

Université de Montréal

# **La relation du plan mandibulaire avec l'écaïlle de l'occipital : mythe ou réalité en orthodontie ?**

par Aurélie LABOUREL

Département de Santé Buccale – Section d'Orthodontie  
Faculté de Médecine Dentaire

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales  
en vue de l'obtention du grade de  
M.Sc. (médecine dentaire), option Orthodontie

Mai 2018

© Aurélie LABOUREL, 2018

Ce mémoire intitulé :  
« La relation du plan mandibulaire avec l'écaille de l'occipital : mythe ou réalité en  
orthodontie? »

Présenté par  
Aurélie LABOUREL

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Dre Andrée MONTPETIT, président-rapporteur  
Dr Hicham EL KHATIB, directeur de recherche  
Dre Clarice NISHIO, co-directrice de recherche  
Dre Pascale ROBITAILLE, membre du jury externe



## Résumé

La plupart des orthodontistes utilisent la méthode empirique d'observation de la relation entre le prolongement postérieur du plan mandibulaire et l'os occipital (Occ-MP) afin d'évaluer la divergence faciale. Cette méthode n'a en réalité jamais été démontrée scientifiquement.

**But :** Valider l'indice Occ-MP afin de déterminer la divergence faciale.

**Méthode :** Un total de 300 radiographies céphalométriques de profil ont été utilisées dans cette étude. Des analyses céphalométriques ont été réalisées en utilisant les marqueurs habituels de divergence faciale tels que le FMA (Francfort Mandibular Angle), l'axe Y ou l'angle gonial. Les sujets ont été classés en 3 groupes de 100 sujets : hypo- (hD), hyper- (HD) ou normodivergent (ND). La plus petite distance entre Occ-MP a été mesurée puis comparée aux marqueurs précités afin de déterminer des valeurs seuils de classification de la divergence faciale.

**Résultats :** Une corrélation statistiquement significative ( $p < 0.001$ ) a été retrouvée entre Occ-MP et les marqueurs habituels pour chaque groupe. La valeur seuil de Occ-MP entre hD et ND était de -8mm et de +1mm entre ND et HD.

**Conclusion :** Occ-MP est un indicateur fiable pour déterminer la divergence faciale.

**Mots-clés:** Plan mandibulaire, divergence faciale, céphalométrie, orthodontie

## **Abstract**

Orthodontists use the empirical method of observing the relationship between the posterior prolongation of the mandibular plane and the occipital bone (Occ-MP) to evaluate the facial divergence. This method has never been scientifically proven.

**Aim:** To validate the use of Occ-MP to determine facial divergences.

**Method:** 300 initial cephalograms were used in this study. Cephalometric analyses were performed by using standard landmarks, such as FMA, Y-axis and the gonial angle. Subjects were classified into 3 groups of 100 patients : hypo- (hD), hyper-(HD), normodivergent (ND) facial types. The shortest distance between Occ-MP was compared with the standard landmarks in order to establish threshold values to classify skeletal divergence.

**Results:** There was a significant correlation ( $p < 0.001$ ) between Occ-MP and standard landmarks for every group. Occ-MP threshold value between hD and ND group was -8mm and +1mm between ND and HD.

**Conclusion:** Occ-MP is a reliable reference to determine facial divergences.

**Keywords:** Posterior prolongation of mandibular plane, facial divergence, cephalometry, orthodontics

# Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	ii
Table des matières .....	iii
Liste des figures.....	vi
Liste des abréviations.....	viii
Remerciements .....	x
Introduction.....	1
<b>PARTIE I : RECENSION DE LA LITTÉRATURE.....</b>	<b>3</b>
1. Céphalométrie.....	3
1.1 Historique .....	3
1.1.1 Craniométrie.....	3
1.1.2 Apparition de la céphalométrie .....	3
1.1.3 Aide au diagnostic .....	4
1.2 Évolution de la céphalométrie : le CBCT.....	5
1.3 Intérêt de la céphalométrie.....	6
1.3.1 Les analyses céphalométriques .....	6
1.3.2 Plans d'orientation et de référence en orthodontie.....	7
2. Rappels de croissance verticale.....	9
2.1 Croissance verticale du maxillaire .....	9
2.2 Croissance verticale des procès alvéolaires .....	10
2.3 Croissance verticale de la mandibule.....	11
2.3.1 Croissance du condyle.....	11
2.3.2 Croissance verticale au niveau du reste de la mandibule .....	12
2.3.3 Les rotations mandibulaires.....	13
2.3.3.1 Composantes des rotations selon Björk et Skieller (25).....	13
2.3.3.2 Types de rotations selon Björk (26).....	15
2.4.1 Prédiction des rotations mandibulaires.....	17

2.4.2 Prévisions de croissance de Björk .....	20
3. La divergence faciale .....	21
3.1 Définitions .....	21
3.2 Évaluation de la divergence faciale en clinique.....	22
3.2.1 Les analyses céphalométriques .....	22
3.2.1.1 Analyse de Tweed (34) .....	22
3.2.1.2 Analyse de Wylie (36) .....	23
3.2.1.3 Analyse de Sassouni (38).....	24
3.2.1.4 Analyse de Bimler (39).....	25
3.2.1.5 Analyse de Ricketts (40).....	26
3.2.1.6 Classification de Siriwat et Jarabat (41) .....	27
3.2.1.6 Analyse de Biggerstaff (42) .....	27
3.2.1.7 Analyse architecturale de Delaire.....	28
3.2.1.8 Analyse céphalométrique de profil fonctionnelle et esthétique de Gola et Cheynet.....	30
3.2.2 Caractéristiques des hypo- et hyperdivergents.....	31
3.2.2.1 Caractéristiques céphalométriques .....	31
3.2.2.2 Caractéristiques fonctionnelles.....	31
PARTIE II : RECHERCHE SCIENTIFIQUE .....	33
1. Introduction.....	33
2. Objectifs de recherche .....	35
2.1 Objectif principal.....	35
2.2 Objectifs secondaires.....	35
3. Hypothèses de recherche .....	36
3.1 Hypothèse de recherche.....	36
3.2 Hypothèse nulle.....	36
4. Article scientifique .....	37
5. Discussion .....	52
5.1 Vérification des hypothèses de recherche .....	52
5.2 Intérêt clinique .....	52

5.3	Limitations de l'étude.....	55
5.4	Avenues de recherche.....	55
	Conclusion.....	56
	Bibliographie.....	i



## Liste des figures

Figure 1.	Croissance verticale du maxillaire adapté de Enlow dans Akin (21).....	10
Figure 2.	Principe du V de Enlow et croissance du condyle selon Enlow (21).....	11
Figure 3.	Évolution des fonctions du cartilage condylien lors de la croissance selon Copray (21)	12
Figure 4.	Composantes des rotations mandibulaires selon Bjork et Skieller (21).....	14
Figure 5.	Différentes terminologies des rotations mandibulaires selon plusieurs auteurs (Proffit) (1)	14
Figure 6.	À gauche rotation antérieure, à droite rotation postérieure selon Björk (26).....	15
Figure 7.	Types des rotations mandibulaires antérieures. (26).....	16
Figure 8.	Types des rotations mandibulaires postérieures (26).....	17
Figure 9.	Index I (27).....	18
Figure 10.	Angle inter-molaires (27).....	18
Figure 11.	Angle entre les deux lignes mandibulaires de référence (27).....	19
Figure 12.	Inclinaison de la symphyse (27).....	19
Figure 13.	Signes structuraux de BJORK suivant le type squelettique (Langlade et Picaud, 1972) (29)	20
Figure 14.	Tableau des caractères déterminants dans la typologie de BJORK (Philippe et Loreille, 2000).....	20
Figure 15.	A. Hyperdivergence B. Normodivergence C. Hypodivergence (32).....	22
Figure 16.	Triangle de Tweed dans Muller (35).....	23
Figure 17.	Mesures utilisées dans la détermination de la dimension verticale selon Wylie dans Muller (37).....	24
Figure 18.	Étude de l'équilibre vertical selon Sassouni dans Muller (37). A : Augmentation de la région inférieure. B : Équilibre des régions. C : Augmentation de la région supérieure.	25
Figure 19.	Détermination de la hauteur et de la profondeur de la face selon Bimmler dans Muller (37)	25
Figure 20.	Les cinq mesures utilisées dans le VERT index de Ricketts (36).....	26
Figure 21.	Mesures céphalométriques utilisées pour le calcul du coefficient de Jarabak. 1 : HFP, 2 : HFA (41).....	27

Figure 22.	Tracé céphalométrique montrant les marqueurs utilisés dans l'analyse (42) ...	28
Figure 23.	Statistiques descriptives des ratios squelettiques et dento-alvéolaires des relations verticales antérieures et postérieures chez les garçons et filles de 12 et 16 ans (42).	28
Figure 24.	Les différentes lignes de l'analyse de Delaire (43) .....	29
Figure 25.	Plans permettant de déterminer la divergence faciale dans l'analyse de Gola et Cheynet (44)	30
Figure 26.	Valeurs céphalométriques verticales selon Schudy (45) .....	31

## Liste des abréviations

Occ-MP : distance la plus courte entre le plan mandibulaire et l'os occipital

ND : normodivergent

hD : hypodivergent

HD : hyperdivergent

FMA : Angle du plan mandibulaire

S-Gn : Sella-Gnathion

Na : Nasion

Me : Menton

ANS : Épine Nasale Antérieure

Ar : Articulaire

SN : Sella-Nasion

*Je dédicace ce mémoire à celui qui partage  
ma vie et sans qui cette aventure n'aurait jamais  
été possible. Merci pour ton soutien inconditionnel.*

# Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier le directeur du programme, Dr Claude Remise pour son dévouement envers la clinique et ses étudiants. Sans vous, le programme ne serait pas ce qu'il est, alors merci pour tout ce que vous faites.

Merci également à mon directeur de recherche, Dr Hicham El Khatib ainsi que ma co-directrice Dre Clarice Nishio pour m'avoir soutenue et encouragée durant la réalisation et la rédaction de ce mémoire.

Une mention particulière à M. Pierre Rompré que je tiens à remercier pour la réalisation des statistiques de ce travail et son immense patience et gentillesse.

Je remercie également les membres de mon jury, Dre Andrée Montpetit et Dre Pascale Robitaille pour la lecture et la correction de ce travail.

Merci également à tous les cliniciens de la clinique qui ont toujours été là pour dispenser leurs bons conseils ainsi qu'aux assistantes et secrétaires qui nous aident au quotidien.

Un immense merci à mes merveilleux co-résidents, Léa, Maude, Pauline et Michael qui m'ont permis de passer ces trois années dans la joie et la bonne humeur et qui ont toujours été là pour moi, quelques soient les épreuves. Ensemble, nous avons tout traversé! Merci également à tous les autres résidents pour leur présence au quotidien.

Un très grand merci à Emily pour le temps qu'elle a passé à corriger l'anglais de mon article, sa gentillesse et son efficacité! Tu m'as vraiment sauvé la mise !!!

Et pour finir, je tiens à remercier toute ma famille qui m'a toujours encouragée et soutenue à aller jusqu'au bout de ce que j'entreprends.

# Introduction

Edward ANGLE est considéré comme le père de l'orthodontie moderne. C'est lui qui développe les premiers appareillages orthodontiques dès le 19<sup>ème</sup> siècle ainsi que la classification des malocclusions telle qu'on la connaît aujourd'hui. Avec lui, l'orthodontie ne se contente plus d'aligner les dents mais évolue vers le traitement des malocclusions dentaires. Son approche est purement non-extractionnelle et il considère que l'esthétique faciale idéale provient d'une occlusion dentaire normale. C'est son élève, Charles Tweed, qui introduit les extractions dans le traitement orthodontique quand il finit par réaliser l'importance de l'esthétique du visage. Selon lui, des extractions bien planifiées peuvent améliorer l'apparence faciale ainsi que la stabilité post-traitement. (1)

Peu après la seconde guerre mondiale, la naissance de la céphalométrie permet aux orthodontistes de quantifier les changements dentaires et des maxillaires suite au traitement ou à la croissance. C'est la première fois qu'il devient possible de visualiser les effets des thérapeutiques orthodontiques et l'amélioration des relations osseuses devient alors l'un des buts de l'orthodontie. C'est la naissance du « paradigme des tissus mous » qui s'intéresse à l'impact de la dentition sur les tissus mous du profil facial et non plus à l'obtention d'une occlusion parfaite en priorité. (1)

Selon ce nouveau paradigme, il apparaît ainsi que chaque patient doit être traité de façon différente en fonction de son esthétique faciale. La divergence faciale de chacun va avoir un véritable impact sur les tissus mous du visage. L'hyperdivergence se caractérise en général par un visage long et étroit alors qu'à l'inverse, l'hypodivergence va se traduire par des visages carrés aux masséters très développés. Il devient évident lors de l'observation de ces deux types de visages que les thérapeutiques orthodontiques doivent être adaptées en conséquence afin d'obtenir la meilleure esthétique faciale post-traitement possible. (2)

Le diagnostic de la divergence faciale se fait principalement aux moyens d'une radiographie céphalométrique de profil. Un certain nombre de marqueurs de cette divergence ont été établis au fil du temps : FMA (Angle du plan mandibulaire ou « Francfort Mandibular Angle »), hauteurs faciales antérieure et postérieure, ratio de ces hauteurs, angle gonial, etc. Mais bien souvent, dans la pratique courante d'un bureau d'orthodontie, le clinicien va simplement se contenter de regarder la relation entre le prolongement postérieur du plan mandibulaire et l'os occipital afin d'estimer cette divergence faciale. Cependant, ce rapport n'a jamais réellement été étudié ni prouvé de façon scientifique. Qu'en est-il donc de cet indicateur ? Peut-on véritablement l'appliquer de façon fiable et reproductible ? C'est ce que nous allons chercher à démontrer dans cette étude.

# **PARTIE I : RECENSION DE LA LITTÉRATURE**

## **1. Céphalométrie**

### **1.1 Historique**

#### **1.1.1 Craniométrie**

C'est au cours des 13<sup>ème</sup> - 15<sup>ème</sup> siècles que des artistes, comme Léonard de Vinci, et des anthropologistes commencent à s'intéresser à la morphologie cranio-faciale. À cette époque, les anthropologistes prenaient des mesures directes sur des crânes secs afin d'obtenir des données sur les formes faciales.

À partir du siècle suivant (16<sup>ème</sup> siècle), avec l'intérêt grandissant des proportions et formes faciales, Spiegel introduit l'idée de quatre plans de référence. Ses recherches portent sur l'évaluation de similarités et de différences de formes faciales au sein de la population humaine. Il essaie de relier la taille et la forme du cerveau à sa fonction. (3)

Au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle, Von Baer introduit un nouveau plan de référence encore bien connu des orthodontistes de nos jours : le plan horizontal de Frankfort. Huxley introduit quant à lui l'axe basi-crânien. (4)

Toutefois, malgré l'introduction de ces mesures et plans de référence, la craniométrie restait limitée à l'étude de restes humains puisqu'il n'existait aucune méthode permettant de s'intéresser aux êtres vivants.

