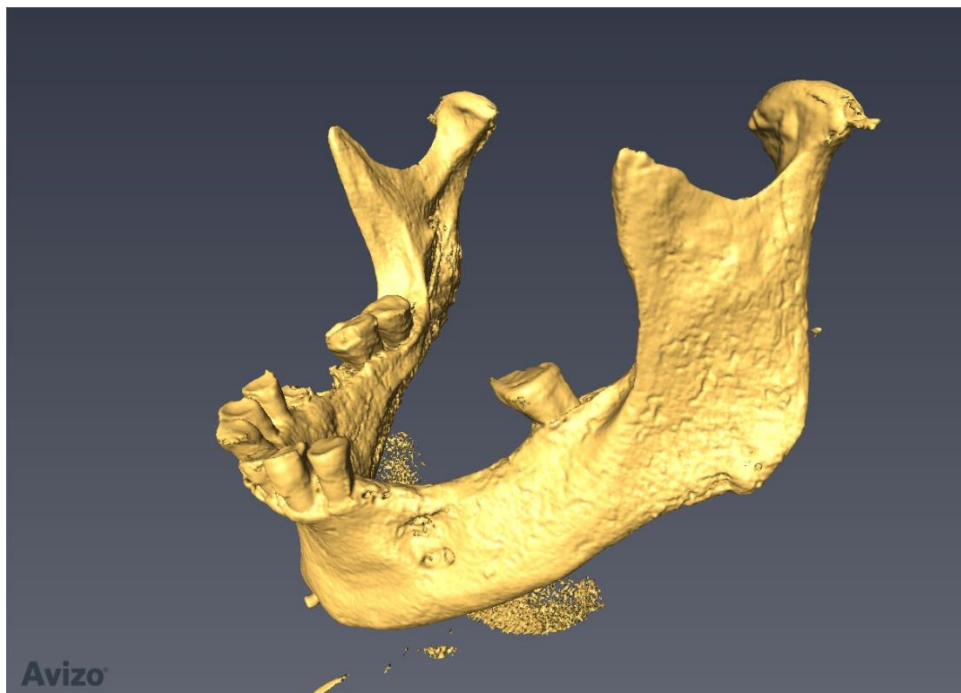


Figure 2.24 : Dents extraites de manière intentionnelle ante-mortem.

-Agénésie d'une dent quelconque sur l'arcade mandibulaire (*Figure 2.25*) ;

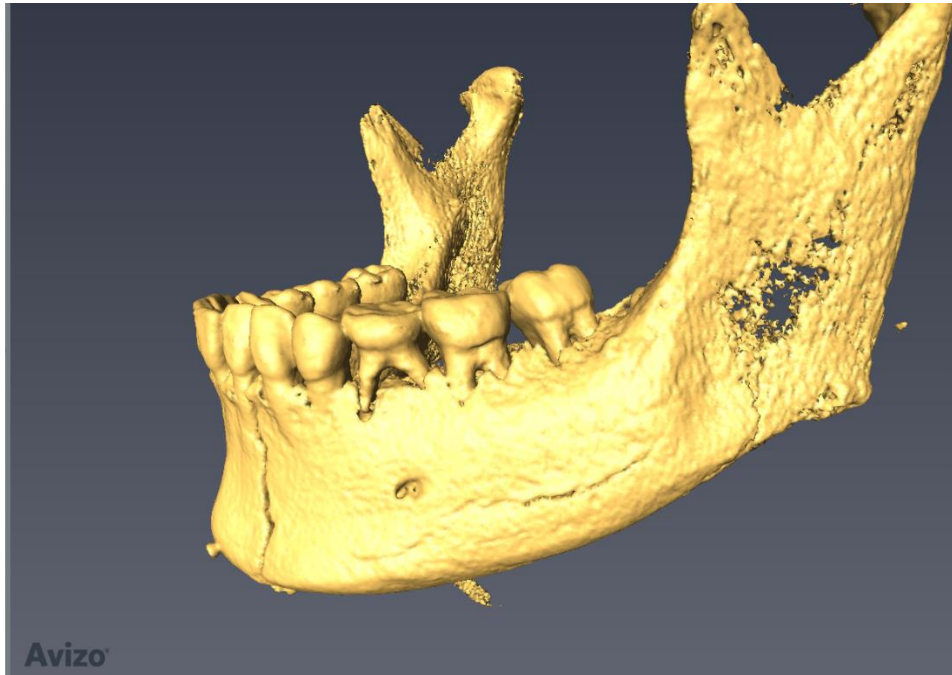


Fig.2.25 : Agénésie de la dent 35.

-Mandibule déformée.

Au total sur 477 scanners, 205 avaient un intérêt, et seulement 20 sujets ont été retenus : 7 sujets de la collection Hainburg (HB), et 13 de la collection Weissbach (WB).

II.2.2-Validité de la méthode

L'étude des mandibules est réalisée par méthode informatique et en 3D. L'imagerie permet de travailler sans abimer le matériel, selon n'importe quel sens et avec une précision redoutable.

II.2.3-Points de référence, points, distances et angles recherchés

II.2.3.1-Points de référence et points recherchés

Les points A, B, C, E, T, V et W étant les points formant le plan recherché, sont de fait inclus dans l'étude.

Les points O, D, Λ et Ω sont construits et non à rechercher anatomiquement sur la mandibule.

Les points A, B, C, E, T, V, W, O, D, Λ et Ω sont strictement dans le même plan.

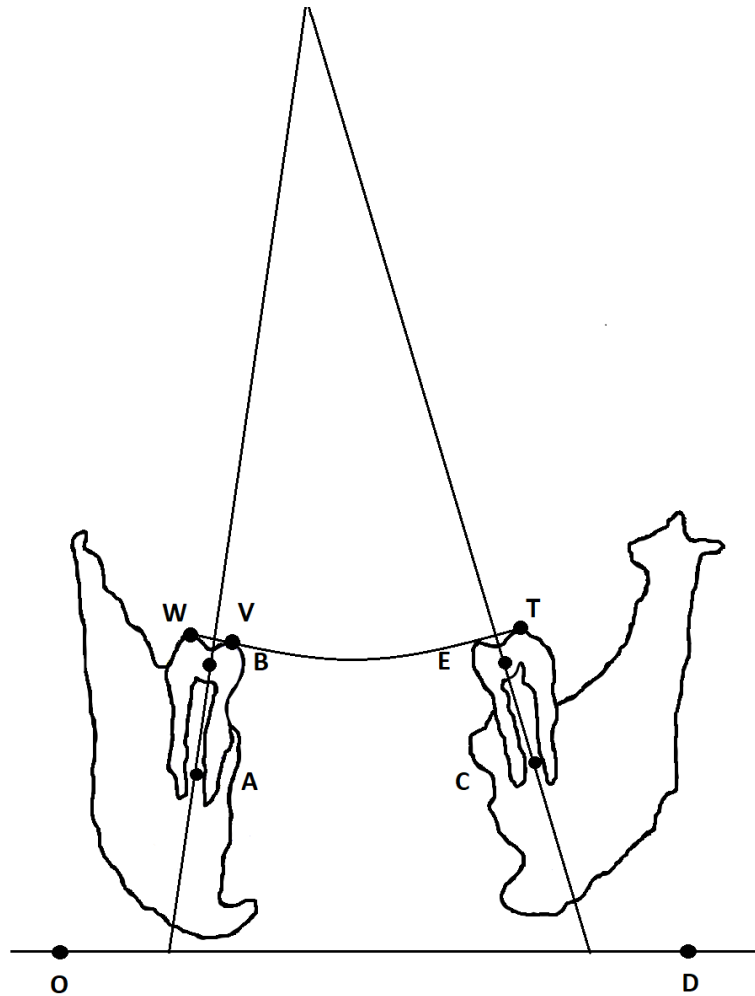


Figure 2.26 : points de références

-Point A : point situé au centre de la largeur de la racine dans le sens frontal, à la jonction 1/3 apical-1/3 médian appartenant à la dent en secteur 4 ;

-Point B : point situé au centre de la couronne dans le sens frontal appartenant à la dent en secteur 4 ;

-Point C : point situé au centre de la largeur de la racine dans le sens frontal, à la jonction 1/3 apical-1/3 médian appartenant à la dent en secteur 3 ;

-Point E : point situé au centre de la couronne dans le sens frontal appartenant à la dent en secteur 3 ;

-Point W : point cuspidien, situé sur une des cupides dentaires présente sur la coupe étudiée ;

-**Point V** : deuxième point cuspidien, situé sur une des cuspides dentaires présente sur la coupe étudiée ;

-**Point T** : troisième point cuspidien, situé sur une des cuspides dentaires présente sur la coupe étudiée ;

-**Point Λ** : centre du cercle passant par les points W, V et T

-**Point Ω** : point résultant de l'intersection des droites (AB) et (CE) ;

-**Point O** : origine du repère orthonormé ;

-**Point D** : point construit de telle sorte que $[OD]=100\text{mm}$.

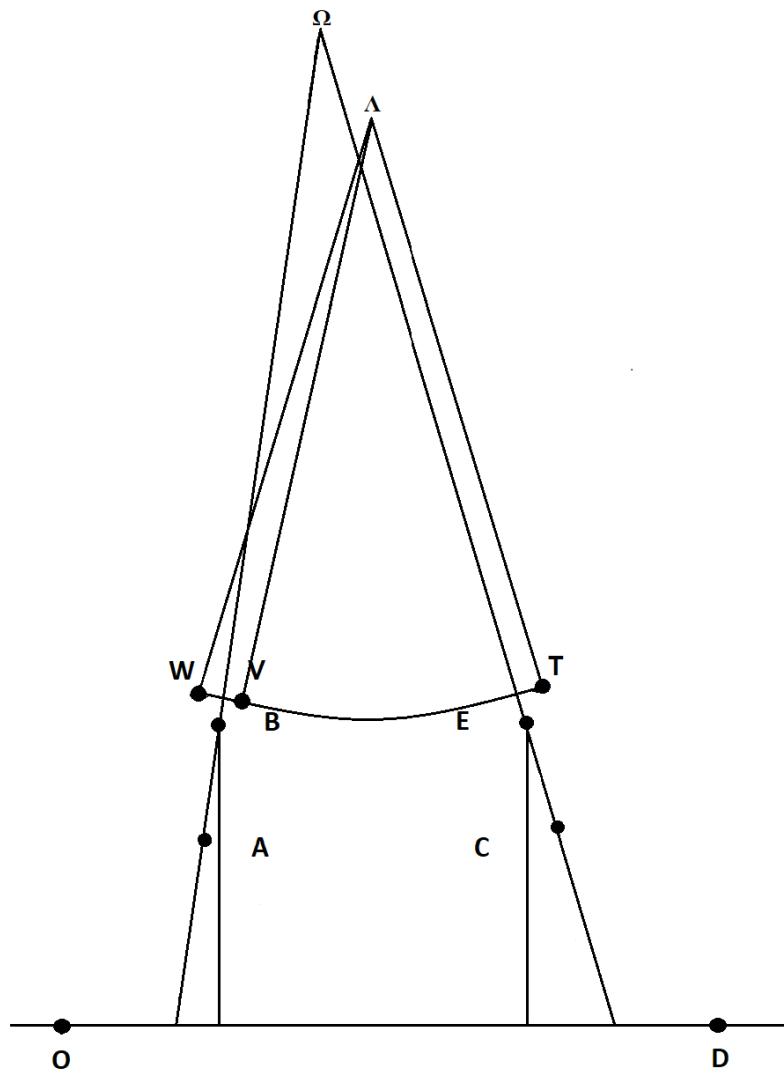


Figure 2.27 : points de référence et points recherchés

II.2.3.2-Distances recherchées

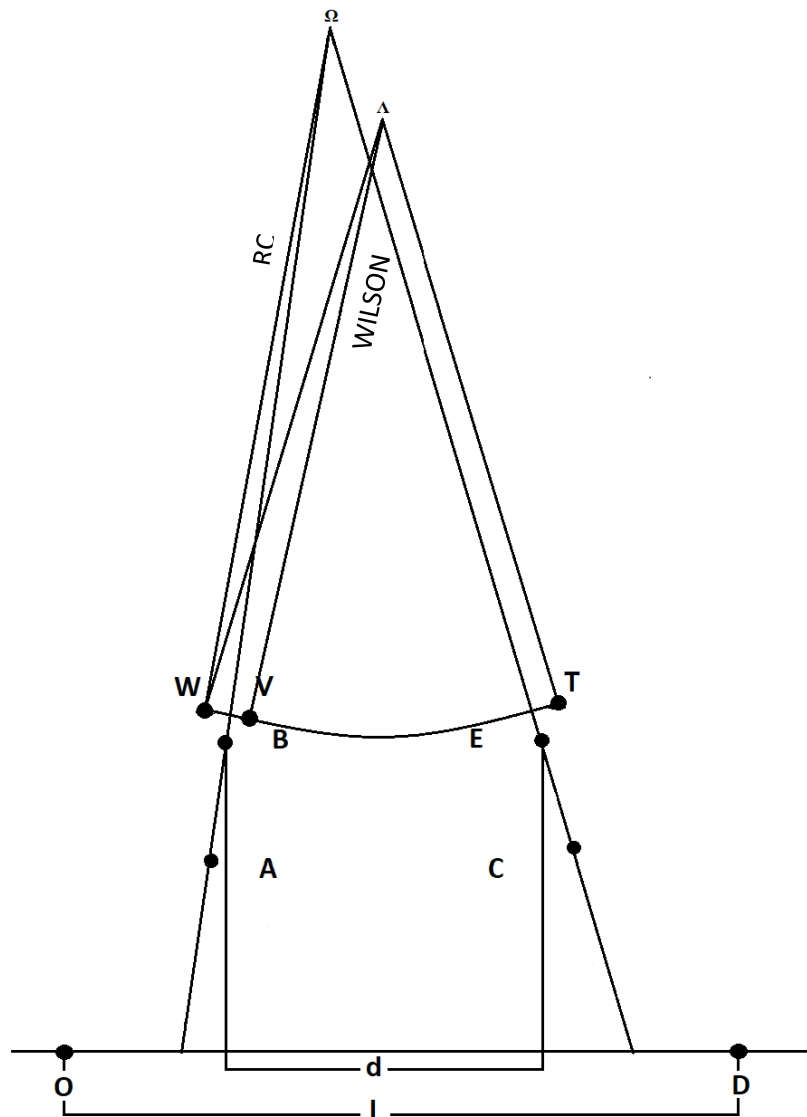


Figure 2.28 : points de référence, distances et angles recherchés.

