



**HAL**  
open science

# Relations entre plan palatin, plan d'occlusion et courbe de Spee : étude céphalométrique rétrospective

Marie Guillaume

► **To cite this version:**

Marie Guillaume. Relations entre plan palatin, plan d'occlusion et courbe de Spee : étude céphalométrique rétrospective. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-04017639

**HAL Id: dumas-04017639**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04017639v1>**

Submitted on 7 Mar 2023

**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

**THESE**

***POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université  
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales  
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire  
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Relations entre plan palatin, plan d'occlusion et  
courbe de Spee : étude céphalométrique rétrospective***

Présentée par

**GUILLAUME Marie**

Né(e) le 6 mars 1998

A GAP

Thèse soutenue le **22 septembre 2022**

Devant le jury composé de

**Président : Professeur RUQUET Michel**

**Assesseurs : Docteur RÉ Jean-Philippe**

**Docteur CAMOIN Ariane**

**Docteur CASAZZA Estelle**

**Invité : Professeur ORTHLIEB Jean-Daniel**



**THESE**

***POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université  
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales  
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire  
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Relations entre plan palatin, plan d'occlusion et  
courbe de Spee : étude céphalométrique rétrospective***

Présentée par

**GUILLAUME Marie**

Né(e) le 6 mars 1998

A GAP

Thèse soutenue le **22 septembre 2022**

Devant le jury composé de

**Président : Professeur RUQUET Michel**

**Assesseurs : Docteur RÉ Jean-Philippe**

**Docteur CAMOIN Ariane**

**Docteur CASAZZA Estelle**

**Invité : Professeur ORTHLIEB Jean-Daniel**

## ADMINISTRATION

<b>Doyens Honoraires</b>	Professeur Professeur Professeur Professeur	Raymond SANGIUOLO+ Henry ZATTARA André SALVADORI Jacques DEJOU
<b>Directeur</b>	Professeur	Bruno FOTI
<b>Directeurs adjoints</b>	Professeur Professeur	Michel RUQUET Anne RASKIN
<b>Chargés de missions</b>		
Formation Initiale	Professeur	Michel RUQUET
Recherche	Professeur	Anne RASKIN
Formation Continue	Professeur	Frédéric BUKIET
Relations Internationales	Professeur	Hervé TASSERY
Internat et Diplômes d'Etudes Spécialisées	Professeur	Virginie MONNET-CORTI
Affaires générales	Docteur	Patrick TAVITIAN
<b>Responsable Administrative</b>	Madame	Katia LEONI

### PROMOTIONS :

2019 Raymond SANGIUOLO  
2020 Gaston BERGER  
2021 Joseph MIGOZZI

## LISTE DES ENSEIGNANTS

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS**

BUKIET Frédéric (58-01)  
FOTI Bruno (58-02)  
LE GALL Michel (56-01)  
MONNET-CORTI Virginie (57-01)  
RASKIN Anne (58-01)  
RUQUET Michel (58-01)  
TARDIEU Corinne (56-01)  
TARDIVO Delphine (56-02)  
TASSERY Hervé (58-01)  
TERRER Elodie (58-01)

### **PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS**

ABOUT Imad (65)

### **PROFESSEURS ÉMÉRITES**

DEJOU Jacques (58-01)  
HUE Olivier (58-01)

### **MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS**

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAN Romain (56-02)
BANDON Daniel (56-01)	LAURENT Michel (58-01)
BELLONI Didier (57-01)	MAILLE Gérald (58-01)
BOHAR Jacques (56-01)	MENSE Chloé (58-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉS

BALLESTER Benoît (58-01)  
BLANCHET Isabelle (58-01)  
CASAZZA Estelle (58-01)  
SILVESTRI Frédéric (58-01)

## CHEFS DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS - ASSISTANTS DES HÔPITAUX

ANTEZACK Angeline (57-01)	MADENIAN Pauline (58-01)
ARNIER Canelle (56-01)	MANSUY Charlotte (58-01)
BAUDINET Thomas (58-01)	MARCHAL Paul (58-01)
BOREL Guillaume (56-02)	MARTIN William (56-01)
BRINCAT Arthur (57-01)	ONGHENA Tom (56-01)
BROS Agnès (56-01)	PASCHEL Laura (58-01)
CHIARINI Thomas (58-01)	PILLIOL Virginie (58-01)
DUPRAT Florence (56-01)	PRINCE Fanny (57-01)
FAURE-BRAC Mathias (57-01)	RAYNAUD Camille (58-01)
FERRE Enzo (58-01)	REYNAL Florence (56-01)
FOUQUES Agathe (56-01)	ROMAO Vincent (57-01)
HAMMOUTENE Stéphane (57-01)	ROUSCOFF Eva (57-01)
LAFONT Jacinthe (57-01)	SADOWSKI Camille (57-01)
LAURENT Camille (58-01)	TERRER Jérémy (58-01)
LIOTARD Alicia (58-01)	VEILLARD Pierre (56-01)

## ASSISTANT DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉ

GRINE Ghilès (57-01)

### Intitulés des sections CNU :

#### 56<sup>ème</sup> section : Développement, croissance et prévention

56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale

56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale

#### 57<sup>ème</sup> section : Chirurgie orale, Parodontologie, Biologie Orale

57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale

#### 58<sup>ème</sup> section : Réhabilitation orale

58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers

**A mon Président de Jury,  
Monsieur le Professeur Michel RUQUET,**

C'est un honneur de vous avoir comme président de jury de thèse. Je vous remercie pour l'enseignement que vous m'avez apporté durant ces 5 années d'étude en odontologie.

Veillez trouver en ces mots l'expression de mon profond respect et de ma reconnaissance.



**A Monsieur le Docteur Jean-Philippe RÉ,**

Je vous remercie d'avoir accepté spontanément et avec enthousiasme de faire partie de mon jury de thèse. Je suis reconnaissante de l'apprentissage et de la pratique de l'occlusodontologie que vous m'avez apporté particulièrement cette 6<sup>ème</sup> année.  
Veuillez trouver l'expression de ma sincère gratitude.

**A Madame Le Docteur Ariane CAMOIN,**

Je vous remercie d'avoir fait le maximum afin d'être là pour juger cette thèse.

Merci également pour votre gentillesse, votre accompagnement lors des vacances d'odontologie pédiatrique, pour le partage de vos connaissances tout au long de mes études. Vous savez transmettre la passion du soin même lors des moments difficiles, ça aura été un plaisir de travailler avec vous.

Veillez trouver l'expression de ma plus grande reconnaissance.

**A ma Directrice de thèse,  
Madame le Docteur Estelle CASAZZA,**

Je vous remercie infiniment d'avoir accepté de superviser cette thèse. Vous avez été d'une présence et d'un soutien incroyable pour que je puisse travailler dans les meilleures conditions. Ce travail a pu être mené à bien grâce à vous, j'ai essayé de faire de mon mieux, j'espère qu'il vous plait.

Je ne vous remercierai jamais assez, j'ai eu beaucoup de chance de vous avoir eu comme directrice de thèse.

**A Monsieur le Professeur Jean-Daniel ORTHLIEB,**

Je vous remercie de m'avoir incité à me plonger un peu plus dans l'univers de l'occlusodontologie grâce notamment à Proccluso. Je vous remercie également de m'avoir proposé de travailler sur ce sujet et de votre grande aide tout au long de ce travail de recherche. Soyez assuré de ma plus respectueuse considération.

### **A mes parents**

Grâce à qui tout cela est possible, un soutien sans faille (à n'importe quel heure du jour et de la nuit), motivants pour toujours aller plus loin, merci de m'avoir tout donné pour réussir à réaliser mon rêve.

### **A mon frère et ma sœur**

Pour leur soutien, leur confiance ... Et leur précieuse aide, sans qui la partie III n'aurait pas vu le jour.

### **A Romain**

Avec qui je partage toute ma vie, les bons comme les mauvais moments. Merci pour tout l'amour que tu me portes au quotidien, ta patience infinie, ton soutien permanent et j'en passe ... Tu es tellement plus encore. Je t'aime mon chéri.

### **A mes grand parents**

Qui ont suivi de près ou de loin ces 6 années d'étude. Merci pour votre grand soutien surtout pendant ma première année qui a été compliquée.

### **A ma famille**

Pour ce bonheur de passer du temps ensemble et de se partager nos aventures.

### **A la famille de mon chéri**

Toujours accueillante et au petit soin avec moi, merci pour tout.

### **A Tania**

À tout moment prête à ce que je t'embarque dans mes plans farfelus. Merci pour ta bonne humeur, ton côté toujours positif et ton important soutien, tu es le rayon de soleil qui illumine mes journées depuis la O2, ces études n'auraient pas eu la même saveur sans toi. Love you doudou

### **A Alexandra et Morgane**

Pour qu'on ait réussi à sortir vivantes de cette épreuve qu'est la clinique dentaire, pour ce CSCT de l'enfer et maintenant de ces thèses à rallonges. Mais aussi (et surtout !) pour ce soutien mutuel, ces lundis soir à se raconter nos vies, cet hypnotisant et incroyable BOOM. Jvous aime mes bichettes

### **A Estelle, Célia et Marie, mes copines de PACES**

D'avoir été là dans les pires moments quand plus rien ne va, on a tenu ensemble et maintenant la vie s'offre à nous, vous êtes mes warriors.

### **A tous les pépouz**

Pour ces traquenards, ces abus de la vie étudiante, ces soirées à n'en plus finir, ces happy hours, ces RU, ces délires, cette joie de vivre communicative ... Ne changez rien, vous êtes fantastiques. J'ai juste envie de dire : and another one !

### **A Zoé et Alexandre**

Mes amis depuis le collège, toujours là aujourd'hui. Love you

# SOMMAIRE

<b><u>Introduction</u></b> .....	1
<b>I. <u>L'analyse céphalométrique : généralités et rappels</u></b> .....	2
a. Définition.....	2
b. Analyse céphalométrique.....	2
i. Points anatomiques céphalométriques utilisés.....	2
ii. Définitions des plans et courbes anatomiques.....	4
c. Les types d'erreurs en céphalométrie.....	5
i. Erreurs de projection.....	5
ii. Erreurs d'identification .....	6
iii. Erreurs de mesure.....	7
d. Intérêt du plan palatin.....	8
i. Rappels anatomiques.....	8
ii. Choix du plan de référence.....	10
<b>II. <u>Revue de littérature</u></b> .....	12
a. Introduction.....	12
b. Matériel et méthodes.....	12
i. Stratégie de recherche et critères de sélection.....	12
ii. Évaluation de la qualité des articles retenus.....	13
iii. Données enregistrées à partir des études sélectionnées.....	13
c. Résultats.....	14
i. Sélection des articles.....	14
ii. Évaluation des articles retenus.....	14
d. Discussion.....	21
a) Quelques rappels.....	21
b) Synthèse de la revue de littérature.....	22
i. Partie dentaire.....	22
ii. Partie squelettique.....	24
iii. Partie musculaire.....	24
e. Conclusion.....	25
<b>III. <u>Étude rétrospective</u></b> .....	26
a. Introduction.....	26
b. Matériel et méthodes.....	26
i. Matériel.....	26
ii. Méthode.....	27
c. Résultats.....	28
i. Biais de l'étude.....	28
ii. Angle plan palatin – plan de Francfort.....	28
iii. Angle plan palatin – ligne Sellion-Nasion.....	29
iv. Angle plan palatin – plan mandibulaire.....	30
v. Angle plan palatin – plan d'occlusion.....	32
vi. Corrélation plan palatin-plan d'occlusion et rayon de la courbe de Spee.....	33

d. Discussion.....	35
i. Plan de référence.....	35
ii. Relation avec le plan mandibulaire.....	36
iii. Relation avec le plan d'occlusion.....	36
iv. Corrélation angle plan palatin - plan d'occlusion et rayon de la courbe de Spee..	38
e. Conclusion.....	39

<b><u>Conclusion</u></b> .....	40
--------------------------------	----

Annexes.....	A
--------------	---

Bibliographie.....	I
--------------------	---

## **Introduction**

Au sein de la cavité orale, les dents occupent chez l'Homme une place précise, soumise à un certain nombre de contraintes anatomiques. En effet, des forces s'exercent sur elles en permanence, mais qui diffèrent par leur intensité, leur direction, leur fréquence. Ces forces proviennent des muscles des joues, de la langue, ou encore des dents adjacentes, antagonistes, etc. L'ensemble de ces forces guide les éruptions dentaires et assure leur stabilité en bouche dans le temps.

La perte d'une ou plusieurs dents engendre un handicap fonctionnel et/ou esthétique plus ou moins important, qui est accentué par un âge précoce ou par un remplacement de la dent tardif ou absent. Un réaménagement dentaire et osseux se produit si l'édentement persiste, qui peut revêtir plusieurs aspects : une mésialisation, une rotation des dents adjacentes, une égression des dents antagonistes, une résorption de l'os au niveau de l'édentement, etc.

Lorsqu'une dent est perdue, une perte de repères anatomiques est inévitable, et tous ces changements complexifient une réhabilitation prothétique.

Pour remplacer une dent, il est nécessaire de définir de nouveaux repères sur lesquels s'appuyer pour que la ou les nouvelles dents s'intègrent dans le système musculo-squelettique buccal du patient.

Par ailleurs, la céphalométrie est un moyen radiographique d'analyse de l'organisation dento-squelettique d'une personne. C'est cette technique que nous avons décidé d'exploiter afin de déterminer l'existence ou non de liens entre différents plans ou courbes anatomiques tels que le plan palatin, le plan mandibulaire, le plan d'occlusion ou la courbe de Spee.

Le plan palatin est au cœur de notre travail, c'est un plan maxillaire qui n'est pas utilisé lors de la conception des projets prothétiques dentaires. Il serait intéressant de savoir s'il pourrait se placer en tant que plan de référence pour guider ces réhabilitations prothétiques.

Cela permettrait de définir de nouveaux repères de référence plus précis et reproductibles, et ainsi tendre vers une reconstruction prothétique plus personnalisée et adaptée pour le patient.

En quoi les relations entre le plan palatin, le plan d'occlusion et la courbe de Spee peuvent-elles permettre de guider le projet de reconstruction prothétique ?

En quoi l'étude du plan palatin peut-elle permettre d'affiner la relation existante entre la morphologie mandibulaire et plan d'occlusion ?

En quoi la céphalométrie peut-elle aider à la planification de la reconstruction prothétique ?

Afin d'apporter une réponse à ces différentes problématiques, nous présenterons tout d'abord les caractéristiques et intérêts de la céphalométrie et le plan palatin.

Ensuite, nous exposerons dans une revue systématique la place qu'occupe le plan palatin dans la littérature parue au cours des trente dernières années.

Enfin, nous détaillerons l'étude que nous avons menée dans le but d'établir l'existence ou non de liens éventuels entre le plan palatin et plusieurs autres paramètres architecturaux utilisés en pratique quotidienne par le chirurgien-dentiste pour planifier et guider ses reconstructions prothétiques : le plan d'occlusion, le plan mandibulaire et la courbe de Spee.



# **I. L'analyse céphalométrique : généralités et rappels**

## **a. Définition**

La céphalométrie est un processus d'analyse crânienne qui est basé sur des mesures de radiographies latérales de la tête, aussi désignées sous le terme de téléradiographies de profil. C'est une technique radiographique pour résumer les caractéristiques principales de la tête humaine en un schéma géométrique mesurable. Cette approche est basée sur des vues 2D utilisées pour l'analyse d'objets 3D (1). Elle a été introduite par Hofrath et Broadbent en 1931 (2).

La radiographie céphalométrique est utilisée pour décrire la morphologie (relations squelettiques, dentaires, tissus mous), étudier la croissance et le développement du squelette facial, établir un diagnostic et une planification du traitement, évaluer les changements avant et après un traitement (3,4).

C'est un outil de diagnostic orthodontique accepté dans le monde entier et considéré comme une information essentielle pour offrir un plan de traitement fiable au patient (5).

Il existe actuellement 2 catégories de systèmes d'analyse : certains évaluent le patient par rapport à des normes spécifiques (afin de fixer l'objectif du traitement par exemple), alors que d'autres ont pour but de comprendre la malocclusion, qu'elle soit d'origine dentoalvéolaire ou squelettique (6).

Dans le cadre de l'analyse céphalométrique, qu'elle soit manuelle (sur des recouvrements en acétate) ou informatisée (avec des logiciels d'analyse dédiés), l'étude de ces clichés peut par exemple permettre de comparer les mêmes paramètres anatomiques sur différents individus, ou leur évolution à différents âges sur un même individu.

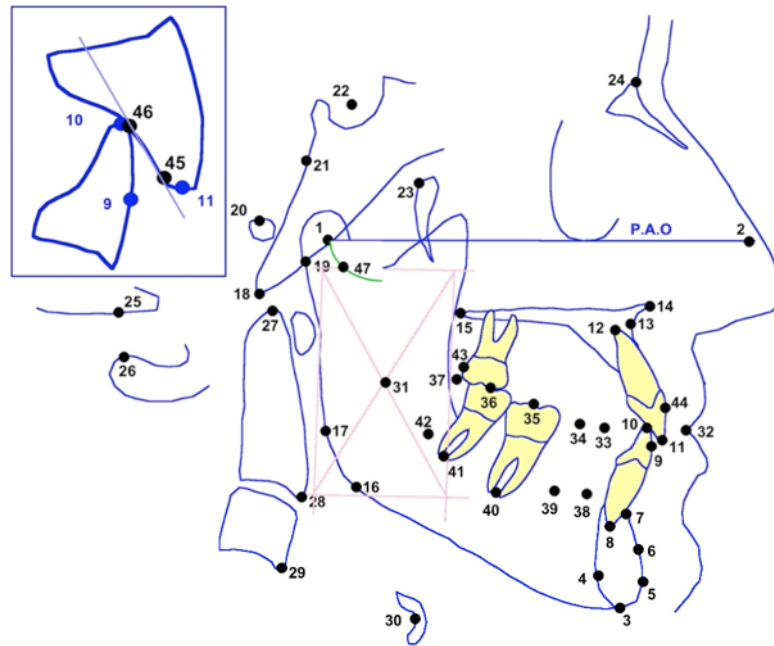
Pour se faire, il faut établir un nombre de points identifiables sur chaque téléradiographie de profil permettant ensuite de mesurer des variables linéaires et angulaires.

## **b. Analyse céphalométrique**

L'analyse céphalométrique requiert l'acquisition de certains points de repère anatomiques placés sur une téléradiographie de profil qui permettront ensuite de construire des éléments de référence (angles, plans, courbes) et d'obtenir des mesures spécifiques.

### **i. Points anatomiques céphalométriques utilisés**

Ils sont détaillés ci-après (voir Figure 1).



### Analyse CADO - liste des points à saisir

- |                                 |                          |                         |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1. Point condylien              | 17. Gonion ramus         | 33. Point occlusal 4    |
| 2. Point PAO 10cm               | 18. Basion               | 34. Point occlusal 5    |
| 3. Menton (Me)                  | 19. Articulare           | 35. Point occlusal 6    |
| 4. Génie ou Spina mentalis      | 20. Porion               | 36. Point occlusal 7    |
| 5. Pogonion (Pog)               | 21. Clivus               | 37. Point occlusal 8    |
| 6. Suprapogonion ou Pm          | 22. Sellion (S)          | 38. Point apical 4      |
| 7. Point B                      | 23. Pt ou Ptérygoïde     | 39. Point apical 5      |
| 8. Apex incisive mandibulaire   | 24. Nasion (Na)          | 40. Point apical 6      |
| 9. Point vestibulaire mand.     | 25. Occipital postérieur | 41. Point apical 7      |
| 10. Point Incision mandibulaire | 26. C1 ou cervical 1     | 42. Point apical 8      |
| 11. Point Incision maxillaire   | 27. Odontoïde supérieur  | 43. Longueur arc.post.  |
| 12. Apex incisive maxillaire    | 28. Odontoïde inférieur  | 44. Longueur arc.ant.   |
| 13. Point A                     | 29. C3 ou cervical 3     | 45. Pente incisive bas  |
| 14. Épine nasale antérieure     | 30. Hyoïde               | 46. Pente incisive haut |
| 15. Épine nasale postérieure    | 31. Point Xi             |                         |
| 16. Gonion corpus               | 32. Commissure labiale   |                         |

Figure 1 : Points céphalométriques pour l'analyse par le logiciel CADO  
(Les points entourés seront les principaux utilisés dans notre travail)

Point condylien : point situé au milieu de la tête condylienne

Point PAO à 10 cm : le point se situant à 10 cm (échelle réelle) du point condylien sur une droite parallèle au plan axio orbitaire

Orbital (Or) : aussi appelé point sous-orbitaire, c'est le point le plus bas du rebord orbitaire

Menton (Me) : point le plus bas de la symphyse mentonnière

Génie ou spina mentalis : apophyse postérieure de la symphyse mentonnière

Pogonion (Pog) : point le plus antérieur de la symphyse mentonnière

Suprapogonion : point d'inflexion de la symphyse mentonnière à l'endroit où fuit la convexité et où commence la concavité

Point B : point le plus postérieur de la concavité du procès alvéolaire inférieur

Apex incisive mandibulaire : extrémité apicale de l'incisive inférieure

Point Incisif mandibulaire : bord libre de l'incisive inférieure

Point Incision maxillaire : bord libre de l'incisive supérieure

Apex incisive maxillaire : extrémité apicale de l'incisive supérieure

Point A : point le plus postérieur de la concavité du procès alvéolaire supérieur

Épine nasale antérieure (ENA) : pointe osseuse à l'extrémité antérieure du plancher osseux des fosses nasales

Épine nasale postérieure (ENP) : pointe osseuse postérieure à l'extrémité du palais dur

Gonion (Go) : point situé à l'intersection du plan ramal et du plan mandibulaire. Dans le plan sagittal, c'est le milieu du segment du contour de l'angle mandibulaire

Basion (Ba) : point central le plus antérieur du foramen magnum

Articulare (Ar) : point à l'intersection de la partie postérieure du col du condyle et de la face exocrânienne de l'apophyse basilaire de l'occipital

Porion (Po) : point supérieur du rebord du conduit auditif externe

Clivus ou sphénoïde postérieur : point médian marqué sur le rebord du sphénoïde

Sellion (S) : centre de la selle turcique

Ptérygoïde (Pt) : point postéro-supérieur situé sur le contour de la fente ptérygo-maxillaire

Nasion (N) : partie antérieure de la suture des os propres du nez

Occipital postérieur : rebord postérieur du trou occipital dans son point antéro-inférieur

Cervical 1 ou C1 : rebord médian postéro-supérieur de l'apophyse médiane de la première vertèbre cervicale

Odontoïde supérieur : point supérieur médian de l'apophyse odontoïde

Odontoïde inférieur : point antéro-inférieur de la base de l'apophyse odontoïde

Cervical 3 ou C3 : point antéro-inférieur de la base du corps vertébral C3

Hyoïde : point médian du corps de l'os hyoïde

Point Xi : point situé au centre du ramus (branche montante de la mandibule), par construction de 4 plans : - P1 : point le plus bas de l'échancrure sigmoïde  
 - P2 : point le plus postérieur de l'apophyse coronoïde  
 - P3 : point inférieur mandibulaire correspondant à P1 sur la même perpendiculaire à AOP  
 - P4 : Homologue de P2 sur le bord postérieur du ramus

Xi représente le point d'intersection des diagonales du rectangle ainsi tracé.