#### **1.1.2 Apparition de la céphalométrie**

Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, Broadbent et Todd développent le « Western Reserve University roentgenographic craniostat » qui leur permet d'acquérir des radiographies latérales



et antéro-postérieures de la face et leur enregistrement en images en deux dimensions. Des ajustements de ce dispositif conduisent à la mise au point du céphalomètre de Broadbent-Bolton en 1931. Ils réalisent alors l'intérêt de la radiographie céphalométrique pour étudier et analyser les modifications de la croissance au cours du temps. (5)

Grâce à la céphalométrie, Broadbent observe principalement la croissance verticale de la face, l'impact de l'éruption dentaire sur celle-ci, les rotations faciales, la position du palais dur pendant la croissance ainsi que la synostose de la suture occipito-sphénoïdale vers l'âge de 9 ans.

Lors de la rédaction de sa thèse, Brodie s'intéresse plus particulièrement à la croissance de quatre régions de la face : la boîte crânienne, la région nasale, la région alvéolaire supérieure et la mandibule. Il en conclut que la direction de croissance de la face serait probablement déterminée dès le 3<sup>ème</sup> mois de vie. Il pense également que l'augmentation de la hauteur faciale antérieure serait due à une augmentation dans les mêmes proportions de la croissance mandibulaire et que la relation entre la base du crâne et l'angle mandibulaire reste constante durant la croissance. (6)

### **1.1.3 Aide au diagnostic**

Le développement de la recherche crânio-faciale a permis à la spécialité d'adopter la céphalométrie comme un moyen supplémentaire de diagnostic clinique en orthodontie.

C'est en 1948 que Downs publie la toute première analyse céphalométrique permettant l'analyse des patrons squelettique, dentaire ainsi que leurs inter-relations. Il aura fallu une vingtaine d'années pour que son analyse se simplifie et mette en évidence l'utilité clinique de la céphalométrie. (7) (8) (9) Quelques années plus tard, en 1953, Steiner fournit aux cliniciens des moyens permettant l'utilisation de la céphalométrie dans l'établissement du plan de traitement orthodontique. (10) Ricketts et al. popularisent l'utilisation de la céphalométrie pour visualiser les objectifs de traitement grâce aux superpositions de radiographies pré- et post-traitement. Johnston et Ricketts s'intéressent alors à la croissance faciale dans le succès du traitement orthodontique et reconnaissent son importance. Ils publient de nouvelles méthodes

pour prédire la future croissance à partir de simples radiographies céphalométriques. La méthode de Johnston reste encore aujourd'hui la meilleure pour prédire la croissance à venir du complexe cranio-facial et est utilisée par de très nombreux orthodontistes pour illustrer la dynamique des changements faciaux. (11)

La littérature s'est concentrée sur la céphalométrie durant tout le 20<sup>ème</sup> siècle et a donné trois outils importants à la spécialité : (3)

- Développement des techniques de superpositions grâce à l'obtention de radiographies en série qui permet d'isoler des changements squelettiques et dentaires au cours du temps;
- Développement des termes de patients description du type de croissance faciale à angle réduit « low-angle » et angle augmenté « high-angle »;
- Développement d'outils diagnostiques pour l'évaluation clinique de la morphologie cranio-faciale d'un patient donné.

## **1.2 Évolution de la céphalométrie : le CBCT**

Le problème principal de la radiographie céphalométrique vient de sa transformation d'une structure tridimensionnelle en une représentation bidimensionnelle conduisant ainsi à la perte de certaines données. De plus, les structures observées étant pour la plupart bilatérales, leur projection sur le film radiographique mène à des dédoublements ainsi qu'à des déformations, la structure la plus éloignée du film apparaissant élargie.

Le Cone Beam Computerized Tomography ou « CBCT » apparaît pour la première fois dans les cabinets dentaires entre 2001 et 2004 aux États-Unis, permettant d'observer les structures en 3 dimensions. Le CBCT présente toutefois deux inconvénients majeurs : son coût élevé ainsi que le haut niveau de radiations émises.

Il a été démontré récemment que certains scanners comme le QuickScan étaient capables d'enregistrer des images 3D de qualité tout en ayant un taux de radiations similaire à la radiographie panoramique. (3)

En orthodontie, le CBCT est principalement utilisé pour :

- La localisation de dents incluses ou impactées nécessitant une exposition;
- Les asymétries faciales importantes;
- Les syndromes et séquelles de traumatismes faciaux;
- La localisation de lésions osseuses, dents surnuméraires, résorptions radiculaires.

Dans l'avenir, on peut espérer que le CBCT sera à même d'aider les cliniciens dans leurs diagnostics et plans de traitement du fait de la supériorité de l'image obtenue par rapport à la radiographie conventionnelle. (3)

### **1.3 Intérêt de la céphalométrie**

Il est primordial pour l'orthodontiste de savoir comment sont reliées les différentes composantes du massif cranio-facial entre elles telles que la base crânienne, le maxillaire, la mandibule et les dents, afin de déterminer l'origine de la malocclusion dentaire, qui peut être squelettique ou dento-alvéolaire et présenter ou non des compensations alvéolaires. Dans certains cas, certaines malocclusions peuvent paraître identiques d'un point de vue clinique et sont en réalité totalement différentes d'un point de vue squelettique et ne seront pas traitées de la même façon. L'analyse céphalométrique va donc permettre une plus grande précision au moment du diagnostic clinique. (1) (4) (3)

Ainsi que vu précédemment, la céphalométrie va permettre d'évaluer les changements induits par le traitement orthodontique au niveau squelettique et dentaire au moyen de la superposition de radiographies céphalométriques. Néanmoins, les changements observés au cours de la croissance seront en partie dus à celle-ci, mais également aux mouvements dentaires.

#### **1.3.1 Les analyses céphalométriques**

Grâce aux nombreuses analyses existantes, nous sommes aujourd'hui capables de déterminer l'origine de la malocclusion au moyen de tracés reliant des points sur des structures

physiques repérées sur une radiographie céphalométrique. Avec l'apparition de la radiographie numérique, les analyses sont plus rapides et plus précises.

Le but de la céphalométrie est en premier lieu de comparer les valeurs squelettiques et dento-alvéolaires observées pour un patient donné avec des moyennes pour un âge, un sexe et un groupe ethnique donnés présentant une occlusion considérée comme idéale avec de bonnes proportions faciales. Ces moyennes permettent au clinicien de déterminer la configuration faciale d'un patient et les écarts types indiquent le degré de variation par rapport à la moyenne. Il faut toutefois se méfier de ces valeurs moyennes qui sont parfois adoptées comme objectif de traitement. Il n'y a pas forcément de problème sous-jacent. (12)

Les valeurs céphalométriques doivent être utilisées avec précaution du fait des variations individuelles.

Selon Solow, la forme de la base du crâne peut modifier la position du maxillaire et de la mandibule : un angle ouvert de la base du crâne tend vers une rétrusion bimaxillaire même si celle-ci n'est pas véritablement observable. (13)

Il est important de bien établir le diagnostic différentiel. Si on prend l'exemple d'un surplomb horizontal excessif, il existe 243 combinaisons dentaires et/ou squelettiques possibles ayant conduit à cette malocclusion! (12) L'analyse céphalométrique doit donc déterminer la relation des bases osseuses et les écarts par rapport à la normale afin d'établir la meilleure thérapeutique possible. Grâce aux données apportées par celle-ci, le plan de traitement pourra être adapté : action sur la croissance en cas de potentiel de croissance, chirurgie des maxillaires, déplacement dentaire et compensations de la malocclusion.

### **1.3.2 Plans d'orientation et de référence en orthodontie**

Une analyse céphalométrique ne peut être réalisée sans le choix d'un plan de référence pour les différentes mesures. La première ligne qui a été étudiée est le Plan de Frankfort par Von Baer sur des crânes secs en craniométrie. (4) Celui-ci relie le méat auditif externe (Porion) au rebord inférieur de l'orbite (Orbitale). Il est communément utilisé dans les analyses céphalométriques, mais présente plusieurs problèmes quant à sa reproductibilité. En effet, les

deux points Orbitale et Porion sont souvent difficiles à situer sur la radiographie alors que leur localisation sur crâne sec est simple. De plus, puisque chacun positionne sa tête de façon différente, il ne représente pas la vraie horizontale. D'où l'intérêt de rechercher d'autres plans de référence qui soient plus reproductibles et plus physiologiques. (14)

Depuis quelques années l'attention est portée sur un plan d'orientation qui serait basé sur la position naturelle de la tête. Plusieurs auteurs tels que Solow et Tallgren (15) ou Cooke et Wei (16) se sont intéressés à la reproductibilité de cette position d'équilibre naturel de la tête. Celle-ci a été démontré comme étant plus reproductible lorsque le sujet se regarde directement dans le miroir plutôt que lorsqu'il l'évalue par lui-même. Le fait d'utiliser ou non les olives du céphalostat n'y changeait rien bien que les radiographies soient de meilleure qualité lorsque celles-ci étaient utilisées.

Legan et Burstone (17) ont choisi d'utiliser un plan de référence construit à partir du plan Sella-Nasion. Celui-ci passe par le point Sella et fait un angle de  $7^\circ$  par rapport au plan SN. C'est ce plan de référence qui est principalement utilisé en Amérique du Nord et dans l'analyse de l'Université de Montréal.

D'autres auteurs comme Moores (18) utilisent une ligne verticale extra-crânienne à partir d'un fil de métal. L'étude de El Hayeck (14) a démontré qu'il s'agit d'une ligne de référence très stable qui induirait moins de variations dans les mesures que les lignes intra-crâniennes.

Toujours selon El Hayeck (14), il est indispensable de toujours savoir quel est le plan de référence qui a été utilisé dans l'analyse céphalométrique employée. Il a également démontré que la vraie horizontale déterminée par la position naturelle de la tête est hautement reproductible et intéressante à utiliser du fait de la variabilité des plans de référence intra-crâniens comme le Plan de Frankfort.

## **2. Rappels de croissance verticale**

Selon Proffit, (1) la croissance dans le sens transversal est la première à se terminer et ce, avant même l'adolescence. Les croissances dans les sens horizontal et vertical se poursuivent au-delà. Toutefois, c'est la croissance verticale qui est la dernière à être complétée, principalement au niveau de la mandibule, parfois jusque dans la vingtaine chez les garçons et un peu avant chez les filles.

### **2.1 Croissance verticale du maxillaire**

Selon Bjork, (19) la croissance du maxillaire s'effectue de façon continue jusqu'à l'adolescence même si son rythme va varier en fonction des périodes de la vie. Elle diminue juste avant la puberté et ré-augmente au moment du pic pubertaire.

La croissance verticale se fait vers le bas grâce à l'action des sutures fronto-maxillaire, fronto-malaire et maxillo-malaire. On constate également des phénomènes de remodelage des procès alvéolaires ainsi que du palais avec pour conséquence un déplacement vers le bas et vers l'avant de l'os maxillaire. Ces deux phénomènes représentent la phase active de la croissance du maxillaire. C'est Enlow (20) qui a le premier introduit la notion de remodelage par phénomène d'apposition et de résorption. Le maxillaire croît tout d'abord par action au niveau des sutures puis le relais est pris par ces phénomènes de remodelage vers l'âge de 7 ans.

Il existe également un phénomène de croissance passive du maxillaire du fait du déplacement secondaire dû à la croissance de la base du crâne qui pousse le maxillaire vers le bas et l'avant jusqu'à l'âge de 6 ans.

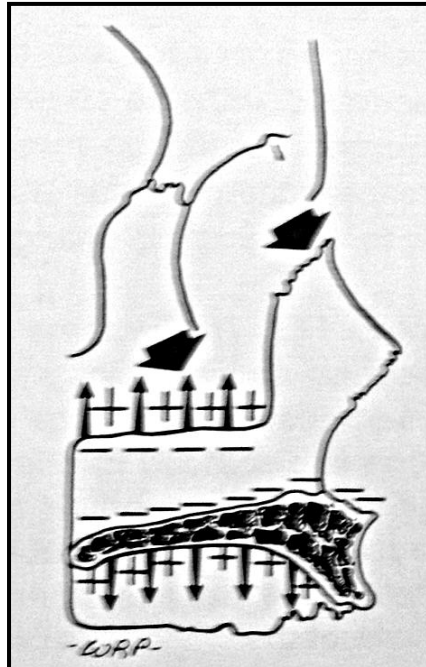


Figure 1. Croissance verticale du maxillaire adapté de Enlow dans Akinin (21)

## 2.2 Croissance verticale des procès alvéolaires

On dit que l'os alvéolaire « naît, vit et meurt » avec les dents, sous-entendu que le développement alvéolaire est en relation étroite avec l'éruption dentaire. Ils jouent un véritable rôle de rattrapage entre les croissances maxillaire et mandibulaire, raison pour laquelle il n'y a souvent pas de lien entre le décalage squelettique et le décalage alvéolaire selon Château (22) et qui pourrait même dans certaines situations limiter la gravité de la malocclusion par compensation.

La croissance alvéolaire est plus importante au maxillaire qu'à la mandibule avec également une croissance plus marquée au niveau postérieur qu'antérieur selon Riolo, Enlow et Solow. Elle se produit de façon concomitante avec la descente du palais. (22) Cette croissance ne cesse jamais au cours de la vie du fait de l'usure dentaire et des phénomènes d'abrasion.

## 2.3 Croissance verticale de la mandibule

### 2.3.1 Croissance du condyle

Le cartilage du condyle est un site de croissance secondaire de la mandibule qui s'adapte à la croissance de la base du crâne du fait de son interrelation avec celle-ci via la cavité glénoïde. Bjork, Skieller, Enlow et Scott (21) pensent que c'est le condyle qui est responsable de la grande majorité de la croissance en hauteur de la mandibule.

Sa croissance est à la fois endochondrale (cartilagineuse) et modelante (osseuse). Elle se fait selon le principe du « V » de Enlow par apposition en direction de la croissance et résorption dans la direction opposée à la croissance. Ceci résulte en l'élargissement du V dans la direction de la croissance. (21)

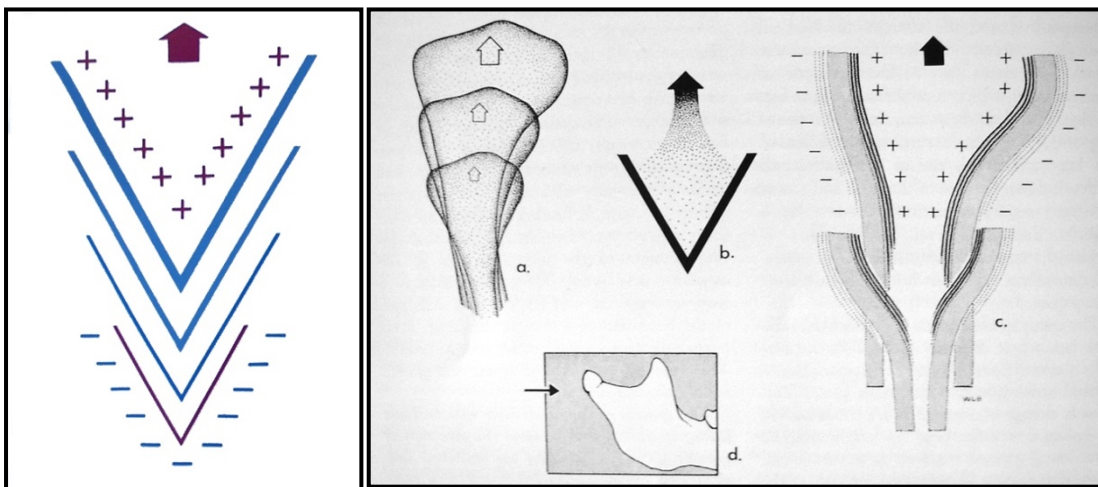


Figure 2. Principe du V de Enlow et croissance du condyle selon Enlow (21)

Selon Copray, (23) le cartilage condylien possède deux rôles distincts qui vont s'exprimer à tour de rôle au cours de la croissance de l'individu : croissance et articulation. À un moment du développement, ces deux fonctions vont cohabiter et s'exprimer en même temps bien que l'une prédomine toujours sur l'autre.