-d : longueur [BE] entre les centres des couronnes dentaire de la coupe étudiée ;

-l : longueur [OD] telle que [OD]=100mm ;

-RC : longueur $[\Omega W]$, égale à la profondeur du rayon de courbe en passant par les grands axes dentaires ;

-WILSON : longueur $[\Lambda W] = [\Lambda V] = [\Lambda T]$, égale à la profondeur de la courbe de Wilson conventionnelle en passant par les cuspidés dentaires.

II.2.3.3-Angles recherchés

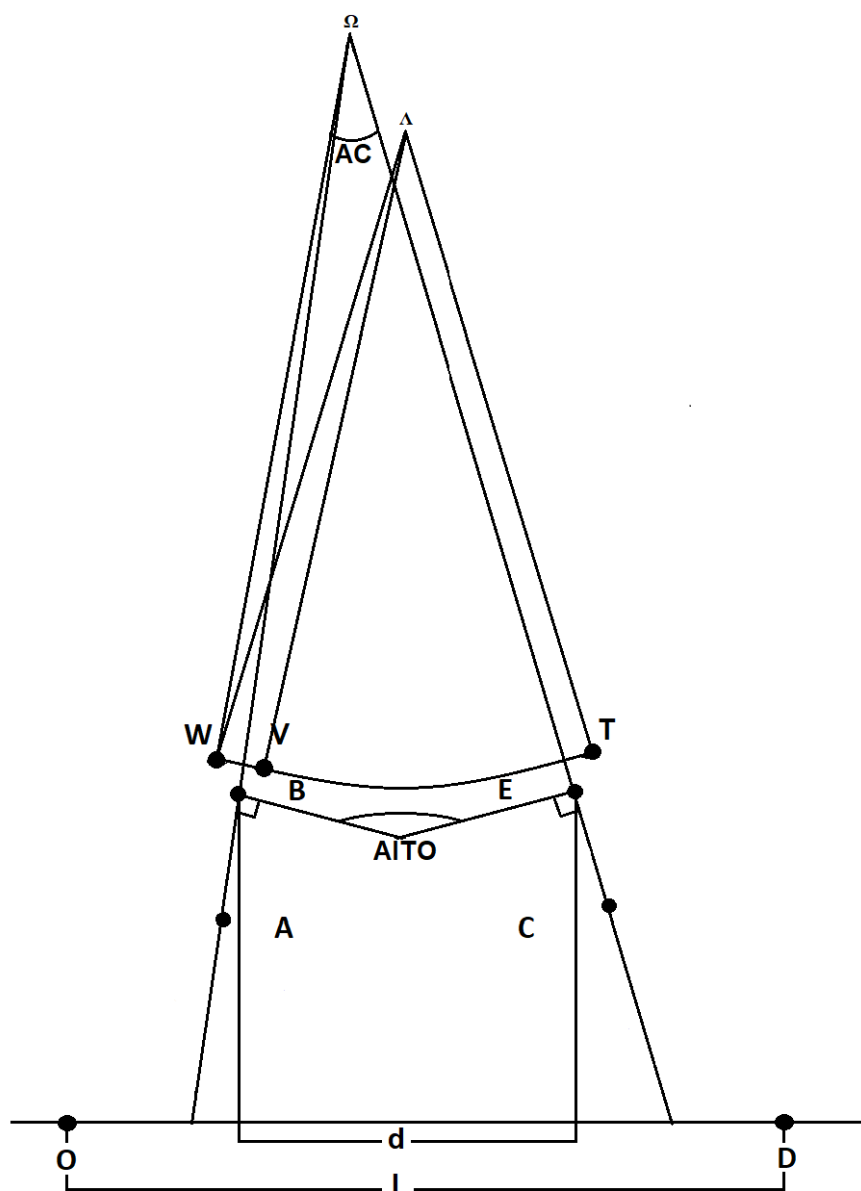


Figure 2.29 : points de références, points, distances et angles recherchés

Les angles recherchés sont :

-**Ac** : Angle de convergence, dont la valeur est issue de l'intersection des droites (AB) et (CE) pour RC;

-**AITO** : Angle d'Intersection des Tables occlusales, dont la valeur est issue de l'intersection des tangentes aux grands axes dentaires, passants respectivement par les points B et E pour RC.

II.2.4-Analyse statistique

Les deux collections – collection de Hainburg (HB) et collection de Weissbach (WB) – ont été regroupées et ont été scindées en deux groupes différents, basés uniquement sur un seul caractère qualitatif : le fait que les dents des sujets étudiés soient abrasées ou cuspidées. Les deux groupes ont été nommés de la manière suivante :

-Population « dents cuspidées » ;

-Population « dents non-cuspidées » (dents abrasées).

Les principaux indices de position et de dispersion (minimum, maximum, premier et troisième quartiles, moyenne, médiane et écart-type) ont été déterminés pour les paramètres Ac, RC, AITO et d. Il s'agit de l'analyse descriptive.

Concernant les tests statistiques et dans un but de simplification, il a été décidé de fusionner les données pour les paramètres Ac, RC, AITO, d et WILSON des premières molaires en mésial (M1.1) avec ceux des premières molaires en distal (M1.2), idem pour les deuxièmes molaires.

Il a été réalisé pour chaque groupe de dents étudiée quatre tests statistiques : quatre pour les prémolaires mandibulaires (PM), quatre pour les premières molaires mandibulaires (M1) et quatre pour les deuxièmes molaires mandibulaires (M2), soit un total de douze tests.

Cette analyse des données a été permise par l'établissement de deux tests des rangs signés de Wilcoxon pour chaque groupe de dents (PM, M1 et M2) visant à comparer les mesures obtenues par la méthode de mesure des courbes de Wilson issues des grands axes dentaires (RC) à la deuxième méthode de mesure des courbes de Wilson qui est conventionnelle (WILSON) et ce, dans deux groupes distincts : les spécimens aux dents cuspidées (C) et les spécimens aux dents non-cuspidées (NC). Ces analyses permettent de mettre en évidence une différence entre les deux méthodes de mesures dans les groupes aux individus « cuspidés » et « non-cuspidés »

Puis, ont été réalisés deux tests de Mann-Whitney pour chaque groupe de dents (PM, M1 et M2) afin de mettre en évidence une différence entre des individus aux dents cuspidées versus individus aux dents non cuspidées selon la méthode de mesure utilisée.

Pour cette analyse, l'arrondi est réalisé au centième. Le risque alpha est évalué à 5% ($\alpha=5\%$), l'intervalle de confiance fixé à 95% (IC=95%). Une différence sera observée entre

deux séries de données pour un groupe de dents étudié (PM, M1 ou M2) lorsque la « p-value » sera inférieure à 5% ($p < 0,05$).

Le logiciel XLSTATS-Base® (Addinsoft™, 40 rue Damremont, 75018 Paris) a été utilisé pour procéder à la suite de l'analyse statistique

III-Résultats

III.1-Description des données statistiques

Les individus ont été séparés en deux groupes distincts : un premier avec des dents cuspidées (n=12 sujets) : **population « dents cuspidées »** ; un second avec des dents non-cuspidées (n=8 sujets) : **population « dents non-cuspidées »** ; (voir **II.2.4-Analyse statistique**). Les individus proviennent des deux collections : collection de Hainburg (HB) et collection de Weissbach (WB). A l'intérieur de ces groupes ont été réalisées les analyses descriptives des résultats issus des calculs du rayon des courbes de Wilson en passant par les axes dentaire (RC), ainsi que les courbes de Wilson conventionnelles (WILSON), passant par les deuxièmes prémolaires (PM), par les premières molaires en mésial (M1.1), par les premières molaires en distal (M1.2), par les deuxièmes molaires en mésial (M2.1) et par les deuxièmes molaires en distal (M2.2).

Pour cette analyse, les résultats seront arrondis au centième.

III.1.1 Description des données statistiques de la population « dents cuspidées »

Statistique	RC PM	WILSON PM	RC M1.1	WILSON M1.1	RC M1.2	WILSON M1.2	RC M2.1	WILSON M2.1	RC M2.2	WILSON M2.2
Nb. d'observations	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Minimum	87,09	86,01	84,69	87,60	82,71	82,62	81,29	83,99	78,67	81,21
Maximum	147,16	149,91	116,93	109,62	112,64	109,20	100,92	102,80	100,46	103,08
1er Quartile	94,42	93,36	97,47	95,01	91,53	92,33	90,54	90,37	90,57	92,64
Médiane	98,28	96,98	99,67	97,95	96,47	97,06	93,62	94,64	94,40	96,31
3ème Quartile	107,93	112,88	103,84	101,40	102,54	100,55	97,79	99,54	97,96	98,87
Moyenne	105,62	106,31	100,33	98,30	96,97	97,07	93,78	94,22	93,27	95,03
Ecart-type (n-1)	19,51	22,15	7,58	5,98	9,10	8,10	5,61	5,86	6,34	5,75

Tableau 3.1 : Données quantitatives relatives à la population « dents cuspidées » : rayon des courbes de Wilson passant par les axes dentaires (RC), ainsi que le rayon des courbes de Wilson « conventionnelles » (WILSON), passant par les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM), par les premières molaires mandibulaires en mésial (M1.1), par les premières molaires mandibulaires en distal (M1.2), par les deuxièmes molaires mandibulaires en mésial (M2.1), et par les deuxièmes molaires mandibulaires en distal (M2.2)

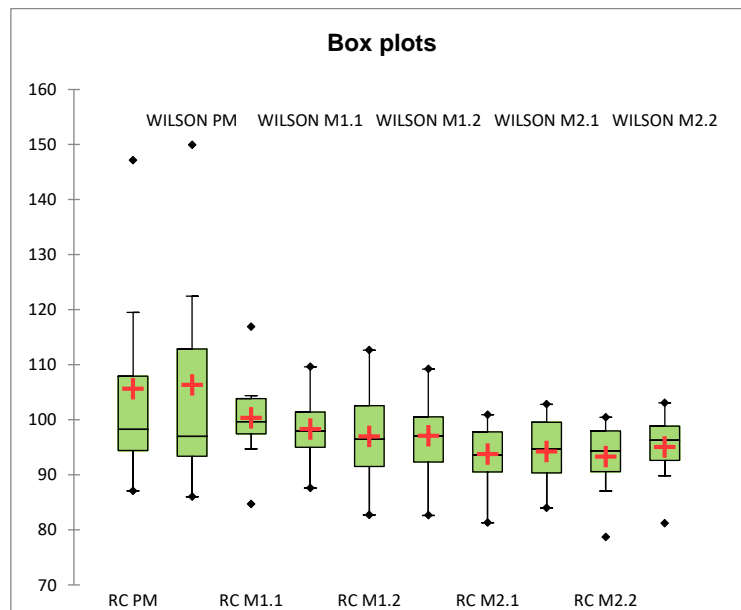


Figure 3.1 : Box plots concernant la population « dents cuspidées » : rayon des courbes de Wilson passant par les axes dentaires (RC), ainsi que le rayon des courbes de Wilson « conventionnelles » (WILSON), passant par les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM), par les premières molaires mandibulaires en mésial (M1.1), par les premières molaires mandibulaires en distal (M1.2), par les deuxièmes molaires mandibulaires en mésial (M2.1), et par les deuxièmes molaires mandibulaires en distal (M2.2)

III.1.1.1-Description des données statistiques concernant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson (RC) passant par les grands axes dentaires (RC) des deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) cuspidées ont montré que :

- le rayon minimal est de 87,09 mm ;
- le rayon maximal est de 149,91 mm ;
- le premier quartile est situé à 94,42 mm ;
- la médiane est située à 98,28 mm ;
- le troisième quartile est situé à 107,93 mm ;
- la moyenne est égale à 105,62 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 19,51 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les deuxièmes prémolaires (PM) cuspidées ont montré que :

- le rayon minimal est de 86,01 mm ;
- le rayon maximal est de 149,91 mm ;
- le premier quartile est situé à 93,36 mm ;
- la médiane est située à 96,98 mm ;
- le troisième quartile est situé à 112,88 mm ;
- la moyenne est égale à 106,31 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 22,15 mm.