Commissure labiale : point de jonction de la lèvre supérieure avec la lèvre inférieure

Point occlusal d'une dent : point médian de la table occlusale, à la hauteur des pointes cuspidiennes

Point apical d'une dent : point apical moyen entre les racines, à hauteur des apex

Longueur de l'arcade maxillaire en postérieur : point postérieur dentaire de l'arcade maxillaire

Longueur de l'arcade maxillaire en antérieur : point antérieur dentaire de l'arcade maxillaire

Point bas de la pente incisive : bord libre de l'incisive centrale maxillaire

Point haut de la pente incisive : point cingulaire de l'incisive centrale maxillaire

## ii. Définitions des plans et courbes anatomiques

Un plan est une surface contenant entièrement toute droite joignant deux de ses points (7).

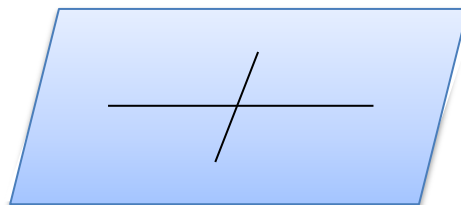


Figure 2 : Représentation d'un plan dans l'espace

Une courbe correspond à une ligne non droite, qui change de direction sans former d'angles (8).



Figure 3 : Représentation d'une courbe

Plan palatin : ligne reliant les points ENA et ENP

Plan mandibulaire : plan tangent à la partie inférieure de l'angle gonion passant par le point menton

Plan d'occlusion : "Plan défini à la mandibule, les arcades étant en occlusion, passant par deux références dentaires postérieures et une antérieure. En prothèse, les références sont les pointes des cuspidés disto-vestibulaires des deuxièmes molaires et le bord libre des incisives. En céphalométrie, c'est une droite qui coupe les milieux de l'engrènement cuspidien des premières molaires et du recouvrement incisif" (9)

Plan horizontal de Francfort (PHF) : plan passant par les porions droit et gauche (Po) et le point sous-orbitaire gauche (Or)

Plan de Camper : plan passant par le point sous nasal et les deux tragus des oreilles

Plan axio orbitaire : Plan horizontal de référence passant par les points condyliens et le point infra-orbitaire gauche (point le plus déclive du rebord antéro-inférieur de la cavité orbitaire)

Pente incisive : projection sur le plan sagittal médian du déplacement de l'incisive mandibulaire mesuré entre le point de contact en OIM et la position en bout à bout (10)

Courbe de Spee : courbe joignant les cuspidés vestibulaires des dents mandibulaires projetées dans un plan sagittal (11)

Courbe de Wilson : courbes frontales à concavité généralement supérieure, assimilable à une portion de cercle de rayon variable, réunissant les sommets des cuspidés vestibulaires et linguales de deux dents homologues (9)

### c. Les types d'erreur en céphalométrie

L'évaluation des structures 3D avec des méthodologies 2D entraîne une perte d'information et présente des limites structurelles inhérentes (1). En effet, le relevé des mesures, secondaire à l'identification de repères céphalométriques, peut souffrir de 3 grands types d'erreurs diminuant la fiabilité de cet examen : les erreurs de projection, les erreurs de tracé et les erreurs de mesure (12).

#### i. Erreurs de projection

Les erreurs de projection sont liées au positionnement du sujet dans l'installation radiologique, à l'« écrasement » de structures anatomiques tridimensionnelles sur un film plan, à la capacité du récepteur de l'image latente de reproduire fidèlement avec une définition satisfaisante les différents éléments (voir Figure 4) (12).

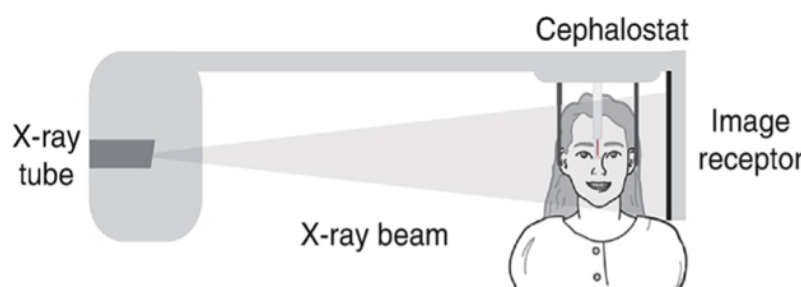


Figure 4 : Schéma de prise d'une radiographie de profil (13)

Aucune différence significative entre les récepteurs argentiques ou numériques en termes de précision n'est démontrée. La numérisation autorise une diminution de la dose d'irradiation significative compatible avec le maintien de la puissance diagnostique ; les capteurs numériques sont donc préférés (14) même si la lecture sur écran est moins fiable que sur les films argentiques (12).

## ii. Erreurs d'identification

L'identification des points de repères sur les téléradiographies de profil par l'opérateur permet de faire des mesures et ainsi produire une analyse céphalométrique du cas.

Les erreurs peuvent survenir quand les points ne sont pas précisément situés, les mesures et l'analyse céphalométrique en deviennent biaisées.

Cela dépend de l'opinion personnelle puisque chaque spécialiste va « interpréter » les données céphalométriques en fonction des biais accumulés par son éducation académique, l'expérience clinique et le type de service clinique (5). Il est donc nécessaire d'avoir une connaissance anatomique des repères à identifier et que ces derniers soient définis clairement afin d'éviter au maximum l'interprétation subjective (12).

La reproductibilité des mesures par l'opérateur est un facteur important pour déterminer la précision de toute méthode d'analyse, elle est bien supérieure en intra-observateur qu'en inter-observateur (12,15).

Par ailleurs, la qualité de la téléradiographie est importante, si elle est peu contrastée ou présente un flou cinétique (voir Figure 5), les erreurs de tracé vont être augmentées. C'est d'autant plus le cas si le patient présente une complexité anatomique particulière (12).

La position de prise de la téléradiographie de profil est également à prendre en compte puisqu'en occlusion, des points comme le porion et le condylion sont mieux définis et donc plus facile à identifier (12,16).



Figure 5 : Exemple de téléradiographie de profil floue

Les points de repère n'ont pas la même amplitude d'erreur, et chaque point présente un nuage de dispersion caractéristique, généralement non circulaire. Ces nuages de points épousent le plus souvent les contours des structures anatomiques sur lesquelles ils sont situés (voir Figure 6).

Le type de cliché présentant en moyenne les nuages de dispersion les plus faibles est celui réalisé sur une installation à 1,50 m associé à un capteur numérique. Une erreur de 0,59 mm sur l'axe des X (abscisses) et de 0,56 mm sur l'axe des Y (ordonnées) sont des niveaux acceptables de précision (12).

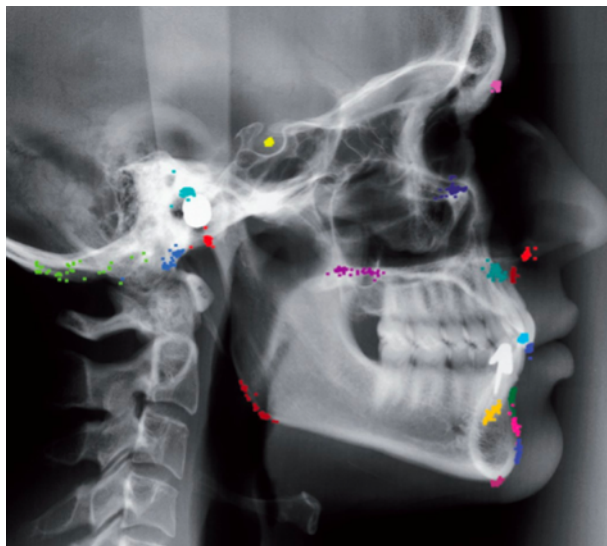


Figure 6 : Dispersion réelle des points céphalométriques (12)

La zone la plus fiable radiologiquement est la symphyse mandibulaire, les erreurs sont moins importantes dans le sens horizontal que vertical et les relevés des structures médianes sont plus précis que ceux des structures bilatérales (17). En exemple, les points A, B, Pog, Pm pourront donc être considérés comme fiables pour réaliser des mesures antéro-postérieures, du fait de leur stabilité sur l'axe des X, mais devront être utilisés avec précaution pour des mesures verticales car l'axe des Y est moins précis (12).

Les points situés sur l'axe médian et dans les zones de haut contraste, souffrent moins souvent de la superposition de structures anatomiques, et sont les plus fiables (3) sous réserve de ne pas être situés tangentiellement à une structure présentant une concavité ou une convexité peu marquée. Les points bilatéraux ou ceux situés dans une zone présentant d'importantes superpositions anatomiques sont les moins fiables (12).

Les points médians squelettiques (S, Na, ENA, Me) et dentaires (bords libres incisifs maxillaires et mandibulaires) ont des nuages de dispersion caractéristiques, de forme circulaire et peu étendue. Ces points peuvent donc être considérés comme les plus fiables : le bord libre de l'incisive supérieure, S, ENA, Me, A, Na, le bord libre de l'incisive inférieure. Les points les moins fiables sont Bo, Op, Or et Go (12).

Pour les plans, le classement des plus au moins fiables est : S-Na, mandibulaire, maxillaire (palatin), de Coster, Francfort, plan optique (12).

Le grossissement, le traçage, la mesure, l'enregistrement et l'identification des repères sont les principales sources d'erreur lors d'analyses céphalométriques (3,18). Afin d'éliminer les erreurs pouvant survenir lors du tracé céphalométrique, les mesures doivent intégrer des repères anatomiques facilement identifiables. Ces mesures sont le produit final du processus de traçage céphalométrique et fournissent des données pour la planification du traitement (4).

### iii. Erreurs de mesure

Les erreurs de mesure céphalométriques sont cumulatives en raison de la variabilité de l'identification des points de repère, probablement parce que cette étape dépend du jugement humain. Cependant, certains principes géométriques (comme l'enveloppe d'erreur et les distances entre les repères) ont

une influence sur l'amplitude de l'erreur de mesure résultante, cela rend l'erreur de chaque variable unique (2).

Les erreurs de mesure angulaire (3 points de repère) augmentent entre les points avec des variations importantes, tout comme celles des distances (2 points de repère) parce que ces erreurs s'ajoutent (2). D'autre part, les distances entre les points de repère ont également une influence sur l'ampleur des erreurs des mesures linéaires et angulaires : plus 2 points de repère sont proches, plus l'erreur de mesure angulaire ou linéaire a tendance à être importante (2).

En céphalométrie, pour quantifier l'erreur de mesure, la formule de Dahlberg est la référence. Néanmoins, elle ne détecte les changements qu'à un niveau de confiance d'environ 68 % alors qu'ils sont considérés comme significatifs à hauteur de 95% de l'erreur de méthode. Ses valeurs peuvent s'avérer être égales à celles calculées avec la SDD (smallest detectable difference), elle peut donc être pertinente à des fins comparatives. Sa détermination de l'erreur de mesure avec une conception d'analyse de variance à mesures répétées (ANOVA) sous-jacentes, lui permet d'être étendue à n'importe quel nombre de sessions de mesure et des modèles plus complexes peuvent être testés. L'erreur de mesure augmente lorsque l'erreur inter-observateur est calculée et la formule de Dahlberg permet de la déterminer pour les mesures céphalométriques effectuées sur des téléradiographies de profil numériques (2).

L'analyse des erreurs moyennes des mesures angulaires et linéaires rapportées à chaque analyse céphalométrique montre que les erreurs sont respectivement comprises entre 1,26° et 1,63° et entre 0,18mm et 0,36mm. Consécutivement aux erreurs de localisations des points céphalométriques, les erreurs de mesures angulaires et linéaires sont faibles (respectivement inférieures à 3,1° et 0,46 mm). Les mesures angulaires qui présentent les plus forts écarts-types ( $> 2^\circ$ ), traduisant les plus faibles précisions, sont, à l'exception de l'angle S-NA / plan mandibulaire, toutes liées à la position des apex des incisives maxillaires ou mandibulaires : angle interincisif, axe incisif supérieur / plan de Francfort, axe incisif supérieur / Na-A, plan maxillaire/ligne bi-apicale, plan mandibulaire / ligne bi-apicale, axe incisif inférieur /A-Pog, IMPA et axe incisif inférieur / Na-A. (12)

#### **d. Intérêt du plan palatin**

##### **i. Rappels anatomiques**

La région palatine constitue la partie supérieure et postérieure de la cavité buccale. Elle forme une cloison ostéo-muqueuse scindant la cavité orale des fosses nasales et du rhino-pharynx (19).

Le voile du palais, formé par le tiers postérieur de cette région, présente une charpente fibreuse prenant appui sur la lame horizontale du palatin et sur la lame médiale du processus ptérygoïde (19).

La voûte palatine, composée par les deux tiers antérieurs, possède un support osseux formé par l'os maxillaire et l'os palatin (19). Au maxillaire, la corticale est fine, surtout du côté vestibulaire, et l'os trabéculaire est peu dense (Figure 7) (20).



Figure 7 : Région palatine (1 : cavité nasale ; 2 : voûte palatine ; 3 : voile du palais) (19)

Elle a une forme concave vers le bas dont la profondeur est variable selon les personnes et selon le degré de résorption alvéolaire (19). Un comportement dysfonctionnel ou parafonctionnel peut provoquer un changement dans la forme de l'os maxillaire et donc du palais.

En exemple, lorsqu'un enfant suce son pouce, cela favorise la classe II squelettique par traction sur le maxillaire et freinage de la croissance mandibulaire lié à la force antéropostérieure exercée par l'appui du doigt sur la mandibule et au verrouillage occlusal créé parfois par l'endo-alvéolie maxillaire et la discordance de forme des deux arcades (20).

Cette habitude participe au déséquilibre fonctionnel et peut traduire une certaine immaturité psycho-affective. De plus, par les déplacements dentaires qu'elle induit, elle crée des conditions anatomiques favorables au dysfonctionnement lingual (infraclusion incisive, augmentation du surplomb incisif...) (Figure 8) (20).

C'est également le cas en présence d'une ventilation buccale, la langue adopte une posture basse, adaptative pour laisser le passage à l'air, le palais est alors profond et étroit car les fosses nasales ne se sont pas développées (20).



Figure 8 : Schéma explicatif des mouvements dentaires engendrés par la succion du pouce (21)



## ii. Choix du plan horizontal de référence

Un plan de référence est un plan sélectionné comme base pour prendre des mensurations linéaires ou angulaires.

Plusieurs plan de référence ont été proposés et décrit au fil des décennies : Hall-Scott (22) introduit la bissectrice mandibulo-maxillaire, le plan maxillaire (ENA-ENP) comme proposé par Ferrazzini (23), le plan horizontal de Francfort comme suggéré par Chang (24) et par Yang et Suhr (25), la perpendiculaire du nasion recommandée par McNamara (26), la ligne N – Po comme suggéré par Holdaway (27) et la base crânienne antérieure selon Taylor (28).

Les raisons énumérées pour choisir ces plans de référence incluent leur stabilité anatomique supérieure dans le temps, tant en termes absolus (29), que par rapport aux mâchoires (22) (c'est-à-dire que le plan de référence suit la rotation de la mâchoires), ou que les points anatomiques définissant les plans de référence sont plus facilement discernables (30).

Le plan axio-orbitaire (PAO) est le plan horizontal de référence en occlusodontologie pour les valeurs angulaires dentaires et condyliennes, il correspond à la branche supérieure de l'articulateur (9).

Actuellement, le plan de référence en céphalométrie est le plus souvent le plan horizontal de Francfort (PHF) (voir Figure 9). Ce plan se construit sur une radiographie de profil et présente en moyenne un angle de  $7^\circ (\pm 2^\circ)$  avec le PAO (9). Cependant, le plan de Francfort n'est pas classé parmi les plans les plus précis car les points Po et Or, nécessaires à ce plan, ont tous les deux des nuages de dispersions étendus les classant parmi les repères « peu fiables » (12).

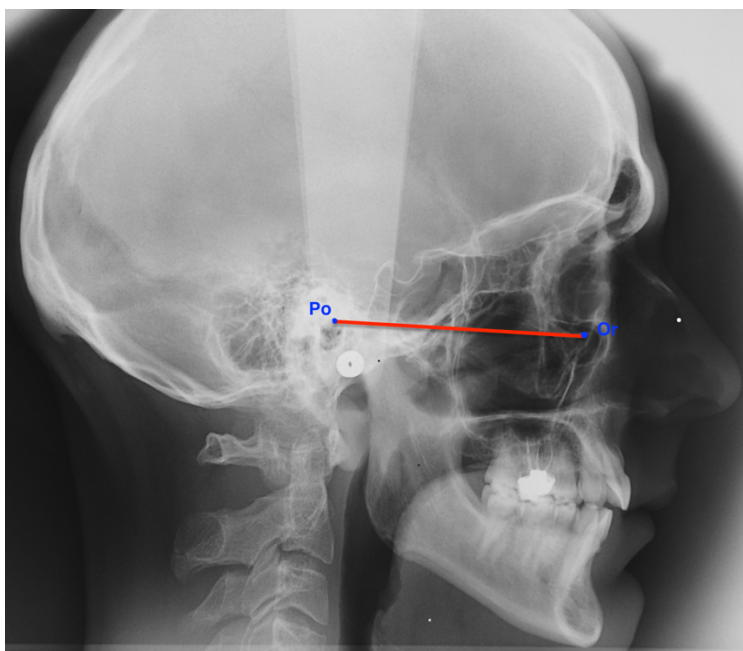


Figure 9 : Plan horizontal de Francfort tracé sur une téléradiographie de profil

Le plan palatin relie deux points anatomiques osseux situés sur l'os maxillaire : l'épine nasale antérieure (ENA) et postérieure (ENP). En réalité il ne s'agit pas d'un plan mais d'une ligne joignant deux points situés sur le plan sagittal médian (voir Figure 10).

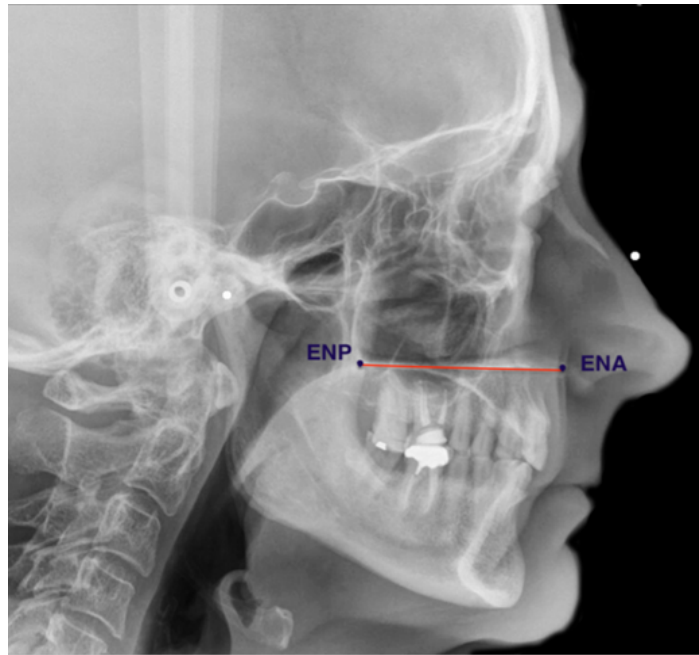


Figure 10 : Plan palatin tracé sur une téléradiographie de profil

ENA est un point médian squelettique qui a un nuage de dispersion circulaire et peu étendu, il est considéré comme très fiable.