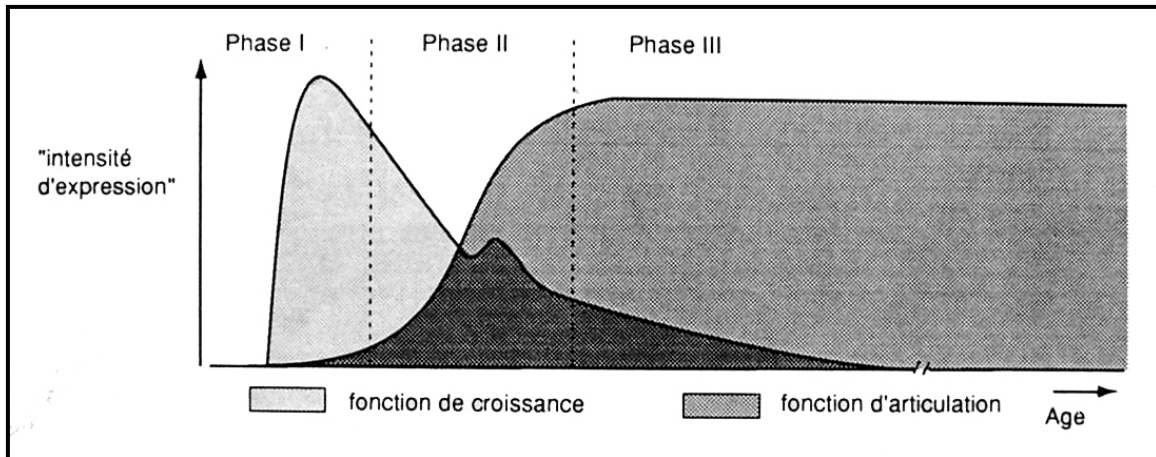


Figure 3. Évolution des fonctions du cartilage condylien lors de la croissance selon Copray (21)

Selon Björk, (24) il existe de grandes variations de la direction de croissance du condyle en fonction des individus. Elle est en moyenne de  $-6^\circ$  (rotation antérieure modérée), mais peut varier de  $-26^\circ$  à  $+16^\circ$ . Sa croissance se poursuit au-delà de la fin de la croissance suturale et staturale, en lien avec l'arrêt tardif de la croissance dans le sens vertical.

### 2.3.2 Croissance verticale au niveau du reste de la mandibule

Bien que le cartilage du condyle contribue pour la grande majorité à l'établissement de la dimension verticale de la mandibule, il convient de ne pas omettre les autres sites où se produit également une partie de la croissance en hauteur : (21)

- Au niveau de la symphyse se produit une faible augmentation de hauteur due au repositionnement de l'incisive inférieure au cours de la croissance.
- Au niveau du ramus va se produire un changement de la forme de l'angle mandibulaire, selon Bjork, en fonction du type de croissance observée, soit antérieure ou postérieure.
- On observe une apposition périostée au niveau de l'échancrure mandibulaire qui provoque une augmentation de la hauteur du corps de la mandibule.

### 2.3.3 Les rotations mandibulaires

#### 2.3.3.1 Composantes des rotations selon Björk et Skieller (25)

En 1983, Bjork et Skieller déterminent trois composantes des rotations mandibulaires :

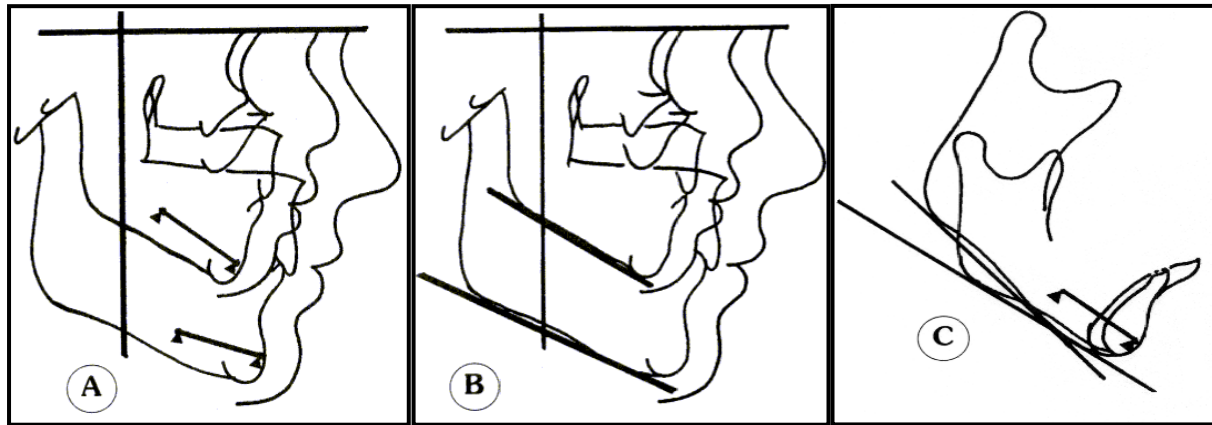
- La rotation totale
- La rotation matricielle
- La rotation intra-matricielle

La rotation totale est définie comme étant le changement d'inclinaison d'une ligne de référence dans la mandibule par rapport à la base du crâne.

La rotation de la matrice représente la rotation de la matrice des tissus mous de la mandibule toujours par rapport à la base du crâne. On utilise comme ligne de référence la ligne ML1 (Mandibular Line) qui est tangente au bord inférieur de la mandibule sur la radiographie céphalométrique. Il s'agit d'un mouvement de pendule dont le condyle est le centre de rotation.

La rotation intra-matricielle est la différence entre la rotation totale et la rotation de la matrice et se définit par un changement d'inclinaison entre la ligne de référence dans la mandibule et la tangente à son bord inférieur. Il s'agit en réalité du remodelage du bord inférieur de la mandibule. Dans ce cas, le centre de rotation se situe dans le corps mandibulaire.

Dans leur étude, ils constatent que dans la majorité des cas, le corps de la mandibule fait une rotation vers l'avant par rapport à la base du crâne au cours de la croissance. Les tissus mous font également une rotation vers l'avant ou l'arrière, mais de plus faible intensité. L'équilibre entre ces deux systèmes est assuré par le remodelage du corps et du ramus.



Rotation totale

Rotation matricielle

Rotation intra matricielle

Figure 4. Composantes des rotations mandibulaires selon Bjork et Skieller (21)

D'autres auteurs tels que Proffit ou Solow ont donné d'autres dénominations aux mêmes composantes des rotations mandibulaires.

Condition	Bjork	Solow,Houston	Proffit
Croissance postérieure plus importante que l'antérieure	Rotation antérieure		
Croissance antérieure plus importante que la postérieure	Rotation postérieure		
Rotation du corps mandibulaire par rapport à la base du crâne	Rotation totale	Rotation vraie	Rotation interne
Rotation du plan mandibulaire par rapport à la base du crâne	Rotation matricielle	Rotation apparente	Rotation totale
Rotation du plan mandibulaire par rapport au corps mandibulaire	Rotation intra-matricielle	Remodelage du bord inférieur	Rotation externe
Proffit : Rotation totale = rotation interne – rotation externe Bjork : Rotation matricielle = rotation totale – rotation intra-matricielle Solow : Rotation apparente = rotation vraie – remodelage du bord inférieur			

Figure 5. Différentes terminologies des rotations mandibulaires selon plusieurs auteurs (Proffit) (1)

### 2.3.3.2 Types de rotations selon Björk (26)

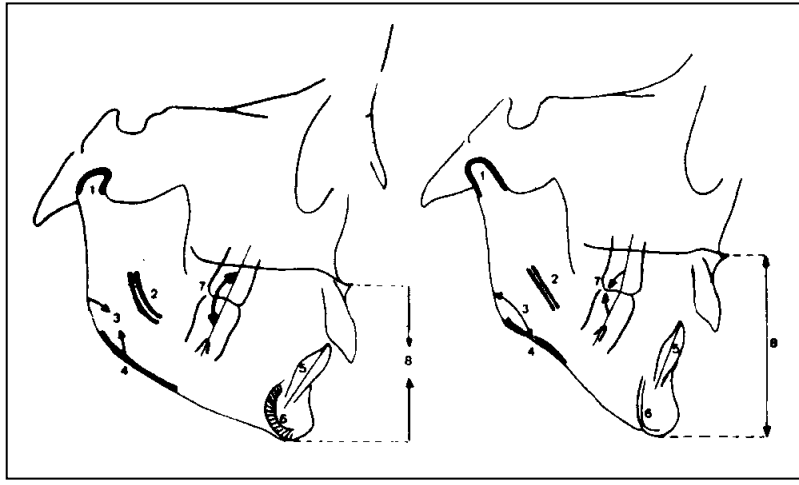


Figure 6. A gauche rotation antérieure, à droite rotation postérieure selon Björk (26)

#### - Les rotations antérieures :

**Type I :** Le centre de rotation se situe au niveau des condyles. Cette rotation entraîne une augmentation du surplomb vertical et se caractérise par une hauteur faciale antérieure diminuée. Elle peut être causée par une perturbation de l'occlusion telle qu'une édentation ou une pression musculaire excessive.

**Type II :** Le centre de rotation se situe cette fois au niveau des incisives inférieures. On constate à la fois une hauteur faciale postérieure nettement augmentée et une hauteur faciale antérieure augmentée de façon normale. La croissance verticale du condyle provoque surtout une rotation de la mandibule qui est compensée par l'éruption des molaires. Au cours de la croissance, le menton apparaît de plus en plus prononcé.

**Type III :** Le centre de rotation est au niveau des prémolaires. Dans ce cas, l'occlusion n'est pas normale et présente un surplomb horizontal très largement augmenté. On observe une augmentation de la hauteur faciale antérieure et une diminution de la hauteur faciale postérieure.

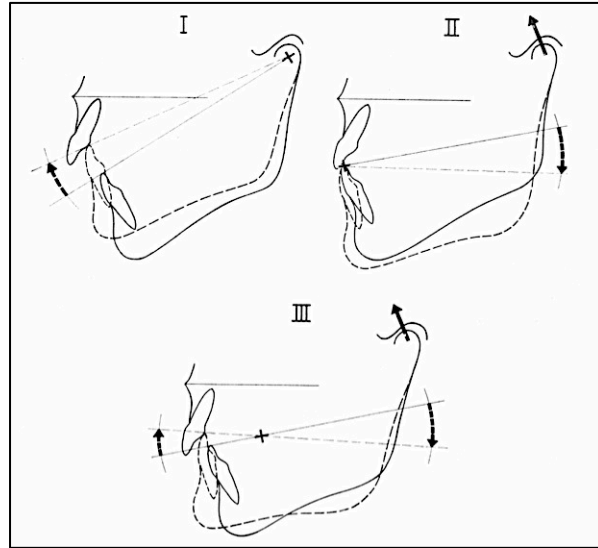


Figure 7. Types des rotations mandibulaires antérieures. (26)

- **Les rotations postérieures :**

Tout comme dans le cas des rotations antérieures, il en existe plusieurs types :

**Type I :** Le centre de rotation se situe, comme dans le cas du type I des rotations antérieures, au niveau des condyles. Il se produit l'inverse de la rotation antérieure : béance antérieure et hauteur faciale antérieure augmentée

**Type II :** Il ressemble davantage au type III des rotations antérieures avec un centre de rotation localisé au niveau des molaires qui cause un abaissement et un repositionnement du menton vers l'arrière.

Il n'existe que deux types de rotations postérieures contrairement aux rotations antérieures.

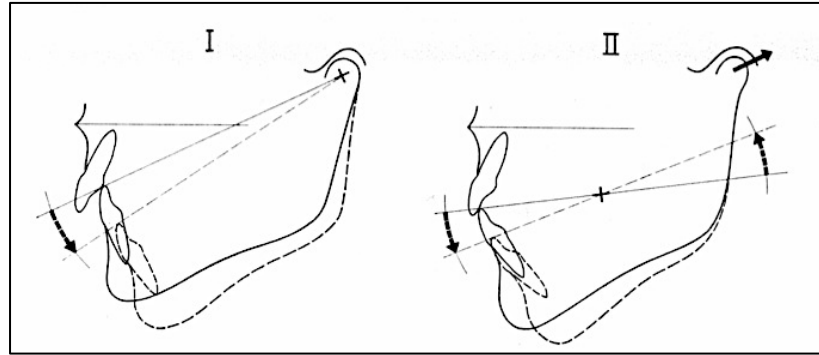


Figure 8. Types des rotations mandibulaires postérieures (26)

#### 2.4.1 Prédiction des rotations mandibulaires

Selon Bjork et Skieller (27) en 1984, il est possible d'estimer la direction et le montant des rotations mandibulaires grâce à certaines variables mesurées sur une téléradiographie de profil prise au moment de la puberté. Cependant, leur étude portait sur des cas extrêmes de rotations mandibulaires et Leslie (28) en 1998 a démontré que ces indicateurs ne sont pas toujours utilisables en clinique. Ils restent cependant applicables dans les cas extrêmes de rotations.

- Index I :

Cet indice représente la relation proportionnelle entre les hauteurs faciales postérieure et antérieure.

$$\text{Index I} = \frac{s-tgo \times 100}{n-gn}$$

n: Nasion; gn: Gnathion, s: Sella, tgo: gonion

On peut expliquer 62% de la variabilité de la rotation mandibulaire de l'échantillon grâce à cet index. Les valeurs suivantes permettent, une fois combinées à l'Index I, d'expliquer aussi bien que possible le reste de la variabilité des rotations observées.

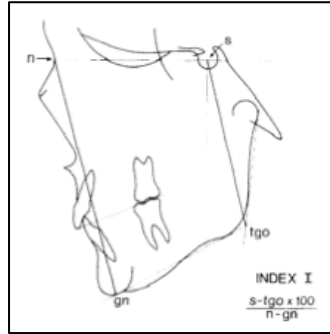


Figure 9. Index I (27)

- Angle inter-molaires :

Il s'agit de la seconde variable la plus importante lors de la prédiction des rotations de la mandibule. Elle explique à elle seule 39% des variabilités des rotations mandibulaires. Combinée à l'index I, elle rend compte de 76% de ces variabilités.

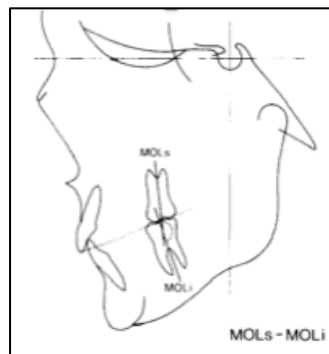


Figure 10. Angle inter-molaires (27)

- Angle entre les deux lignes mandibulaires de référence :

Cet indicateur rend compte du remodelage du rebord inférieur de la mandibule. Une fois ces trois variables combinées, on peut prédire 81% des variations de rotation mandibulaire bien qu'elles ne soient que modérément corrélées. Cette seule variable en explique 27%.