III.1.1.2-Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires en mésial (M1.1) cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des premières molaires mandibulaires cuspidées en mésial (M1.1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 84,69 mm ;
- le rayon maximal est de 116,93 mm ;
- le premier quartile est situé à 97,47 mm ;
- la médiane est située à 99,67 mm ;
- le troisième quartile est situé à 103,84 mm ;
- la moyenne est égale à 100,33 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 7,58 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les premières molaires mandibulaires cuspidées en mésial (M1.1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 87,60 mm ;
- le rayon maximal est de 109,62 mm ;
- le premier quartile est situé à 95,01 mm ;
- la médiane est située à 97,95 mm ;
- le troisième quartile est situé à 101,40 mm ;
- la moyenne est égale à 98,30 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 5,98 mm.

III.1.1.3-Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires en distal (M1.2) cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des premières molaires mandibulaires cuspidées en distal (M1.2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 82,71 mm ;
- le rayon maximal est de 112,64 mm ;
- le premier quartile est situé à 91,53 mm ;
- la médiane est située à 96,47 mm ;
- le troisième quartile est situé à 102,54 mm ;
- la moyenne est égale à 96,97 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 9,10 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les premières molaires mandibulaires cuspidées en distal (M1.2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 82,62 mm ;
- le rayon maximal est de 109,20 mm ;
- le premier quartile est situé à 92,33 mm ;
- la médiane est située à 97,06 mm ;
- le troisième quartile est situé à 100,55 mm ;
- la moyenne est égale à 97,07 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 8,10 mm.

III.1.1.4-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires en mésial (M2.1) cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des deuxièmes molaires mandibulaires cuspidées en mésial (M2.1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 81,29 mm ;
- le rayon maximal est de 100,92 mm ;
- le premier quartile est situé à 90,54 mm ;
- la médiane est située à 93,62 mm ;
- le troisième quartile est situé à 97,79 mm ;
- la moyenne est égale à 93,78 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 5,61 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les deuxièmes molaires mandibulaires cuspidées en mésial (M2.1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 83,99 mm ;
- le rayon maximal est de 102,80 mm ;
- le premier quartile est situé à 90,37 mm ;
- la médiane est située à 94,64 mm ;
- le troisième quartile est situé à 99,54 mm ;
- la moyenne est égale à 94,22 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 5,86 mm.

III.1.1.5-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires en distal (M2.2) cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des deuxièmes molaires mandibulaires cuspidées en distal (M2.2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 78,67 mm ;
- le rayon maximal est de 100,46 mm ;
- le premier quartile est situé à 90,57 mm ;
- la médiane est située à 94,40 mm ;
- le troisième quartile est situé à 97,96 mm ;
- la moyenne est égale à 93,27 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 6,34 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les deuxièmes molaires mandibulaires cuspidées en distal (M2.2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 81,21 mm ;
- le rayon maximal est de 103,08 mm ;
- le premier quartile est situé à 92,64 mm ;
- la médiane est située à 96,31 mm ;
- le troisième quartile est situé à 98,87 mm ;
- la moyenne est égale à 95,03 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 5,75 mm.

III.1.2-Description des données statistiques de la population « dents non-cuspidées »

Statistique	RC PM*	WILSON PM*	RC M1.1*	WILSON M1.1*	RC M1.2*	WILSON M1.2*	RC M2.1*	WILSON M2.1*	RC M2.2*	WILSON M2.2*
Nb. d'observations	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Minimum	99,20	102,13	93,65	137,95	88,19	137,27	85,51	147,57	81,94	100,33
Maximum	117,30	307,38	113,92	234,20	107,56	204,87	99,52	198,89	96,94	189,87
1er Quartile	103,57	150,20	97,10	153,28	91,42	153,30	87,78	154,37	86,65	152,05
Médiane	106,56	163,47	105,81	159,13	96,91	162,30	92,29	159,75	89,31	168,20
3ème Quartile	112,05	178,62	107,08	207,58	103,60	174,82	94,48	169,75	94,21	175,39
Moyenne	107,83	173,90	103,36	176,45	97,72	166,87	91,70	165,00	89,72	160,10
Ecart-type (n-1)	6,32	59,73	7,16	35,44	7,57	25,52	4,65	17,36	5,23	27,51

Tableau 3.2 : Données quantitatives relatives à la population « dents non-cuspidées » : rayon des courbes de Wilson passant par les axes dentaires (RC), ainsi que le rayon des courbes de Wilson « conventionnelles » (WILSON), passant par les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM), par les premières molaires mandibulaires en mésial (M1.1), par les premières molaires mandibulaires en distal (M1.2), par les deuxièmes molaires mandibulaires en mésial (M2.1), et par les deuxièmes molaires mandibulaires en distal (M2.2)

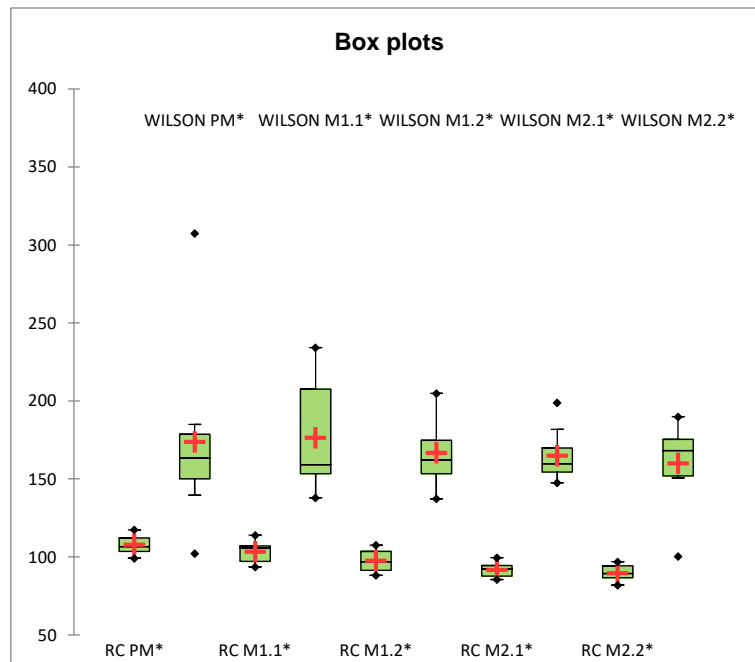


Figure 3.2 : Box plots concernant la population « dents non-cuspidées » : rayon des courbes de Wilson passant par les axes dentaires (RC), ainsi que le rayon des courbes de Wilson « conventionnelles » (WILSON), passant par les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM), par les premières molaires mandibulaires en mésial (M1.1), par les premières molaires mandibulaires en distal (M1.2), par les deuxièmes molaires mandibulaires en mésial (M2.1), et par les deuxièmes molaires mandibulaires en distal (M2.2)

III.1.2.1-Description des données statistiques concernant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) non-cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson (RC) passant par les grands axes dentaires (RC) des deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) non-cuspidées ont montré que :

- le rayon minimal est de 99,20 mm ;
- le rayon maximal est de 117,30 mm ;
- le premier quartile est situé à 103,57 mm ;
- la médiane est située à 106,56 mm ;
- le troisième quartile est situé à 112,05 mm ;
- la moyenne est égale à 107,83 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 6,32 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les deuxièmes prémolaires (PM) non-cuspidées ont montré que :

- le rayon minimal est de 102,13 mm ;
- le rayon maximal est de 307,38 mm ;
- le premier quartile est situé à 150,20 mm ;
- la médiane est située à 163,47 mm ;
- le troisième quartile est situé à 178,62 mm ;
- la moyenne est égale à 173,9 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 59,73 mm.

III.1.2.2-Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires en mésial (M1.1) non-cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des premières molaires mandibulaires non-cuspidées en mésial (M1.1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 93,65 mm ;
- le rayon maximal est de 113,92 mm ;
- le premier quartile est situé à 97,10 mm ;
- la médiane est située à 105,81 mm ;
- le troisième quartile est situé à 107,08 mm ;
- la moyenne est égale à 103,36 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 7,16 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les premières molaires mandibulaires non-cuspidées en mésial (M1.1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 137,95 mm ;
- le rayon maximal est de 234,20 mm ;
- le premier quartile est situé à 153,28 mm ;
- la médiane est située à 159,13 mm ;
- le troisième quartile est situé à 207,58 mm ;
- la moyenne est égale à 176,45 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 35,44 mm.

III.1.2.3-Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires en distal (M1.2) non-cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des premières molaires mandibulaires non-cuspidées en distal (M1.2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 88,19 mm ;
- le rayon maximal est de 107,56 mm ;
- le premier quartile est situé à 91,42 mm ;
- la médiane est située à 96,91 mm ;
- le troisième quartile est situé à 103,60 mm ;
- la moyenne est égale à 97,72 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 7,57 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les premières molaires mandibulaires non-cuspidées en distal (M1.2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 137,27 mm ;
- le rayon maximal est de 204,87 mm ;
- le premier quartile est situé à 153,30 mm ;
- la médiane est située à 162,30 mm ;
- le troisième quartile est situé à 174,82 mm ;
- la moyenne est égale à 166,87 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 25,52 mm.

III.1.2.4-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires en mésial (M2.1) non-cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des deuxièmes molaires mandibulaires non-cuspidées en mésial (M2.1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 85,51 mm ;
- le rayon maximal est de 99,52 mm ;
- le premier quartile est situé à 87,78 mm ;
- la médiane est située à 92,29 mm ;
- le troisième quartile est situé à 94,48 mm ;
- la moyenne est égale à 91,70 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 4,65 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les deuxièmes molaires mandibulaires non-cuspidées en mésial (M2.1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 147,57 mm ;
- le rayon maximal est de 198,89 mm ;
- le premier quartile est situé à 154,37 mm ;
- la médiane est située à 159,75 mm ;
- le troisième quartile est situé à 169,75 mm ;
- la moyenne est égale à 165,00 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 17,36 mm.

III.1.2.5-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires en distal (M2.2) non-cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des deuxièmes molaires mandibulaires non-cuspidées en distal (M2.2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 81,94 mm ;
- le rayon maximal est de 96,94 mm ;
- le premier quartile est situé à 86,65mm ;
- la médiane est située à 89,31 mm ;
- le troisième quartile est situé à 94,21 mm ;
- la moyenne est égale à 89,72 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 5,23 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les deuxièmes molaires mandibulaires non-cuspidées en distal (M2.2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 100,33 mm ;
- le rayon maximal est de 189,87 mm ;
- le premier quartile est situé à 152,05 mm ;
- la médiane est située à 168,20 mm ;
- le troisième quartile est situé à 175,39 mm ;
- la moyenne est égale à 160,10mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 27,51 mm.

Pour la suite des analyses, compte tenu des statistiques descriptives, de leurs similarités (absence de différence significative entre coté mésial et distal pour la première molaire mandibulaire, de même pour la deuxième molaire mandibulaire) concernant les indices de position et de dispersion, et dans un but de simplification, il a été décidé de fusionner les données pour les paramètres Ac (angle de convergence), RC (rayon de courbe de Wilson passant par les axes dentaires), AITO (angle d'intersection des tables occlusales), d (distance interdentaire) et WILSON (rayon de courbe de Wilson issu de la méthode « conventionnelle ») des premières molaires en mésial (M1.1) avec ceux des premières molaires en distal (M1.2), idem pour les deuxièmes molaires. Ces derniers ont été regroupés en M1 ($M1 = (M1.1 + M1.2)/2$) et M2 ($M2 = (M2.1 + M2.2)/2$).

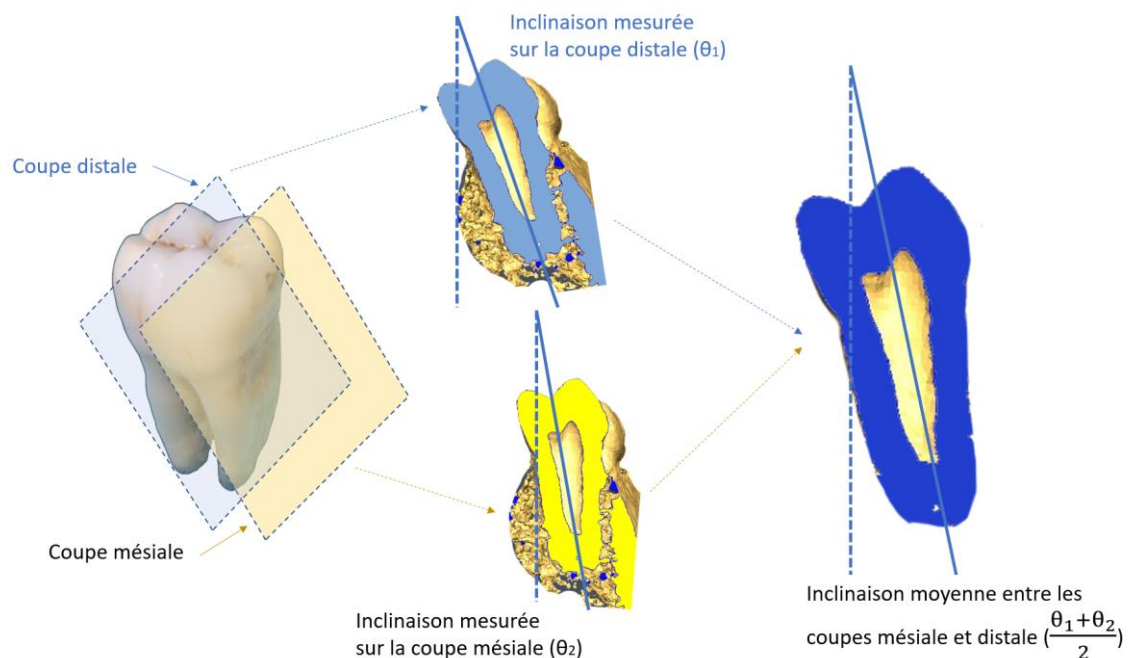


Figure 3.3 : Fusion des différentes valeurs des données concernant M1.1 et M1.2, ainsi que pour M2.1 et M2.2