ENP en revanche, dû à la difficulté de l'opérateur à l'identifier, est classé comme « peu fiable ». Il a un nuage de dispersion étendu sur l'axe des x (horizontal) mais étroit sur l'axe des y (vertical), cela impacte peu la précision du plan palatin qui est un plan horizontal, parallèle à son nuage de dispersion (12).

Williams *et al.* (29) ont proposé de projeter les points A et B sur un plan occlusal construit, incliné de 8° par rapport au plan palatin. En effet, le plan palatin peut être pris comme plan de référence car il s'est révélé relativement stable. De plus, il est plus facilement repérable que le plan occlusal sur des téléradiographies de profil (30).

*La céphalométrie constitue donc un outil intéressant pour analyser l'organisation dento-squelettique d'une personne. Nous avons établi les différents éléments permettant d'interpréter ce type d'examen radiographique. Le plan palatin, référence maxillaire, est l'objet de notre recherche. Nous exposerons, dans un premier temps, son utilisation par les auteurs dans la littérature.*

## **II. Revue de littérature**

### **a. Introduction**

En odontologie, particulièrement en orthopédie dento-faciale, l'analyse céphalométrique des téléradiographies de profil est réalisée avant de proposer un traitement, si la prise en charge est nécessaire. Par ailleurs, elle peut également être utile lors de la planification de réhabilitations orales prothétiques, c'est ce qui sera développé dans la suite de ce travail.

La détermination d'un plan de référence, à partir duquel va s'organiser le projet thérapeutique, est une étape essentielle. Ce choix est primordial surtout s'il s'agit d'une réhabilitation prothétique de grande étendue.

Nous avons vu précédemment que plusieurs plans ont été successivement décrits dans la littérature pour servir de référence (le plan axio-orbitaire, le plan de Francfort, la bissectrice mandibulo-maxillaire, la perpendiculaire du nasion, la ligne N – Po, la base crânienne antérieure ...). Ils peuvent être localisés sur une téléradiographie de profil, avec un risque d'erreur plus ou moins important en fonction de la localisation des repères à partir desquels ils sont tracés.

Le plan palatin n'est pas fréquemment utilisé dans les analyses céphalométriques alors qu'il est défini par des repères anatomiques précis et facilement identifiables.

Cette considération nous a amené à envisager une revue systématique de la littérature, ayant pour objectif de rechercher des liens entre l'inclinaison du plan palatin, du plan occlusal, du plan mandibulaire en céphalométrie.

### **b. Matériel et méthodes**

#### **i. Stratégie de recherche et critères de sélection**

La revue systématique de la littérature a été menée du 2 février au 28 mars 2022 par deux évaluateurs calibrés, le Dr. Estelle Casazza et moi-même, afin d'identifier sur une période de 30 ans tous les articles susceptibles de mettre en évidence des liens anatomiques avec le plan palatin.

#### **Critères d'inclusion et de non-inclusion**

Les critères d'inclusion pour l'examen des articles comprenaient :

- Des articles de janvier 1992 à mars 2022 avec une évaluation du plan palatin,
- Des études comparatives ou descriptives,
- Des études prospectives ou rétrospectives,
- Des patients adultes, ayant fini leur croissance,
- Des patients sans dysmorphie faciale,
- Des patients n'ayant pas fait de traitements chirurgical ou orthodontique,
- Des articles en anglais,
- Des articles approuvés par un comité d'éthique.

Les critères de non-inclusion comprenaient les études qui ne remplissaient pas les critères d'inclusion ci-dessus :

- Patients mineurs,

- Patients présentant des malformations faciales,
- Patient ayant subi un traitement chirurgical ou orthodontique,
- Études sans mention du plan palatin,
- Case reports,
- Non approuvées par un comité d'éthique.

### **Méthodologie pour la sélection des articles**

PubMed est la base de données qui a été utilisée pour chercher les études considérées pour cette revue. La recherche informatisée ciblait des articles publiés entre 1992 et 2022. Les descripteurs utilisés pour la recherche étaient « occlusal plane », « palatal plane », « cephalometry » et « mandibular plane » rentrés dans les barres de recherche avec l'opérateur booléen « AND ». Nous avons sélectionné ces mots clés qui font référence à des notions très générales, afin de ne pas biaiser le processus de revue.

Les articles ont d'abord été sélectionnés en fonction de leur titre, puis en fonction du résumé. Si un doute persistait après lecture du résumé, l'article était alors lu complètement. Les case reports, ne présentant que des données isolées, ont été exclus.

La recherche porte sur 30 ans. Chaque évaluateur a trié les articles par des critères communs établis préalablement. Une mise en commun du travail de chacun a été réalisée. En cas de désaccord, la décision d'inclusion ou de non-inclusion d'un article était prise par consensus.

#### ii. Évaluation de la qualité des articles retenus

Devant la diversité des types et protocoles d'étude retenus, il n'a pas été possible de comparer quantitativement les résultats des différentes études les unes par rapport aux autres. Une analyse qualitative des résultats est proposée dans cette revue de littérature, en utilisant l'outil PICOS.

L'outil PICOS permet d'évaluer :

- La population étudiée, en détaillant les caractéristiques de l'échantillon (taille, tranche d'âge, genre, s'il est représentatif de la population générale, type d'approche diagnostique) (P),
- L'intervention proposée (I), ici la céphalométrie,
- La méthode de collecte et d'analyse des données issues de l'étude, afin de permettre leur comparaison (C),
- Les résultats présentés (Outcome, O),
- Le type d'étude réalisé (Study type, S).

En plus des domaines évalués par PICOS, plusieurs autres critères de sélection ont été pris en compte, afin d'évaluer la validité externe et interne de chaque étude retenue : le risque de biais et son évaluation, l'évaluation qualitative des résultats (orientation du plan palatin, lien du plan palatin avec d'autres éléments anatomiques ...) avec intervalle de confiance.

#### iii. Données enregistrées à partir des études sélectionnées

Pour chacune des études incluses, les informations suivantes ont été enregistrées : caractéristiques de taille de l'échantillon, support utilisé, moyen de comparaison des données, type d'étude, évaluation des biais et résultats.

## c. Résultats

### i. Sélection des articles

Sur 207 articles comprenant les mots clés « occlusal plane », « palatal plane », « cephalometry » et « mandibular plane », 167 ont été exclus par leur titre. Sur les 40 articles potentiellement sélectionnés, 18 ne remplissaient pas les critères dans leurs résumés. Après lecture complète des 22 articles restants, 14 ont été éliminés de la revue de littérature. Un total de 8 articles a été gardé car il remplissait les critères de sélection (Figure 11).

La méthode de sélection, menée en double aveugle, s'est avérée reproductible.

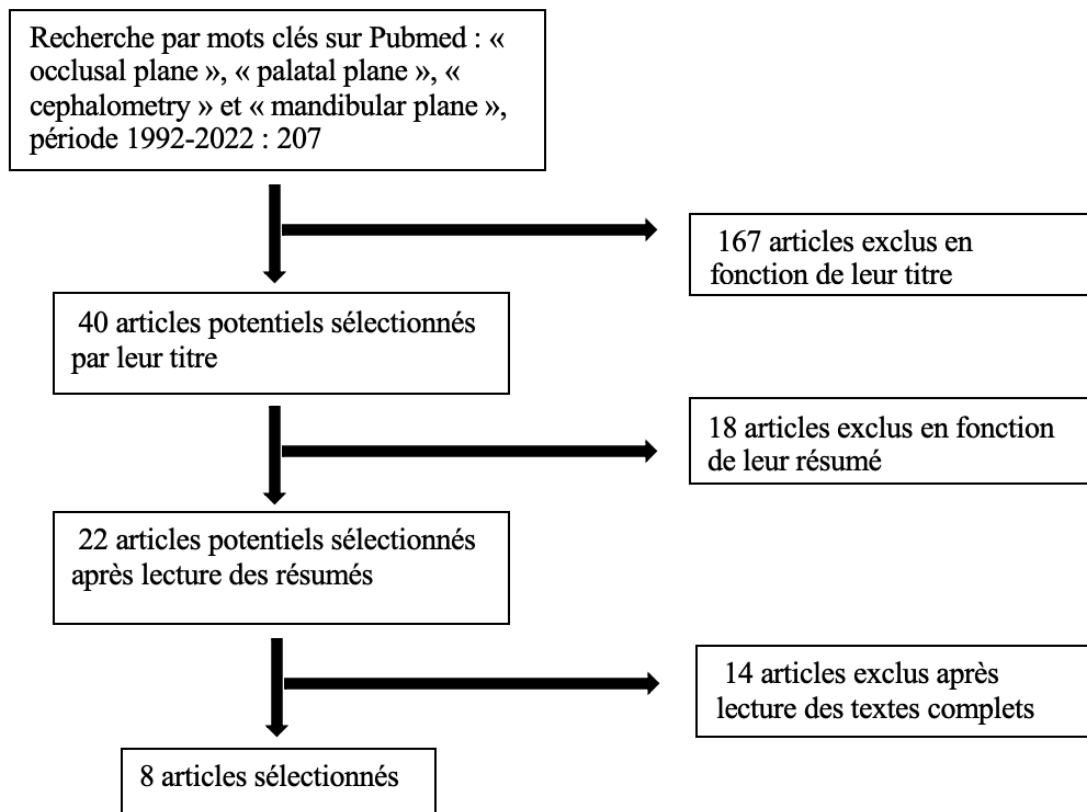


Figure 11 : Flowchart de la revue systématique de la littérature

### ii. Évaluation des articles retenus

L'évaluation de la qualité des huit articles restants a révélé des défauts communs dans la stratégie adoptée pour mettre en évidence des liens entre le plan palatin et d'autres structures anatomiques. En effet, dans la majorité des articles, l'échantillon de population utilisé pour la recherche est faible. De plus, les groupes de sujets inclus dans les articles retenus présentent de grandes différences (mixité des genres ou pas, origine géographique), voire d'époque, avec un article retenu basé sur l'étude de crânes d'hommes vivant au Japon au XIXème et XXème siècles issus d'une collection anthropologique. D'autres différences concernent le schéma expérimental développé par chaque étude : 3 études sont descriptives, alors que 5 autres développent une méthodologie de recherche comparative.

Tous ces éléments sont détaillés dans le tableau suivant.

8 études retenues	PICOS	Évaluation des résultats, intervalle de confiance	Évaluation du risque de biais
Relationship between cranial base and maxillofacial morphology, Kasai <i>et al.</i> , 1995 (31)	(P) 46 crânes secs, hommes adultes japonais vivant au XIXème et XXème siècles (I) Téléradiographies de profil analysées avec les méthodes de Björk, Brown et Richards (C) Comparaison classe I et classe II (O) Évaluer l'orientation du plan palatin par rapport à la base du crâne (basion-nasion) (S) Étude descriptive	Classe I : moyenne = 5,66, écart type =3,68 Classe II : moyenne = 8,00, écart type =3,27	Crânes secs Population non représentative de la population générale
A study of bite force, part 2: Relationship to various cephalometric measurements, Braun <i>et al.</i> , 1995 (32)	(P) 129 étudiants en chirurgie-dentaire caucasiens (I) Téléradiographies de profil (C) Comparaison force de morsure avec mesures céphalométriques sur une même personne (O) Évaluer les corrélations entre des déterminants squelettiques et dentaires et la force de morsure maximale (S) Étude descriptive	Diminution de la force de morsure maximale est corrélée à une augmentation de l'angle formé par le plan mandibulaire et le plan palatin	Population non représentative de la population générale Pas de test statistique disponible

<p>Cephalometric parameters affecting severity of anterior open bite, Tsang WM <i>et al.</i>, 1997 (33)</p>	<p>(P) 104 patients hyperdivergents, présentant "anterior open bite", 45 hommes et 59 femmes, d'origine asiatique  (I) Téléradiographies de profil analysées avec la méthode de Björk  (C) 3 groupes avec anterior open bite : léger (<math>\leq 3,75\text{mm}</math>, modéré (3,75mm-6,85mm) et sévère <math>&gt; 6,85\text{mm}</math>)  (O) Identifier les paramètres squelettiques corrélés avec un "anterior open bite" dans le plan vertical  (S) Étude comparative</p>	<p>Rotation antihoraire du plan palatin corrélée à la sévérité de la béance antérieure  MP-PP = (-0,00773 x force maximale) +27,918 avec <math>r=-0,276</math> ; <math>P&lt;0,001</math></p>	<p>Population non représentative de la population générale</p>
---	--	--	--

<p>Use of the centroid method of occlusion for studying the vertical and horizontal relationship of the mandible and maxilla, Satoru Murata, 2007 (34)</p>	<p>(P) 199 femmes japonaises adultes  (I) Téléradiographies de profil analysées avec la méthode centroïde  (C) 4 groupes : classe II avec béance, classe II avec supraclusion, classe III avec béance, classe III avec supraclusion  (O) Vérifier si la méthode centroïde d'occlusion pour l'étude de la croissance mandibulaire et maxillaire permet une détermination précise des schémas occlusaux verticaux  (S) Étude comparative</p>	<p><u>Classe II différence</u>  <u>hyperdivergence/hypodivergence :</u>  - Pas de différence significative dans l'angle du plan palatin par rapport au plan A-B  - L'angle du plan palatin par rapport au plan Ar-Gn significativement plus grand (<math>P &lt; 0,01</math>) dans le groupe hyperdivergence  <u>Classe III différence</u>  <u>hyperdivergence/hypodivergence:</u>  - L'angle du plan palatin par rapport au plan Ar-Gn significativement plus grand (<math>P &lt; 0,01</math>) dans le groupe hyperdivergence  - L'angle du plan palatin par rapport au plan A-B significativement plus petit (<math>P &lt; 0,01</math>) dans le groupe hyperdivergence  <u>Hyperdivergence différence classe II/III :</u>  - L'angle du plan palatin par rapport au plan Ar-Gn significativement plus grand (<math>P &lt; 0,01</math>) dans le groupe classe II  - L'angle du plan palatin par rapport au plan A-B significativement plus petit (<math>P &lt; 0,01</math>) dans le groupe classe II  <u>Hypodivergence différence classe II/III :</u>  - L'angle du plan palatin par rapport au plan Ar-Gn significativement plus grand (<math>P &lt; 0,05</math>) dans la classe II  - L'angle du plan palatin par rapport au plan A-B significativement plus petit dans la classe II (<math>P &lt; 0,01</math>)</p>	<p>Population non représentative de la population générale</p>
--	--	--	--



<p>Relationship between masseter muscle size and maxillary morphology, Yasuki Uchida <i>et al.</i>, 2011 (35)</p>	<p>(P) 24 patients adultes, 11 hommes et 13 femmes (âge moyen 27,6 ± 5,6 ans)  (I) Téléradiographies de profil, échographies du muscle masséter, mesure de la force de morsure (avec un système d'imagerie et d'analyse de pression)  (C) Comparaison de la section transversale du muscle masséter au repos et contracté  (O) Étudier la relation entre la taille du muscle masséter et la morphologie crâniofaciale  (S) Étude comparative</p>	<p>- La force de morsure, l'épaisseur du muscle détendu et serré ont montré une corrélation négative significative avec l'angle du plan palatin-mandibulaire  - A mesure que le masséter s'agrandit, la région antérieure du maxillaire a tendance à se déplacer vers le bas, par rapport à la base crânienne, tandis que la région postérieure a tendance à se déplacer vers le haut</p>	<p>Petit nombre de sujets inclus</p>
<p>Comparisons of soft tissue chin thickness in adult patients with various mandibular divergence patterns, Macari <i>et al.</i>, 2014 (36)</p>	<p>(P) 190 patients adultes (77H et 113F) âge moyen de 27 ans  (I) Téléradiographies de profil  (C) 4 groupes classés en fonction du schéma de divergence défini par le plan mandibulaire à l'angle de la base crânienne  (O) Évaluer chez les patients adultes : (1) l'association entre la divergence mandibulaire et l'épaisseur du STC mesurée à différents niveaux de menton et (2) la différence d'épaisseur du STC entre les hommes et les femmes  (S) Étude comparative</p>	<p>Mesures d'épaisseurs de STC (soft tissue at the chin) plus élevées dans le groupe hypodivergent qui diminuent progressivement d'un groupe à l'autre, les plus faibles étant dans le groupe hyperdivergent  Toutes les mesures STC étaient plus élevées chez les hommes que chez les femmes</p>	<p>Pas d'informations sur la réalisation des analyses céphalométriques</p>

<p>Cephalometric configuration of the occlusal plane in patients with anterior open bite, Yoon Jeong Choi et al., 2016 (37)</p>	<p>(P) 99 patients adultes (28H et 71F), âge moyen 25.5 ans  (I) Téléradiographies de profil  (C) 2 groupes : 61 avec béances et 38 sans béance  (O) Analyser la configuration céphalométrique du plan occlusal chez les patients avec béance  (S) Étude analytique</p>	<p>Le plan d'occlusion est modifié chez les patients présentant une béance : éruption excessive des secteurs postérieurs</p> <p>Contacts occlusaux des prémolaires utilisés comme standard pour distinguer cliniquement et radiographiquement deux classes</p>	<p>Population non représentative de la population générale</p>
---	---	--	--

<p>Dentoskeletal morphology in adults with Class I, Class II Division 1, or Class II Division 2 malocclusion with increased overbite, Uzuner et al., 2019 (38)</p>	<p>(P) 306 patients adultes caucasiens (131H et 175F) âgés entre 18 et 45 ans  (I) Téléradiographies de profil, analyses de 9 angles et 15 plan linéaires, tracés réalisés par une seule personne  (C) 4 groupes : Classe I avec supraclusion, classe II-1 avec supraclusion, classe II-2 avec supraclusion et Classe I avec recouvrement normal (groupe témoin)  (O) Étudier la relation entre la supraclusion et la morphologie dento-squelettique maxillaire et mandibulaire chez des patients adultes squelettiques de classe I et de classe II pour la comparer avec des adultes squelettiques de classe I avec supraclusion normale  (S) Étude comparative</p>	<p>- Absence de différence de la position verticale maxillaire et l'angle PP chez les individus adultes présentant une supraclusion  - Absence de différence significative chez les personnes à forte supraclusion de la position sagittale du maxillaire (SNA)  - La morphologie dentaire semble être le principal facteur d'augmentation de la supraclusion et non la position sagittale des deux mâchoires, il y a des différences significatives dans la morphologie dentoalvéolaire maxillaire et mandibulaire entre les groupes présentant une supraclusion et le groupe témoin  - Corrélations négatives significatives entre SN/GoGN, le plan palatin (PP) et la supraclusion dans le groupe de classe II/1 (<math>P &lt; 0,05</math> pour chacun) et entre ANS -SN et le recouvrement dans le groupe Classe II/2 (<math>P &lt; 0,05</math>)</p>	<p>Population non représentative de la population générale, pas de diversité ethnique</p>
--	--	--	---

Tableau 1 : Tableau PICOS de notre revue de littérature

#### d. Discussion

Dans cette revue de littérature, nous recherchons les liens anatomiques que pourraient avoir le plan palatin avec les éléments anatomiques l'environnant. Parmi les 8 articles sélectionnés sur une période de 30 ans (1992-2022), trois aspects ont été étudiés principalement : dentaire (la malocclusion antérieure verticale), squelettique (la base crânienne) et musculaire (la force de morsure).

##### a) Quelques rappels

Les dents se positionnent dans un engrènement qui change selon les personnes. On le retrouve divisé en trois classes dans le sens antéropostérieur :

- La classe I est caractérisée par la pointe de la canine maxillaire se situant entre la face distale de la canine mandibulaire et la face mésiale de la prémolaire adjacente. La cuspide mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire tombe dans le sillon mésio-vestibulaire de la première molaire mandibulaire (Figure 12).
  - Elle représente l'harmonie squelettique.
- La classe II est caractérisée par la pointe de la canine maxillaire se situant en avant de la face distale de la canine mandibulaire et la face mésiale de la prémolaire adjacente. La cuspide mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire tombe en avant du le sillon mésio-vestibulaire de la première molaire mandibulaire (Figure 13).
- La classe III est caractérisée par la pointe de la canine maxillaire se situant en arrière de la face distale de la canine mandibulaire et la face mésiale de la prémolaire adjacente. La cuspide mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire tombe en arrière du le sillon mésio-vestibulaire de la première molaire mandibulaire (Figure 12).