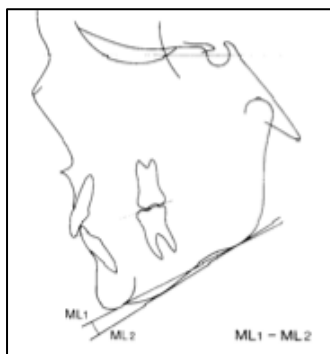


Figure 11. Angle entre les deux lignes mandibulaires de référence (27)

- Inclinaison de la symphyse :

Elle est mesurée par l'angle de la symphyse avec la ligne de référence Sella-Nasion. À elle seule, elle explique 38% des variations tandis que combinées aux trois autres variables, elles en expriment 86%.

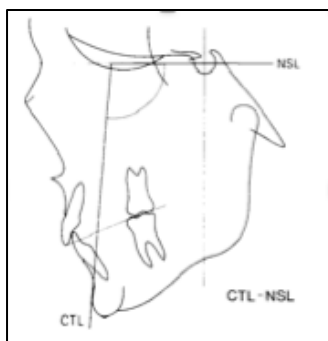


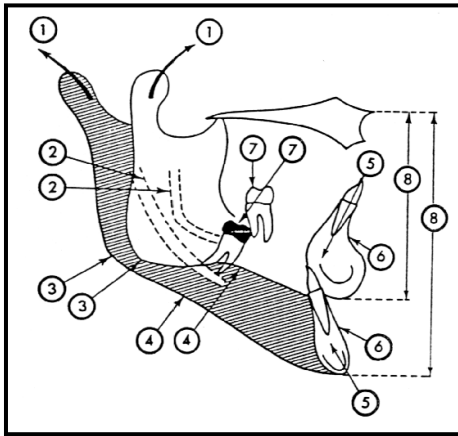
Figure 12. Inclinaison de la symphyse (27)

Il n'a pas été possible de mettre en évidence une 5<sup>ème</sup> variable statistiquement significative. Avec la combinaison des 4 variables, la différence moyenne entre la rotation observée et la prévision diminue de moitié. (27)



## 2.4.2 Prévisions de croissance de Björk

Les travaux de Björk ont permis de déterminer un certain nombre de signes cliniques repérables sur des téléradiographies de profil et aidant le praticien à identifier les rotations de la mandibule. Bien que ceux-ci ne soient pas toujours retrouvés chez une même personne, l'augmentation de leur nombre permet une prédiction plus précise.



1. Direction de croissance condylienne
2. Inclinaison du canal dentaire
3. Angle gonial
4. Bord mandibulaire
5. Axe de la symphyse
6. Forme de la symphyse
7. Axe de la première molaire inférieure
8. Dimension verticale

Figure 13. Signes structuraux de BJORK suivant le type squelettique (Langlade et Picaud, 1972) (29)

Caractères	Rotation antérieure	Rotation postérieure
1. Direction du col du condyle	Trapu et dirigé en avant	Allongé, grêle et incliné en arrière
2. Image du canal dentaire inférieur	Courbe	Rectiligne
3. Angle mandibulaire	Fermé	Ouvert
4. Échancrure pré-angulaire	Bord inférieur de la mandibule en « rocking chair »	Existence d'une échancrure pré-angulaire
5. Angle inter-incisif	Ouvert	Fermé
6. Symphyse mentonnière Corticale osseuse	Épaisse Épaisse	Peu épaisse Mince
7. Angle postérieur entre les axes des premières molaires permanentes	> 180°	< 180°
8. Hauteur de l'étage inférieur	Diminuée	Augmentée

Figure 14. Tableau des caractères déterminants dans la typologie de BJORK (Philippe et Loreille, 2000).

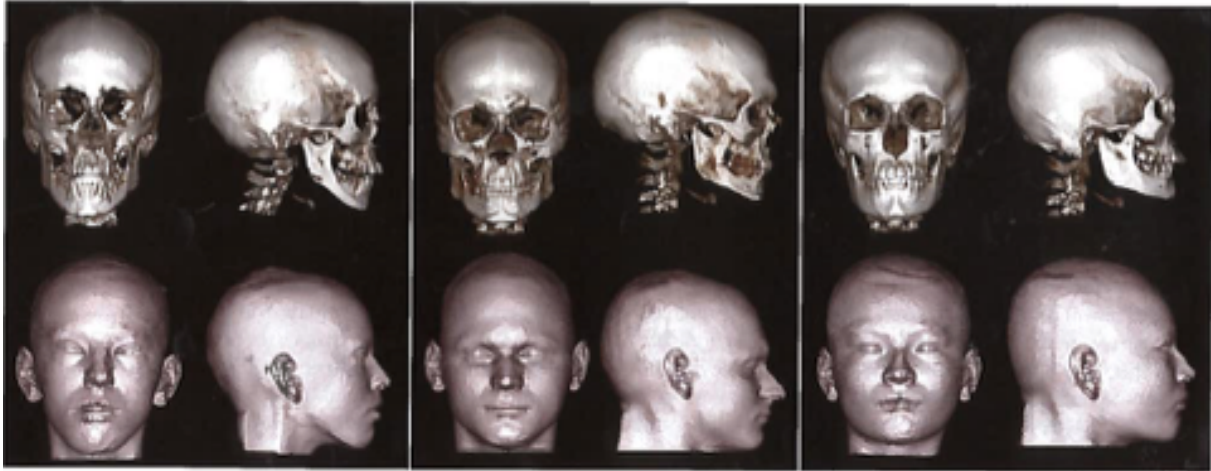
### 3. La divergence faciale

#### 3.1 Définitions

Le premier à avoir employé le terme de divergence faciale est Schudy (30) en 1964 en introduisant les notions d'« hyperdivergent » et « hypodivergent » comme en étant les extrêmes. Pour lui, il s'agit de mettre un nom sur les dysplasies faciales squelettiques du sens vertical afin de mettre en place des thérapeutiques adaptées. Selon Delaire, (31) l'hyperdivergence se caractérise par « un plan mandibulaire trop oblique en bas et en avant et la longueur du segment Épine Nasale Antérieure – Partie inférieure de la symphyse mentonnière, qui est excessive ».

D'autres appellations ont ensuite été données afin de caractériser ces anomalies : (31)

- Micro-oto-dysplasie (Bimler)
- Rotation antérieure / postérieure (Bjork) : ne sont pas réellement des synonymes car elles mesurent les variations des dimensions verticales entre deux instants donnés
- Excès vertical antérieur / Insuffisance verticale antérieure (Muller) : s'intéresse à un déséquilibre entre les parties antérieure et postérieure de la face
- Leptoprosopie / Euryprosopie (Muzj)
- Dolichofacial / Brachyfacial (Ricketts) : termes issus de l'anthropologie qui témoignent des proportions entre les dimensions verticales et transversale de la face
- Open-bite / Deep-bite (Sassouni)
- Long face syndrome (Bell-Schendel) / Short face syndrome (Opdebeeck) : ne s'intéresse qu'à la partie antérieure de la face en tenant compte de la hauteur du ramus, de l'angle du plan mandibulaire, de l'indice de proportion faciale (valeur normale de 10) et de la hauteur alvéolaire maxillaire postérieure



A

B

C

Figure 15. A. Hyperdivergence B. Normodivergence C. Hypodivergence (32)

### 3.2 Évaluation de la divergence faciale en clinique

Il est essentiel de déterminer avant le début du traitement d'orthodontie quel est le type de croissance faciale, hypodivergence, normodivergence ou hyperdivergence, qui s'exprime afin d'établir le meilleur plan de traitement possible. Comme vu précédemment, un certain nombre d'auteurs se sont intéressés à la prédiction de cette croissance et certains ont même pu trouver des associations entre la morphologie de la mandibule et la direction de croissance à venir alors que d'autres n'en ont au contraire pas trouvé. Il a cependant été démontré que le patron de croissance faciale ne présente plus de changement après la fin de la dentition primaire (33) et peut ainsi être étudié grâce à différents moyens tels que la céphalométrie et l'utilisation de certains indices.

#### 3.2.1 Les analyses céphalométriques

##### 3.2.1.1 Analyse de Tweed (34)

La détermination de la direction de croissance selon Tweed se base sur la valeur de l'angle FMA. Cet angle est formé entre le plan mandibulaire de Downs et le plan de Frankfort.

- $FMA \leq 20^\circ$  : direction de croissance horizontale

- $20^\circ < \text{FMA} < 30^\circ$  : direction de croissance harmonieuse
- $\text{FMA} \geq 30^\circ$  : direction de croissance verticale et moins bon pronostic du traitement

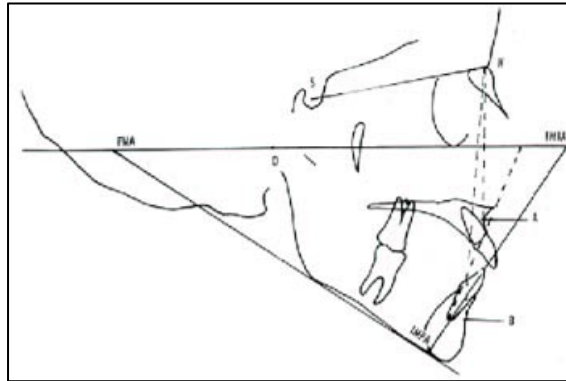


Figure 16. Triangle de Tweed dans Muller (35)

L'analyse de Downs utilise le même angle avec de valeurs légèrement différentes. La valeur moyenne est de  $22^\circ$  et les extrêmes sont de  $17^\circ$  et  $28^\circ$ .

### 3.2.1.2 Analyse de Wylie (36)

Wylie mesure le ratio entre les hauteurs faciales supérieures et inférieures en considérant que la face est divisée entre les points Nasion et Menton par l'Épine Nasale Antérieure.

La proportion de l'étage supérieure doit être de 45% tandis que celle de l'étage inférieure doit être de 55% pour que la croissance soit considérée comme harmonieuse.

$$\frac{\text{Hauteur de l'étage supérieur}}{\text{Hauteur faciale totale}} \times 100$$

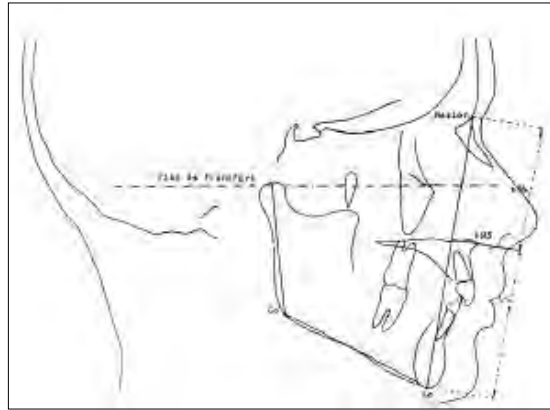


Figure 17. Mesures utilisées dans la détermination de la dimension verticale selon Wylie dans Muller (37)

Selon Johnson, lorsque la hauteur du profil est augmentée, cela démontre un déséquilibre dans la croissance de la face, principalement dû à un mauvais développement des procès alvéolaires.

### 3.2.1.3 Analyse de Sassouni (38)

Sassouni utilise 4 plans qui doivent converger en un point O situé postérieurement lorsque la croissance est équilibrée :

- Plan de la base du crâne
- Plan palatin
- Plan d'occlusion
- Plan mandibulaire

En ce qui concerne la dimension verticale, l'axe de symétrie est le plan palatin. La face est considérée comme ayant une croissance harmonieuse lorsque :

- Les distances ANS – base du crâne et ANS – plan mandibulaire sont égales
- Les distances PNS – base du crâne et PNS – plan mandibulaire sont égales

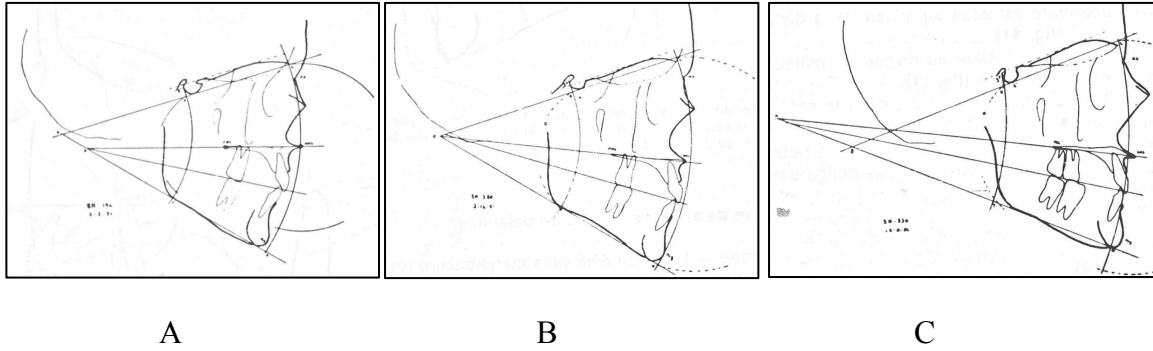


Figure 18. Étude de l'équilibre vertical selon Sassouni dans Muller (37). A : Augmentation de la région inférieure. B : Équilibre des régions. C : Augmentation de la région supérieure

Pour l'étude de la dimension verticale, Sassouni regarde également d'autres mesures telles que : l'angle gonial, l'inclinaison du plan mandibulaire, la convergence des plans, les ratios des étages faciaux antérieurs et postérieurs, ainsi que l'inclinaison du plan palatin.

### 3.2.1.4 Analyse de Bimler (39)

La hauteur relative de la face va être déterminée grâce à l'utilisation de plusieurs plans :

- Plan mandibulaire (facteur 3)
- Plan du clivus (facteur 5)
- Plan palatin (facteur 4)

La valeur de l'angle facial basal, mesuré entre les plans mandibulaire et du clivus varie de 50° pour les patients ayant une face plutôt profonde jusqu'à 125° pour ceux ayant une face très allongée.

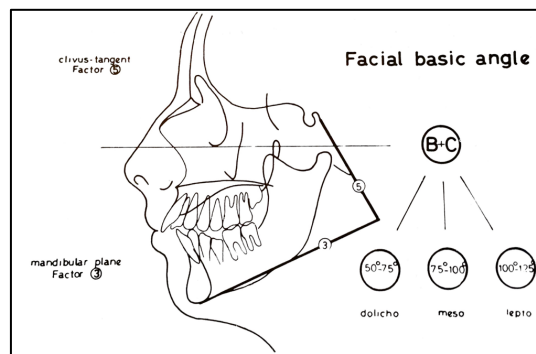


Figure 19. Détermination de la hauteur et de la profondeur de la face selon Bimler dans Muller (37)

### 3.2.1.5 Analyse de Ricketts (40)

Ricketts a déterminé un index nommé VERT index de Ricketts, permettant de classier la face en 6 types à l'aide de 5 mesures : brachyfacial sévère, brachyfacial, mésofacial, dolichofacial léger, dolichofacial et dolichofacial sévère.