III.1.3-Description des données statistiques concernant les molaires mandibulaires de la population « dents CUSPIDEES » après fusion des résultats des cuspides mésiales et distales

Statistique	RC PM	WILSON PM	RC M1	WILSON M1	RC M2	WILSON M2
Nb. d'observations	12	12	24	24	24	24
Minimum	87,09	80,58	82,71	82,62	78,67	81,21
Maximum	147,16	149,91	116,93	109,62	100,92	103,08
1er Quartile	95,73	89,93	94,65	93,37	90,54	90,58
Médiane	98,28	96,01	97,90	97,47	93,62	95,38
3ème Quartile	105,14	101,26	103,84	101,40	97,96	99,25
Moyenne	102,95	100,80	98,65	97,68	93,53	94,62
Ecart-type (n-1)	15,43	19,20	8,37	6,99	5,86	5,69

Tableau 3.3 Données quantitatives relatives à la population « dents cuspidées » après fusion des résultats des cuspides mésiales et distales des molaires : rayon des courbes de Wilson passant par les axes dentaires (RC), ainsi que le rayon des courbes de Wilson « conventionnelles » (WILSON), passant par les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM), par les premières molaires mandibulaires en mésial (M1), et par les deuxièmes molaires mandibulaires en mésial (M2)

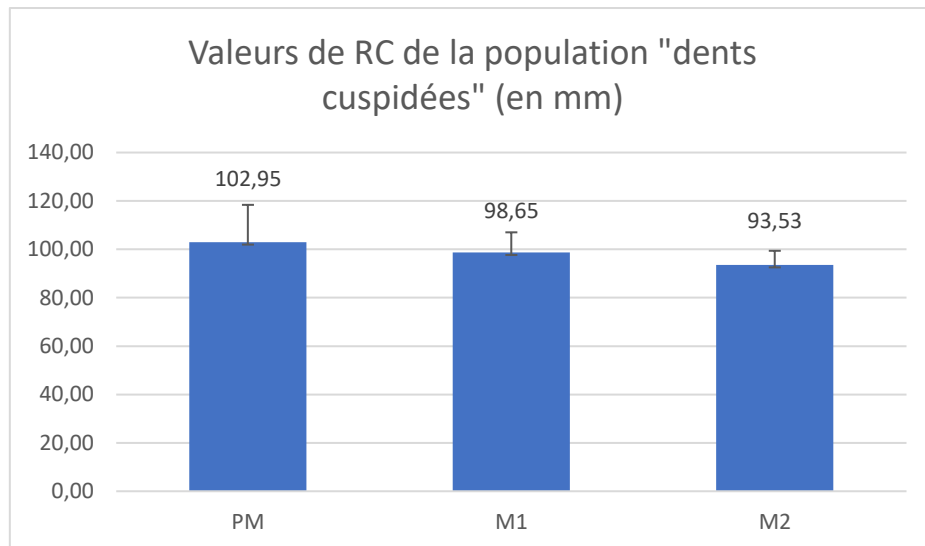


Figure 3.4 : Histogramme relatif à la valeur moyenne de RC (en bleu), avec écart-type (bornes supérieures) de la population « dents cuspidées » après fusion des résultats des cuspides mésiales et distales des molaires concernant les prémolaires mandibulaires (PM), les premières molaires mandibulaires (M1) et les deuxièmes molaires mandibulaires (M2)

III.1.3.1-Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires (M1) cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des premières molaires mandibulaires cuspidées (M1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 82,71 mm ;
- le rayon maximal est de 116,93 mm ;
- le premier quartile est situé à 94,65 mm ;
- la médiane est située à 97,90 mm ;
- le troisième quartile est situé à 103,84 mm ;
- la moyenne est égale à 98,65 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 8,37 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les premières molaires mandibulaires cuspidées (M1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 82,62 mm ;
- le rayon maximal est de 109,62 mm ;
- le premier quartile est situé à 93,37 mm ;
- la médiane est située à 97,47 mm ;
- le troisième quartile est situé à 101,40 mm ;
- la moyenne est égale à 97,68 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 6,99 mm.

III.1.3.2-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2) cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des premières molaires mandibulaires cuspidées (M2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 78,67 mm ;
- le rayon maximal est de 100,92 mm ;
- le premier quartile est situé à 90,54 mm ;
- la médiane est située à 93,62 mm ;
- le troisième quartile est situé à 97,96 mm ;
- la moyenne est égale à 93,53 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 5,86 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les premières molaires mandibulaires cuspidées (M2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 81,21 mm ;
- le rayon maximal est de 103,08 mm ;
- le premier quartile est situé à 90,58 mm ;
- la médiane est située à 95,38 mm ;
- le troisième quartile est situé à 99,25 mm ;
- la moyenne est égale à **94,62 mm** ;
- l'écart-type (n-1) est égal à 5,69 mm.

III.1.4-Description des données statistiques concernant les molaires mandibulaires de la population « dents NON-CUSPIDEES » après fusion des résultats des cuspidés mésiales et distales

Statistique	RC PM*	WILSON PM*	RC M1*	WILSON M1*	RC M2*	WILSON M2*
Nb. d'observations	8	8	16	16	16	16
Minimum	99,20	102,13	65,59	85,89	64,32	81,81
Maximum	117,30	307,38	170,93	234,20	190,83	189,87
1er Quartile	103,57	150,20	91,61	96,36	82,41	91,76
Médiane	106,56	163,47	102,34	126,12	90,44	97,62
3ème Quartile	112,05	178,62	113,58	163,74	95,73	163,79
Moyenne	107,83	173,90	105,92	137,49	96,98	121,71
Ecart-type (n-1)	6,32	59,73	26,31	49,38	31,27	41,49

Tableau 3.4 : Données quantitatives relatives à la population « dents non-cuspidées » après fusion des résultats des cuspidés mésiales et distales des molaires : rayon des courbes de Wilson passant par les axes dentaires (RC), ainsi que le rayon des courbes de Wilson « conventionnelles » (WILSON), passant par les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM), par les premières molaires mandibulaires en mésial (M1), et par les deuxièmes molaires mandibulaires en mésial (M2)

III.1.4.1 Description des données statistiques concernant les premières molaires mandibulaires (M1) non-cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des premières molaires mandibulaires non-cuspidées (M1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 65,59 mm ;
- le rayon maximal est de 170,93 mm ;
- le premier quartile est situé à 91,61 mm ;
- la médiane est située à 102,34 mm ;
- le troisième quartile est situé à 113,58 mm ;
- la moyenne est égale à 105,92 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 26,31 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les premières molaires mandibulaires non-cuspidées (M1) ont montré que :

- le rayon minimal est de 85,89 mm ;
- le rayon maximal est de 234,20 mm ;
- le premier quartile est situé à 96,36 mm ;
- la médiane est située à 126,12 mm ;
- le troisième quartile est situé à 163,74 mm ;
- la moyenne est égale à 137,49 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 49,38 mm.

III.1.4.2-Description des données statistiques concernant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2) non-cuspidées

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des premières molaires mandibulaires non-cuspidées (M2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 64,32 mm ;
- le rayon maximal est de 190,83 mm ;
- le premier quartile est situé à 82,41 mm ;
- la médiane est située à 90,44 mm ;
- le troisième quartile est situé à 95,73 mm ;
- la moyenne est égale à 96,98 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 31,27 mm.

Les résultats issus du calcul du rayon de la courbe de Wilson par méthode conventionnelles (WILSON) passant par les premières molaires mandibulaires non-cuspidées (M2) ont montré que :

- le rayon minimal est de 81,81 mm ;
- le rayon maximal est de 189,87 mm ;
- le premier quartile est situé à 91,76 mm ;
- la médiane est située à 97,62 mm ;
- le troisième quartile est situé à 169,79 mm ;
- la moyenne est égale à 121,71 mm ;**
- l'écart-type (n-1) est égal à 41,49 mm.

III.2-Analyse des données statistiques

III.2.1-Test des rangs signés de Wilcoxon relatif aux individus aux dents CUSPIDEES

- Concernant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM), $p=0,733$.

V	34
Espérance	39,000
Variance (V)	162,500
p-value (bilatérale)	0,733
alpha	0,05

Tableau 3.5 : Résultats issus du test des rangs signés de Wilcoxon pour les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) cuspidées

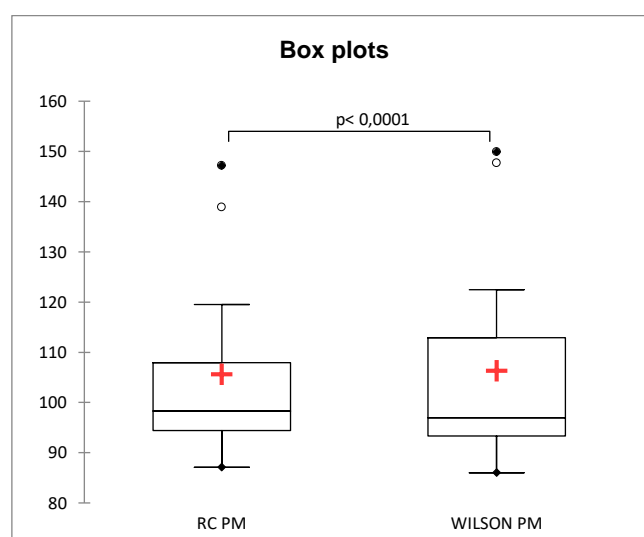


Figure 3.5 : Box plots relevant du test des rangs signés de Wilcoxon sur les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) cuspidées

Première conclusion : Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les deux méthodes de mesures des courbes de Wilson concernant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) cuspidées.

- Concernant les premières molaires mandibulaires (M1), $p=0,160$.

V	200
Espérance	150,000
Variance (V)	1225,000
p-value (bilatérale)	0,160
alpha	0,05

Tableau 3.6 : Résultats issus du test des rangs signés de Wilcoxon pour premières molaires mandibulaires (M1) cuspidées

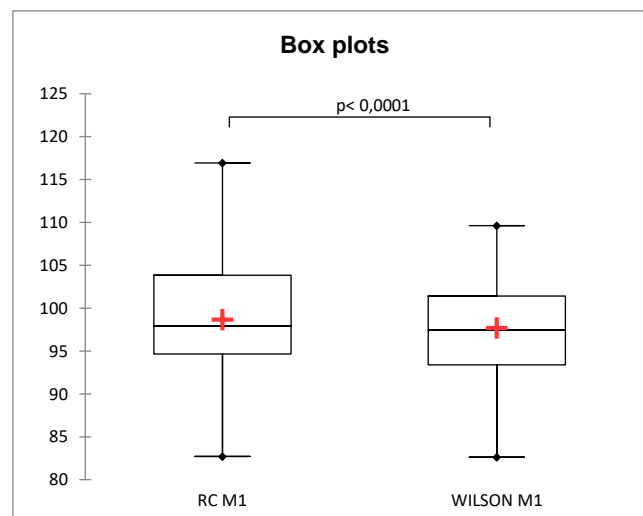


Figure 3.6 : Box plots relevant du test des rangs signés de Wilcoxon sur premières molaires mandibulaires (M1) cuspidées

Deuxième conclusion : Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les deux méthodes de mesures des courbes de Wilson concernant les premières molaires mandibulaires (M1) cuspidées.

- Concernant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2), $p=0,128$.

V	96
Espérance	150,000
Variance (V)	1225,000
p-value (bilatérale)	0,128
alpha	0,05

Tableau 3.7 : Résultats issus du test des rangs signés de Wilcoxon pour deuxièmes molaires mandibulaires (M2) cuspidées

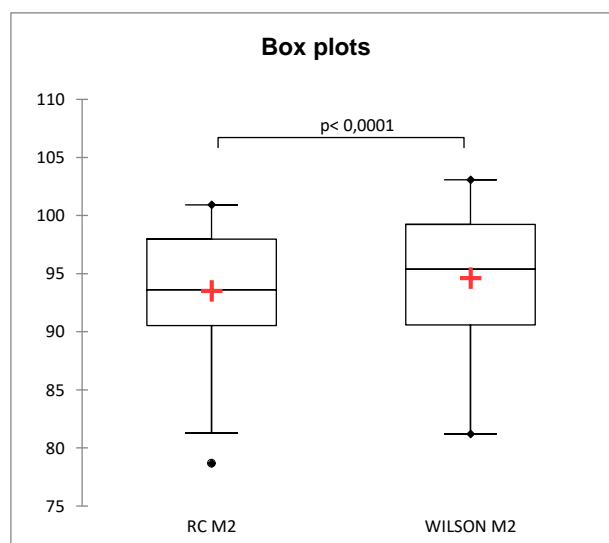


Figure 3.7 : Box plots relevant du test des rangs signés de Wilcoxon sur deuxièmes molaires mandibulaires (M2) cuspidées

Troisième conclusion : Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les deux méthodes de mesures des courbes de Wilson concernant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2) cuspidées.