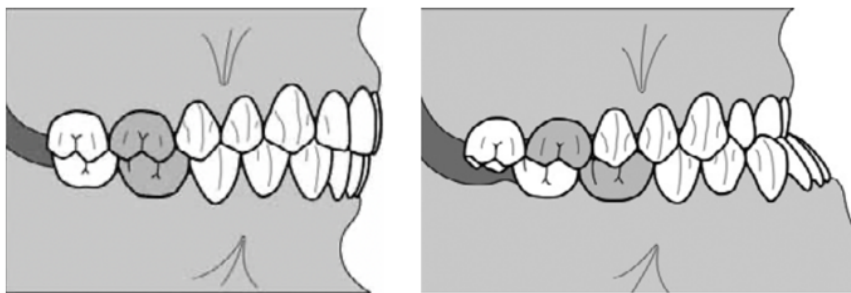


Figure 12 : Classes dentaires I (à gauche) et III (à droite) (39)

Parmi la classe II, il existe deux sous catégories (Figure 13) :

- La classe II/1 où les molaires sont en relation de classe II et les dents antérieures sont protrusives,
- La classe II/2 où les molaires sont en relation de classe II et les incisives maxillaires sont en linguoversion.

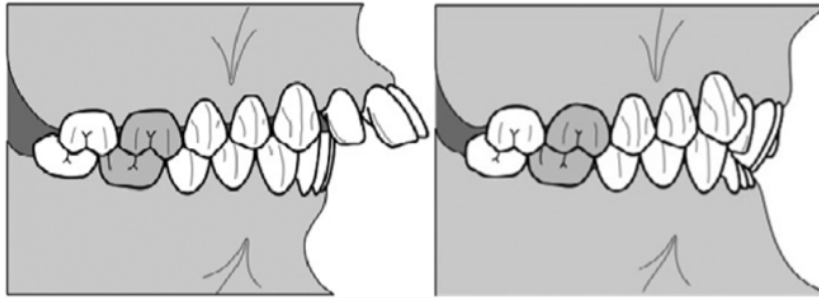


Figure 13 : Classe dentaire de type II/1 (à gauche), II/2 (à droite) (39)

Dans le sens vertical, on distingue deux types de malpositions dentaires (Figure 14) :

- L'infraclusion ou béance antérieure qui se définit comme un manque de coïncidence entre les plans d'occlusion maxillaire et mandibulaire, il y a une absence de contact au niveau des dents antérieures
- La supraclusion incisive qui se traduit par un recouvrement excessif des incisives inférieures par les incisives supérieures.

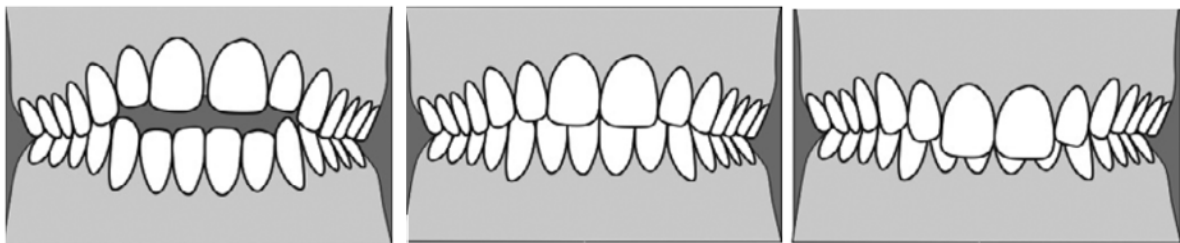


Figure 14 : Différents types d'occlusion antérieure (39)  
De gauche à droite : infraclusion, occlusion normale, supraclusion

D'un point de vue squelettique, des dysmorphoses verticales existent également, elles se divisent en trois catégories :

- L'hyperdivergence, caractérisée par un excès de croissance verticale de l'étage inférieur de la face (40),
- La normodivergence, caractérisée par une croissance verticale de l'étage inférieur de la face dans les normes,
- L'hypodivergence, caractérisée par un défait de croissance verticale de l'étage inférieur de la face.

Il s'agit d'un déséquilibre vertical par une approche angulaire calculée grâce à l'analyse céphalométrique. Elle révèle l'inclinaison du plan mandibulaire par rapport à la base crânienne (40).

## b) Synthèse de la revue de littérature

### i. Partie dentaire (33,34,37,38)

La sévérité de la béance antérieure est corrélée à une augmentation proportionnelle directe de la hauteur dentoalvéolaire postérieure et à une diminution proportionnelle de la hauteur dentoalvéolaire antérieure. Cette combinaison de corrélations de hauteur dentoalvéolaire influence la rotation du maxillaire et se traduit par des changements dans le plan palatin (33). En effet, l'angle

des plans palatin-mandibulaire est significativement plus important chez les personnes présentant une béance antérieure ( $P < 0.001$ ) (37).

Par conséquent, le principe clinique logique selon lequel la rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre du plan palatin, en plus des hauteurs absolues des segments dentoalvéolaires, est bien corrélé avec la sévérité de la béance antérieure (33).

Il n'existe pas de différence significative chez les personnes avec une supraclusion de la position sagittale du maxillaire (SNA). En revanche, le maxillaire s'avère, dans cette population, plus prognathique dans le groupe de Classe II/2 ( $P < 0,05$ ) (38).

Lorsque les corrélations entre des paramètres prenant en compte la morphologie verticale du squelette et la forte supraclusion ont été évaluées, il y avait des corrélations négatives significatives entre SN/GoGN, le plan palatin (PP) et la supraclusion dans le groupe de classe II/1 ( $P < 0,05$ ). L'ampleur de la supraclusion est indépendante de la relation squelettique verticale et des caractéristiques de la rotation mandibulaire vers l'avant (38).

Également, aucune différence n'a été trouvée en comparant quatre groupes (supraclusion de classe I, II/1, II/2 et sans supraclusion de classe I) en termes d'angle du plan palatin et de position verticale maxillaire. Dans le groupe Classe II/1, une corrélation négative a été déterminée entre l'angle du plan palatin et l'augmentation de la supraclusion ( $P < 0,05$ ).

Par conséquent, la position verticale maxillaire et l'angle du plan palatin ne diffèrent pas chez les individus adultes présentant une supraclusion (38).

Les résultats de cette étude révèlent que la forte supraclusion peut se produire dans différents modèles crâniofaciaux et ne parvient pas à démontrer une morphologie crâniofaciale caractéristique. La position sagittale des deux mâchoires n'a exercé aucune influence sur la quantité de supraclusion. La morphologie dentaire semble être le principal facteur d'augmentation de la supraclusion.

Il existe des différences significatives dans la morphologie dentoalvéolaire maxillaire et mandibulaire entre les groupes à forte supraclusion et le groupe témoin. La courbe exagérée de Spee est la composante dentaire la plus importante dans l'augmentation de la supraclusion, et l'éruption excessive des incisives maxillaires serait la deuxième composante dentaire fortement contributive (38,40).

D'autre part, grâce à une comparaison de différents groupes entre eux (hyperdivergence de classe II et III et hypodivergence de classe II et III), on remarque qu'en fonction de la classe et/ou de la typologie squelettique verticale, l'orientation du plan palatin est impactée :

- L'angle du plan palatin par rapport au plan A-B est plus petit dans la classe II que la classe III ( $P < 0,01$ ). Il est également plus petit chez les patients présentant une hyperdivergence plutôt qu'une hypodivergence dans la classe III, ce qui n'est pas le cas dans la classe II ( $P < 0,01$ ).
- L'angle du plan palatin par rapport au plan mandibulaire est plus grand dans la classe II que dans la classe III ( $P < 0,05$ ), de même que chez les patients présentant une hyperdivergence plutôt qu'une hypodivergence ( $P < 0,01$ ).
- La zone  $\Delta abc$  s'est avérée significativement plus grande chez les patients présentant une hyperdivergence que chez ceux présentant une hypodivergence ( $P < 0,01$ ) (34).

Ces résultats ont été obtenus grâce à la méthode centroïde d'occlusion qui peut être utilisée pour réaliser une évaluation maxillo-faciale et dentaire. Elle implique trois plans définissant un triangle  $\Delta abc$  : le plan palatin, qui est adopté comme plan standard pour l'arcade supérieure, le plan reliant Articulare (Ar) et Gnathion (Gn), qui est utilisé comme axe de croissance mandibulaire et le plan A-B qui relie la base dentoalvéolaire du maxillaire et de la mandibule. Cette méthode calcule géométriquement le centroïde 'G' à partir du triangle  $\Delta abc$  (voir Figure 15) (34).

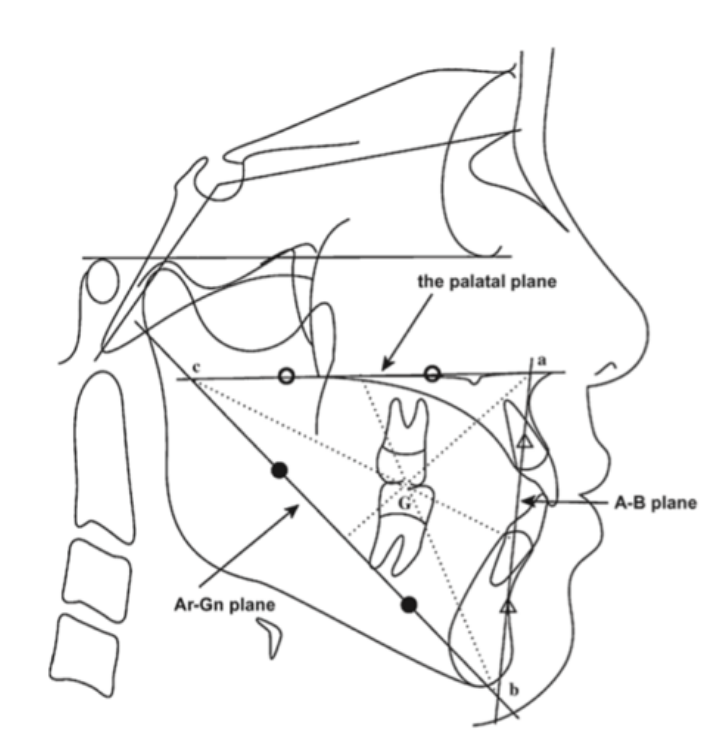


Figure 15 : Méthode centroïde d'occlusion (34)

## ii. Partie squelettique (31,36)

La base crânienne diffère entre les populations, elle est corrélée à la forme faciale.

L'angle de la base crânienne (Basion-Sellion-Nasion) est associé à la position antéro-postérieure des mâchoires supérieure et inférieure et à l'inclinaison des plans faciaux horizontaux, comme celle du maxillaire reflétée par les angles des plans palatin et occlusal (31).

L'angle des plans palatin-mandibulaire augmentait quand l'angle du plan mandibulaire par rapport à la base du crâne augmentait aussi, de façon significative ( $P < 0,001$ ), c'est-à-dire que le plan palatin est positivement corrélé à la base du crâne (36).

Le maxillaire est plus étroitement lié à la base crânienne antérieure, la mandibule davantage associée aux régions médiane et postérieure de la base crânienne (31).

## iii. Partie musculaire (32,35)

En 1962, Moss a déclaré que l'os était façonné par la réaction accompagnant le développement de toutes les fonctions des tissus mous associées aux structures osseuses dans le complexe maxillo-facial (35).

Certains auteurs ont signalé que divers facteurs, tels que l'angle du plan occlusal, l'axe y, l'angle du plan mandibulaire et l'angle des plans palatin-mandibulaire, étaient négativement corrélés à la force de morsure (41,42,44). La force de morsure n'était pas corrélée avec les valeurs céphalométriques pour la région maxillaire antérieure, telles que la hauteur de la face antérieure ou l'angle du plan palatin (35).

Le CSA (cross-sectional area) du masséter détendu, le CSA serré, l'écart entre ces 2 CSA et la force de morsure ont montré une corrélation négative significative avec l'angle des plans palatin-mandibulaire. Bakke *et al.* (45) ont trouvé des corrélations similaires entre l'épaisseur musculaire et la contraction maximale (35).

Le CSA-serré a montré des corrélations positives significatives avec les angles Sellion-Nasion – plan palatin et plan de Francfort – plan palatin ( $P < 0,05$ ), c'est également le cas pour la différence entre CSA relâché et CSA serré qui était positivement corrélée aux valeurs associées au maxillaire, telles que l'angle Sellion-Nasion – plan palatin ( $P < 0,05$ ). Ce qui implique qu'à mesure que le masséter s'agrandit, la région antérieure du maxillaire a tendance à se déplacer vers le bas par rapport à la base crânienne, tandis que la région postérieure a tendance à se déplacer vers le haut. Cela suggère que le maxillaire a tendance à tourner dans le sens des aiguilles d'une montre avec l'augmentation de la taille du muscle masséter, tandis que la mandibule tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (35).

D'autre part, Braun *et al.* ont montré que la corrélation entre la force d'occlusion maximale et l'angle plan mandibulaire/plan palatin était inverse et statistiquement significative ( $r = -0.276$ ,  $P < 0.001$ ). Elle soutient le concept largement répandu selon lequel les sujets présentant un syndrome du visage long ont tendance à mordre avec une force réduite puisque la force de morsure maximale décroît aux augmentations de l'angle des plans mandibulaire et palatin (32).

Mais la corrélation de la force de morsure maximale avec diverses mesures céphalométriques linéaires et angulaires dentaires s'est avérée faible.

Nous pouvons donc nous demander si les différences de force de morsure jouent un rôle primordial dans la détermination de la morphologie faciale ultime ou reflètent simplement l'avantage mécanique de la musculature dans différents types de visage (32).

#### **e. Conclusion**

La sphère crâniofaciale est très complexe, du fait des multiples relations existant entre ses différentes entités anatomiques. Le plan palatin est donc en relation avec les différents éléments à proximité (muscles, os, dents).

Le plan palatin est déterminé génétiquement et évolue individuellement avec son environnement.

La malocclusion dentaire peut avoir un impact sur le plan palatin, en particulier lorsqu'il s'agit d'une béance antérieure : son orientation est modifiée en fonction de la sévérité de cette typologie verticale (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre). La supraclusion est retrouvée dans tous les modèles céphalométriques et n'influe pas sur la position sagittale et verticale du maxillaire.

La base du crâne est, quant à elle, déterminante sur la forme faciale d'un individu, sa partie antérieure est étroitement associée au maxillaire et donc au plan palatin.

Par ailleurs, les muscles façonnent le développement et mettent en mouvement les structures anatomiques crâniofaciales (comme le plan palatin), mais on ne peut pas affirmer qu'ils exercent réellement une influence sur la détermination de leur localisation.

*Au cours des 30 dernières années, un nombre très limité de publications s'est intéressé au rapport du plan palatin avec le plan d'occlusion et la courbe de Spee. Toutefois, nous avons vu précédemment que le plan palatin peut présenter un avantage par sa localisation et sa facilité à être identifié sur des téléradiographies de profil.*

*Nous avons donc mené une étude céphalométrique afin d'étudier si le plan palatin pouvait avoir des relations avec la base crânienne antérieure, le plan horizontal de Francfort, le plan mandibulaire, le plan d'occlusion et la courbe de Spee. Cela permettra possiblement de planifier un projet de réhabilitation dentaire prothétique.*



### **III. Étude rétrospective**

#### **a. Introduction**

Réaliser une réhabilitation orale prothétique complètement intégrée est complexe. En effet, il n'y a pas de référence universelle puisque chaque individu est unique, et par conséquent chaque réhabilitation doit être personnalisée en prenant en compte les structures environnantes.

L'intégration du projet prothétique dans la sphère buccale réside dans l'acceptation du patient à recevoir un corps étranger, mais aussi dans le respect des règles et des étapes de réalisation par le praticien. Par exemple, le choix du plan d'occlusion doit être calculé afin d'être le plus physiologique possible pour le patient. Si ce dernier est pathologique, il peut engendrer des troubles articulaires, musculaires, dentaires avec des retombées psychologiques qui peuvent être dramatiques.

La meilleure solution est de d'essayer de reproduire ce qui existait antérieurement, si cela n'était pas pathologique. Cependant, ce n'est pas toujours facile puisque des changements se produisent continuellement et s'accroissent lorsqu'il y a un édentement. Les dents cherchent le contact avec des dents adjacentes ou antagonistes : s'il y a une perte dentaire à proximité, elles se malpositionnent (égression, mésialisation, rotation, ...).

Nous avons réalisé cette étude dans le but d'anticiper les difficultés concernant la conception du projet prothétique. Cette étape se situe en pré-prothétique, donc en amont de toute réalisation.

Le plan palatin est au cœur de ce travail car il présente de nombreux avantages, mais n'est pas assez exploité, ni considéré. En comprenant la force des liens que pourrait avoir le plan palatin avec le plan d'occlusion et la courbe de Spee, ainsi qu'en mettant en évidence la relation existante entre le plan d'occlusion et la morphologie mandibulaire, cela pourrait aider le praticien dans la réflexion et la création prothétique dans sa pratique quotidienne.

#### **b. Matériel et Méthode**

##### **i. Matériel**

Cette étude transversale rétrospective a été réalisée à partir de téléradiographies de profil recueillies sous format numérique dans la banque de données du Pavillon Odontologie, Hôpital de la Timone, Assistance Publique - Hôpitaux de Marseille (AP-HM). Elles ont été incluses de façon anonyme, sans connaître l'âge, le sexe ou les origines des patients.

L'autorisation du Délégué à la Protection des Données de l'AP-HM a été obtenue pour le recueil et le traitement des données, qui ont été anonymisées (enregistrement au registre RGPD-Ap-hm sous le numéro 2021-119).

##### **Critères d'inclusion :**

- Téléradiographie nette,
- Téléradiographie avec une échelle,
- Patient en denture permanente, si possible sans réhabilitation prothétique, sans édentement, sans malpositions dentaires.

*Un compromis sur le dernier point a été fait afin de rassembler un certain nombre de téléradiographies de profil.*

##### **Critères de non-inclusion :**

- Téléradiographie floue,

- Téléradiographie sans échelle,
- Patient avec réhabilitation prothétique maxillaire ou mandibulaire complète (implants compris),
- Patient avec une denture lactéale ou mixte,
- Patient avec un édentement supérieur à deux dents par arcade.

## ii. Méthode

Les téléradiographies de profil répondant aux critères d'inclusion ont été analysées avec le logiciel CADO-CAPT® par trois opérateurs calibrés.

CADO-CAPT®, « Céphalométrie : Aide au Diagnostic Occlusal - Concept d'Aide au Plan de Traitement », est un logiciel développé dans le prologiciel « LiveCode® ». Il permet de faire une analyse céphalométrique en situant une liste de points définis sur des téléradiographies qu'il expose ensuite sous forme de tableau.

Trois opérateurs ont localisé 48 points céphalométriques (Figure 1) sur 414 téléradiographies de profil avec le logiciel CADO-CAPT®. Les opérateurs sont le Pr. Jean-Daniel ORTHLIEB, professeur des universités et praticien hospitalier récemment retraité (14 radiographies), Dr. Christophe BAILLIF, orthodontiste et moi-même, Marie GUILLAUME, étudiante en 6<sup>ème</sup> année d'odontologie (200 téléradiographies chacun). Aucune limite de temps n'a été imposée.

Afin de déterminer la reproductibilité inter-observateur, une comparaison des résultats obtenus par les trois opérateurs a été faite grâce à 15 radiographies prises au hasard chez chacun des opérateurs ayant analysés 200 téléradiographies de profil.

La variabilité intra opérateur a, elle, été calculée grâce à la formule :  $r = \frac{|x - x_{ref}|}{x_{ref}}$ .

Les données des angles que fait le plan palatin (PP) avec le plan horizontal de Francfort, la ligne Sellion-Nasion (partie antérieure de la base du crâne), le plan mandibulaire (PM) et le plan d'occlusion (PO), ainsi que le rayon de Spee moyen, les typologies horizontales (classes I, II, III) et verticales (infraclusion (overbite OB), occlusion normale (normal bite NB), supraclusion (deep bite DB)) ont été rassemblées dans des feuilles de calcul du logiciel Excel®.

Excel® est un logiciel tableur de la suite bureautique Microsoft Office développé et distribué par l'éditeur Microsoft. Il a permis de calculer les moyennes, les médianes, les maximums, les minimums, les écart types des différentes séries de résultats et d'en édifier des tableaux et graphiques.

Les résultats recueillis dans notre étude suivent tous une loi Normale car l'échantillon est grand (414 téléradiographies de profil) et représentatif de la population puisqu'il a été choisi de façon aléatoire. Cette loi est définie par deux paramètres : son espérance  $\mu$  et son écart type  $\sigma$ . Elle est définie par la fonction de densité des probabilités (axe des ordonnées des Figures 18, 20, 22, 25) et a une forme de cloche symétrique centrée sur la moyenne.

Les caractéristiques de la loi Normale vont permettre de calculer la probabilité d'être supérieur ou inférieur à un nombre.

L'approche statistique a été réalisée à l'aide du test T-student pour variables non appairées et du test de Fischer dans le logiciel JASP 0.15. L'hypothèse nulle a été rejetée si  $p > 0,01$ .

Le but de notre étude est de mettre en avant les relations que peut avoir le plan palatin avec le plan d'occlusion, la courbe de Spee et le plan mandibulaire.