Pour cela, on va mesurer :

- L'axe facial (1) : il permet de déterminer la direction générale de la croissance. Lorsque cet axe est diminué, cela tend à montrer une direction dans le sens vertical, de type dolichofacial
- L'angle facial (2) : il est diminué chez le patient dolichofacial car il représente la position du menton
- L'angle du plan mandibulaire (3),
- La hauteur faciale antéro-inférieure (4) : divergence du maxillaire et de la mandibule
- L'arc mandibulaire (5) : angle entre le corps mandibulaire et la branche montante, diminué chez les dolichofaciaux

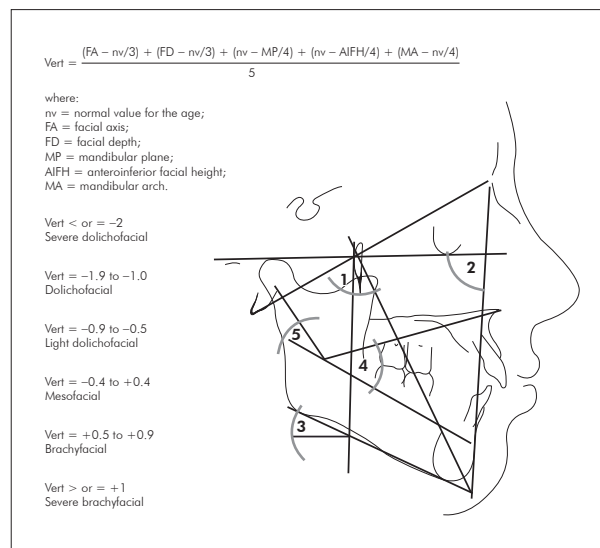


Figure 20. Les cinq mesures utilisées dans le VERT index de Ricketts (36)

Selon Ricketts, il est important de classier les patients dans le but d'établir le meilleur plan de traitement qui soit en fonction de la typologie de chacun.

### 3.2.1.6 Classification de Siriwat et Jarabat (41)

Les types de croissance sont obtenus en déterminant le coefficient de Jarabak calculé au moyen du ratio des hauteurs faciales :

- Hyperdivergent : 54-58%
- Neutre : 59-63%
- Hypodivergent : 64-80%

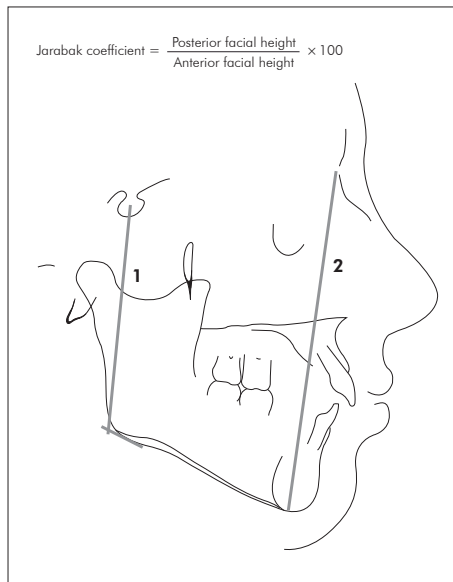


Figure 21. Mesures céphalométriques utilisées pour le calcul du coefficient de Jarabak. 1 : HFP, 2 : HFA (41)

### 3.2.1.6 Analyse de Biggerstaff (42)

Biggerstaff (42) décide de créer une nouvelle analyse en 1977 du fait du manque dans les analyses du moment de critères de détermination de la dimension verticale. Il utilise 10 mesures linéaires dont il va calculer les ratios entre les dimensions verticales antérieures et postérieures.

Dans son analyse, la dimension verticale postérieure est toujours le numérateur tandis que la dimension antérieure est le dénominateur de l'équation. Si on observe une augmentation de la dimension verticale antérieure par rapport à la partie postérieure, le ratio sera diminué et



inférieur à la valeur normale et inversement en cas de diminution de la dimension antérieure. Cela permet de détecter des zones spécifiques de dysplasie pour chaque patient.

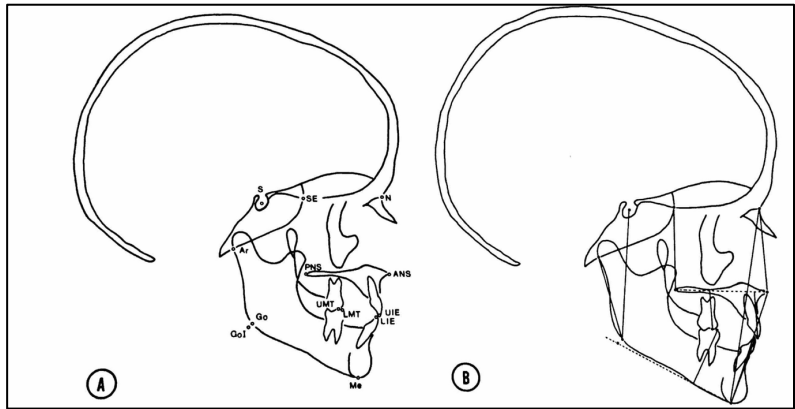


Figure 22. Tracé céphalométrique montrant les marqueurs utilisés dans l'analyse (42)

**Table I.** The descriptive statistics for skeletal and dentoalveolar ratios<sup>a</sup> of anterior and posterior vertical relationships in 12- and 16-year-old boys and girls

Vertical relationship		Males		Females	
		12 yr.	16 yr.	12 yr.	16 yr.
SE-PNS	$\bar{X}$	0.91	0.92	0.89	0.89
N-ANS	s	0.07	0.07	0.06	0.06
S-Go	$\bar{X}$	0.63	0.65	0.62	0.64
N-Me	s	0.04	0.04	0.05	0.02
Ar-Go	$\bar{X}$	0.66	0.65	0.68	0.72
ANS-Me	s	0.07	0.04	0.08	0.06
UMT $\perp$ ANS-PNS	$\bar{X}$	0.75	0.84	0.78	0.83
UIE $\perp$ ANS-PNS	s	0.05	0.05	0.06	0.05
LMT $\perp$ GoI-Me	$\bar{X}$	0.76	0.78	0.75	0.78
LIE $\perp$ GoI-Me	s	0.03	0.03	0.05	0.03

<sup>a</sup>Ratio data for 6- to 11- and 13- to 15-year-old boys and girls are available.

Figure 23. Statistiques descriptives des ratios squelettiques et dento-alvéolaires des relations verticales antérieures et postérieures chez les garçons et filles de 12 et 16 ans (42)

### 3.2.1.7 Analyse architecturale de Delaire

Selon Delaire, il est important « d'objectiver et de quantifier les variations d'équilibre cranio-faciales du sujet examiné par rapport à l'équilibre normal qui aurait dû être le sien ». C'est le but de cette analyse architecturale. (37)

Pour l'orthodontiste, cela permet d'observer la position dentaire dans un contexte global tenant compte de toute la face et des structures rachidiennes.

Son analyse faciale comporte 8 lignes CF1 à CF8 (lignes Cranio-Faciales). CF4 à CF8 sont celles qui permettent d'apprécier la dimension verticale.

- CF4 : ligne crânio-palatine : permet de déterminer s'il existe un déséquilibre vertical conséquent.
- CF5 : ligne d'équilibre facial vertical antérieur : elle permet de calculer les proportions de la face antérieure selon les mêmes proportions que Muller.
- CF6 : ligne occipito-mandibulaire : cette ligne devrait être tangente au rebord inférieur de la mandibule en passant par les points Menton et Occipital.
- CF7 : ligne occipito-occlusale : en principe, elle doit être similaire au plan occlusal.
- CF8 : ligne d'équilibre facial vertical antéro-postérieur : elle permet de repérer s'il existe un problème de position de ENA ainsi qu'un maxillaire hypoplasique dans le sens vertical.

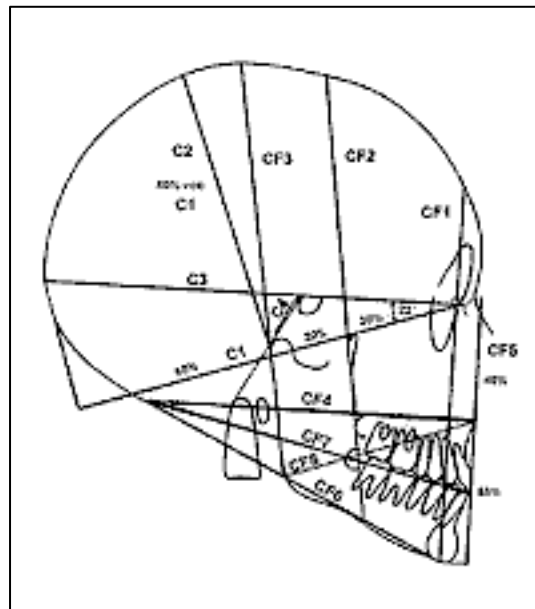


Figure 24. Les différentes lignes de l'analyse de Delaire (43)

### 3.2.1.8 Analyse céphalométrique de profil fonctionnelle et esthétique de Gola et Cheynet

Il s'agit d'une nouvelle analyse basée sur la base exo-crânienne. Gola et Cheynet (44) considèrent que la face est située entre le plan exobasicrânien (Nasion-Glénion ou à défaut Nasion-Porion) et le plan mandibulaire que nous connaissons. C'est l'angle formé entre ces deux plans qui permet de déterminer la divergence faciale. Sa mesure moyenne est de 40°.

Lorsque la valeur de l'angle est augmentée, comme dans le cas de l'hyperdivergence, cela peut être le signe d'un excès vertical antérieur et/ou d'une micro-ramie.

À l'inverse, lorsque la valeur de l'angle diminue, dans le cas des hypodivergents, on peut observer une insuffisance verticale antérieure ou un excès vertical postérieur.

Un angle considéré comme étant dans la norme peut malgré tout se retrouver chez les patients avec des croissances horizontale ou verticale du fait de mécanismes de compensation.

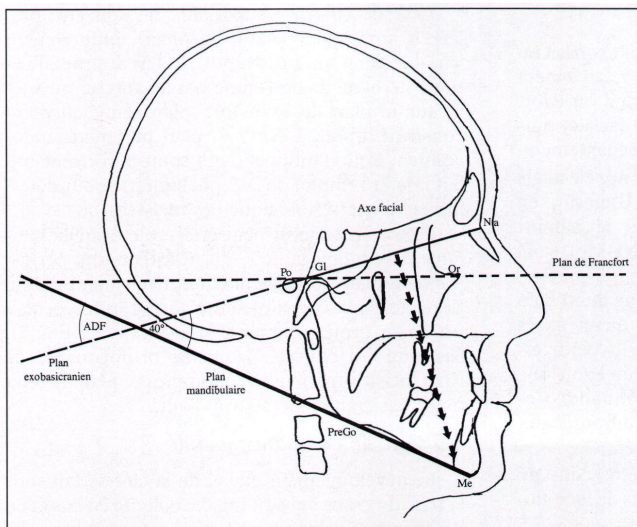


Figure 25. Plans permettant de déterminer la divergence faciale dans l'analyse de Gola et Cheynet (44)

### 3.2.2 Caractéristiques des hypo- et hyperdivergents

#### 3.2.2.1 Caractéristiques céphalométriques

Chez les patients hyperdivergents, on constate une augmentation de la hauteur faciale antérieure et / ou une diminution de la hauteur faciale postérieure avec une augmentation du ratio des hauteurs faciales. La branche montante est courte et le condyle est dirigé vers l'arrière. L'ensemble des plans intra-crâniens sont divergents vers l'avant et la hauteur des procès alvéolaires est également supérieure à la moyenne.

À l'inverse, chez les patients hypodivergents, les plans intra-crâniens sont plutôt horizontaux avec une diminution du ratio des hauteurs faciales : la hauteur faciale antérieure est diminuée tandis que le ramus est plus long que la moyenne. L'angle gonial est fermé et les procès alvéolaires sont diminués en hauteur. (2) (45)

	Hypodivergents	Normodivergents	Hyperdivergents
Hauteur faciale antérieure totale Na-Me	114.8mm	117.8mm	125.8mm
Hauteur faciale antérieure supérieure Na-ANS	52.87mm	51.3mm	50.84mm
Hauteur faciale antérieure inférieure ANS-Me	62.13mm	66.5mm	74.96mm
<b>Ratio ANS-Me / Na-Me</b>	54.12%	56.45%	59.59%
Hauteur faciale postérieure totale : distance de la ligne SN au plan mandibulaire passant par Ar	79.53mm	74.01mm	72mm
<b>Ratio hauteur faciale postérieure totale / Na-Me</b>	69.28%	62.91%	57.23%
Hauteur du ramus	50mm	45.8mm	42.8mm
<b>Ratio hauteur ramus / ANS-Me</b>	79.67%	68%	56.46%
Angle gonial	116.26°	125.1°	131.76°

Figure 26. Valeurs céphalométriques verticales selon Schudy (45)

#### 3.2.2.2 Caractéristiques fonctionnelles

Selon Boileau et Canal, (2) on peut retrouver chez les hypodivergents, une modification de la posture du crâne (en flexion) ainsi qu'une augmentation de l'activité des muscles de la mastication qui va conduire à une diminution de l'éruption des dents postérieures et ainsi à une

diminution de la hauteur des procès alvéolaires. La sangle ptérygo-massétérique s'insère davantage dans la portion antérieure du corps mandibulaire et du bruxisme est fréquemment noté chez ces patients.

Dans le cas de l'hyperdivergence, une modification de la posture céphalique et également possible mais en extension et non plus en flexion. La langue a une position basse avec une macroglossie relative et des possibles troubles de l'élocution et de la déglutition. Les muscles masticateurs sont peu développés, autorisant une plus grande éruption des dents postérieures, avec une augmentation de la hauteur des procès alvéolaires. Il est souvent constaté des habitudes de succion avec développement d'un open-bite antérieur.

Selon Proffit, (46) il y aurait une diminution de la force masticatoire chez les patients adultes long-face lors de l'effort maximum de mastication, la mastication simulée ainsi que la déglutition par rapport à des individus ayant des dimensions faciales moyennes. Cependant, chez les enfants, il n'a constaté aucune différence statistiquement significative entre les hyperdivergents et les normodivergents, ce qui pourrait indiquer une augmentation de l'efficacité masticatoire au moment de la puberté chez les patients normodivergents, tandis qu'elle resterait similaire chez les hyperdivergents. Il en conclue que la force masticatoire ne serait pas un facteur environnemental majeur dans le développement de problèmes de croissance verticale.

Les expériences de Harvold et al. (47) sur l'obstruction nasale totale chez les primates ont démontré des modifications de leur croissance faciale. Il est rare chez les enfants d'observer ce type d'obstruction, mais dans les cas où cela arrive, une sévère rotation de la mandibule vers le bas et l'arrière menant progressivement à une hyperdivergence importante sera observée.