Conclusion III.2.1: Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les deux méthodes de mesures des courbes de Wilson concernant les dents cuspidées.

III.2.2-Test des rangs signés de Wilcoxon relatif aux individus aux dents NON-CUSPIDEES

- Concernant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM), $p=0,016$.

V	1
Espérance	18,000
Variance (V)	51,000
p-value (bilatérale)	0,016
alpha	0,05

Tableau 3.8 : Résultats issus du test des rangs signés de Wilcoxon pour les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) non-cuspidées

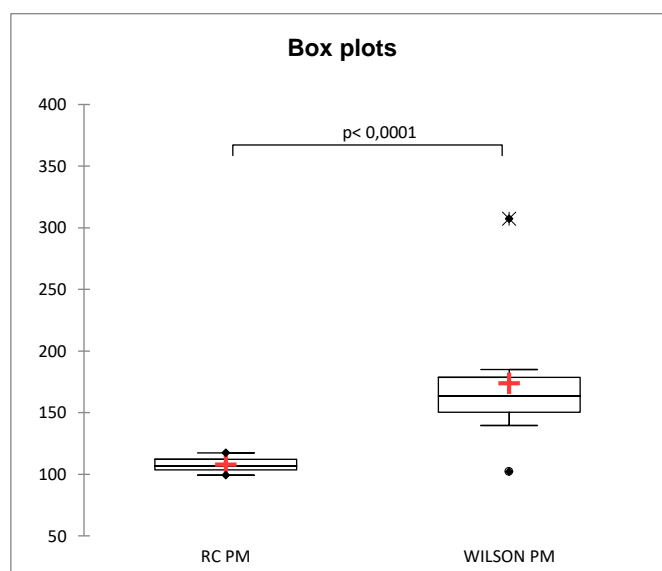


Figure 3.8 : Box plots relevant du test des rangs signés de Wilcoxon sur les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) non-cuspidées

Première conclusion : Il a été mis en évidence une différence significative entre les deux méthodes de mesures des courbes de Wilson concernant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM) non-cuspidées.

- Concernant les premières molaires mandibulaires (M1), $p < 0,0001$.

V	0
Espérance	68,000
Variance (V)	374,000
p-value (bilatérale)	$< 0,0001$
alpha	0,05

Tableau 3.9 : Résultats issus du test des rangs signés de Wilcoxon pour premières molaires mandibulaires (M1) non-cuspidées

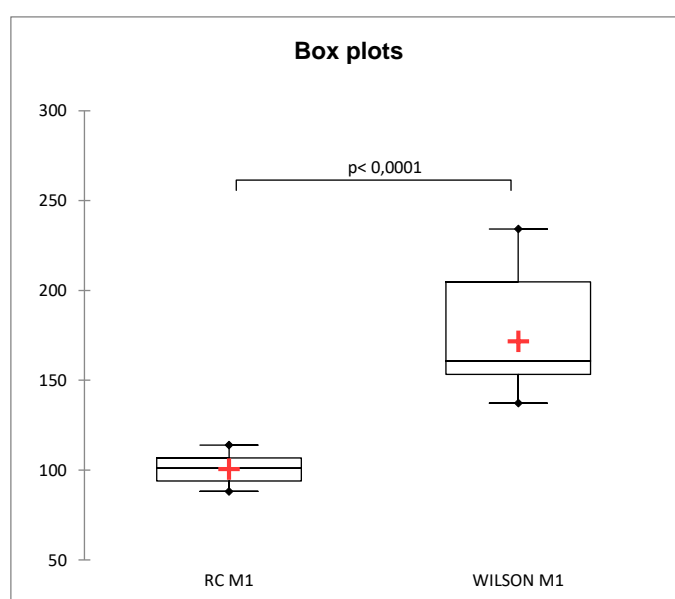


Figure 3.9 : Box plots relevant du test des rangs signés de Wilcoxon sur premières molaires mandibulaires (M1) non-cuspidées

Deuxième conclusion : Il a été mis en évidence une différence significative entre les deux méthodes de mesures des courbes de Wilson concernant les premières molaires mandibulaires (M1) non-cuspidées.

- Concernant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2), $p < 0,0001$.

V	0
Espérance	68,000
Variance (V)	374,000
p-value (bilatérale)	$< 0,0001$
alpha	0,05

Tableau 3.10 : Résultats issus du test des rangs signés de Wilcoxon pour deuxièmes molaires mandibulaires (M2) non-cuspidées

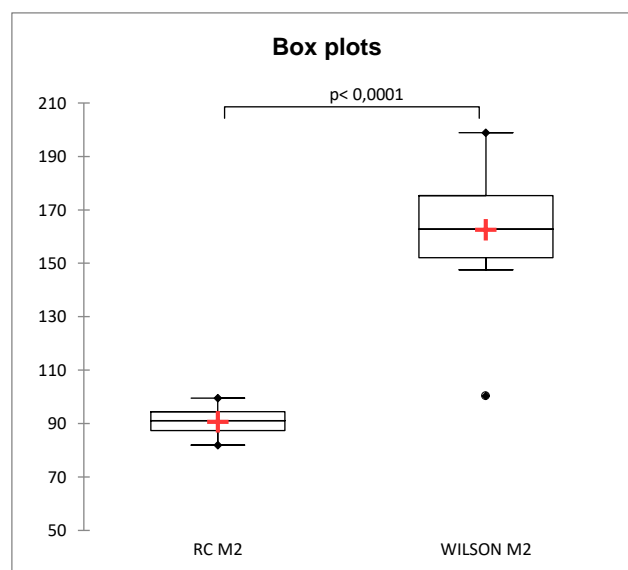


Figure 3.10 : Box plots relevant du test des rangs signés de Wilcoxon sur deuxièmes molaires mandibulaires (M2) non-cuspidées

Troisième conclusion : Il a été mis en évidence une différence significative entre les deux méthodes de mesures des courbes de Wilson concernant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2) non-cuspidées.

Conclusion III.2.2: Il a été mis en évidence une différence significative entre les deux méthodes de mesures des courbes de Wilson concernant les dents non-cuspidées.

III.2.3-Test de Mann-Whitney relatif aux courbes de Wilson issues de la méthode passant par les grands axes dentaires (RC)

- Concernant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM), $p=0,135$.

U	68
U (normalisé)	0,000
Espérance	48,000
Variance (U)	168,000
p-value (bilatérale)	0,135
alpha	0,05

Tableau 3.11 : Résultats issus du test de Mann-Whitney pour la mesure de la courbe de Wilson passant par les grands axes des deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM)

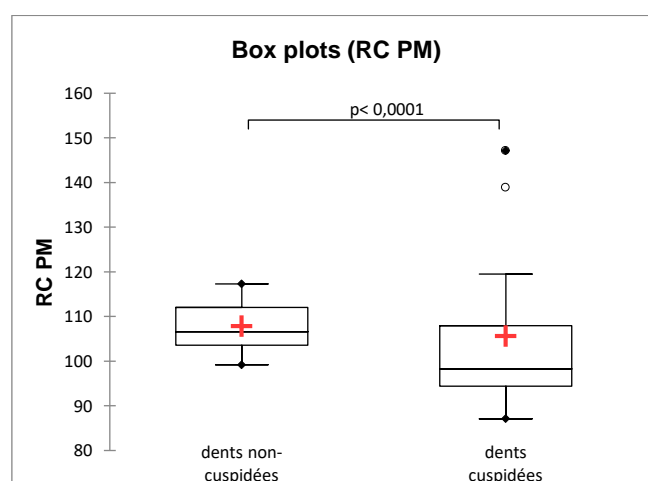


Figure 3.11 : Box plots relevant du test de Mann-Whitney pour la mesure de la courbe de Wilson passant par les grands axes des deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM)

Première conclusion : Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre la population « dents cuspidées » et la population « dents non-cuspidées » concernant la méthode de mesure des courbes de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM).

- Concernant les premières molaires mandibulaires (M1), $p = 0,503$.

U	217
U (normalisé)	0,000
Espérance	192,000
Variance (U)	1312,000
p-value (bilatérale)	0,503
alpha	0,05

Tableau 3.12 : Résultats issus du test de Mann-Whitney pour la mesure de la courbe de Wilson passant par les grands axes des premières molaires mandibulaires (M1)

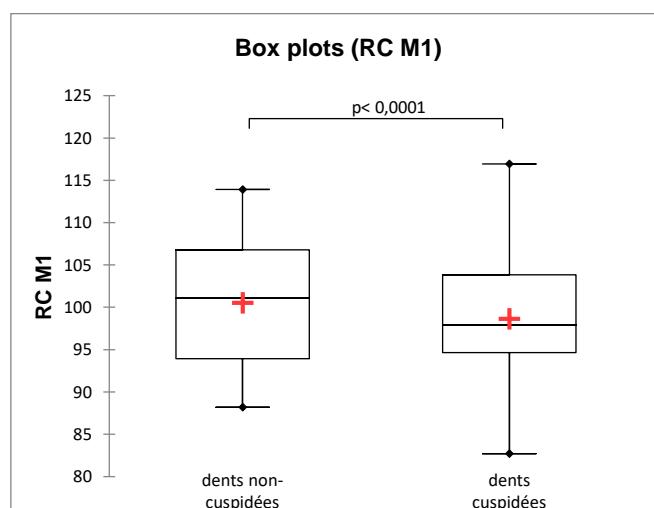


Figure 3.12 : Box plots relevant du test de Mann-Whitney pour la mesure de la courbe de Wilson passant par les grands axes des premières molaires mandibulaires (M1)

Deuxième conclusion : Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre la population « dents cuspidées » et la population « dents non-cuspidées » concernant la méthode de mesure des courbes de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des premières molaires mandibulaires (M1).

- Concernant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2), $p=0,079$.

U	128
U (normalisé)	0,000
Espérance	192,000
Variance (U)	1312,000
p-value (bilatérale)	0,079
alpha	0,05

Tableau 3.13 : Résultats issus du test de Mann-Whitney pour la mesure de la courbe de Wilson passant par les grands axes des deuxièmes molaires mandibulaires (M2)

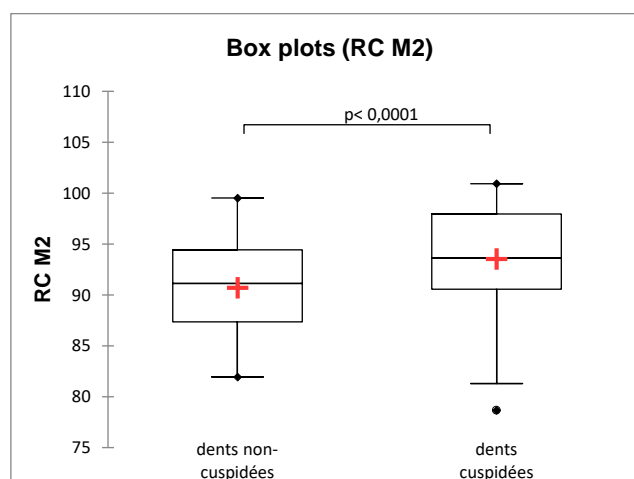


Figure 3.13 : Box plots relevant du test de Mann-Whitney pour la mesure de la courbe de Wilson passant par les grands axes des deuxièmes molaires mandibulaires (M2)

Troisième conclusion : Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre la population « dents cuspidées » et la population « dents non-cuspidées » concernant la méthode de mesure des courbes de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC) des deuxièmes molaires mandibulaires (M2).

Conclusion III.2.3 : Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre la population « dents cuspidées » et la population « dents non-cuspidées » concernant la méthode de mesure des courbes de Wilson passant par les grands axes dentaires (RC).

III.2.4-Test de Mann-Whitney relatif aux courbes de Wilson issues de la méthode dite « conventionnelle » par trois points (WILSON)

- Concernant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM), $p=0,000$.

U	90
U (normalisé)	0,000
Espérance	48,000
Variance (U)	168,000
p-value (bilatérale)	0,000
alpha	0,05

Tableau 3.14 : Résultats issus du test de Mann-Whitney pour la mesure « conventionnelle » de la courbe de Wilson passant par trois points intéressant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM)

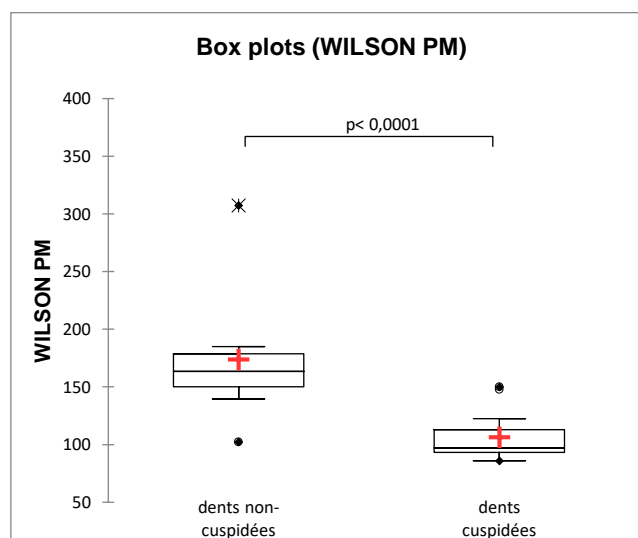


Figure 3.14 : Box plots relevant du test de Mann-Whitney pour la mesure « conventionnelle » de la courbe de Wilson passant par trois points intéressant les deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM)

Première conclusion : Il a été mis en évidence une différence significative entre la population « dents cuspidées » et la population « dents non-cuspidées » concernant la méthode de mesure des courbes de Wilson « conventionnelle » passant par trois points (WILSON) des deuxièmes prémolaires mandibulaires (PM).