## c. Résultats

### i. Biais de l'étude

La reproductibilité inter-observateur s'élève à 2% et le niveau d'erreur intra-observateur de mes résultats est de 0,96% (Figure 16).

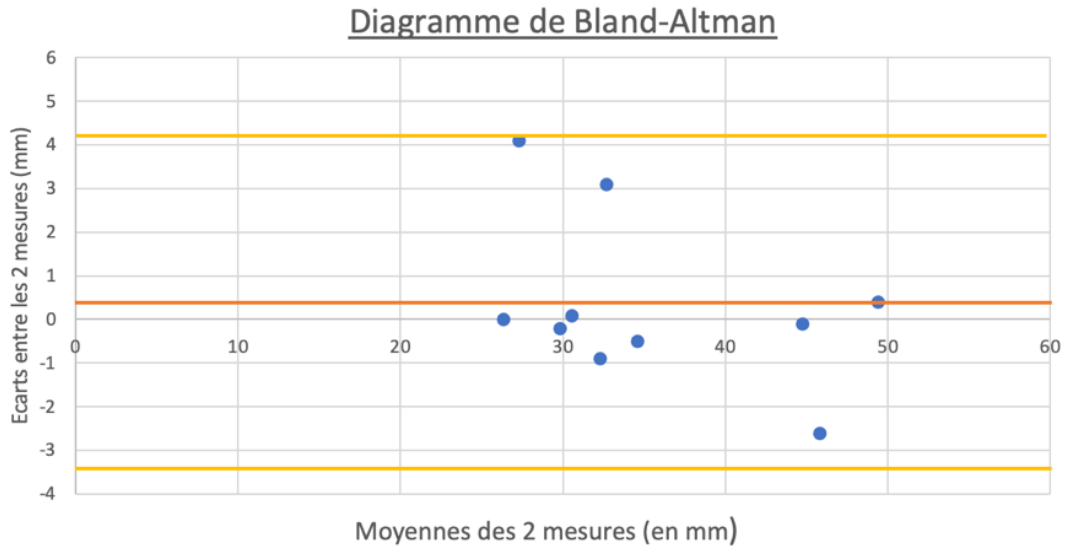


Figure 16 : Diagramme de Bland-Altman sur dix de mes mesures choisies aléatoirement de l'angle du plan palatin avec la ligne Basion-Nasion

La ligne orange décrit le "biais" observé, les lignes jaunes expriment limites d'agrément à 95% et les points bleus représentent chaque téléradiographie.

### ii. Angle plan palatin – plan de Francfort

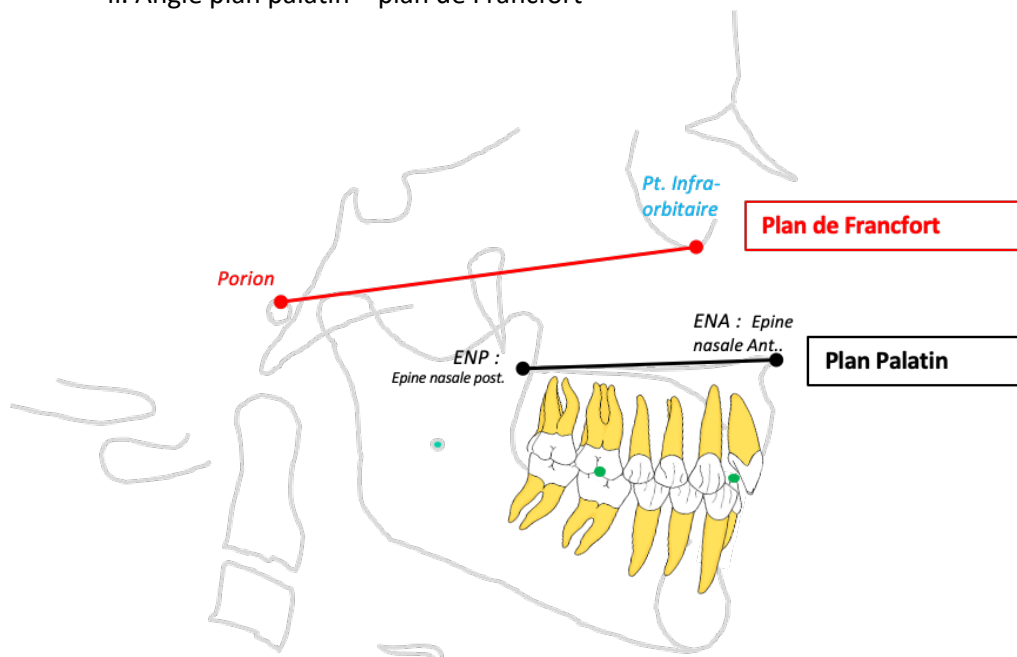


Figure 17 : Schéma représentant le plan palatin et le plan horizontal de Francfort (Courtoisie Pr JD Orthlieb)

Descriptive Statistics ▼

Palatin Francfort	
Valid	414
Missing	0
Mean	-0.118
Median	0.100
Mode	-0.400
Std. Deviation	3.852
Minimum	-14.100
Maximum	11.000

Tableau 2 : Résultats statistiques de l'angle palatin-Francfort

Palatin Francfort

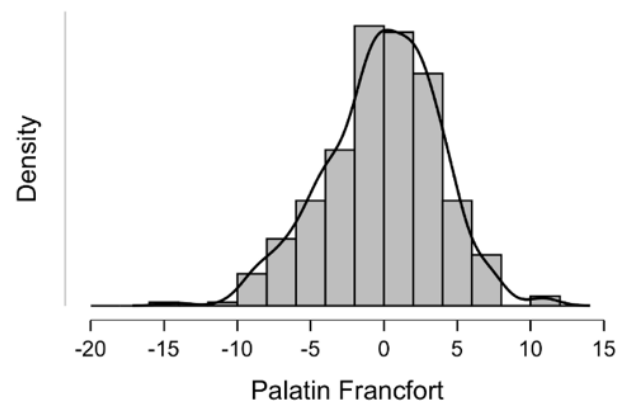


Figure 18 : Répartition des données de l'angle palatin-Francfort

Les données calculées à partir de 414 téléradiographies de profil de l'angle du plan palatin et du plan de Francfort vont de -14,10 à 11,00 et suivent une loi Normale d'espérance ( $\mu$ ) -0,12° et d'écart type ( $\sigma$ ) 3,85 (Tableau 2).

*N.B. : Les courbes sur les figures 18, 20, 22 et 25 ne représentent pas la loi Normale mais une ligne rejoignant les milieux des bâtons des histogrammes.*

iii. Angle plan palatin – ligne Sellion-Nasion

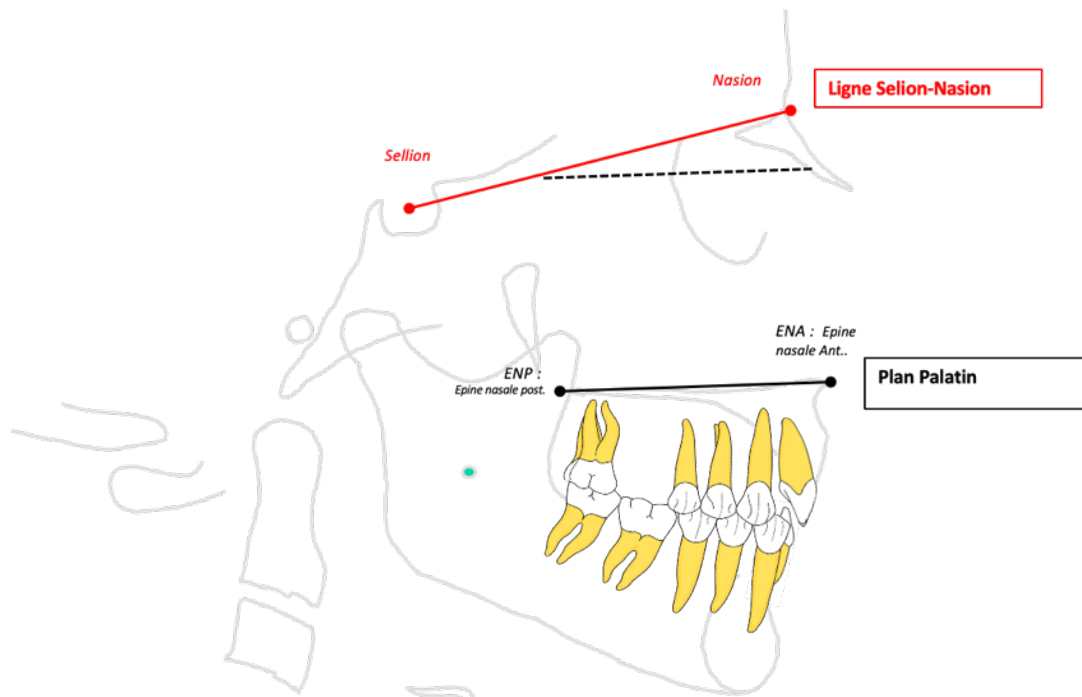


Figure 19 : Schéma représentant le plan palatin et la ligne Sellion-Nasion (Courtoisie Pr JD Orthlieb)

Descriptive Statistics

Selion-Nasion /Palatin_121	
Valid	413
Missing	1
Mean	11.808
Std. Deviation	4.085
Minimum	-1.400
Maximum	23.200

Tableau 3 : Résultats statistiques de l'angle palatin – Sellion-Nasion

Selion-Nasion /Palatin\_121

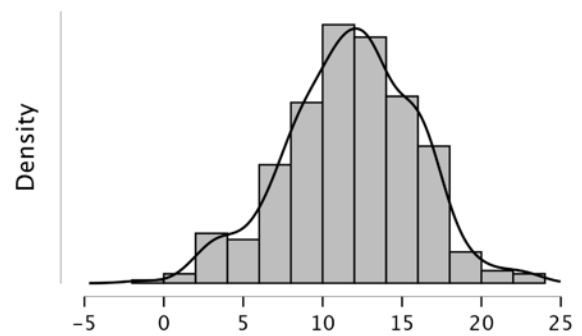


Figure 20 : Répartition des données de l'angle palatin – Sellion-Nasion

Les résultats recueillis sur 413 téléradiographies de profil de l'angle du plan palatin et de la ligne Sellion-Nasion sont compris entre -1,40 et 23,20. Ils suivent une loi Normale d'espérance ( $\mu$ ) 11,81° et d'écart type ( $\sigma$ ) 4,09 (Tableau 3).

iv. Angle plan palatin – plan mandibulaire

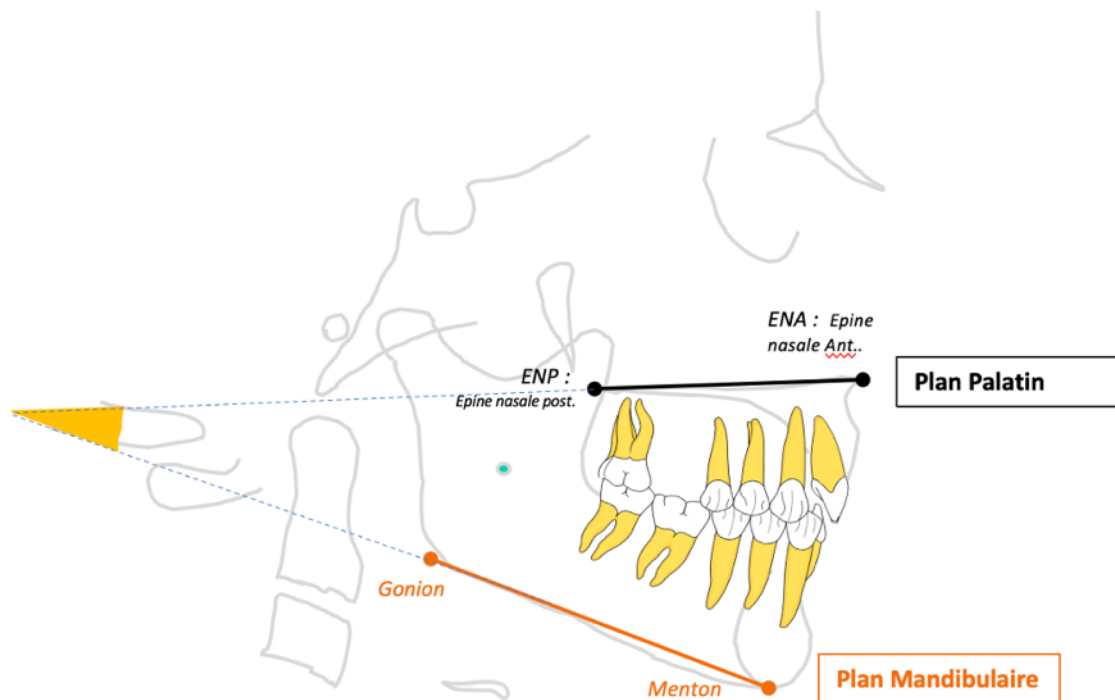


Figure 21 : Schéma représentant le plan palatin et le plan mandibulaire (Courtoisie Pr JD Orthlieb)

## Descriptive Statistics

Palatin Pmand	
Valid	414
Missing	0
Mean	23.978
Median	23.400
Std. Deviation	7.703
Minimum	0.600
Maximum	49.100

Tableau 4 : Résultats statistiques de l'angle palatin – plan mandibulaire

Palatin Pmand

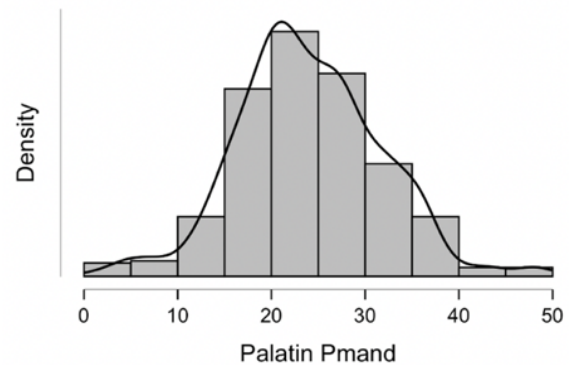


Figure 22 : Répartition des données de l'angle palatin – plan mandibulaire

Les variables résultant des 414 téléradiographies de profil de l'angle du plan palatin et du plan mandibulaire ont pour maximum 49,10 et pour minimum 0,60. Elles suivent une loi Normale d'espérance ( $\mu$ ) 23,98° et d'écart type ( $\sigma$ ) 7,70 (Tableau 4).

Les écart-types autour de 8-9 sont importants montrant des variations individuelle notables à l'intérieur des groupes, alors qu'en moyenne les différences sont faibles (Figure 23).

## Plan palatin - plan mandibulaire

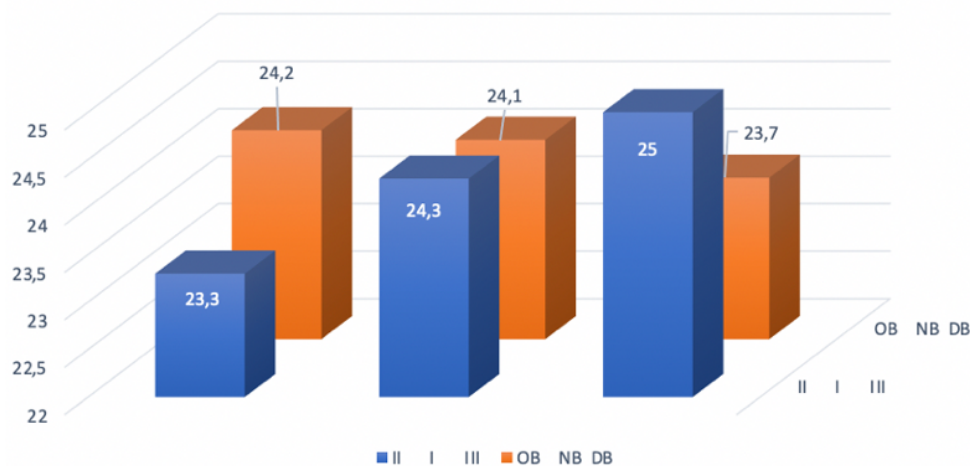


Figure 23 : Moyenne de l'angle du plan palatin – plan mandibulaire

En bleu de gauche à droite : classes dentaires II, I, III

En orange de gauche à droite : open bite (hyperdivergent), normal bite (normodivergent), deep bite (hypodivergent)

Les variations moyennes sont faibles en fonction de la typologie : entre 23,3° et 25°.

L'angle moyen le plus grand pour les classes dentaires se trouve parmi la classe III et vaut 25°. Pour les typologies verticales, le plus grand angle est celui chez les personnes présentant une hyperdivergence, il est de 24,2°.

L'angle moyen le plus petit se situe chez la classe II avec 23,3° et chez les hypodivergents avec 23,7° (Figure 23).

v. Angle plan palatin – plan d’occlusion

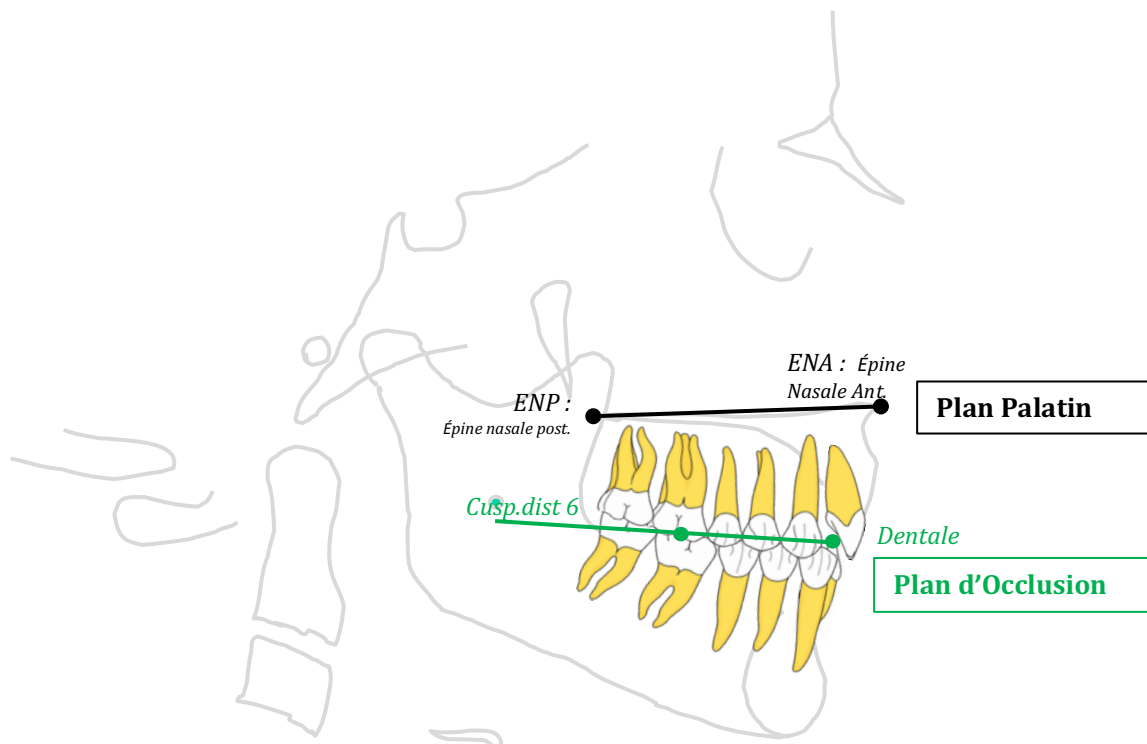


Figure 24 : Schéma représentant le plan palatin et le plan d’occlusion (Courtoisie Pr JD Orthlieb)

Descriptive Statistics ▼

	Palatin-PO
Valid	414
Missing	0
Mean	6.669
Median	6.700
Mode	9.200
Std. Deviation	5.003
Variance	25.026
Range	46.200
Minimum	-8.100
Maximum	38.100

Tableau 5 : Résultats statistiques de l’angle palatin – plan d’occlusion

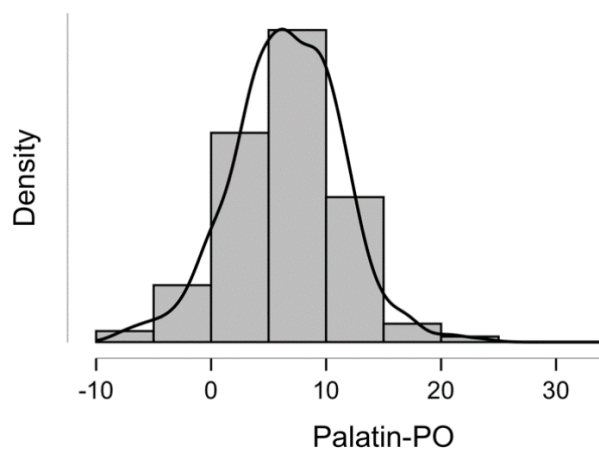


Figure 25 : Répartition des données de l’angle palatin – plan d’occlusion

Les données recueillies de 414 téléradiographies de profil de l’angle du plan palatin et du plan d’occlusion se trouvent entre -8,10 et 38,10. Elles suivent une loi Normale d’espérance ( $\mu$ ) 6,67° et d’écart type ( $\sigma$ ) 5,00 (Tableau 5).