# **PARTIE II : RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

## **1. Introduction**

En orthodontie, le diagnostic de la malocclusion d'un patient va se faire selon différents critères. Il est tout d'abord esthétique car il nous faut impérativement améliorer ou ne pas dégrader l'esthétique. De plus, il s'agit bien souvent de la demande principale de nos patients. Mais il est également fonctionnel et squelettique. En effet, il s'agit de rétablir des rapports squelettiques harmonieux tout en tenant compte des caractéristiques individuelles de chacun. Certains patients auront une croissance à tendance verticale et il nous faudra faire en sorte de ne pas aggraver cette tendance par l'utilisation de nos mécaniques orthodontiques. D'autres auront une direction de croissance horizontale, ce qui nous empêchera parfois de réaliser des extractions et nous contraindra à nous orienter vers des chirurgies maxillo-faciales. Il est donc essentiel et même indispensable de bien analyser le profil squelettique de chacun afin de pouvoir adapter nos thérapeutiques et de traiter nos patients dans les meilleures conditions possibles. La direction de croissance d'un patient pourra notamment être évaluée grâce à la détermination de la divergence faciale. (1) (2) (22) (45) (46)

Selon Proffit, (1) il existe différentes façons utilisées par les orthodontistes pour évaluer et quantifier la divergence faciale d'un patient à partir d'une radiographie céphalométrique latérale comme :

- Le FMA (34);
- Le rapport des étages faciaux;
- L'axe Y (7) (8) (9);
- L'inclinaison du plan palatin;
- L'angle gonial;
- La dimension de la branche montante mandibulaire.

Selon Boileau et Canal, (2) on peut également ajouter la divergence des plans intra-crâniens ainsi que l'orientation du ramus afin de compléter le diagnostic.

Une des méthodes rapide et visuelle couramment utilisées de nos jours par les orthodontistes est le prolongement postérieur du plan mandibulaire jusqu'à l'écaille de l'occipital afin d'en évaluer leur relation.

Nous pouvons distinguer trois cas de figure :

- Le plan mandibulaire passe sous l'écaille de l'occipital : hypodivergence;
- Le plan mandibulaire passe au-dessus de l'écaille de l'occipital : hyperdivergence;
- Le plan mandibulaire est tangent à l'écaille de l'occipital ou très proche : normodivergence.

Il existe très peu d'articles dans la littérature mentionnant le prolongement postérieur du plan mandibulaire. L'auteur l'ayant le plus étudié était Margolis H. (39–47) qui l'a même nommé « la relation plan mandibulaire-occiput ». Il se contentait cependant d'étudier une population considérée comme « normale » et ayant une occlusion idéale. D'autres auteurs comme Hocevar R. et Stewart M. (48) se sont basés sur ses observations afin d'étudier les lignes de référence pour l'angle du plan mandibulaire et de le comparer au FMA. Selon leur étude, la règle de Margolis sur la relation entre le plan mandibulaire et l'occiput est une indication valable de l'inclinaison du plan mandibulaire : lorsque l'inclinaison du plan mandibulaire est dans la moyenne, son extension postérieure est tangente à la surface de l'os occipital.

Néanmoins, la plupart des auteurs se contentent de prendre ce mythe pour acquis bien qu'il n'y ait pas réellement eu d'études approfondies sur ce sujet.

Cependant, à l'heure actuelle, nous ignorons si cette évaluation est fiable dans la majorité des cas. Notre recherche va nous permettre de déterminer si celle-ci est applicable et donc réelle. Le cas échéant, nous serons à même d'établir une méthode précise d'utilisation de ce diagnostic de la divergence squelettique des patients. Nous allons pour cela devoir préalablement déterminer la divergence faciale du patient sur la radiographie céphalométrique latérale afin de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

## **2. Objectifs de recherche**

### **2.1 Objectif principal**

L'objectif primaire de notre étude est de déterminer si la relation du prolongement du plan mandibulaire avec l'écaïlle de l'occipital est un bon outil pour déterminer la divergence faciale par rapport aux autres mesures classiquement utilisées (FMA, rapport des étages faciaux, angle gonial, axe Y).

### **2.2 Objectifs secondaires**

Secondairement, chez nos patients ayant été déterminés normodivergents, nous avons cherché à vérifier si le prolongement du plan mandibulaire est bien tangent à l'écaïlle de l'occipital. Nous avons ensuite déterminé à partir de quelle distance millimétrique (en haut ou en bas de l'écaïlle) nous pouvons considérer un cas comme étant normodivergent. Nous avons reproduit les mêmes démarches dans chacun des deux échantillons d'hypodivergents et d'hyperdivergents. La distance la plus courte à l'écaïlle de l'occipital a été déterminée entre le point occipital créé pour les besoins de cette recherche comme étant le point situé au niveau de la plus grande convexité de l'os occipital et le plan mandibulaire (droite perpendiculaire à ce même plan). On considère les valeurs situées au-dessus de la tangente à l'occipital comme étant de valeur positive et celles situées sous cette même tangente comme étant de valeur négative.



### **3. Hypothèses de recherche**

#### **3.1 Hypothèse de recherche**

Notre hypothèse de recherche est que le prolongement postérieur du plan mandibulaire est une mesure fiable de la divergence squelettique des patients et peut être utilisée couramment en pratique clinique par les orthodontistes. Plus particulièrement :

- Chez les patients normodivergents, le prolongement postérieur du plan mandibulaire est tangent ou très proche de l'écaille de l'occipital
- Chez les patients hypodivergents, le prolongement postérieur de ce même plan passe sous l'écaille de l'occipital
- Chez les patients hyperdivergents, celui-ci passe au-dessus de l'écaille de l'occipital

#### **3.2 Hypothèse nulle**

L'hypothèse nulle est que le prolongement postérieur du plan mandibulaire ne peut pas être utilisé comme un marqueur de la divergence faciale.

## **4. Article scientifique**

### **The relationship between the mandibular plane and the occipital bone: myth or reality in orthodontics?**

Dr Aurélie LABOUREL, DMD

Dr Clarice NISHIO, DDS, MSc, PhD, FRCD (C)

Pierre ROMPRÉ, MSc

Dr Hicham EL KHATIB, DMD, MSc, FRCD (C)

Section d'orthodontie, Faculté de médecine dentaire, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada

#### **Adresse de correspondance**

Aurélie LABOUREL

Faculté de médecine dentaire

Université de Montréal

3525 chemin Queen Mary

Montréal, QC, H3V 1H9

CANADA

Orthodontists commonly use the empirical method of observing the relationship between the posterior extension of the mandibular plane and the occipital bone (Occ-MP) in order to evaluate facial divergence. However, this method has never been scientifically proven. **Objective:** to validate the use of the Occ-MP measure to determine facial divergence. **Materials and methods:** 300 initial cephalograms were used in this study. Cephalometric analyses were performed by using standard landmarks, such as FMA, Y-axis and gonial angle. Subjects were classified into: hypo- (hD), hyper-(HD), normodivergent (ND) facial types. The shortest distance between Occ-MP was then compared with these standard landmarks in order to establish cut-off values to classify skeletal divergence. **Results:** There was a statistically significant difference in Occ-MP values between facial type groups identified by standard landmarks ( $p < 0.001$ ). Occ-MP cut-off values between hD and ND groups were -8mm and +1mm between ND and HD. **Conclusion:** Occ-MP is a reliable reference to determine facial divergence.

## **INTRODUCTION**

Determining facial divergence in orthodontics is a key element of diagnosis and is essential in establishing the most adequate treatment plan for patients. In fact, the importance of a precise diagnosis is reflected in the clinician's treatment plan, as the biomechanics selected will greatly depend on the patient's divergence type. Facial divergence can be determined from a cephalogram by using several indexes, such as FMA, the ratio of facial heights, Y-axis, inclination of the palatal plane, gonial angle and the height of the mandibular ramus. (1) Other authors, such as Boileau and Canal, (2) and Gola et al., (44) additionally use the divergence of the intracranial planes and the orientation of the ramus, as well as the angle between the mandibular plane and Nasion-Glenon, also known as the exobasicranial plane. By using these different facial divergence landmarks, it is therefore possible to classify patients according to several facial types: normodivergent, hypodivergent or hyperdivergent. (30)

One of the rapid and visual methods currently used by orthodontists to determine facial divergence is to observe the relationship between the posterior extension of the mandibular plane and the occipital bone. If the mandibular plane passes below the occipital bone, the patient

is hypodivergent; if it passes above, the patient is hyperdivergent and if it is tangent to or very close, the patient is normodivergent.

This relationship was assessed for the first time in 1947 by Margolis, (49)(50) on a group of 100 patients presenting an excellent occlusion as well as balanced vertical growth. In his study, he specified that he observed normal facial development when the posterior extension of the mandibular plane was tangent or very close to the occipital bone. Moreover, when it extended into the skull, it demonstrated vertical dysplasia due to excess vertical growth. He named this technique the “mandibular plane principle”, although no statistical analysis was performed and it was simply based on observation. Ideally, this measure should be correlated with other facial divergence criteria, in order to be validated as an acceptable diagnostic technique.

In 1992, a study of reference lines for the mandibular plane angle was done by Hocevar and Stewart. (48) They performed an analysis of the “mandibular plane principle” using the same reference line as Margolis: Gnathion-Occiput (Gn-Occ). They generally compared 4 reference lines used to calculate the angle of the mandibular plane rather than conduct a true statistical analysis of Margolis’ theory. Their study group also only consisted of 100 patients. By studying the average and the standard deviations, they concluded that this theory was a good indicator of the mandibular plane angle, and that when it fell within standard limits, it was in fact tangent to the surface of the occipital bone. The limitations of their study led us to focus on obtaining a real statistical analysis of the relationship between the mandibular plane and the occipital bone. Moreover, to our knowledge, there is no other study to have done this before.

The objective of this study was to determine whether the relationship between the posterior extension of the mandibular plane and the occipital bone can be used as a reference for facial divergence and be as reliable as the traditional landmarks we currently use. We also attempted to determine if there were any cut-off values that could be used to classify facial divergence for each studied facial type.

## **MATERIALS AND METHODS**

This was an intra-university control case study conducted in the Orthodontic Clinic of Université de Montréal. This study had been approved by the Research Ethics Board of the Université de Montréal and had also received authorization by the Commission d'accès à l'information du Québec.

Patients were recruited according to the following inclusion criteria:

- Caucasian patients
- Permanent dentition
- Presence of at least two permanent second molars
- No history of orthodontic treatment
- No missing or impacted teeth (except third molars)
- Presence of initial digital cephalogram

The exclusion criteria of the study were as follows:

- Previous extraction of permanent teeth, except the third molars
- Missing or supernumerary teeth, except third molars
- Presence of a syndrome affecting craniofacial growth
- Patients who had previously undergone orthodontic treatment

Digital cephalometric tracings were performed using the software Orthonovo (Saint-Jérôme, Quebec), in order to obtain 100 hypo-, 100 hyper- and 100 normodivergent patients (Figure 1). Traditional criteria for facial divergence were used to classify patients, such as FMA (51), facial heights and ratio of facial heights (37), gonial angle (41), Y-axis angle and Y-axis (7) (8). These values are listed in Figure 2, using Burstone's SN-7° line (17) as a horizontal reference (Figure 3). For the needs of the study, an additional measurement was created to quantify the shortest distance between the posterior extension of the mandibular plane and the occipital bone (Occ-MP). This point, located at the height of convexity on the occipital bone, was named the Occipital point (Occ). (Figure 4).

All cephalograms were traced by the same operator. To assess the intra-examiner reliability, 15 random digital radiographs were retraced at least one month later. These same radiographs were reassessed by a second examiner to determine the inter-examiner reliability (Table 1). The reliability measuring unit was the intraclass correlation coefficient.

Receiver Operating Curves (ROC curves) were used to determine cut-off of Occ-MP values that led to the strongest agreement with conventional measures for establishing facial divergence. Cut-off values were also obtained for which the sensitivity and specificity of the Occ-MP indicator was measured (Figure 5).

ANOVA tests were performed to compare the values of cephalometric variables between the hypo-, hyper- and the normodivergent groups. The Bonferroni correction was applied to compare the groups 2 by 2. The exact Fisher test compared if there were differences in the proportion of men and women in the different groups.

A discriminant analysis was also performed to determine the combination of cephalometric variables which best distinguished between the hypo-, hyper- and normodivergent groups. The stepwise method was applied so as to only keep the cephalometric variables that best identified each group. This analysis needed to be conducted on a sample that reflects the same proportion of facial divergence types found within the Orthodontic clinic. To determine these proportions, a new random sample of 100 patients was selected from 1,200 available clinical files (Caucasian and with permanent dentition). We found 24% normo-, 48% hypo- and 28% hyperdivergent patients; these proportions were used for the discriminant analysis performed with the stepwise method. This test was then done on 200 subjects from the initial sample: 48 normo-, 96 hypo- and 56 hyperdivergent patients. Since these same proportions needed to be respected, it was not possible to select more patients due to the limited number of our initial sample (100 patients in each group). From these 200 patients, 40 were saved in a random manner to validate the model (10 normo-, 19 hypo-, and 11 hyperdivergents).

## **RESULTS**

A statistically significant difference was found ( $p < 0.001$ ) for the value of Occ-MP between the 3 studied groups. When compared 2 by 2, there was also a statistically significant difference. ( $p < 0.001$ ). The proportion of men and women did not show a statistically significant difference between the groups ( $p = 0.312$ ).

The average values for the Occ-MP distance were:

- For the normodivergent: - 2.73 mm +/- 5.05
- For the hypodivergent: - 15.93 mm +/- 8.22
- For the hyperdivergent: + 5.95 mm +/- 7.25

Operating Receiver Curves (ROC curves) were then plotted to establish if a cut-off value of Occ-MP would differentiate between the hypodivergent and the normodivergent, and between the normodivergent and the hyperdivergent. The cut-off value allowing to distinguish between two groups was represented by the point on the curve for which the specificity and sensitivity were the highest (Figure 5).

- **For the normo- and hypodivergent:** the threshold value determined was - 8 mm under the occipital bone. Sensitivity was 83% (95% CI 74.2 - 89.8) and specificity was 86% (95% CI 77.6 - 92.1), meaning that 83% of hypodivergent and 86% of normodivergent patients of this sample were well classified according to the Occ-MP index. The area under the ROC curve was 0.929 with  $p < 0.001$ .
- **For the normo- and hyperdivergent:** the threshold value determined was + 1 mm above the occipital bone. Sensitivity was 77% (95% CI 67.5 - 84.8) and specificity was 76% (95% CI 66.4 - 84.0). Therefore, 77% of hyperdivergent and 76% of normodivergent patients were correctly classified according to our Occ-MP indicator. The area under the ROC curve was 0.854 with  $p < 0.001$ .

Regarding the normodivergent cases, 62 of 100 subjects were correctly classified between the two cut-off values of - 8 mm and + 1 mm (Figure 6).

Three variables were identified as being the best predictors of patient facial divergence using the discriminant analysis: Sella - Articulare (S-Ar), Anterior Nasal Spine - Menton (ANS-Me) and Occ-MP. The Wilk lambda model was significant ( $\lambda = 0.280$ ,  $\chi^2 = 45.985$ ,  $p < 0.001$ ), which indicated that the model using these three variables allowed for significant differentiation between the three groups. The classification equations are presented in Table 2. The values for each subject were entered in these equations; the equation presenting the highest result identified which group each subject belonged to.

Based on the 160 patients used to design the model, these equations allowed to determine that 84.4% of subjects were correctly classified, including:

- 71.1% of normodivergent subjects;
- 90.9% of hypodivergent subjects;
- 84.4% of hyperdivergent subjects.

From the 40 patients saved to validate the model, it was found that 85% of patients were correctly classified, demonstrating a high degree of consistency in the classification system, including:

- 80% of normodivergent;
- 89.5% of hypodivergent;
- 81.8% of hyperdivergent.