- Concernant les premières molaires mandibulaires (M1), $p < 0,0001$.

U	384
U (normalisé)	0,000
Espérance	192,000
Variance (U)	1312,000
p-value (bilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

Tableau 3.15 : Résultats issus du test de Mann-Whitney pour la mesure « conventionnelle » de la courbe de Wilson passant par trois points intéressant les premières molaires mandibulaires (M1)

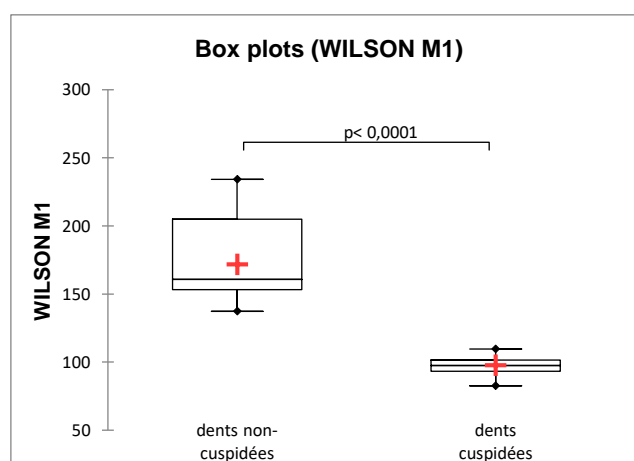


Figure 3.15 : Box plots relevant du test de Mann-Whitney pour la mesure « conventionnelle » de la courbe de Wilson passant par trois points intéressant les premières molaires mandibulaires (M1)

Deuxième conclusion : Il a été mis en évidence une différence significative entre la population « dents cuspidées » et la population « dents non-cuspidées » concernant la méthode de mesure des courbes de Wilson « conventionnelle » passant par trois points (WILSON) des premières molaires mandibulaires (M1).

- Concernant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2), $p < 0,0001$.

U	382
U (normalisé)	0,000
Espérance	192,000
Variance (U)	1312,000
p-value (bilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

Tableau 3.16 : Résultats issus du test de Mann-Whitney pour la mesure « conventionnelle » de la courbe de Wilson passant par trois points intéressant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2)

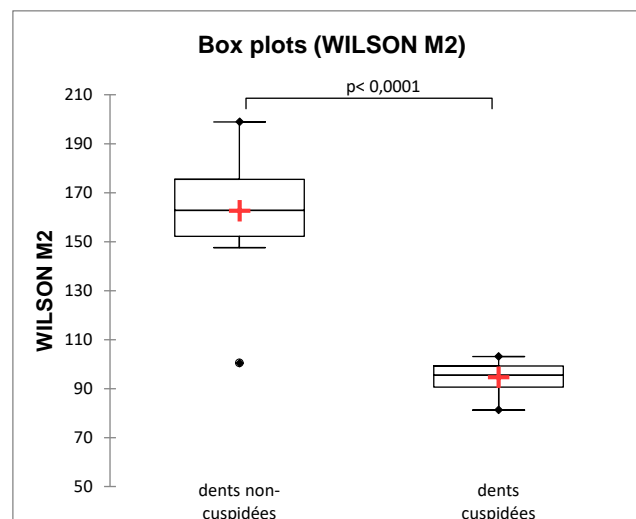


Figure 3.16 : Box plots relevant du test de Mann-Whitney pour la mesure « conventionnelle » de la courbe de Wilson passant par trois points intéressant les deuxièmes molaires mandibulaires (M2)

Troisième conclusion : Il a été mis en évidence une différence significative entre la population « dents cuspidées » et la population « dents non-cuspidées » concernant la méthode de mesure des courbes de Wilson « conventionnelle » passant par trois points (WILSON) des deuxièmes molaires mandibulaires (M2).

Conclusion III.2.4: Il a été mis en évidence une différence significative entre la population « dents cuspidées » et la population « dents non-cuspidées » concernant la méthode de mesure des courbes de Wilson « conventionnelle » passant par trois points (WILSON).

IV-Discussion

Cette dernière partie traite de la comparaison des valeurs mesurées, avec d'une part des différents types de dents entre-elles (PM, M1 et M2), et d'autre part avec les données issues d'autres études traitant du même sujet. Puis, est exposée une synthèse de l'analyse statistique avec confirmation de l'atteinte des objectifs fixés de l'étude. Enfin, s'ensuivent les discussions quant aux perspectives d'avenir de la présente étude.

IV.1-Comparaison des mesures

A ce jour dans la littérature, peu de données biométriques concernent les courbes de Wilson. La plupart d'entre-elles concerne les premières molaires mandibulaires. C'est pour cette raison que nous décrirons les mesures concernant les prémolaires mandibulaires (PM), les premières molaires mandibulaires (M1) et les deuxièmes molaires mandibulaires (M2) de la population « dents cuspidées ». Puis, dans un second temps nous, comparerons les données concernant les premières molaires mandibulaires (M1) de la population « dents cuspidées » à celles issues de la littérature.

IV.1.1-Comparaison des mesures entre les dents elles-mêmes

Dans notre étude, les mesures des courbes de Wilson par la méthode conventionnelle passant par trois points d'un plan (WILSON) ont révélé une différence moyenne de 3,09 mm d'un couple de dents homologues à l'autre avec une décrémentation allant dans le sens prémolaires => molaires (*Figure 4.1*).

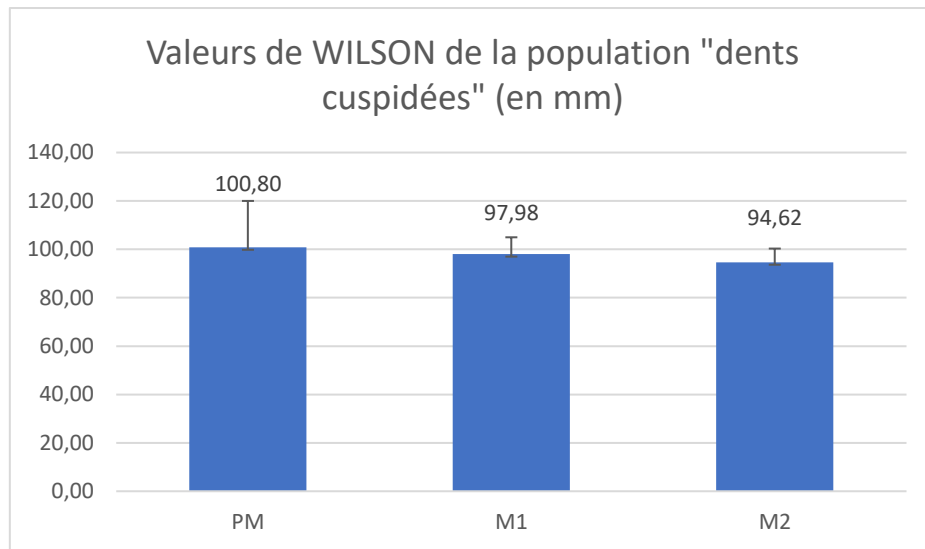


Figure 4.1 : Histogramme relatif à la valeur moyenne de WILSON (en bleu), avec écart-type (bornes supérieures) de la population « dents cuspidées » après fusion des résultats des cuspides mésiales et distales des molaires concernant les prémolaires mandibulaires (PM), les premières molaires mandibulaires (M1) et les deuxièmes molaires mandibulaires (M2)

La méthode de mesure passant par les axes dentaires (RC) a elle aussi révélé une différence moyenne de 4,71 mm d'un couple de dents homologues à l'autre avec une décrémentation allant dans le sens prémolaires =>molaires. (Figure 4.2).

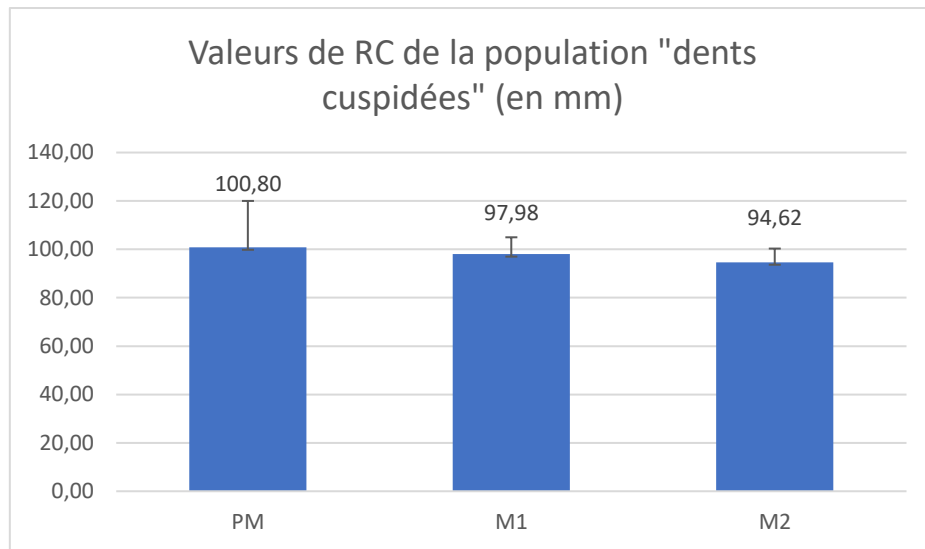


Figure 4.2 : Histogramme relatif à la valeur moyenne de RC (en bleu), avec écart-type (bornes supérieures) de la population « dents cuspidées » après fusion des résultats des cuspides mésiales et distales des molaires concernant les prémolaires mandibulaires (PM), les premières molaires mandibulaires (M1) et les deuxièmes molaires mandibulaires (M2)

Dans le cadre des reconstructions complètes et de la simulation de leurs objectifs thérapeutiques par des wax-up – technique d’ajout de cire sur les modèles en plâtre en laboratoire de prothèses – les recommandations actuelles sont de programmer le rayon des courbes de Wilson passant par les premières molaires mandibulaires de la même valeur que le rayon de la courbe de Spee choisi pour la reconstruction prothétique. Ces mêmes recommandations stipulent une reconstruction des courbes de Wilson avec une décrémentation allant du sens prémolaires => molaires de l’ordre de 10mm.

La reconstruction se fait à l’aide de gabarits qui sont des éléments de cercles de diamètres différents (*Figure 4.3a*), qui peuvent se monter sur articulateur (*Figure 4.3b*) afin de guider le prothésiste dans l’élaboration de ses wax-up (*Figures 4.3c et 4.3d*).

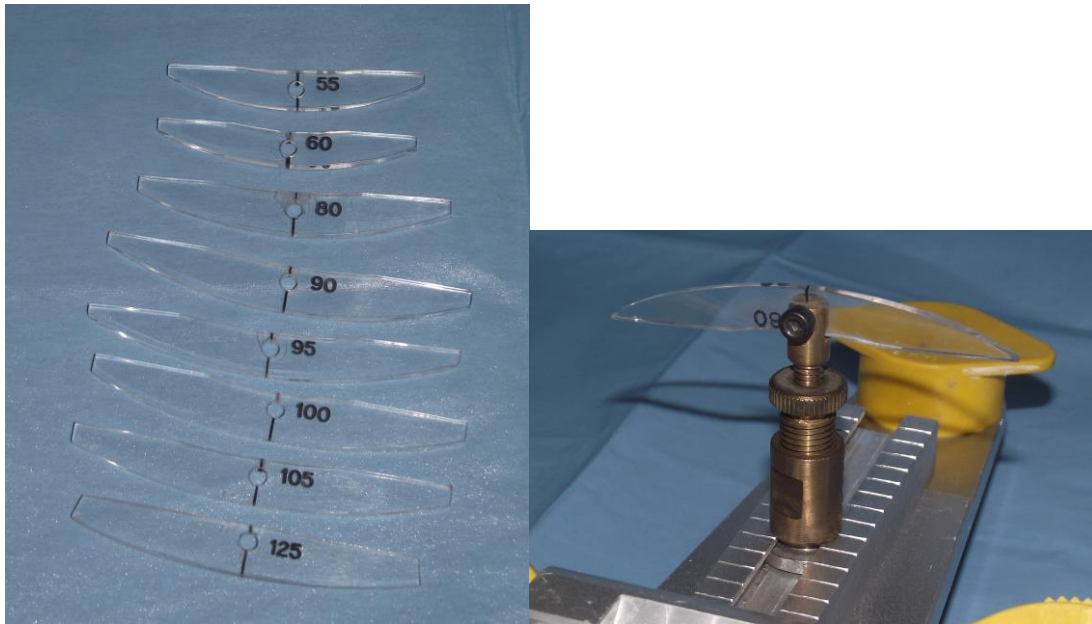
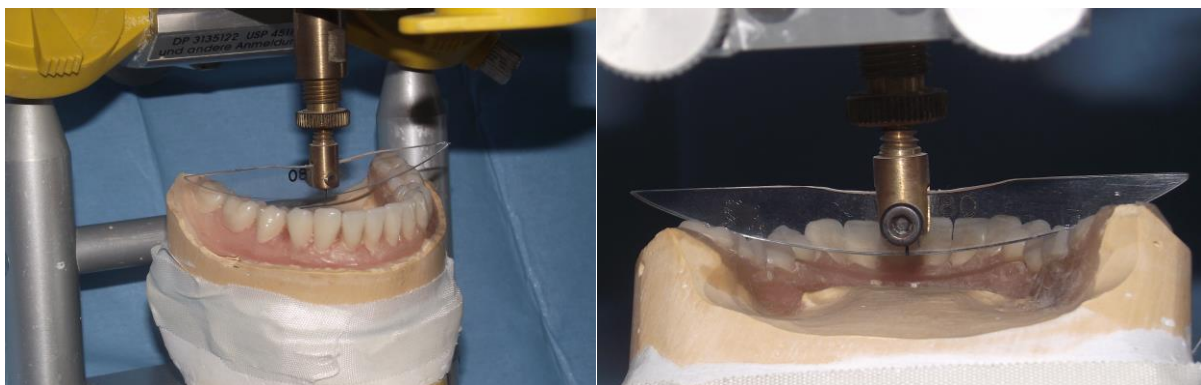


Figure 4.3a : Détail de différents gabarits en plastique aidant à la reconstruction des courbes de Wilson ; Figure 4.3b : Gabarit de d'un rayon de 80mm monté sur un articulateur (Crédit photographie : Dr Patrick Aouizerate)



Figures 4.3c et 4.3d : Situation d'un gabarit simulant une courbe de Wilson de 80mm passant par les premières molaires mandibulaires vue depuis l'extérieur de l'arcade (4.3c) et vue depuis l'intérieur de l'arcade (4.3d) (Crédit photographie : Dr Patrick Aouizerate)

Ainsi par exemple, si la valeur de la courbe de Wilson passant par les premières molaires mandibulaires doit être de 100 mm, la valeur de la courbe de Wilson passant par les secondes prémolaires mandibulaires devra être de 110 mm, et celle passant par les secondes molaires mandibulaires de 90 mm.