## Angle Plan Palatin – Plan d’Occlusion

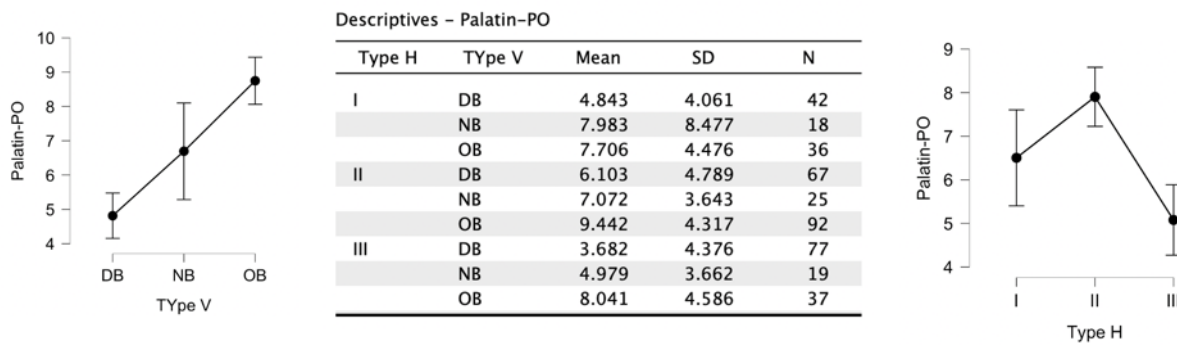


Figure 26 : Tableau et graphiques des données de l’angle du plan palatin – plan d’occlusion : type V = typologie verticale DB (deepbite ou hypodivergent), NB (normodivergent), OB (Openbite ou hyperdivergent) ; type H = typologie horizontale I, II et III.

vi. Corrélation plan palatin-plan d’occlusion et rayon de la courbe de Spee

### Model Summary – Palatin-PO

Model	R	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	RMSE
H <sub>0</sub>	0.000	0.000	0.000	4.777
H <sub>1</sub>	0.520	0.270	0.268	4.086

Tableau 6 : Tableau récapitulatif indiquant la force de la relation entre les variables

*R* est le coefficient de corrélation multiple représente la corrélation linéaire entre les valeurs. Sa valeur est comprise entre -1 et 1. Plus *R* est proche de 0, plus la relation linéaire est faible et plus sa valeur est grande, plus la relation est forte.

*R<sup>2</sup>* est le coefficient de détermination linéaire de Pearson, c’est une mesure de la qualité de la prédiction d’une régression linéaire, c’est-à-dire qu’il calcule l’écart qu’on les points avec la droite sur un graphique. Plus il est proche de 1, plus la corrélation est forte.

*RMSE* : Root Mean Square Error, il représente l’écart type des erreurs de prédiction c’est-à-dire qu’il indique la concentration des données autour de la ligne de meilleur ajustement.

*H<sub>0</sub>* est l’hypothèse nulle

*H<sub>1</sub>* est l’hypothèse dite alternative

*R<sup>2</sup>* est éloigné de 1 puisqu’il vaut 0,27, ce qui montre un écart conséquent des points avec la droite même s’ils la suivent approximativement.

Cependant, on peut dire qu’il existe une corrélation entre l’angle plan palatin – plan d’occlusion et le rayon de la courbe de Spee car *R* = 0,52 (Tableau 6).

### ANOVA ▼

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
H <sub>1</sub>	Regression	2513.687	1	2513.687	150.554	< .001
	Residual	6795.354	407	16.696		
	Total	9309.041	408			

Note. The intercept model is omitted, as no meaningful information can be shown.

Tableau 7 : Analyse de la variance (angle palatin – PO et rayon de la courbe de Spee)



L'ANOVA permet de savoir si l'échantillon est représentatif de la population.

*df* : degrees of freedom

*F* : test de Fisher

*p* : niveau de signification non arbitraire minimum avec lequel nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle ( $H_0$ )

Le test de Fischer  $F(1,407) = 150.55$  ;  $p < .001$  avec 1 et 407 comme degrés de liberté.

Les résultats sont significatifs entre l'angle du plan palatin – plan d'occlusion et le rayon de la courbe de Spee car  $p$  est en dessous de 1% ( $p < 0,001 < 0,01$ ) (Tableau 7).

Coefficients

Model		Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p
$H_0$	(Intercept)	6.594	0.236		27.917	< .001
$H_1$	(Intercept)	-19.879	2.167		-9.174	< .001
	SPEEmoyen calcul.	0.312	0.025	0.520	12.270	< .001

Tableau 8 : Coefficients de corrélation linéaire moyens (plan palatin – PO et rayon de la courbe de Spee)

*t* : test de Student

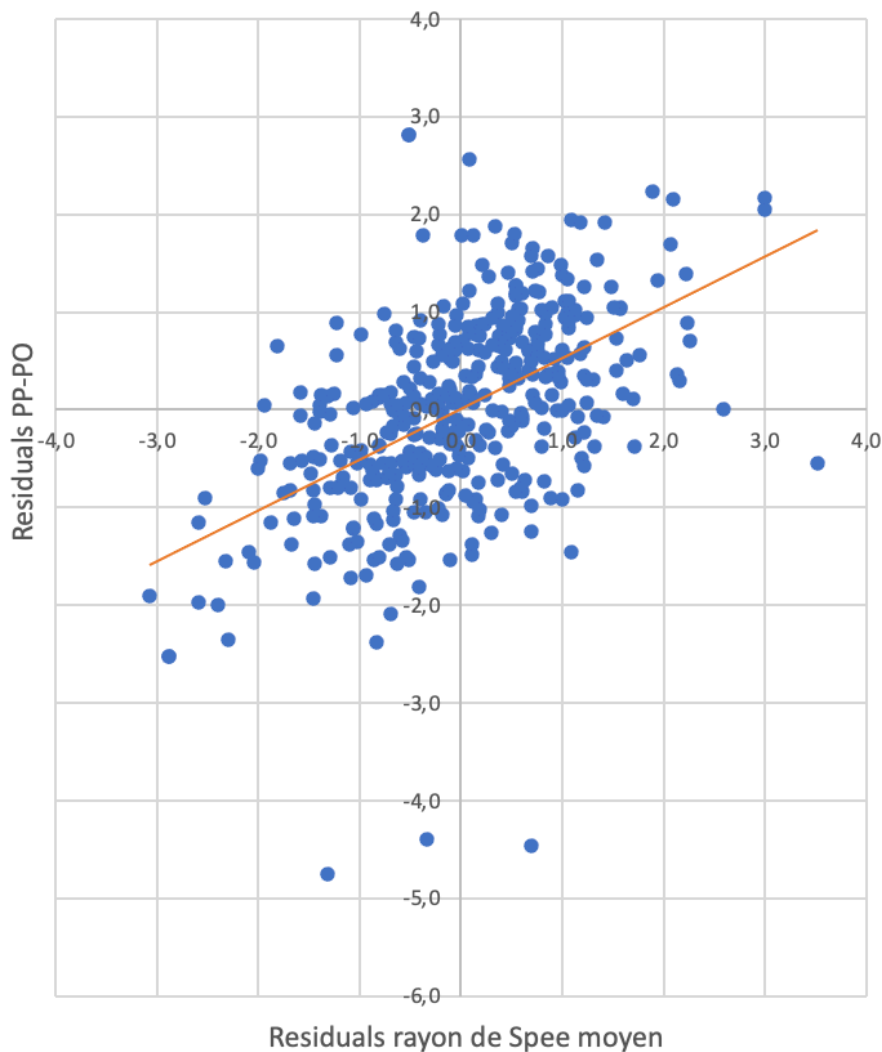


Figure 27 : Graphique normalisé des erreurs de prédiction entre l'angle plan palatin – plan d'occlusion et rayon de la courbe de Spee

Lorsqu'une relation est linéaire, les points forment une droite, et pour une donnée de la première variable, on peut en déduire précisément celle de la deuxième. Le lien est alors direct, non influencé par d'autres facteurs.

Dans notre cas, la distribution des points ne forme pas exactement une droite mais une ellipse, signifiant que des sources d'erreurs peuvent être présentes, d'autres paramètres peuvent aussi entrer en jeu dans la relation entre l'angle du plan palatin – plan d'occlusion et rayon de la courbe de Spee. L'écart des points avec la droite met en évidence la dispersion qu'il peut y avoir entre les données, ce qui est traduit par  $R^2$ .

Cependant, un nuage de point formant un cercle sans direction privilégiée prouverait l'indépendance des deux variables.

La droite indiquée en orange sur la figure 27 est déduite de l'ellipse créée par les points du graphique. On remarque donc que l'angle du plan palatin – plan d'occlusion et le rayon de la courbe de Spee sont dépendants l'un de l'autre.

#### **d. Discussion**

##### **i. Plan de référence**

Le plan horizontal de Francfort est un plan de référence cliniquement repérable mais céphalométriquement peu précis du fait de ses deux points Porion (Po) et sous orbitaire (Or) très dispersés lors de l'identification par les opérateurs.

L'angle de la base du crâne est formé par trois points céphalométriques : Basion – Sellion – Nasion. La base crânienne est séparée en deux : une partie antérieure formée par la ligne Sellion – Nasion et une partie postérieure formée par la ligne Basion – Sellion. Les deux points anatomiques Sellion et Nasion font partis des points les plus fiables, stables et localisés sans difficulté sur des téléradiographies de profil. Un plan tel que Sellion – Nasion pourrait remplacer avantageusement le plan de Francfort (12).

Macari *et al.* ont établi que le plan palatin est positivement corrélé à la base du crâne de façon significative ( $P < 0,001$ ) (36). De plus, Kasai *et al.* ont démontré que le maxillaire était étroitement lié à la base crânienne antérieure (31).

Dans notre étude, l'angle formé par le plan palatin et la ligne Sellion - Nasion vaut  $11,81^\circ$  en moyenne avec un écart type faible de 4,09 (Tableau 3).

D'autre part, le plan palatin semble correspondre au plan horizontal de Francfort en posture naturelle de la tête. En effet, l'angle formé par ces deux plans a pour moyenne  $-0,12^\circ$  avec un écart type faible de 3,85 (Tableau 2), les données sont majoritairement concentrées autour de 0 (Figure 18).

Le plan palatin serait donc plus avantageux que la ligne Sellion-Nasion pour suppléer céphalométriquement au plan horizontal de Francfort.

Par conséquent, il serait intéressant d'utiliser le plan palatin dans le positionnement des téléradiographies de profil et des scanners crâniens comme une ligne référence puisqu'il s'avère stable (30) et aisément localisé par les opérateurs lors d'analyses céphalométriques.

Comme le plan palatin n'est pas cliniquement repérable, son usage comme plan de référence serait alors uniquement céphalométrique.

## ii. Relation avec le plan mandibulaire

Le maxillaire et la mandibule sont les supports osseux des arcades dentaires, ils sont représentés céphalométriquement par deux plans : le plan palatin et le plan mandibulaire.

Dans notre étude, l'angle entre ces plans a pour moyenne  $23,98^\circ$  et présente un écart-type élevé de 7,70 : on suspecte alors une forte dispersion entre les données (Tableau 4).

Cependant, lorsqu'on scinde les variables en plusieurs échantillons plus petits en fonction de leur typologie horizontale et verticale, on remarque que les écarts entre les moyennes de cet angle sont faibles : entre  $23,3^\circ$  et  $25^\circ$  pour les différentes classes dentaires et entre  $23,7^\circ$  et  $24,2^\circ$  pour les trois typologies verticales (Figure 23).

Nos résultats montrent que l'angle des plans palatin – mandibulaire est plus élevé chez les personnes hyperdivergentes ( $24,2^\circ$ ) et baisse chez celles normodivergentes ( $24,1^\circ$ ) ou hypodivergentes ( $23,7^\circ$ ) (Figure 23). Cela rejoint les résultats de l'étude de Murata *et al.* (34).

De plus, nous observons qu'une personne en classe III dentaire a un angle plan palatin – plan mandibulaire plus élevé ( $25^\circ$ ) qu'une autre en classe I ( $24,3^\circ$ ) ou II ( $23,3^\circ$ ) (Figure 23). Toutefois cela vient s'opposer aux résultats de l'étude de Murata *et al.* qui prouvent que cet angle est plus grand en classe II qu'en classe III (34).

On ne peut donc pas affirmer que la classe dentaire influence l'orientation du plan palatin ou celle du plan mandibulaire.

## iii. Relation avec le plan d'occlusion

Le plan d'occlusion est la région anatomique où s'effectuent les contacts occlusaux (46).

L'occlusion est réduite à un plan pour des raisons pratiques et de facilité pour l'exploiter mais il s'agit réellement d'une surface définie dans les trois plans de l'espace qui intègre les courbes de compensation : frontale ou courbe de Wilson et sagittale ou courbe de Spee (47).

Dans notre étude céphalométrique, Le plan d'occlusion passe par trois points : le dentale en avant et les cuspides disto-vestibulaires des premières molaires mandibulaires (Figure 24).

Sur 414 téléradiographies de profil étudiées, l'angle du plan palatin avec le plan d'occlusion fait en moyenne  $6,67^\circ$  avec un écart type de 5,00 (Tableau 5).

Slavicek *et al.* ont réalisé des analyses céphalométriques sur 1212 cas, les résultats de l'angle du plan palatin – plan d'occlusion ont été enregistré. Il mesure en moyenne  $7,84^\circ$  avec 5,75 en écart type (48). Ces données suivent la loi Normale, elle est représentée en rouge sur la Figure 28.

Même si nos résultats reposent sur un nombre inférieur de téléradiographies de profil, l'écart entre les valeurs de ces deux recherches est d'environ  $10^\circ$  On peut dire que cet angle mesure aux alentours de  $7^\circ$  avec une dispersion mesurée moyenne.

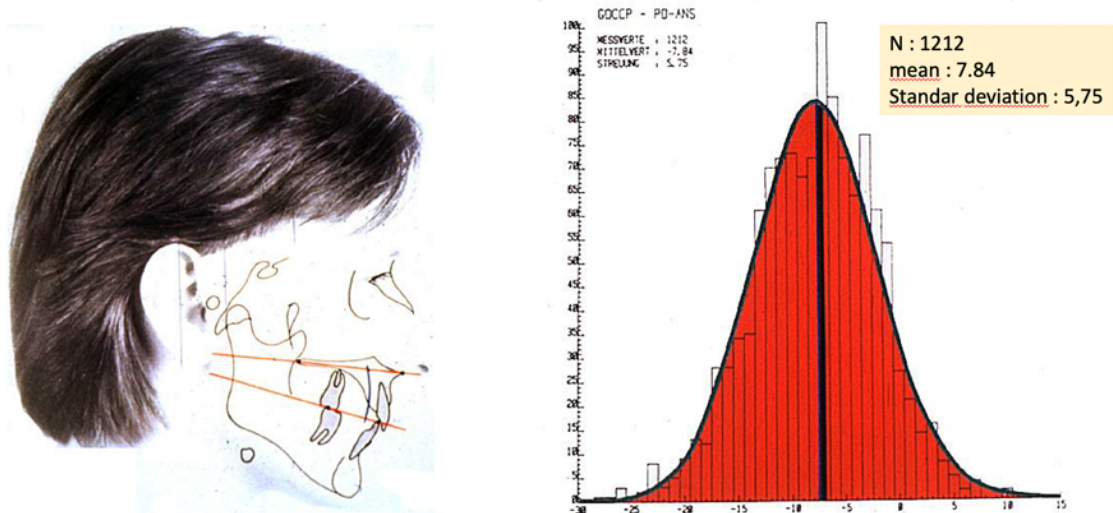


Figure 28 : Représentation schématique du plan palatin et du plan occlusal (à gauche) et graphique des données de l'étude de R. Slavicek *et al.* avec représentation de la loi Normale (48)

Lorsque les typologies verticale et horizontale sont dissociées, on remarque que l'angle du plan palatin – plan d'occlusion est plus élevé pour la classe II ( $\cong 8^\circ$ ) et diminue pour la classe I ( $\cong 6,5^\circ$ ) ainsi que pour la classe III ( $\cong 5^\circ$ ) (Figure 26).

Le plan d'occlusion est défini avec des références dentaires, il est donc compréhensible qu'il soit modifié quand la disposition sagittale des dents change.

Des différences sont présentes également chez les typologies verticales, cet angle est plus grand chez les patients présentant une hyperdivergence ( $\cong 8,5^\circ$ ) et évolue de façon décroissante chez les normodivergents ( $\cong 6,5^\circ$ ), puis chez les patients hypodivergents ( $\cong 5^\circ$ ) (Figure 26).

Les dysmorphoses squelettiques verticales sont dues à l'inclinaison du plan mandibulaire par rapport à la base crânienne (40).

De ce fait, plus le plan mandibulaire s'incline en bas et en avant, plus l'angle que fait le plan palatin avec le plan mandibulaire s'agrandit et inversement.

Ainsi, comme le plan d'occlusion varie de la même manière que le plan mandibulaire par rapport au plan palatin en ce qui concerne les typologies verticales, on peut dire qu'ils sont liés.

#### iv. Corrélation angle plan palatin – plan d’occlusion et rayon de la courbe de Spee

La courbe de Spee joint les cuspides vestibulaires des dents mandibulaires projetées dans un plan sagittal (11). Le rayon de la courbe de Spee est dépendant de la position des dents par rapport au condyle. En effet, plus la branche montante de la mandibule est haute, plus la courbe est marquée, plus son rayon sera petit et réciproquement.

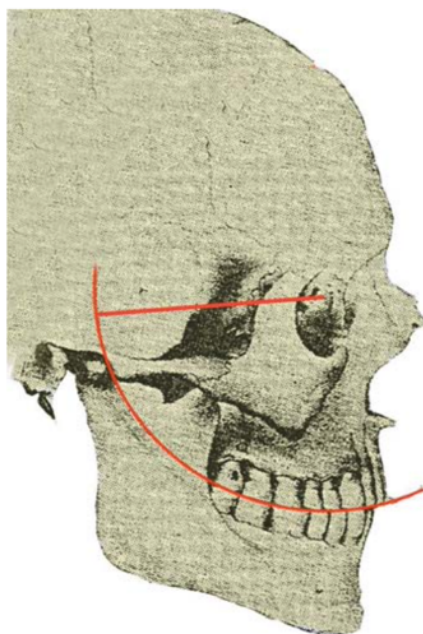


Figure 29 : Représentation de la courbe de Spee (49)

Le plan d’occlusion n’explique pas à lui seul la forme d’arcade, il donne simplement une idée de son orientation sagittale.

L’inclinaison du plan d’occlusion est dépendante du rayon de la courbe de Spee : plus la courbe est plate, plus le plan d’occlusion est incliné en bas et en avant. De ce fait, plus la courbe est marquée, moins le plan d’occlusion est incliné.

Une modification de l’orientation du plan d’occlusion imposera une modification de la courbe de Spee, c’est le cas lorsque l’on doit recréer une occlusion chez un patient qui n’a plus ou peu de dents.

Une corrélation moyenne existe entre l’angle du plan palatin – plan d’occlusion et le rayon de la courbe de Spee car  $R = 0,52$ .  $R$  est éloigné de 1 puisqu’il y a une forte dispersion entre les données ( $R^2 = 0,27$ ) (Tableau 6). Les résultats obtenus sont significatifs comme  $p < 0,001$  avec les tests statistiques de Fischer et de Student (seuil de 1%) (Tableaux 7 et 8).

Le graphique opposant l’angle du plan palatin – plan d’occlusion au rayon de la courbe de Spee ne représente pas une droite mais une ellipse possédant une direction (Figure 27), la relation linéaire est alors approximative. Elle permet cependant de comprendre la relation entre les deux variables : plus l’angle du plan palatin – plan d’occlusion augmente, plus le rayon de la courbe de Spee augmente.

Or, nous avons vu que lorsque le rayon de la courbe de Spee augmente, le plan d’occlusion s’incline en bas et en avant. L’augmentation de l’angle du plan palatin – plan d’occlusion quand le rayon de la courbe de Spee s’agrandit est cohérente.

Par conséquent, le plan d’occlusion et la courbe de Spee sont liés et évoluent indépendamment du plan palatin.

### **e. Conclusion**

A travers cette étude, nous avons pu exploiter le plan palatin en le comparant à d'autres structures céphalométriques. Cela nous a permis de mettre en avant l'ampleur des relations qu'il pouvait avoir.

On peut dire que le plan palatin est lié à la partie antérieure de la base du crâne et au degré de béance antérieure. Néanmoins, il est peu lié, voire indépendant du plan mandibulaire, du plan d'occlusion et de la courbe de Spee.

Cela peut s'expliquer car le plan palatin est un plan maxillaire, il évoluerait principalement avec son environnement proche (base de crâne, arcade dentaire maxillaire).

Le plan mandibulaire, le plan d'occlusion et la courbe de Spee sont situés ou sont liés à la mandibule et donc éloignés du maxillaire.

Par ailleurs, la ligne Sellion-Nasion, représentant la base crânienne antérieure, est fiable à l'identification sur des téléradiographies de profil comme le plan palatin. Seulement ces deux lignes ne sont pas repérables cliniquement.