In comparison, the same 160 patients were classified using the cut-offs established by the ROC curves, and results showed that 60.5% of normodivergent, 83.1% of hypodivergent and 80.0% of hyperdivergent patients were classified correctly, with a global adequate classification of 76.9%.

## **DISCUSSION**

This study determined that the relationship between the posterior extension of the mandibular plane and the occipital bone is a reliable indicator of facial divergence in orthodontics.



To date, Margolis (49)(50)(52) and Hocevar and Stewart (48) were the only ones to actually observe this relationship. Our study is in agreement with their observations indicating that when the facial skeleton is well balanced, the posterior extension of the mandibular plane is tangent or very close to the occipital bone. They evaluated this by measuring the Gnathion – Occiput angle value. Conversely, our study found it more compelling to measure the shortest distance between the occipital bone and the posterior extension of the mandibular plane because it is a simpler visual tool and can be easily evaluated at first sight. Therefore, the goal of using the Occ-MP measure is to have an indicator of facial divergence that can be readily used on a daily basis in orthodontics.

Although it is a statistically significant indicator, only 76.9% of our 160 patients were correctly classified when compared to those using the usual indicators of facial divergence (FMA, ratio of facial heights, gonial angle, Y-axis). It was mainly the normodivergent patients who had the weakest correlation between Occ-MP and the usual indicators (only 62 out of the 100 subjects were correctly classified). This could be explained by the fact that some patients have values nearing the limits of their category and may also have been classified as hypo- or normodivergent or hyper- or normodivergent. Moreover, it seems that in the case of hyperdivergent patients with excessive anterior vertical growth, posterior vertical growth may also be excessive and lead to a mandibular plane extending below the occipital bone. In such cases, the validity of our Occ-MP indicator may be distorted.

When looking at the determined cut-off values (- 8 mm under the occipital bone for hypodivergence and + 1 mm above the occipital bone for hyperdivergence), it must be noted that the threshold value for hyperdivergence is very close to the occipital bone. This may be explained by the fact that although vertical growth can be quite marked, it usually is not as significant as horizontal growth, except in rare cases such as in certain craniofacial syndromes.

In addition, the formula developed in this study allowed to improve the precision of the Occ-MP index using only two additional cephalometric measurements: S-Ar and ANS-Me. Incorporating their use in daily practice could allow orthodontists to enhance their diagnostic skills and also allow them to evaluate the effects of orthodontic treatment on facial growth. For

example, would the equation yield the same result at the end of treatment in a mild hyperdivergent patient? If not, this would allow to better understand the vertical effects of the biomechanics used during treatment, and to some extent, prevent future failure in similar patient types.

Determining vertical dimension is also a key element in surgical planning. Our formula assessing facial divergence would be an efficient and reliable indicator to evaluate the changes observed following surgery and to better understand treatment efficacy.

Despite El Hayeck et al. (14) recommending the use of the true vertical line and therefore the true horizontal line as reference planes in their cephalometric analyses, our study used Burstone's SN-7° reference line based on Sella and Nasion. These points are readily identifiable on a cephalogram and allow an easy approximation of the patient's horizontal plane. However, it would also be interesting to redo this study using the true horizontal line, and therefore, the natural head position to assess the reproducibility of our equation and its applicability to other cephalometric analyses.

Our study presents certain limitations as the sample was selected from a group of patients who needed orthodontic treatment and who were subsequently accepted in the Orthodontic Clinic at the Université de Montréal. Therefore, these patients may not be representative of the general population or the patient population found in a private orthodontic practice.

Since patient selection was done by file consultation only, it is important to note that some subjects may have forgotten to specify that they had undergone previous orthodontic treatment, which could have potentially distorted our data.

Despite these limitations, our study showed that for 3 out of 4 patients facial divergence can easily be diagnosed by simply observing a lateral cephalogram.

## **CONCLUSION**

This study determined that the relationship between the posterior extension of the mandibular plane and the occipital bone is a good indicator of facial divergence, and allows its prediction in almost 77% of cases. It is reliable and visual, and helped create an equation using only three cephalometric variables, increasing the precision of this index (85%). This formula can easily be used in daily practice providing a quick and reliable way for orthodontists to confirm their diagnosis, as well as establish the best treatment plan for their patients.

## **ACKNOWLEDGMENTS**

We would like to thank Dr Emily Santini and Dr Jack Turkewicz for reviewing and editing the content of this paper.

## **Figure legend:**

**Figure 1:** Sample distribution for each group depending on the Occ-MP distance

**Figure 2:** Measurements used for cephalometric analysis in an orthodontic case

**Figure 3:** Traced cephalogram. A: SN-7°, B: Mandibular plane, C: Gonial angle, D: Y-axis angle, E: Y axis, F: Facial heights ratio

**Figure 4:** Determination of the Occ-MP distance

**Figure 5:** Receiver Operating Curves (ROC curves): A: normo- and hypodivergent, B: normo- and hyperdivergent

**Figure 6:** Sample repartition with cut-off values

**Table 1:** Inter-and intra-examiner reliability measurements

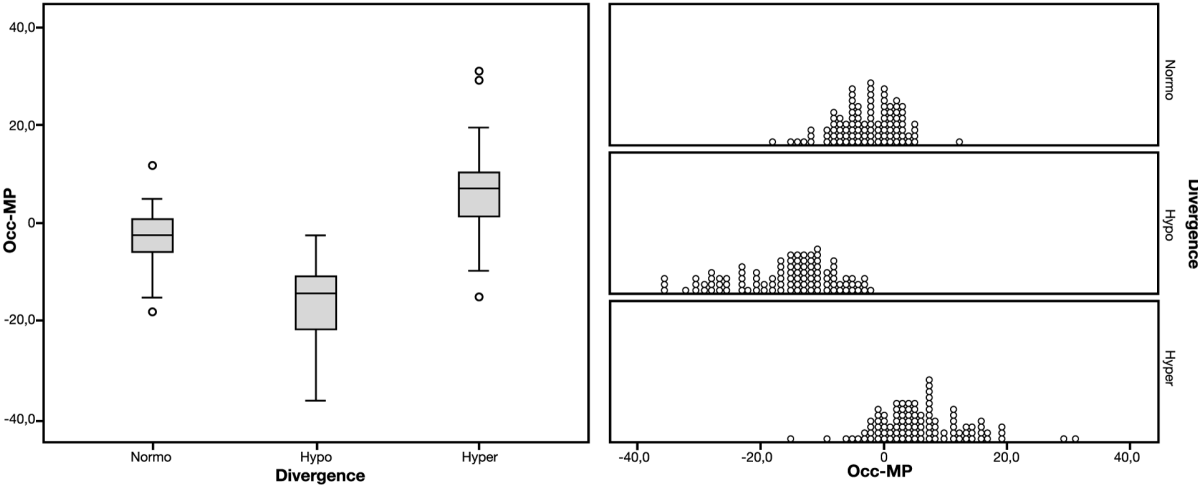
Variable	Intra-examiner ICC	Inter-examiner ICC
S-N mm	0,907	0,884
S-Ar mm	0,729	0,715
N-S-Ar deg	0,792	0,771
Ar-Pt mm	0,737	0,83
PNS-ANS mm	0,711	0,261
Ar-Pg mm	0,987	0,987
Ar-Go mm	0,942	0,954
Go-Pg mm	0,908	0,925
B-Pg mm	0,873	0,852
Gonial angle deg	0,968	0,949
N-ANS mm	0,924	0,887
ANS-Me mm	0,993	0,994
Facial heighths ratio	0,961	0,936
FMA deg	0,994	0,995
NA-Pg deg	0,882	0,892
Wits mm	0,76	0,767
NA mm	0,809	0,794
NB mm	0,972	0,951
N-Pg mm	0,979	0,969
AB mm	0,925	0,885
SNA deg	0,81	0,791
SNB deg	0,968	0,927
ANB deg	0,784	0,764
Y axis deg	0,987	0,98
Y axis mm	0,991	0,993
Occ-MP	0,979	0,982
<b>AVERAGE</b>	<b>0,898</b>	<b>0,873</b>

ICC = intra-class coefficient

**Table 2:** Equations determining patient classifications according to the three variables S-Ar, ANS-Me and Occ-MP

Classification Function Coefficients			
	Divergence		
	Normo	Hypo	Hyper
S-Ar (mm)	1,793	2,059	1,643
ANS-Me (mm)	1,650	1,461	1,887
Occ-MP (mm)	,189	-,062	,392
Constant	-79,471	-78,660	-89,622

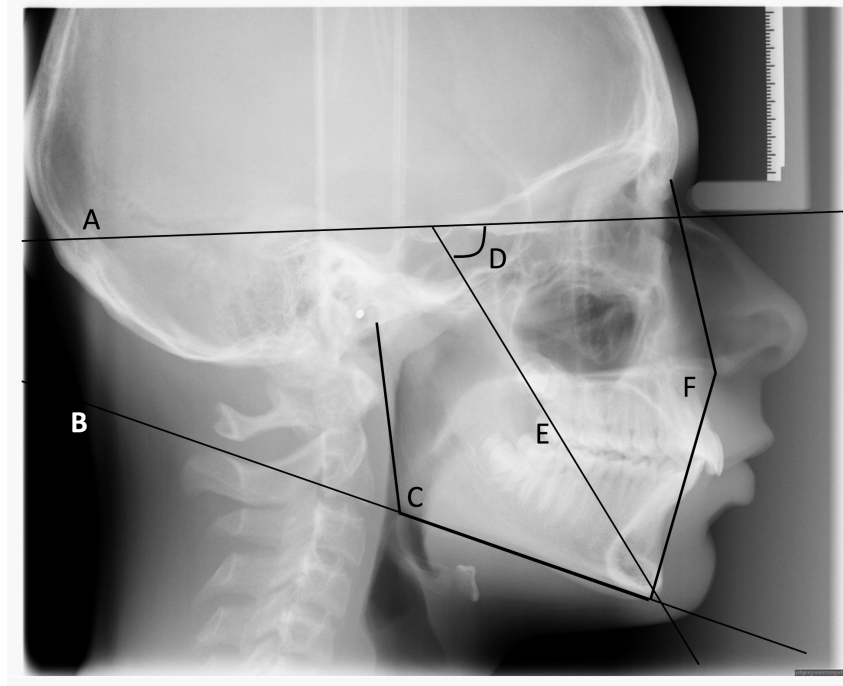
**Figure 1:** Sample distribution for each group depending on the Occ-MP distance



**Figure 2:** Measurements used for cephalometric analysis in an orthodontic case

MEASUREMENT		NORMAL VALUE	VALUE	DIFFERENCE	BIAS
<b>Base cranienne</b>					
S-N	mm	71	67	-4	•
S-Ar	mm	33	32	-1	
N-S-Ar Angle	°	121	134	13	•••
Ar-Ptm	mm	32	37	5	••
<b>Maxillaire et Mandibule</b>					
PNS-ANS (FH)	mm	53	58	5	•••
Ar-Pg	mm	101	108	6	•
Ar-Go Distance	mm	43	52	9	••
Go-Pg Distance	mm	72	74	2	
B-Pg (MP)	mm	5	5	0	
Gonial Angle	°	126	121	-5	•••
<b>Hauteur faciale</b>					
N-ANS(FH)	mm	51	53	2	•••
ANS-Me(FH)	mm	54	62	8	•
% of Height		45 / 55	46 / 54	1 / -1	•
FMA	°	26	23	-3	••
<b>Profil facial</b>					
N-A-Pg	°	6	17	12	•••
Wits	mm	N/A	4	N/A	•••
N-A	mm	-2	-3	-1	
N-B	mm	-8	10	18	•••
N-Pog	mm	-8	10	18	•••
19. A-B	mm	-6	13	19	•••
A-B(OP) - Wits	mm	-1	4	6	•
SNA angle	°	82	86	4	••
SNB angle	°	80	77	-3	•
ANB angle	°	2	9	7	•••
Y-Axis (FH)	°	59	63	4	•••
Y-Axis Mesure	mm	118	119	2	
Occ-ML	mm	N/A	21	N/A	

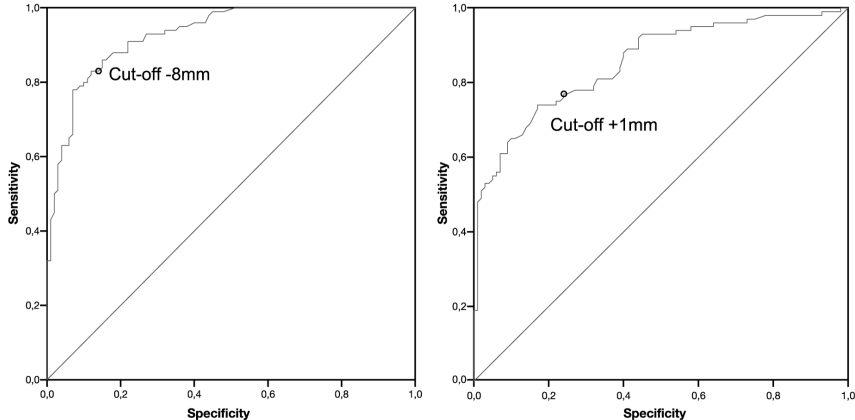
**Figure 3:** Traced cephalogram. A: SN-7°, B: Mandibular plane, C: Gonial angle, D: Y-axis angle, E: Y axis, F: Facial heights ratio



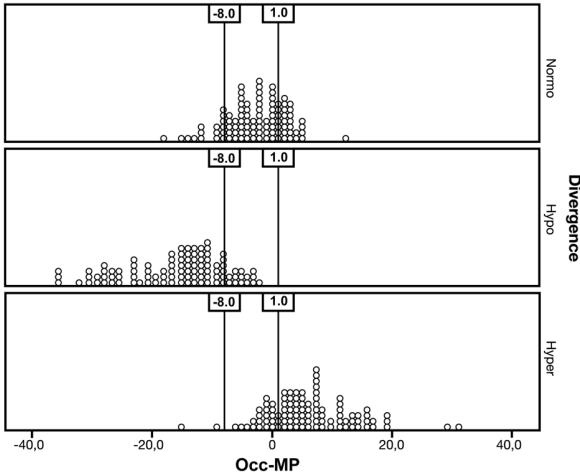
**Figure 4:** Determination of the Occ-MP distance



**Figure 5:** Receiver Operating Curves (ROC curves): A: normo- and hypodivergent, B: normo- and hyperdivergent



**Figure 6:** Sample repartition with cut-off values





## **5. Discussion**

### **5.1 Vérification des hypothèses de recherche**

Selon les résultats de cette étude, l'hypothèse principale de recherche a bien été validée. En effet, il a été retrouvé :

- Pour les patients hypodivergents, la valeur seuil pour la distance Occ-MP est de -8mm sous l'occipital
- Pour les patients hyperdivergents, elle est de + 1mm au-dessus de l'occipital
- Les patients normodivergents se situent entre les valeurs seuils de -8mm et +1mm

Il est donc tout à fait possible d'utiliser ce marqueur afin de déterminer la divergence faciale en pratique courante.

### **5.2 Intérêt clinique**

Cette étude a permis de déterminer que la relation entre le prolongement postérieur du plan mandibulaire et l'écaïlle de l'occipital est un indicateur fiable de la divergence faciale en orthodontie.