Les résultats trouvés pourraient permettre de proposer de nouvelles recommandations.

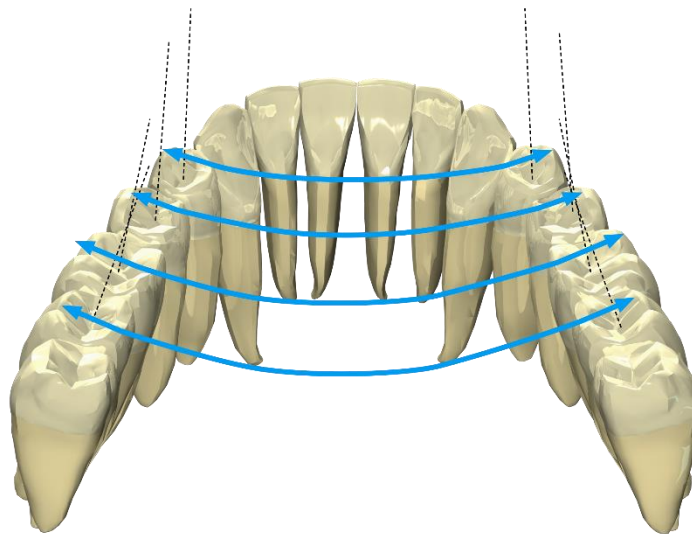


Figure 4.4 : Exemple de la décrémentation du rayon des courbes de Wilson dans le sens prémolaires => molaires, d'après G. Duminil (2014).

IV.1.2-Comparaison des mesures avec les valeurs issues de la littérature

Concernant les premières molaires mandibulaires (M1), les résultats de cette étude sont similaires à ceux reportés par différentes études et ce, malgré l'utilisation de différents protocoles.

Ferrario et al^[14] ont étudié en 1999 l'agencement tridimensionnel des arcades dentaires à l'aide d'un scanner électromagnétique tridimensionnel. A partir de moulages d'arcades dentaires d'adultes et d'adolescents, chaque cuspide dentaire s'est vu attribuer des coordonnées dans les 3 sens de l'espace (x,y,z) en fonction de leur situation dans cet espace. A partir de ces coordonnées ont pu être établies à la fois les courbes de Wilson pour les premières molaires mandibulaires et les canines mandibulaires, ainsi que la courbe de Spee pour chaque hémio-arcade de telle sorte à pouvoir reconstruire la sphère de Monson. Il a été reporté une moyenne de profondeur (rayon) de courbe de Wilson égale à 101,174 mm avec un écart type de 23,54 mm pour les premières molaires mandibulaires concernant population adulte.

Nam et al^[23] (2013) ont eux aussi voulu mesurer la courbe de Wilson par scannage de moulages dentaires de jeunes adultes coréens et en y plaçant des points de repères sur les cuspidés dentaires de manière à les situer dans l'espace, le principe est quasiment le même que

celui de l'étude de Ferrario mais avec une technologie d'acquisition et de traitement des données numériques différente. Il a été reporté une profondeur moyenne de la courbe de Wilson de 110,73 mm avec un écart-type de 25,79 mm pour les premières molaires mandibulaires.

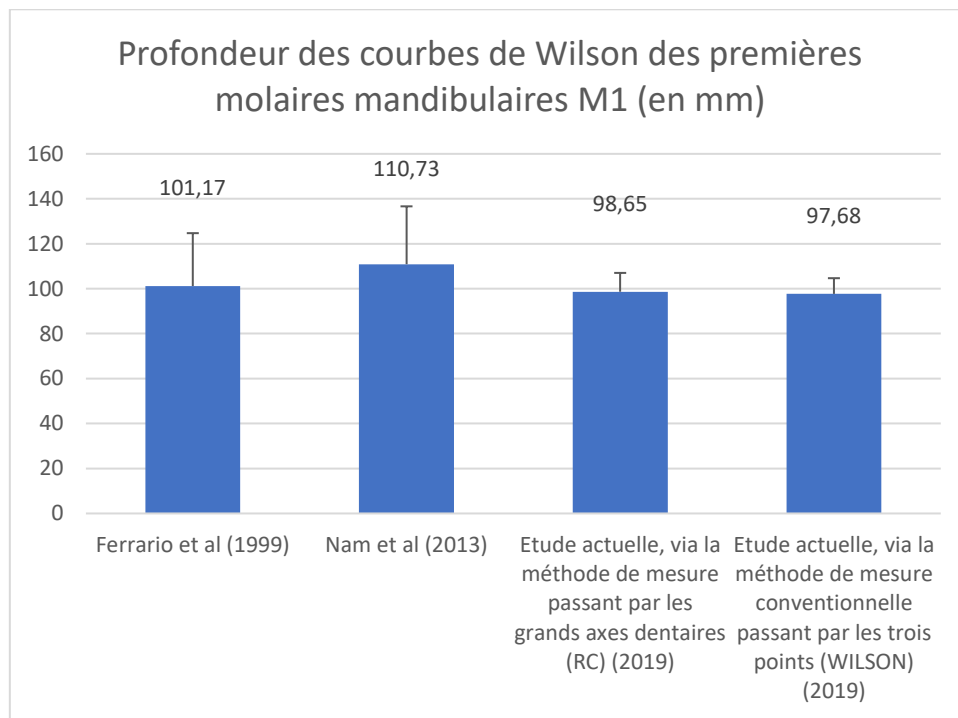


Figure 4.5 : Comparatif des rayons des courbes de Wilson des premières molaires mandibulaires selon différentes études

De plus, la mesure moyenne de la profondeur de la courbe de Wilson des premières molaires mandibulaires en passant par les grands axes dentaires (RC) se rapproche de la valeur de la sphère de Monson qui est de 4 pouces soit 101,6 mm (*Figure 4.6a*).

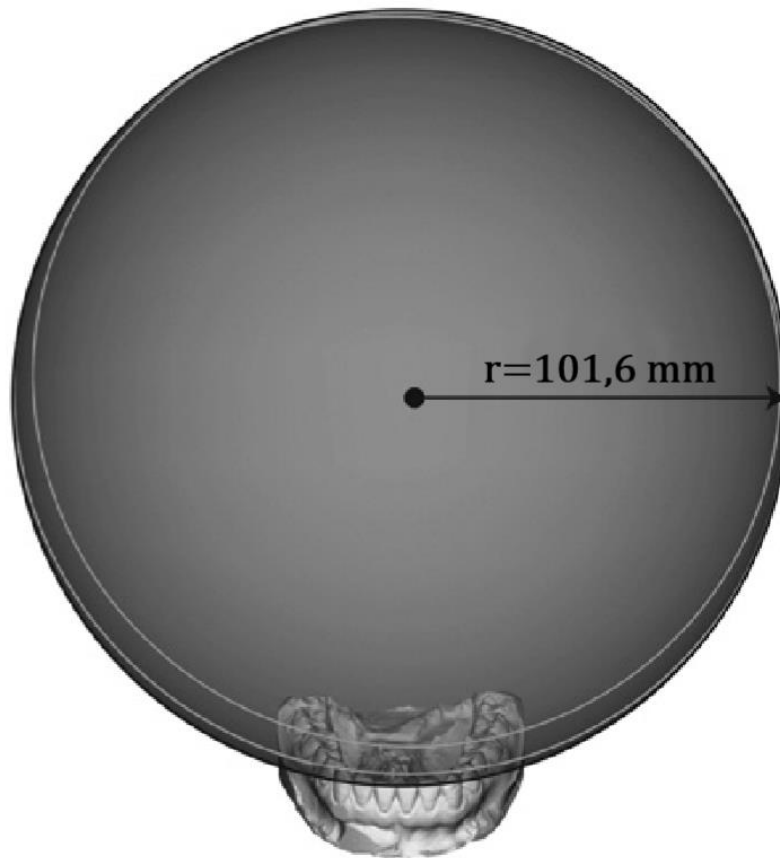


Figure 4.6a : Représentation de la sphère de Monson

Et selon les valeurs de l'étude menée par Ferrario et al en 1999, le rayon de la courbe de Spee (101,289 mm) a très sensiblement la même valeur que le rayon de la courbe de Wilson passant par les premières molaires mandibulaires (101,174 mm), et ce avec une sphère de Monson d'un rayon de même valeur (101,303 mm) pour la population adulte. Il en est de même pour la population adolescente mais avec environ un rayon moindre de 20mm pour chacune des valeurs.

Il en est de même à propos de l'étude conduite par Nam et al en 2013 : la valeur du rayon de la courbe de Wilson concernant les premières molaires mandibulaires est de 110,73 mm, celle de la sphère de Monson est de 110,89 mm pour une population adulte asiatique.

Ce qui pourrait expliquer la valeur légèrement plus basse de la courbe de Wilson passant par les premières molaires mandibulaires que nous avons trouvé par rapport aux autres études est la population étudiée : c'est une population d'Europe centrale, dont les individus ont vécu à la période de l'âge de bronze (2000 av J.-C.) et au milieu du XIXème siècle, soit avant la révolution industrielle, et donc différente des populations étudiées par Ferrario et Nam.

Pour rappel, dans la théorie la sphère de Monson a un rayon égal au côté du triangle équilatéral de Bonwill^[35], égal à 4 pouces lui-aussi (*Figure 4.6b*). Les angles du triangle équilatéral de Bonwill passent par les centres des condyles mandibulaires et par le point inter-incisif central mandibulaire.

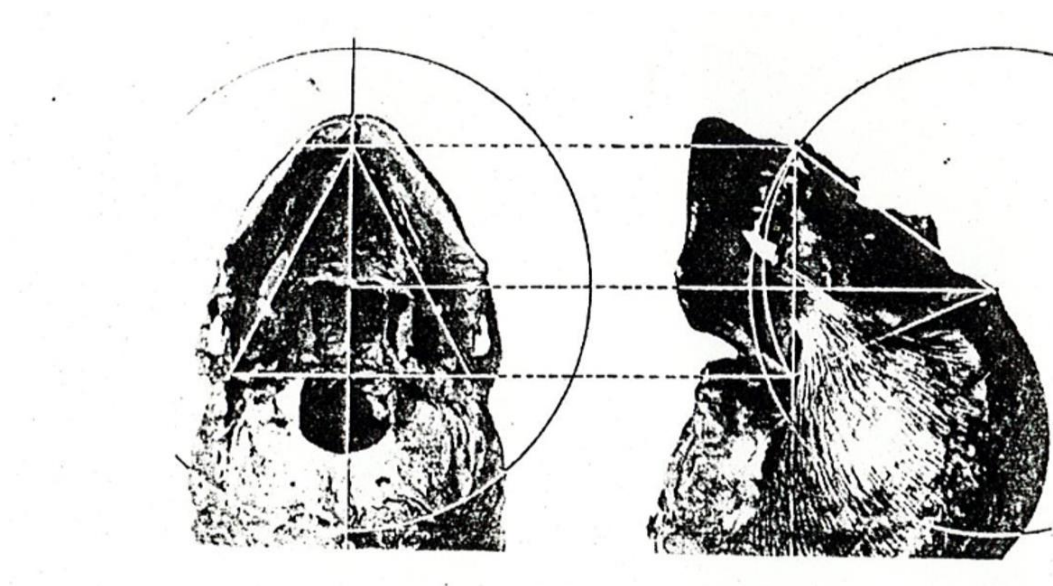


Figure 4.6b : Représentation du triangle équilatéral de Bonwill provenant de la revue « The Dental Cosmos », édition de novembre 1932.