Le plan horizontal de Francfort est un plan de référence utilisé lors d'analyses céphalométriques, il est facilement observable anatomiquement mais les points le composant (Po et Or) ne sont pas localisés précisément radiographiquement.

Le plan palatin est quasiment parallèle au plan de Francfort parce que l'angle formé par ces deux plans vaut environ  $0^\circ$  alors que l'angle du plan palatin – Sellion-Nasion fait en moyenne  $12^\circ$ .

Le plan palatin devient alors plus adéquat comme plan de référence afin de remplacer le plan horizontal de Francfort lorsqu'il s'agirait de faire des analyses céphalométriques.

## **Conclusion**

La céphalométrie est un processus d'analyse crânienne à partir de téléradiographies de profil. Elle permet de résumer les caractéristiques principales de la tête humaine en un schéma géométrique mesurable. Il s'agit d'une approche bidimensionnelle utilisée pour analyser des structures tridimensionnelles. En identifiant les points radiographiques désirés, elle permet de calculer des données linéaires ou angulaires recherchées.

Le plan palatin est en réalité une ligne joignant l'épine nasale antérieure à l'épine nasale postérieure, il est exploitable seulement dans un plan sagittal, c'est le cas en céphalométrie.

Nous avons essayé de mettre en avant les relations qu'il pouvait avoir avec les autres lignes, plans, courbes utilisés en céphalométrie tels que la ligne Sellion-Nasion, le plan horizontal de Francfort, le plan mandibulaire, le plan d'occlusion et la courbe de Spee afin d'avoir une vue d'ensemble avant d'envisager un rôle éventuel dans la planification d'une réhabilitation prothétique.

On peut dire que le plan palatin est lié aux structures de son environnement proche comme l'infraclusion dentaire et la base crânienne antérieure mais se révèle peu en relation, voire indépendant des éléments mandibulaires (plan mandibulaire, plan d'occlusion, courbe de Spee).

Par ailleurs, même si les muscles façonnent le développement et mettent en mouvement les structures anatomiques crâniofaciales, ils n'exercent pas vraiment une influence sur la position du plan palatin.

Le plan palatin est approximativement parallèle au plan horizontal de Francfort, en étant plus fiable sur des téléradiographies de profil, il permettrait de suppléer à ce plan de référence lors de mesures céphalométriques. Il ne pourrait cependant pas le remplacer cliniquement car il n'est pas observable extérieurement.

Notre étude a permis de confirmer le lien entre le plan mandibulaire, le plan d'occlusion et la courbe de Spee. Cette courbe serait préférable pour planifier une réhabilitation dentaire prothétique, seulement en pratique quotidienne elle est souvent simplifiée (ou caricaturée) à un plan d'occlusion.

Grâce à la céphalométrie, la courbe de Spee pourrait être calculée pour être la plus adaptée possible au cadre squelettique du patient. Toutefois, il s'agirait de faire passer une radiographie supplémentaire au patient (téléradiographie de profil) qui n'est pas couramment utilisée par les chirurgiens-dentistes.

La perte d'un petit nombre de dents peut être remplacée en intégrant la prothèse directement dans le système bucco-dentaire existant. Cependant lors de cas plus complexes avec des édentements étendus où trop de repères anatomiques sont perdus, prescrire une téléradiographie de profil serait une option afin de proposer une meilleure prise en charge.

Une meilleure compréhension de l'anatomie permet de proposer un soin de meilleure qualité au patient.

## **Annexe 1 : Pour aller plus loin en céphalométrie**

L'orthodontie est une spécialité dentaire vouée à la correction des mauvaises postures des mâchoires et des dents afin d'optimiser l'équilibre postural entre les structures osseuses, l'occlusion, ainsi que le développement des bases osseuses dans un but fonctionnel et esthétique.

Ces dernières années, la demande de traitement orthodontique, même chez les adultes, a augmenté (6).

Traditionnellement, l'analyse céphalométrique est réalisée en traçant des repères radiographiques sur des recouvrements en acétate et en mesurant des variables linéaires et angulaires (4).

### ➤ Choix d'une analyse 2D vs 3D

L'utilisation systématique des tomodensitogrammes pour le diagnostic orthodontique n'est peut-être pas très éloignée. En effet, avec la technique 3D, nous pouvons minimiser les erreurs de projection et d'identification. Un scanner complet de la tête peut être réalisé en quelques secondes au cours duquel le patient reçoit une dose efficace de seulement 50 mSv, ce qui équivaut à la dose totale des radiographies conventionnelles. Ces dernières sont considérées comme essentielles pour presque tous les patients orthodontiques, comme le céphalogramme latéral, la radiographie panoramique, et même la radiographie occlusale dans la localisation des canines incluses (1).

Les principaux inconvénients de l'analyse céphalométrique 3D sont le coût élevé et la forte exposition aux rayonnements. Étant donné que les rayonnements ont un effet cumulatif sur le corps humain et que la plupart des patients en orthodontie sont des enfants en croissance active, toute réduction de l'exposition aux rayonnements est bénéfique. Le CBCT dentaire est une technique d'économie de dose par rapport aux tomodensitogrammes médicaux standard alternatifs pour les tâches d'imagerie radiographique orale et maxillo-faciale courantes. Le principe de radioprotection est de justifier, d'optimiser et limiter les doses de rayonnements reçus par le patient. En raison de ses inconvénients, le système 3D est susceptible d'être plus adapté aux cas de déformations maxillo-faciales complexes, telles que la déformation asymétrique ou la fente palatine, et pour le diagnostic des patients nécessitant une chirurgie orthognathique (1).

Lors de l'évaluation de patients présentant des asymétries crâniofaciales légères, la radiographie céphalométrique latérale nécessite une symétrie des repères anatomiques ou des structures basées sur les parties gauche et droite, et, par conséquent, ne peut être appliqué qu'en combinaison avec la céphalométrie postéro-antérieure. Une évaluation fiable et précise des patients présentant des anomalies graves, telles que des syndromes crâniofaciaux, est difficile avec la méthode 2D (1).

Dans un avenir proche, avec la diminution de l'exposition aux rayonnements et des coûts, la céphalométrie 3D pourra être utilisée en routine lors du diagnostic orthodontique et pourrait éventuellement remplacer de nombreux enregistrements orthodontiques conventionnels utilisés actuellement (1).

### ➤ 3 types d'erreurs en céphalométrie

#### ○ Erreurs de projection

Les erreurs de projection sont dues au film de tête, qui provoque une ombre de l'objet tridimensionnel (3D). Les faisceaux de rayons X ne sont pas parallèles et proviennent d'une très petite source, ce qui conduit à des radiographies imparfaites, avec des agrandissements affectés par la distance entre le foyer, l'objet et le film. De plus, la rotation de la tête du patient dans le céphalostat dans n'importe quel plan et le désalignement du céphalostat augmente le risque d'erreur (1).

Une inclinaison de la tête va faiblement affecter les structures situées sur l'axe sagittal médian, tandis que celles sur les côtés se déplaceront d'autant plus qu'elles seront éloignées du foyer radiologique (axe de rotation) (Ahlqvist, Spolyar et Yoon). Ce phénomène est aggravé par la diminution de distance



foyer-sujet : les points Articulaire, Porion, Sous Orbitaire et Gonion qui sont latéraux, sont plus affectés à 1,50 m (Yoon et Leonardi) qu'à 4 m mais cela reste non significatif. Le conduit auditif, oblique par rapport au rayon incident, présente sur sa partie supérieure une zone de flou, plus marquée à 1,50 m, ce qui altère l'identification du point Po. Cette augmentation d'imprécision est aussi retrouvée pour le point Or, alors que les autres structures ne sont pas ou peu affectées. Le point Go, pourtant bilatéral, présente une surface plus faible à 1,50 m qu'à 4 m.

Par ailleurs, les erreurs de projection n'entraînent pas de différence significative entre les mesures céphalométriques (Hsiao) (12).

Les premiers développements de la radiographie informatisée reposaient sur des blocs numériseurs, des scanners et des appareils photo numériques pour transférer des données analogiques vers un format numérique. Une distorsion verticale et horizontale se produit lors de la conversion d'un film analogique au format numérique à l'aide d'un scanner, la différence de taille est minime et considérée comme cliniquement acceptable (Bruntz et al., 2006) (4).

Des améliorations récentes ont permis l'utilisation d'images numériques directes, cela offre des avantages tels que l'acquisition d'images instantanées, la réduction des doses de rayonnement de 30%, l'amélioration de l'image facilitée, l'archivage et le partage d'images, l'élimination des processus de développement sensibles à la technique, des risques chimiques et environnementaux car il n'y a plus de traitement des films (Quintero et al., 1999 ; Brennan, 2002). En effet, l'archivage est amélioré car la radiographie numérique et la conversion du film analogique conventionnel au format numérique nécessitent moins d'espace de stockage que le film céphalométrique conventionnel (Sayinsu et al., 2007). Les distorsions également engendrées par cette conversion sont supprimées (4).

- Erreur d'identification

Une analyse céphalométrique impose une identification de points de repères sur une téléradiographie de profil. Des logiciels ont été créés pour faciliter cette étape pour le praticien.

Vistadent OC 1.1 en est un qui utilise la numérisation directe à l'écran pour analyser à la fois les radiographies céphalométriques numériques directes et les radiographies numérisées. Bien qu'il intègre des plans de référence dans ses mesures, certaines divergences subsistent entre le traçage informatisé et le traçage manuel. Cependant, les 2 méthodes d'analyse (manuelle et numérique) ont démontré une cohérence dans l'évaluation des changements de traitement.

L'imagerie numérique directe permet de réduire, quant à elle, les erreurs potentielles dues à la fatigue de l'opérateur (4).

Des difficultés apparaissent lorsque les points ne sont pas identifiables clairement. C'est le cas lorsqu'il y a peu de netteté, un faible contraste de la zone à situer, ce sont les connaissances de l'anatomie dentaire qui sont utilisées comme suivre l'axe de la dent ou comparer la longueur des racines des dents adjacentes pour situer l'apex d'une dent par exemple. Mais ces 2 méthodes de « déduction » peuvent davantage être perturbées dans le secteur incisivo-canin quand l'encombrement est grand, ce phénomène étant généralement plus marqué à la mandibule (12).

Cela arrive aussi avec le bord incisif des incisives supérieures et inférieures car le point incisif de l'incisive la plus proéminente est utilisé, bien qu'il soit difficile de distinguer les incisives centrales et latérales. Cependant, avec l'imagerie 3D, ces points de repère peuvent être facilement localisés et des mesures fiables obtenues (1).

Pour pallier à ces contraintes, la qualité de la radiographie peut être modifiée. Les améliorations d'image sont un ensemble de techniques de traitement qui visent à améliorer l'apparence visuelle des images numériques, à transformer l'image en une image plus susceptible d'être analysée par l'homme et la machine ou à augmenter la précision et à simplifier le processus d'extraction des informations (50).

Les techniques d'amélioration comprennent : la sélection de fenêtre et de niveau, la correction gamma, la manipulation du contraste, l'amélioration des contours, la soustraction, la coloration et le gaufrage ou la reconstruction tridimensionnelle (3D) (Kogutt et al., 1988 ; Crozier 1999 ; Menig 1999). Il est aussi possible de manipuler la luminosité et modifier l'image du filtre. Le gaufrage est le processus de création d'une image 3D à partir d'une image bidimensionnelle (2D), l'image obtenue présente des contours nets et est graphiquement agréable (Wiesemann et al., 2006) (50).

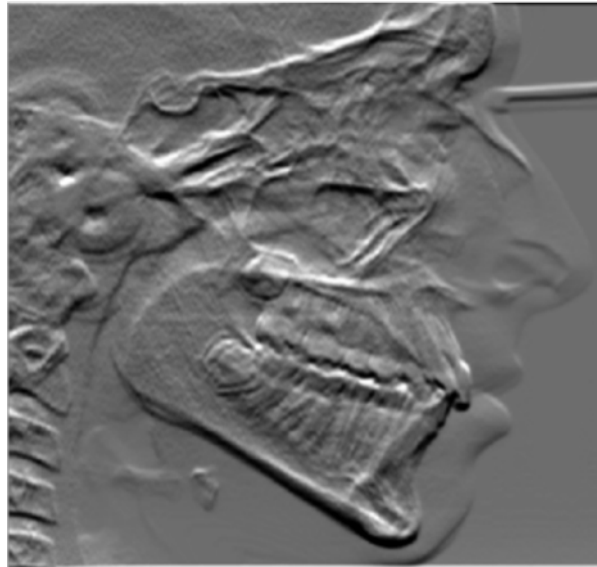


Figure 30 : Exemple de téléradiographie avec application du filtre gaufrage (50)

Avec le gaufrage, la précision de la détection des repères céphalométriques s'est améliorée pour la radiographie en relief uniquement pour quelques points (Or sur l'axe x et Po, PM, Co et APOcc sur l'axe y) mais ces améliorations ne sont pas statistiquement significatives (50).

Une amélioration de la qualité d'image des céphalogrammes numériques lors de l'utilisation de diverses améliorations numériques et de techniques de filtrage est remarquée (Jäger et al., 1989 ; Macri et Wenzel, 1993 ; Wiesemann et al., 2006) mais cette hypothèse est principalement basée sur les préférences des observateurs. L'amélioration de la perception visuelle avec la manipulation de l'image numérique ne signifie pas nécessairement une amélioration des performances cliniques.

Les erreurs de distance moyennes sont dans la plupart des cas statistiquement significatives ( $p < 0,05$ ) et se montrent plus élevées pour les images en relief (sauf pour le point Po) que pour la radiographie non filtrée.

Le gaufrage n'a souvent pas amélioré la précision de la détection des repères (à la fois en tenant compte des erreurs de distance moyenne euclidienne et des erreurs du système de coordonnées x et y). Les filtres de gaufrage introduisent une erreur systématique aléatoire dans l'image (due, par exemple, à la distorsion de l'image ou à l'érosion des bords pendant le traitement), ce qui affecte négativement la détection des points céphalométriques (50).

Même s'ils réduisent les erreurs aléatoires associées à l'identification des points de repère, la validité du point de repère peut ne pas être correcte en raison de l'introduction d'erreurs systématiques causées par les algorithmes de post-traitement (Forsyth et al., 1996 ; Menig, 1999).

À moins que des algorithmes plus précis ne soient conçus, cette fonctionnalité ne doit pas être utilisée à des fins cliniques et de recherche (50).

Pour démontrer la précision de la céphalométrie, des facteurs sont importants à prendre en compte tels que l'utilisation de mesures au lieu de points de repère, les sources d'erreur et la collecte d'échantillons (Santoro et al., 2006) (4).

## ○ Erreurs de mesure

Les erreurs de mesures de droite ou d'angle augmentent avec l'erreur propre au point de repère et avec le nombre de points les constituant. En exemple, la valeur d'évaluation de Wits est déterminée par les perpendiculaires des points A et B au plan occlusal, un changement dans le plan occlusal amplifierait l'erreur de mesure. La variabilité du point B est principalement dispersée le long de l'axe vertical en raison de la forme de la symphyse mandibulaire. Une variation de 1mm le long de l'axe vertical a moins d'influence sur l'angle SNB qu'une variation horizontale de 1mm. Cela explique également pourquoi SNA, SNB et ANB ont des erreurs de mesure intra-observateur relativement plus petites (2).

Les mesures céphalométriques impliquent des erreurs d'identification des repères et des erreurs de projection. Les mesures linéaires dans les erreurs de projection sont souvent données en mm, sans tenir compte du facteur de grossissement, qui varie généralement entre 5 et 14 %, principalement en raison de la variation de la distance foyer-objet. Contrairement aux distances, les mesures angulaires ne sont pas sensibles aux changements de grossissement de la radiographie céphalométrique (6).

Toutes les distances calculées entre repères céphalométriques dans le plan sagittal médian remettent en cause la fiabilité de leurs dimensions. Cela se produit quand il faut quantifier la longueur mandibulaire en vue latérale car, en raison de son anatomie, cette section est angulée d'environ 30° par rapport au plan sagittal médian, ce qui entraîne un raccourcissement marqué de la distance céphalométrique ar-pg par rapport à son équivalent anatomique. Ainsi, le facteur de grossissement et la projection d'erreur doivent être pris en compte lors de la description de l'effet du traitement orthodontique en millimètres sur la croissance mandibulaire (6).

Cependant, par comparaison, les variations des rapports des différents plans entre eux sont plus importantes que celles causées par les erreurs de positionnement de la tête du sujet (Foster) (12).

Une plus grande précision des mesures linéaires et angulaires serait permise avec une répétition des relevés des points céphalométriques (Baumrind) (12).

Par ailleurs, l'absence de tissus mous diminue par 4 la valeur des déviations standard des erreurs de mesure, les points les plus affectés par la présence de tissus mous étant Na et ENA et pour les angles SNA et SNB (Hägg, Cooke et Lau) (12).

Les progrès rapides de l'informatique ont conduit à une application généralisée des ordinateurs en céphalométrie (Rudolph et al., 1998). Les films céphalométriques numériques peuvent être intégrés aux dossiers des patients pour établir un système de classement informatisé et tirer parti du traitement, du stockage et de la transmission des images (Forsyth et al., 1996) (51).

Lors de l'utilisation de programmes informatiques pour l'analyse céphalométrique, les points de repère sont généralement numérisés en premier, ils peuvent ensuite générer les valeurs des mesures céphalométriques instantanément. La majorité des logiciels disponibles offrent un certain nombre de fonctionnalités inconnues de la méthode de traçage manuel. Ils comprennent le diagnostic des cas, la planification du traitement, l'évaluation des résultats du traitement et la prédiction de la croissance (Steiner, 1960). La plupart de ces programmes consistent en des fonctionnalités de base et avancées (51).

Le fonctionnement de base consiste à insérer le film numérique dans le logiciel et l'analyser sans aucune altération de l'image est alors que le fonctionnement avancé comprend plusieurs applications, allant de la modification des propriétés de l'image (luminosité, contraste, zoom, etc.) à une fonction d'identification automatique des points de repère (51).

La fiabilité de la localisation des points de repère sur les images numériques est inférieure à celle d'un film conventionnel lorsqu'une caméra vidéo noir et blanc à faible coût et une résolution spatiale de 512 × 512 pixels sont utilisées pour la numérisation. Le traitement d'image numérique n'augmente la fiabilité que lorsque des films originaux de bonne qualité étaient utilisés (Macrì et Wenzel, 1993). Il y a une amélioration de la qualité d'image des céphalogrammes numériques lors de l'utilisation de diverses techniques d'amélioration et de filtrage numériques (Doler et al. 1991).

La perte de résolution n'est pas associée à une différence significative de reproductibilité (51).

Ces systèmes automatisés sont actuellement incapables de rivaliser avec l'identification manuelle, en termes de précision de la position des repères (Forsyth et al., 1996). Cependant, l'analyse céphalométrique assistée par ordinateur n'introduit pas plus d'erreurs de mesure que le tracé manuel, tant que les points de repère sont identifiés manuellement (Gravely et Benzies, 1984 ; Enlow et Hans, 1996) (51).

Les mesures AB sur FOP et ii à A/Pog étaient les seules à montrer systématiquement une mauvaise reproductibilité intra-utilisateur, quelle que soit la méthode utilisée. Cela peut s'expliquer par les difficultés à localiser les repères (principalement le point A et le FOP). De plus, AB sur FOP est une petite mesure linéaire qui le rend sensible même à de petites erreurs. Sur ces 2 mesures, la supériorité de l'analyse par ordinateur n'est pas prouvée du fait de leur mauvaise reproductibilité.

L'utilisation des fonctionnalités de base minimise les exigences de temps pour l'analyse, c'est le procédé le plus rapide. S'en suit des fonctions avancées (4 fois plus long) et de l'analyse des tracés manuels (6 fois plus long). Les mesures céphalométriques linéaires et angulaires obtenues manuellement avec une règle et un rapporteur peuvent être également sujettes à erreur (51).

Par conséquent, une identification manuelle suivie d'une analyse par ordinateur, de préférence avec fonctions avancées serait la meilleure option pour des meilleurs résultats avec une perte de temps minimisée (51).

L'effet de la variance de l'identification des points de repère sur les mesures céphalométriques pourrait être cliniquement utile mais cela nécessite que cette erreur soit quantifiée pour détecter des différences significatives. Cette quantification est un processus critique mais souvent négligé (2).

L'erreur technique de mesure peut être définie comme la variabilité entre les dimensions lorsque les mêmes objets sont mesurés lors de plusieurs sessions. La détermination de l'erreur de mesure appropriée des mesures céphalométriques au moyen de la plus petite différence détectable (SDD) est nécessaire pour trouver la véritable différence entre deux mesures. La variation de la mesure céphalométrique est vraie et non le résultat d'une erreur de mesure quand elle est supérieure à la valeur de la SDD. La SDD remet en question l'utilisation de certaines mesures céphalométriques (le coefficient de corrélation intraclasse ou d'autres) jugées pas assez sensibles pour décrire de petits changements par rapport aux effets du traitement ou à la croissance normale par exemple. Sa pertinence clinique pour quantifier la fiabilité de l'erreur de mesure devient alors plus évidente. Elle permet de calculer les erreurs de mesure intra-observateur et inter-observateur (2).