Margolis (49)(50) et Hocevar et Stewart (48) avaient été les seuls à réellement observer cette relation en se basant sur l'angle formé entre le plan mandibulaire et la ligne Gnathion-Occipital. La présente étude est en accord avec leurs observations qui indiquaient que lorsque le squelette facial est bien équilibré, le prolongement postérieur du plan mandibulaire est tangent ou très proche de l'occipital. Dans notre étude, il a paru plus intéressant de s'intéresser à la plus courte distance entre l'écaïlle de l'occipital et le prolongement postérieur de l'occipital. En effet, il s'agit d'une mesure visuellement plus simple et accessible à tous au premier coup d'œil. Le

but était ici de pouvoir utiliser facilement cet indicateur dans le quotidien de l'orthodontiste, raison pour laquelle l'angle Gnathion-Occipital n'a pas été sélectionné car moins parlant. Ici, il a été considéré que la normodivergence se situait entre les valeurs-seuils de  $- 8$  mm sous l'occipital et  $+ 1$  mm au-dessus de celui-ci.

Bien qu'il s'agisse d'un indicateur statistiquement significatif, seuls 74% des patients de l'échantillon étaient bien classés par rapport au diagnostic à l'aide des indicateurs habituels de la divergence faciale que sont le FMA, le Y axis et l'angle gonial entre autres. Ce sont principalement les patients qui ont été diagnostiqués comme étant normodivergents qui avaient la moins bonne corrélation entre Occ-MP et les indicateurs habituels (seulement 62% étaient bien classés). Cela pourrait s'expliquer par le fait que certains patients sont parfois à la limite de leur catégorie et auraient tout aussi bien pu être classés hypo-, ou normodivergent ou hyper- ou normodivergent.

De plus, il apparaît dans le cas des patients hyperdivergents ayant une croissance verticale antérieure excessive, que leur croissance verticale postérieure pourrait également être excessive et mènerait alors à un plan mandibulaire passant au-dessous de l'occipital malgré le diagnostic sans équivoque de l'hyperdivergence et faussant ainsi la validité de notre indicateur Occ-MP. Il est donc important de bien évaluer les caractéristiques anatomiques propres à chaque individu et de ne pas se baser sur la seule observation du plan mandibulaire. Il reste nécessaire de corrélérer cet indicateur aux autres valeurs céphalométriques.

Lorsqu'on s'intéresse aux valeurs seuils qui ont été déterminées, soient  $- 8$  mm pour l'hypodivergence et  $+ 1$  mm pour l'hyperdivergence, force est de constater que le seuil de l'hyperdivergence est finalement très proche de l'écaille de l'occipital. En effet, la croissance verticale, bien que pouvant être très marquée, va difficilement pouvoir être plus importante que lorsqu'elle s'exprime dans la direction horizontale, à l'exception de certains syndromes ou pathologies cranio-faciaux qui ont été exclus de cette étude.

La formule qui a été créée permettrait de véritablement améliorer la précision de l'indice Occ-ML aux moyens de deux variables céphalométriques supplémentaires uniquement que sont

les distances Sella – Articulare et Épine Nasale Antérieure - Menton. Cela permettrait aux orthodontistes de l'utiliser dans leur quotidien afin de simplifier leur diagnostic. De plus, l'utilisation de cette nouvelle formule pourrait éventuellement autoriser la comparaison des effets du traitement orthodontique sur la croissance faciale : un patient hyperdivergent léger aurait-il toujours les mêmes valeurs dans cette équation à la fin du traitement ? Si non, cela permettrait d'anticiper davantage les effets verticaux des mécaniques orthodontiques et de pouvoir prédire dans une certaine mesure les échecs de nos thérapeutiques.

La détermination de la dimension verticale est un élément clef de la planification pré-chirurgicale afin d'évaluer les mouvements qui seront à réaliser lors de l'intervention. La relation Occ-MP pourrait donc être un excellent indicateur afin d'évaluer les modifications observées des suites de la chirurgie et d'appréhender l'efficacité du traitement.

Selon El Hayeck et al., (14) il est important d'utiliser la vraie verticale et donc la vraie horizontale comme plan d'orientation de référence sur les analyses céphalométriques car elle est fiable, reproductible et plus facilement utilisable que le plan de Frankfort. Ici, il s'agit du plan de Burstone SN-7° basé sur les points intra-crâniens Sella et Nasion qui a été utilisé. Il s'agit également d'une ligne de référence plus fiable que le plan de Frankfort car les points sont aisément identifiables sur radiographie céphalométrique de profil. Il existe cependant de grandes variations individuelles de la position de ces points pouvant avoir une influence sur le diagnostic de la divergence faciale auquel les mesures sont reliées. Il serait donc intéressant de refaire cette étude en utilisant comme plan de référence la ligne horizontale vraie et donc la position naturelle de la tête.

### **5.3 Limitations de l'étude**

Certaines limitations existent dans cette étude. En effet, il est nécessaire de ne pas oublier le fait qu'il s'agit d'une population qui nécessite un traitement d'orthodontie. Elle n'est donc pas représentative de la population générale. De plus, ces patients avaient eux-mêmes été sélectionnés afin de convenir à un traitement réalisé par des étudiants en orthodontie, dans un but d'apprentissage. Ce n'est donc probablement pas non plus la population classique d'un bureau privé.

La sélection des patients ayant été effectuée sur consultation des dossiers uniquement, il est important de signaler que certains auraient pu oublier de préciser qu'ils avaient déjà eu un traitement d'orthodontie précoce et ainsi fausser notre récolte de données.

Malgré ces limitations, il est à noter que près de 3 patients sur 4 peuvent être diagnostiqués de façon très simple au premier coup d'œil sur la radiographie céphalométrique latérale.

### **5.4 Avenues de recherche**

L'échantillon qui a été utilisé ici est celui de la clinique d'orthodontie de l'Université de Montréal. Il pourrait être intéressant de comparer les résultats obtenus avec ceux des cliniques privées d'orthodontie afin de voir si les résultats peuvent être étendus à la totalité des patients nécessitant un traitement d'orthodontie.

Notre échantillon comportait 300 patients mais les proportions de normo-, hypo- et hyperdivergents n'étaient pas respectées puisque 100 patients de chaque catégorie ont été sélectionnés. Une prochaine recherche devrait pouvoir s'intéresser aux proportions réelles que l'on retrouve en pratique orthodontique.

Un échantillon plus important serait également nécessaire afin d'augmenter encore le pouvoir statistique de l'étude et permettrait probablement d'établir des valeurs-seuils plus précises.

## **Conclusion**

Cette étude a pu déterminer que la relation entre le prolongement postérieur du plan mandibulaire et l'occipital est un bon indicateur de la divergence faciale et permet de prédire celle-ci dans 77% des cas, ce qui représente plus de 3 patients sur 4. Il est fiable et visuellement parlant, permet à la majorité des orthodontistes de jeter un coup d'œil rapide à une radiographie céphalométrique de profil afin d'établir la direction de croissance d'un patient en quelques secondes seulement.

Afin d'améliorer la précision de cet indicateur, cette étude a ensuite permis de créer une équation simple comportant seulement trois variables et qui augmente encore la précision de cet indice, la faisant passer de 74% à 85%. Celle-ci peut être utilisée aisément dans la pratique quotidienne de l'orthodontiste afin de simplifier le diagnostic et d'établir le meilleur plan de traitement possible.

## Bibliographie

1. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM, Ackerman JL, editors. Contemporary orthodontics. 5. ed. St. Louis, Mo: Elsevier/Mosby; 2013. 754 p.
2. Boileau M-J, Canal P. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte. Tome 2, Tome 2,. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2012.
3. Hans MG, Palomo JM, Valiathan M. History of imaging in orthodontics from Broadbent to cone-beam computed tomography. Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod. 2015 Dec;148(6):914–21.
4. Krogman WM. Craniometry and cephalometry as research tools in growth of head and face. Am J Orthod. 1951 Jun;37(6):406–14.
5. B. Holly Broadbent, D.D.S. A new x-ray technique and its application to orthodontia. Angle Orthod. 1931 Apr;1(2):45–66.
6. On the growth pattern of the human head from the third month to the eighth year of life. Am J Orthod Oral Surg. 1941 Dec;27(12):723–4.
7. Downs WB. Variations in facial relationships: Their significance in treatment and prognosis. Am J Orthod. 1948 Oct;34(10):812–40.
8. Downs WB. The role of cephalometrics in orthodontic case analysis and diagnosis. Am J Orthod. 1952 Mar;38(3):162–82.
9. William B. Downs. Analysis of the Dentofacial Profile. Angle Orthod. 1956;26(4):191–212.
10. Steiner CC. Cephalometrics for you and me. Am J Orthod. 1953 Oct;39(10):729–55.
11. Johnston LE. A simplified approach to prediction. Am J Orthod. 1975 Mar;67(3):253–257.
12. Nielsen IL. L'analyse morphologique céphalométrique : que peut-elle nous enseigner ? Int Orthod. 2011 Sep;9(3):316–24.
13. Solow B. The dentoalveolar compensatory mechanism: background and clinical implications. Br J Orthod. 1980 Jul;7(3):145–61.

14. El-Hayeck E, Bou Assi S, Bou-Serhal J. Étude critique des plans d'orientation et de référence en céphalométrie. *Orthod Fr.* 2005 Sep;76(3):217–27.
15. Solow B, Tallgren A. Natural head position in standing subjects. *Acta Odontol Scand.* 1971 Nov;29(5):591–607.
16. Cooke MS, Wei SH. The reproducibility of natural head posture: a methodological study. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 1988 Apr;93(4):280–8.
17. Legan HL, Burstone CJ. Soft tissue cephalometric analysis for orthognathic surgery. *J Oral Surg Am Dent Assoc* 1965. 1980 Oct;38(10):744–51.
18. Natural head position, a basic consideration in the interpretation of cephalometric radiographs. *Am J Orthod.* 1959 Oct;45(10):785–91.
19. Björk A. Sutural growth of the upper face studied by the implant method. *Acta Odontol Scand.* 1966 Sep;24(2):109–27.
20. Enlow DH, Hans MG. *Essentials of facial growth.* 2nd ed. Ann Arbor, MI: Distributed by Needham Press; 2008. 507 p.
21. AKNIN JJ. *La croissance cranio-faciale.* 2007.
22. Chateau M. *Orthopédie dento-faciale.* Paris: Editions CdP; 1993.
23. Copray JC, Dibbets JM, Kantomaa T. The role of condylar cartilage in the development of the temporomandibular joint. *Angle Orthod.* 1988 Oct;58(4):369–80.
24. Bjork A. Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by the implant method. *J Dent Res.* 1963 Feb;42(1)Pt 2:400–11.
25. Björk A, Skieller V. Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. *Eur J Orthod.* 1983 Feb;5(1):1–46.
26. Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod.* 1969 Jun;55(6):585–599.
27. Skieller V, Björk A, Linde-Hansen T. Prediction of mandibular growth rotation evaluated from a longitudinal implant sample. *Am J Orthod.* 1984 Nov;86(5):359–70.
28. Leslie LR, Southard TE, Southard KA, Casco JS, Jakobsen JR, Tolley EA, et al. Prediction of mandibular growth rotation: Assessment of the Skieller, Björk, and Linde-Hansen method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998 Dec;114(6):659–67.

29. Langlade M, Picaud M. Les prévisions céphalométriques de croissance sur film latéral. *Rev Orthopédie Dento-Faciale*. 1972 Jan;6(1):45–56.
30. Schudy FF. Vertical growth versus anteroposterior growth as related to function and treatment. *The Angle Orthodontist*. 1964 Apr;75–93.
31. Delaire J. Développement de la face et hyperdivergence. *L'orthodontie bioprogressive*. 1993 Juin;11–20.
32. Nanci A, TenCate AR. Ten Cate's oral histology: development, structure, and function. 8th ed. St. Louis, Mo: Elsevier; 2013. 379 p.
33. Broadbent B. The face of the normal child. *Angle Orthodontist*. 1937;183–208.
34. Tweed CH. The frankfort-mandibular plane angle in orthodontic diagnosis, classification, treatment planning, and prognosis. *Am J Orthod Oral Surg*. 1946 Apr;32(4):175–230.
35. Salzmann JA. Clinical orthodontics. Volumes 1 and 2. *Am J Orthod*. 1967 Apr;53(4):314–5.
36. Claro CA de A, Abrão J, Reis SAB. Association between overbite and craniofacial growth pattern. *Braz Oral Res*. 2010 Dec;24(4):425–32.
37. Muller L. Céphalométrie et orthodontie [Internet]. Paris: SNPMD; 1983 [cited 2017 Aug 2]. Available from: <http://books.google.com/books?id=VpJpAAAAMAAJ>
38. Sassouni V. A roentgenographic cephalometric analysis of cephalo-facio-dental relationships. *Am J Orthod*. 1955 Oct;41(10):735–64.
39. Bimler HP. Bimler therapy. Part 1. Bimler cephalometric analysis. *J Clin Orthod JCO*. 1985 Jul;19(7):501–23.
40. Robert Murray Ricketts. *Cephalometric Analysis And Synthesis*. *Angle Orthod*. 1961;31(3):141–56.
41. Claro CA de A, Abrão J, Reis SAB. Association between overbite and craniofacial growth pattern. *Braz Oral Res*. 2010 Dec;24(4):425–32.
42. Biggerstaff RH, Allen RC, Tuncay OC, Berkowitz J. A vertical cephalometric analysis of the human craniofacial complex. *Am J Orthod*. 1977 Oct;72(4):397–405.
43. Catrin Segerath, Thomas Stamm, Bernhard Renger, Ulrike Ehmer, Walter L. Heindel. New Aspects concerning X-ray Protection - Dose Reduction versus Diagnostic Information? *Int Poster J Dent Oral Med*. 2000;2(4).



44. Gola R, Cheynet F, Guyot L, Bellot-Samson V. Une nouvelle analyse céphalométrique de profil. I : bases anatomiques, céphalométrie. *Orthod Fr.* 2002 Dec;73(4):439–50.
45. Béquain D, Boileau MJ, Casteigt J, Darque J et al. La dimension verticale en orthopédie dento-faciale. Vol. 1. *Orthodontie Française*; 1989. 15-370 p.
46. Proffit WR, White RP, Sarver DM, editors. *Contemporary treatment of dentofacial deformity.* St. Louis: Mosby; 2003. 751 p.
47. Harvold EP, Tomer BS, Vargervik K, Chierici G. Primate experiments on oral respiration. *Am J Orthod.* 1981 Apr;79(4):359–72.
48. Hocevar RA, Stewart MC. A study of reference lines for mandibular plane angles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992 Dec;102(6):519–26.
49. Margolis HI. A basic facial pattern and its application in clinical orthodontics. I. The maxillofacial triangle. *Am J Orthod Oral Surg.* 1947 Oct;33(10):631–41.
50. Margolis HI. A basic facial pattern and its application in clinical orthodontics. *Am J Orthod.* 1953 Jun;39(6):425–43.
51. Tweed CH. The frankfort-mandibular plane angle in orthodontic diagnosis, classification, treatment planning, and prognosis. *Am J Orthod Oral Surg.* 1946 Apr;32(4):175–230.
52. Peck S. Margolis' mandibular plane-occiput (M-OCC) relation. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 1993 Jul;104(1):17A – 18A.