IV.2-Synthèse de l'analyse des données statistiques

Concernant le test des rangs signés de Wilcoxon appliqué aux individus **aux dents cuspidées**, **$p > 0,05$** (avec respectivement pour PM : $p = 0,733$; pour M1 : $p = 0,160$; pour M2 : $p = 0,128$ et avec $\alpha = 0,05$ pour chaque couple de dents homologues), ce qui souligne qu'il n'a été mis en évidence aucune différence entre les valeurs fournies par la méthode de mesure passant par les grands axes dentaires (RC) et les valeurs fournies par la méthode de mesure conventionnelle passant par trois points (WILSON).

En revanche le test des rangs signés de Wilcoxon appliqué aux individus **aux dents non-cuspidées** a **mis en évidence une différence** entre les valeurs fournies par la méthode de mesure passant par les grands axes dentaires (RC) et les valeurs fournies par la méthode de mesure conventionnelle passant par trois points (WILSON) avec pour chaque série de coupes donnée **$p < 0,05$** (avec respectivement pour PM : $p = 0,016$; pour M1 : $p < 0,0001$; pour M2 : $p < 0,0001$ et avec $\alpha = 0,05$ pour chaque couple de dents homologues).

Ainsi, les deux méthodes de mesures sont également pertinentes sur les dents des individus de la population « dents cuspidées » par l'absence de mise en évidence de différence.

A propos du test de Mann-Whitney appliqué aux courbes de Wilson issues de la **méthode passant par les grands axes dentaires (RC)**, **$p > 0,05$** (avec respectivement pour PM : $p = 0,135$; pour M1 : $p = 0,503$; pour M2 : $p = 0,079$ et avec $\alpha = 0,05$ pour chaque couple de dents homologues), **ce qui souligne qu'il n'a été mis en évidence aucune différence de valeurs entre la population « dents cuspidées » et la population « dents non-cuspidées ».**

Quant au test de Mann-Whitney appliqué aux courbes de Wilson issues de la **méthode dite « conventionnelle » par trois points (WILSON)**, **il a été mis en évidence une différence de valeurs entre la population « dents cuspidées » et la population « dents non-cuspidées » avec $p < 0,05$** pour chaque série de coupes donnée (avec pour PM : $p = 0,000$; pour M1 : $p < 0,0001$; pour M2 : $p < 0,0001$ et avec $\alpha = 0,05$ pour chaque couple de dents homologues).

Par conséquent, la méthode de mesure passant par les grands axes dentaires (RC) est autant efficace sur les dents des individus de la population « dents cuspidées » que sur les dents des individus de la population « dents non-cuspidées » par l'absence de mise en évidence d'une différence.

IV.3-Atteinte des objectifs

Par ces résultats obtenus, nous pouvons conclure que la méthode de mesure des courbes de Wilson (RC) passant par les grands axes dentaires est non seulement aussi fiable que la méthode de mesure conventionnelle des courbes de Wilson passant par trois points d'un plan (WILSON) mais qu'elle est indépendante du facteur d'usure occlusale, ce qui la rend particulièrement pertinente lorsqu'il s'agit de réfléchir à la position dans l'espace d'une dent (en orthodontie) ou d'un implant.

IV.4-Perspectives

IV.4.1-Recommandations pour les reconstructions prothétiques

Le caractère digital des mesures dans cette étude confère un outil de précision valide permettant ainsi de proposer des recommandations. Dans les cas des reconstructions prothétiques et notamment des simulations par wax-up, de nouvelles recommandations pourraient être données. La décrémentation des valeurs des courbes de Wilson allant dans le sens prémolaires => molaires pourrait être de 5mm au lieu des 10mm recommandés actuellement.

Trop souvent négligée par les dentistes, le choix d'une courbe de Spee adéquate permet d'axialiser les contraintes de ce fait participer à l'économie du sujet et de ses dents et/ou implants. Les courbes de Wilson – elles aussi souvent négligées, ou sinon établies de façon arbitraire – permettent d'optimiser les mouvements de latéralités lors de la dynamique mandibulaire et d'axialiser les contraintes vers l'intérieur et en dedans au maxillaire et vers l'extérieur et en dehors en mandibulaire, donc vers les zones de fortes résistances osseuses.

Le choix de ces différentes courbes devra être anticipé pour chaque patient afin de les adapter à sa physiologie.

IV.4.2-Recommandation pour l'orthopédie dento-faciale (O.D.F.)

Dans le cadre des traitements orthodontiques, les mouvements que le praticien impose aux dents afin de les placer dans un alignement optimal, sont permis la plupart du temps en nivelant – dans un plan para-sagittal – la courbe de Spee, ce qui peut être un peu problématique.

Il a été vu dans les études de Ferrario^[14] et de Kulmer^[18], que les courbes occlusales, qu'elles soient para-sagittales (courbe de Spee) ou frontales (courbes de Wilson) sont présentes à l'adolescence de manière naturelle.

L'idéal serait qu'en fin de traitement orthodontique, les patients aient une denture bénéficiant de courbes occlusales adéquates, en relation avec leur physiologie. Les nouvelles mesures trouvées pourraient aider l'orthodontiste à donner des axes idéaux aux dents qu'il souhaite déplacer dans le plan frontal, au même titre que la courbe de Spee dans le plan para-sagittal.

IV.4.3-Poursuite de l'étude

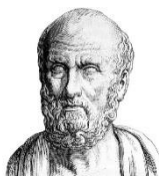
Du fait de ces résultats plutôt encourageants, il faudra néanmoins poursuivre l'étude avec un plus grand nombre de sujets pour viser à conforter ces mêmes résultats et leur donner davantage de poids scientifique.

Bibliographie

1. Ackermann F. Le mécanisme des mâchoires (naturelles et artificielles) Masson, Paris ;1954.
2. Beyron HL. Occlusal relations and mastication in Australian aborigines. Acta Odont. Scand. 1964;22:674-686.
3. Bezzina S, Orthlieb JD, Mafart B. Les courbes de Wilson, organisation et usure dentaire. Paléoanthropologie et Paléopathologie osseuse, Art'Com ed. Paris 2001;4:45-59.
4. Brabant H, Twiesselmann F. Observation sur l'évolution de la denture permanente humaine en Europe Occidentale. Bulletin du GIRS 1964;7: 11-84.
5. Brabant H. L'évolution de l'appareil masticateur humain, du paléolithique à nos jours. Revue Stomato-Odontologique du Nord de la France 1964;334: 232-235.
6. Brabant H. La denture humaine au paléolithique supérieur en Europe. Homme (L') de Cro-magnon 1970: 99-119.
7. Craddock HL, Lynch C, Franklin P, Youngson CC, Manogue M. A study of the proximity of the Broadrick ideal occlusal curve to the existing occlusal curve in dentate patients. J Oral Rehabil. 2005;32:895–900.
8. D'Amico A. The canine teeth. Normal functional relation of the natural teeth of the man. J.S. Calif. dent. Ass. 1958;26: 6-23, 49-60, 127-142, 175-182, 194-208, 239-241.
9. D'Amico A. Application of the concept of the functional relation of the canine teeth. J. South. Cali. Dent. Ass. 1959;27: 39.
10. D'Amico A. A functional occlusal of natural teeth of man. J. Prosth. Dent., 1961;11: 899.
11. D'Amico A. A study of the comparative functional mamalian masticatory systems. Part. 1, part. 2, J. South. Calif. Dent. Assoc. 1965;33: 450-513.
12. Dempster WT, Adams WJ, Duddles RA. The axial inclinations of human teeth. J. Amer. Dent. Assoc. 1963;67:779-776.
13. Farella M and al. The curve of Spee and craniofacial morphology : a multiple regression analysis. Eur J Oral Sci. 2002;110:277–281.
14. Ferrario VF, Sforza C, Poggio C, Serrao G, Colombo A. Three-dimensional dental arch curvature in human adolescents and adults. Am. J. Orth. 1999;115(4):401-5.
15. Ferrario VF, Sforza C, Miani A Jr. A Statistical evaluation of Monson's sphere in healthy permanent dentitions in man. Arch Oral Biol. 1997;42:365–369.

16. Gibbs C, and Lundeen H. The Function of Teeth. L and G Publishers LLC, Gainesville, Florida; 2005.
17. Gysi A. Die Gysi Methode—Die Herstellung einer totalen Prothese nach Prof. Gysi. Berlin: De Trey; 1932. 3
18. Kulmer S, Ruzicka B, Stainer M, Niederwanger A. Established prosthodontic rules confirmed in natural adolescent occlusion. J. Stomat. Occ. Med. 2011;4:20–27.
19. Lee S, Delong R, Hodges JS, Hayashi K, Lee J. Predicting first molar width using virtual models of dental arches. Clin. Anat. 2008;21: 27-32.
20. Lynch CD, McConnell RJ. Prosthodontic management of the curve of Spee: use of Broadrick flag. J Prosthet Dent. 2002;87:593–597.
21. Marguelles-Bonnet R, Yung JP. Pratique de l'analyse occlusale et de l'équilibration. Paris : CdP, 1984.
22. Monson GS. Occlusion as applied to crown and bridgework. J Nat Dent Assoc. 1920;7:399–413.
23. Nam SE, Park YS, Lee W, Ahn SJ, Lee SP. Making three-dimensional Monson's sphere using virtual dental models. Journal of Dentistry 2013;41(4):336-44
24. Oh SH, Nakano M, Bando E, Shigemoto S and Kori M. Evaluation of proximal tooth contact tightness at rest and during clenching. J Oral Rehabil., 2004;31: 538-545.
25. Orthlieb JD, Slavicek R. Geometrische interpretation der Spee-kurve. Z. Stomatol. 1985;82:1–18.
26. Orthlieb JD. Gnathologie fonctionnelle : Vol 2, occlusion et reconstruction prothétique. Edition CdP, Paris ; 2011.
27. Orthlieb JD. La courbe de Spee: un impératif physiologique et prothétique. Les Cahiers de Prothèse, 1983;44: 89-116.
28. Orthlieb JD. The curve of Spee : the understanding of the sagittal organisation of the teeth. J Craniomandib Pract 1997;15:333-40.
29. Slavicek R. Les concepts de l'occlusion. Rev. Orthop. Dento. Faciale, 1983;17: 533-54.
30. Slavicek R. Les principes de l'occlusion. Rev. Franç. d'O.D.F., 1983;17: 449-490 et 533-543.
31. Slavicek R. The masticatory organ, functions and dysfunctions. Gamma, Klosterneuburg Austria; 2002.
32. Smith BH. Development and Evolution of the Helicoidal Plane of Dental Occlusion. American Journal of Physical Anthropology 1986;69:21-35.

33. Spee FG. Die Verschiebungsbahn des Unterkiefers am Schädel. Archives für Anatomie und Physiologie. 1890;16:285-94.
34. Wilson GH. A manual of dental prosthetics. Philadelphia (PA): Lea and Febiger; 1911:2–37.
35. Wilson GH. Dental prosthétics. Lea et Febiger, ed. Philadelphia ; 1917.



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

CREHANGE Florian – Courbes de Wilson : évaluation d'une nouvelle méthode de mesure passant par les axes dentaires.

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2019

Rubrique de classement : Occlusodontologie
 Anthropologie

Résumé :

Les courbes de Wilson sont des courbes frontales à concavité généralement supérieure réunissant les sommets des cuspides vestibulaires et linguales de deux dents homologues. A ce jour, peu d'études de variabilité ont porté sur les courbes de Wilson, et encore moins en présence de dents abrasées. Nous avons donc décidé de nous inspirer des axes dentaires passant par l'extrémité premier tiers/deuxième tiers apical de chaque racine dentaire et remontant jusqu'au centre de chaque couronne dentaire. A partir des valeurs métriques et angulaires mesurées sur les images 3D de mandibules numérisées, les objectifs de ce travail sont de proposer une nouvelle méthode de mesure des courbes de Wilson, s'affranchissant des cuspides dentaires et donc du facteur d'usure occlusale et de comparer les résultats à ceux issus d'une méthode de mesure conventionnelle.

La première partie expose les définitions des différentes courbes dans les trois sens de l'espace, ainsi que des rappels anatomiques et les objectifs de l'étude.

La deuxième partie traite des matériels et des méthodes utilisés pour l'étude.

La troisième partie détaille les résultats obtenus.

La quatrième partie exprime la discussion.

Mots clés :

Courbes occlusales – Courbes de Wilson – Crânes – Axes dentaires

CREHANGE Florian – Wilson's curves : evaluation of a new method measuring frontal convergence of dental axis.

Abstract :

Wilson's curves are frontal, generally with superior concavity curves that bring together the tops of the vestibular and lingual cusps of two homologous teeth. To date, few variability studies have been conducted on Wilson's curves, and even less considering the occurrence of teeth's abrasion.

We have therefore decided to start from the frontal convergence of dental axis passing through the first third/second third apical end of each dental root and running back to the center of each dental crown.

Using the metrical and angular values measured on the 3D images of digitized mandibles, the objectives of this work are to propose a new method of measuring Wilson's Curves removing the dental cusps from consideration (thus removing the impact of occlusal wear) and to compare the results with those of a conventional measurement method.

The first section includes the definitions of the different curves in the three dimensions of space, an anatomical summary as well as the objectives of the study.

The second section covers the materials and methods used for the study.

The third section details the obtained results.

The fourth and final section expounds the discussion.

MeSH :

Occlusal curves – Wilson's curves – Skulls – Dental axis

Adresse de l'auteur :

62 impasse TIRAN
83000 TOULON