Étant donné que seuls les chiffres ne peuvent pas être directement appliqués en clinique, une telle subjectivité a été qualifiée d'inconvénient dans sa valeur potentielle pour une utilisation de routine. Cette interprétation présente donc une variance significative, cela se produit pour 2 raisons principales : un degré d'anomalie clinique qui n'est pas mesuré quantitativement et aucun moyen d'établir un modèle d'or (5).

Une mise à jour importante dans ce domaine serait la personnalisation de ces valeurs mesurées dans chaque cas. Un tel type d'amélioration n'éliminerait pas le besoin de différentes sources d'information, telles que les modèles moulés et les photos, mais se rapprocherait de l'idéal (5).

Un scénario particulier de chaque patient (contextualisation), serait possible si un système d'intelligence artificielle pouvait fournir des décisions, imitant ce que la pensée humaine fournit déjà. Un tel logiciel devrait prendre en compte le degré d'incertitude et d'incohérence associé à chaque numéro céphalométrique, augmentant ou diminuant l'importance de sa contribution pour le "degré final" de compromis squelettique et dentaire que présente chaque cas de malocclusion (5).

Il existe actuellement 2 catégories de systèmes d'analyse : certains évaluent le patient par rapport à des normes spécifiques (pour fixer l'objectif du traitement par exemple), alors que d'autres ont pour but de comprendre la malocclusion, qu'elle soit d'origine dentoalvéolaire ou squelettique (5).

Les systèmes spécialisés sont des systèmes d'intelligence artificielle qui prennent des décisions dans le domaine médical, ils peuvent fournir le diagnostic final ou les hypothèses de diagnostic à eux seuls. Ils sont programmés pour soutenir les médecins et autres professionnels du domaine de la santé. Le Decodify® System en est un, il a été développé pour permettre l'évaluation quantitative personnalisée

de données céphalométriques contextualisées dans chaque scénario crânio-facial spécifique (il calcule les degrés de gravité céphalométrique, osseux et/ou dentaire) (5).

La logique paraconsistante fonctionne avec l'incertitude, l'incohérence et l'insuffisance des données, caractéristiques communes aux bases de données céphalométriques. Le réseau « neuronal » de Decodify® est construit sur cette logique, capable de prendre des décisions non triviales. Elle s'oppose à la logique floue, appliquée en médecine et en orthodontie afin d'éviter des allocations rigides inadéquates dans des catégories prédéfinies, mais ne considérant que la certitude, elle ne peut pas être un outil mathématique suffisant dans les processus de prise de décision (5).

Les degrés d'accord, écart entre le modèle d'or et les résultats des opérateurs, montrent qu'un tel niveau de risque (contextualisation) est reproductible et fiable et, par conséquent, les évaluations sont peu basées sur des opinions personnelles. La « conjecture céphalométrique » est remplacée par la « preuve » du risque céphalométrique (5).

Le système Decodify® fonctionne comme une « règle », pour mesurer le degré de difficulté à traiter un cas orthodontique spécifique. Avec un tel instrument, l'orthodontiste peut mesurer, avec un haut niveau de précision, combien « d'énergie » le cabinet doit consacrer à ce cas particulier. Donc il peut estimer l'extension du traitement, le nombre approximatif de rendez-vous, et le besoin de son attention en tant que clinicien en chef, les problèmes potentiels, les honoraires à facturer, etc. Donc si le compromis squelettique est grand, le risque, le temps de traitement et coût le seront aussi. Le patient peut alors avoir une estimation fiable du degré de sévérité de sa malocclusion, des difficultés à la traiter et du temps nécessaire pour y parvenir. Le patient paiera le prix juste pour le service contracté, selon le marché dans lequel il s'insère (5).

#### ➤ Modèle d'or en céphalométrie

Les normes céphalométriques classées en fonction du sexe, de l'âge et du groupe ethnique sont importantes dans le diagnostic orthodontique, la planification du traitement et l'évaluation du traitement, même après la période post-rétention car ce sont les principales sources de différences.

Les distances crânio-faciales sont constamment plus grandes chez les hommes que chez les femmes, alors qu'il n'y a aucune différence statistique en ce qui concerne les mesures angulaires. Les distances ainsi que les mesures angulaires varient selon l'âge. Une augmentation continue de la plupart des distances jusqu'à la période jeune adulte avec une accélération de la croissance entre les enregistrements de 13 et 16 ans, surtout pour le sexe masculin. Le modèle de croissance est le même pour les femmes, mais pas de la même ampleur que celui des hommes dans les différentes périodes de développement. Le potentiel de croissance résiduelle de la mandibule chez les sujets jeunes et adultes, en particulier chez les hommes, doit être pris en compte chez les patients nécessitant une chirurgie orthognatique en conjonction avec un traitement orthodontique. Cette croissance résiduelle peut également influencer la stabilité à long terme de l'occlusion (Henrikson et al., 2001). De plus, la variation d'inclinaison des incisives et l'éruption lente et continue des dents, même après le stade de développement illustrent le développement dentaire dynamique, ne doivent pas être ignorés dans la discussion sur la rechute après un traitement orthodontique par rapport au développement post-rétention (Thilander, 2000). Par conséquent, les différences de taux de croissance aux différents stades de développement sont importantes dans la planification du traitement (6).

Par ailleurs, même après les périodes de croissance, en vieillissant, le visage se modifie, se creuse : le profil des lèvres suit ceux du squelette : un visage convexe passe à un visage droit voire légèrement concave (6).

Établir un modèle d'or qui serait pris comme référence pour toute personne confondue est donc impossible car de nombreuses divergences anatomiques séparent chaque humain. Les origines, l'âge et le sexe en sont les principales causes. Par conséquent, édifier des modèles par sous catégories serait un moyen plus adapté pour pouvoir les comparer avec les données du patient et ainsi savoir si l'écart se situe dans la marge d'erreur ou s'il est statistiquement significatif.

## **Bibliographie**

1. Nalçacı R, Öztürk F, Sökücü O. A comparison of two-dimensional radiography and three-dimensional computed tomography in angular cephalometric measurements. *Dentomaxillofacial Radiol.* févr 2010;39(2):100-6.
2. Damstra J, Huddleston Slater JJR, Fourie Z, Ren Y. Reliability and the smallest detectable differences of lateral cephalometric measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* nov 2010;138(5):546.e1-546.e8.
3. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *Am J Orthod.* 1971 Aug;60(2):111-27.
4. Polat-Ozsoy O, Gokcelik A, Toygar Memikoglu TU. Differences in cephalometric measurements: a comparison of digital versus hand-tracing methods. *Eur J Orthod.* 1 juin 2009;31(3):254-9.
5. Del Santo Jr M, Del Santo L. Decodify® System: Cephalometrics as a risk manager applicative and administrative tool for the orthodontic clinic. *Dental Press J Orthod.* 2011 July-Aug;16(4):32.e1-9.
6. Thilander B, Persson M, Adolfsson U. Roentgen- cephalometric standards for a Swedish population. A longitudinal study between the ages of 5 and 31 years. *Eur J Orthod.* 1 août 2005;27(4):370-89.
7. Le Grand Robert de la langue française [En ligne]. 2e éd. Paris: Le Robert; 2011. Plan. [cité 12 août 2022]. Disponible sur: <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/plan>. In.
8. Le Grand Robert de la langue française [En ligne]. 2e éd. Paris: Le Robert; 2011. Courbe. [cité 12 août 2022]. Disponible sur: <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/courbe>. In.
9. Maxime Mailet. Conception du plan d'occlusion mandibulaire en odontologie prothétique et communication des données au laboratoire. *Sciences du Vivant [q-bio]*. 2016. hal-01932170.
10. Orthlieb JD, Brocard D, Schittly J, Maniere-Ezvan A. *Occlusodontie pratique*. Rueil-Malmaison: Editions Cdp; 2000.
11. SPEE F. G. Die Verschiebrangsbahn des Unterkiefers am Schadel Arch Anat Physiol, 1890, 16, pp. 285-94.
12. Bourriau J, Bidange G, Foucart JM. Les erreurs de mesure en céphalométrie 2D. *Orthod Fr.* mars 2012;83(1):23-36.
13. Rozylo-Kalinowska, I. Cephalometric Radiograph in Dentistry/Oral Health. In: *Imaging Techniques in Dental Radiology*. Springer, Cham. 2020 Aug.
14. Seki K, Okano T. Exposure reduction in cephalography with a digital photostimulable phosphor imaging system. *Dentomaxillofac Radiol.* 1993 Aug;22(3):127-30.
15. Haynes S, Chau MN. The reproducibility and repeatability of the Wits analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995 Jun;107(6):640-7.
16. Adenwalla ST, Kronman JH, Attarzadeh F. Porion and condyle as cephalometric landmarks--an error study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988 Nov;94(5):411-5.
17. Cook PA, Gravely JF. Tracing error with Björk's mandibular structures. *Angle Orthod.* 1988 Apr;58(2):169-78.
18. Houston WJ, Maher RE, D McElroy D, Sherriff M. Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *Eur J Orthod.* 1986 Aug;8(3):149-51.
19. Gaudy JF. *Anatomie clinique*. Rueil-Malmaison : Éd. Cdp; 2003.
20. Boileau MJ. *Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte*. Elsevier Masson SAS. 2011;277.
21. Enlow DH, Hans MG. *Essentials of facial growth*. Philadelphia: Saunders Company, 1996.
22. Hall-Scott J. The maxillary-mandibular planes angle (MM degrees) bisector: a new

- reference plane for anteroposterior measurement of the dental bases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994 Jun;105(6):583-91.
23. Ferrazzini G. Critical evaluation of the ANB angle. *Am J Orthod.* 1976 Jun;69(6):620-6.
  24. Chang HP. Assessment of anteroposterior jaw relationship. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987 Aug;92(2):117-22.
  25. Yang SD, Suhr CH. F-H to AB plane angle (FABA) for assessment of anteroposterior jaw relationships. *Angle Orthod.* 1995;65(3):223-31; discussion 232.
  26. McNamara JA. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod.* 1984 Dec;86(6):449-69.
  27. Holdaway RA. A soft-tissue cephalometric analysis and its use in orthodontic treatment planning. Part I. *Am J Orthod.* 1983 Jul;84(1):1-28.
  28. Taylor CM. Changes in the relationship of nasion, point A, and point B and the effect upon ANB. *Am J Orthod.* 1969 Aug;56(2):143-63.
  29. Williams S, Leighton BC, Nielsen JH. Linear evaluation of the development of sagittal jaw relationship. *Am J Orthod.* 1985 Sep;88(3):235-41.
  30. Wellens H. Improving the concordance between various anteroposterior cephalometric measurements using Procrustes analysis. *Eur J Orthod.* 1 oct 2009;31(5):503-15.
  31. Kasai K, Moro T, Kanazawa E, Iwasawa T. Relationship between cranial base and maxillofacial morphology. *Eur J Orthod.* 1 oct 1995;17(5):403-10.
  32. Braun S, Bantleon HP, Hnat WP, Freudenthaler JW, Marcotte MR, Johnson BE. A study of bite force, part 2: Relationship to various cephalometric measurements. *Angle Orthod.* 1995;65(5):373-7.
  33. Tsang WM, Cheung LK, Samman N. Cephalometric parameters affecting severity of anterior open bite. *Int J Oral Maxillofac Surg.* oct 1997;26(5):321-6.
  34. Murata S. Use of the centroid method of occlusion for studying the vertical and horizontal relationship of the mandible and maxilla. *Eur J Orthod.* 28 sept 2007;29(6):600-4.
  35. Uchida Y, Motoyoshi M, Shigeeda T, Shinohara A, Igarashi Y, Sakaguchi M, et al. Relationship between masseter muscle size and maxillary morphology. *Eur J Orthod.* 1 déc 2011;33(6):654-9.
  36. Macari AT, Hanna AE. Comparisons of soft tissue chin thickness in adult patients with various mandibular divergence patterns. *Angle Orthod.* juill 2014;84(4):708-14.
  37. Choi YJ, Kim DJ, Nam J, Chung CJ, Kim KH. Cephalometric configuration of the occlusal plane in patients with anterior open bite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016 Mar;149(3):391-400.
  38. Uzuner FD, Aslan BI, Dinçer M. Dentoskeletal morphology in adults with Class I, Class II Division 1, or Class II Division 2 malocclusion with increased overbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019 Aug;156(2):248-256.e2.
  39. Leloup G, Eyoun I. La déglutition dysfonctionnelle- Rééducation orthophonique. Paris: Fédération Nationale des Orthophonistes; 2006.
  40. Léa Attali-Raynaud. Contrôle de l'hyperdivergence en orthodontie. *Chirurgie.* 2021. dumas- 03638249.
  41. El-Dawlatly MM, Salah Fayed MM, Mostafa YA. Deep overbite malocclusion: analysis of the underlying components. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 Oct;142(4):473-80.
  42. Kovero O, Hurmerinta K, Zepa I, Huggare J, Nissinen M, Könönen M. Maximal bite force and its associations with spinal posture and craniofacial morphology in young adults. *Acta Odontol Scand.* 2002 Dec;60(6):365-9.
  43. García-Morales P, Buschang PH, Throckmorton GS, English JD. Maximum bite force, muscle efficiency and mechanical advantage in children with vertical growth patterns. *Eur J Orthod.* 2003 Jun;25(3):265-72.
  44. Sondang P, Kumagai H, Tanaka E, Ozaki H, Nikawa H, Tanne K, Hamada T.

Correlation between maximum bite force and craniofacial morphology of young adults in Indonesia. *J Oral Rehabil.* 2003 Nov;30(11):1109-17.

45. Bakke M, Tuxen A, Vilmann P, Jensen BR, Vilmann A, Toft M. Ultrasound image of human masseter muscle related to bite force, electromyography, facial morphology, and occlusal factors. *Scand J Dent Res.* 1992 Jun;100(3):164-71.

46. Gola R. Analyse céphalométrique fonctionnelle et esthétique de profil [Internet]. Paris: Springer Paris; 2006 [cité 14 août 2022]. Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/978-2-287-33478-8>

47. Guillaume Genin. L'orientation du plan d'occlusion mandibulaire en prothèse amovible complète : de la complexité à la pratique quotidienne. *Sciences du Vivant [q-bio]*. 2012. hal-01739071.

48. Slavicek, R. Die funktionellen determinanten des kauorgans. Austria, Wien: Verlag Zahnärztlich-medizinisches schrifttum München, 1984.

49. Spee FG. The gliding path of the mandible along the skull. *J Am Dent Assoc.* 1980; 100: 670-8.

50. Leonardi RM, Giordano D, Maiorana F, Greco M. Accuracy of cephalometric landmarks on monitor-displayed radiographs with and without image emboss enhancement. *Eur J Orthod.* 1 juin 2010;32(3):242-7.

51. Tsorovas G, Linder-Aronson Karsten A. A comparison of hand-tracing and cephalometric analysis computer programs with and without advanced features—accuracy and time demands. *Eur J Orthod.* déc 2010;32(6):721-8.

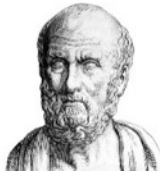


## **Table des illustrations**

Figure 1 : Points céphalométriques pour l'analyse par le logiciel CADO.....	3
Figure 2 : Représentation d'un plan dans l'espace.....	4
Figure 3 : Représentation d'une courbe .....	4
Figure 4 : Schéma de prise d'une radiographie de profil (13).....	5
Figure 5 : Exemple de téléradiographie de profil floue .....	6
Figure 6 : Dispersion réelle des points céphalométriques (12).....	7
Figure 7 : Région palatine (19).....	9
Figure 8 : Schéma explicatif des mouvements dentaires engendrés par la succion du pouce (21).....	9
Figure 9 : Plan horizontal de Francfort tracé sur une téléradiographie de profil.....	10
Figure 10 : Plan palatin tracé sur une téléradiographie de profil.....	11
Figure 11 : Flowchart de la revue systématique de la littérature .....	14
Figure 12 : Classes dentaires I (à gauche) et III (à droite) (39).....	21
Figure 13 : Classe dentaire de type II/1 (à gauche), II/2 (à droite) (39).....	22
Figure 14 : Différents types d'occlusion antérieure (39).....	22
Figure 15 : Méthode centroïde d'occlusion (34).....	24
Figure 16 : Diagramme de Bland-Altman sur dix de mes mesures choisies aléatoirement de l'angle du plan palatin avec la ligne Basion-Nasion.....	28
Figure 17 : Méthode centroïde d'occlusion (34).....	28
Figure 18 : Répartition des données de l'angle palatin-Francfort.....	29
Figure 19 : Schéma représentant le plan palatin et la ligne Sellion-Nasion (Courtoisie Pr JD Orthlieb).....	29
Figure 20 : Répartition des données de l'angle palatin – Sellion-Nasion.....	30
Figure 21 : Schéma représentant le plan palatin et le plan mandibulaire (Courtoisie Pr JD Orthlieb).....	30
Figure 22 : Répartition des données de l'angle palatin – plan mandibulaire.....	31
Figure 23 : Moyenne de l'angle du plan palatin – plan mandibulaire.....	31
Figure 24 : Schéma représentant le plan palatin et le plan d'occlusion (Courtoisie Pr JD Orthlieb).....	32
Figure 25 : Répartition des données de l'angle palatin – plan d'occlusion.....	32
Figure 26 : Tableau et graphiques des données de l'angle du plan palatin – plan d'occlusion.....	33
Figure 27 : Graphique normalisé des erreurs de prédiction entre l'angle du plan palatin – PO et rayon de la courbe de Spee.....	34
Figure 28 : Représentation schématique du plan palatin et du plan occlusal (à gauche) et graphique des données de l'étude de R. Slavicek <i>et al.</i> avec représentation de la loi Normale (48)...	37
Figure 29 : Représentation de la courbe de Spee (49).....	38
Figure 30 : Exemple de téléradiographie avec application du filtre gaufrage (50).....	C

## **Table des tableaux**

Tableau 1 : Tableau PICOS de notre revue de littérature.....	15-20
Tableau 2 : Résultats statistiques de l'angle palatin-Francfort.....	29
Tableau 3 : Résultats statistiques de l'angle palatin – Sellion-Nasion.....	30
Tableau 4 : Résultats statistiques de l'angle palatin – plan mandibulaire.....	31
Tableau 5 : Résultats statistiques de l'angle palatin – plan d'occlusion.....	32
Tableau 6 : Tableau récapitulatif indiquant la force de la relation entre les variables.....	33
Tableau 7 : Analyse de la variance (angle palatin – PO et rayon de la courbe de Spee) .....	33
Tableau 8 : Coefficients de corrélation linéaire moyens (plan palatin – PO et rayon de la courbe de Spee) .....	34



## 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.



**GUILLAUME Marie** – Relations entre plan palatin, plan d'occlusion et courbe de Spee : étude céphalométrique rétrospective

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2022

Rubrique de classement : Occlusodontologie

Résumé :

A travers une revue de littérature et d'une étude céphalométrique rétrospective menée sur des téléradiographies de profil, nous avons pu observer que le plan palatin était lié à la base du crâne antérieure et au degré d'infraclusion. En revanche, il se révèle indépendant de l'activité musculaire, du degré de supraclusion, du plan mandibulaire, du plan d'occlusion et de la courbe de Spee.

Le plan palatin n'est pas repérable cliniquement mais est identifiable de façon stable sur des téléradiographies de profil, ce qui est le contraire du plan horizontal de Francfort. Comme ces plans sont quasiment parallèles, le plan palatin pourrait remplacer le plan de Francfort et se placer en plan de référence pour les analyses céphalométriques afin d'avoir des résultats moins biaisés.

Pour utiliser la céphalométrie dans la conception de projet prothétique dentaire, il faudrait que le patient passe une téléradiographie de profil, donc une radiographie supplémentaire qui n'est pas utilisée par les chirurgiens-dentistes. Toutefois, cela permettrait de calculer et tracer une courbe de Spee idéale pour le patient. Cela peut devenir une solution dans des cas de réhabilitations orales complexes.

Mots clés : Plan palatin, céphalométrie, plan d'occlusion, courbe de Spee, plan mandibulaire

**GUILLAUME Marie** – Relations between palatal plane, occlusal plane and curve of Spee: retrospective cephalometric study

Abstract:

Through a literature review and a retrospective cephalometric study conducted on lateral teleradiography, we observed that the palatal plane was related to the anterior skull base and the degree of overbite. On the other hand, it turns out to be independent of muscle activity, the degree of deep bite, the mandibular plane, the occlusal plane and the curve of Spee.

The palatal plane is not identifiable clinically but is identifiable in a stable manner on lateral teleradiographies, which is the opposite for the Frankfurt horizontal plane. As these planes are almost parallel, the palatal plane could replace the Frankfurt plane and be placed as a reference plane for cephalometric analyzes to have less biased results.

To use cephalometry in the planification of a dental prosthetic project, the patient would have to undergo a lateral teleradiography, therefore an additional radiography which is not used by dentists. However, this would make it possible to calculate and draw an ideal curve of Spee for the patient. It can become a solution in cases of complex oral rehabilitations.

Key words: Palatal plane, cephalometry, occlusal plane, curve of Spee, mandibular plane