

UNIVERSITE DE SAAD DAHLAB DE BLIDA I

Faculté de médecine

Département de médecine dentaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

en Médecine dentaire

Spécialité : Orthopédie dento-faciale

**EVOLUTION DE L'ANALYSE CEPHALOMETRIQUE SUR
LES TELERADIOGRAPHIES DE PROFIL**

Par

Hadjer BEKKOUCHE

Ahlem KHOUAS

Meriem BRAITHEL

Yanis MECHEHAT

Amina FERNINI

Youcef NOUALI

Devant le jury composé de :

Président : Pr DAHMAS professeur en ODF.

Examineur : Dr BENNAI maître-assistant en ODF.

Promotrice : Pr MEDDAH professeur en ODF

Blida, le 26 août 2020

RÉSUMÉ

L'analyse céphalométrique a toujours été un outil indispensable au diagnostic et au pronostic. Elle consiste principalement à réaliser un tracé sur un cliché téléradiographique reproductible et bien fait dont la tête est stabilisée et orientée selon le plan de référence qui est le plan de francfort. Ce même tracé doit reproduire fidèlement les structures osseuses craniofaciales fondamentales. Pour cela, le praticien doit avoir un maximum de savoir de l'anatomie céphalique et téléradiographique.

Ensuite, certains points, plans et lignes doivent être repérés sur le tracé et qui dépendent de la méthode d'analyse choisie (typologique, architecturale ou dimensionnelle), pour faire les mesures et les interprétations nécessaires afin d'élaborer un diagnostic correct et envisager son plan de traitement.

La localisation de ces repères céphalométriques peut être faite par des logiciels différents sur des clichés numérisés, permettant au praticien de réaliser des analyses informatisées.

En comparant les clichés avant et après le traitement d'un même patient, on peut prévoir sa croissance et avoir une idée sur le résultat et la convenabilité du plan de traitement choisi.

Cependant, malgré son intérêt majeur, l'analyse céphalométrique reste un examen complémentaire, et est sujette à des erreurs multiples qui nuisent à la certitude du diagnostic. De ce fait, le praticien doit privilégier l'examen clinique et garder un esprit critique sur ces valeurs céphalométriques aux moments des décisions thérapeutiques.

REMERCIEMENTS

Nous tiendrons à remercier notre directrice de mémoire Pr. MEDDAH, pour le temps qu'elle a consacré pour nous encadrer, orienter, aider et conseiller.

Un grand merci à Dr. KHEROUA, maitre-assistant en ODF, qui n'a pas hésité à nous apporter de très nécessaires livres.

Nous remercions également les membres du jury pour leur présence et les remarques qu'ils nous ont adressé afin d'améliorer notre travail.

Merci à nos parents, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

Et enfin, merci à toutes les personnes qui nous a servi de près ou de loin.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	7
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : RAPPELS ET GÉNÉRALITÉS.....	2
I- Historique	3
II- Notions de la téléradiographie	4
II-1- Principes généraux :.....	4
II-2- Installation :	4
II-3- Les incidences:	6
II-4- Critères de bonne orientation céphalométrique :.....	7
III- Ostéologie crânio-faciale :	8
III-1- Les os du crane :.....	8
III-2- Les os faciaux :	9
IV- Anatomie céphalique téléradiographiques et tracés céphalométriques :.....	10
IV-1- Technique du tracé céphalométrique :.....	10
IV-2- Anatomie céphalométrique de profil :.....	11
IV-3- Les principaux points céphalométriques sur l'incidence de profil :.....	12
IV-4- Les principaux plans et lignes :.....	14
V- Généralités sur la croissance cranio-faciale :.....	15
V-1- La croissance de la base du crane :	15
V-2- La croissance du massif facial supérieur :	15
V-3- Facteurs influençant la croissance crânio-faciale :	19
CHAPITRE 2 : LES ANALYSES CEPHALOMETRIQUES	20
Introduction :.....	21
I- Les analyses typologiques :.....	21
I-1- Analyse de Bjork :	21
I-2- Analyse de Sassouni :.....	24

II-3- Analyse céphalométrique de Bimler :	27
II- Les analyses dimensionnelles :	28
II-1- Analyse céphalométrique de Ricketts :	28
II-2- Analyse de Biggerstaff :	33
II-3- Analyse céphalométrique de Downs :	37
II-4- Analyse de Coutand :	39
II-5- Analyse de Ballard :	41
II-6- Analyse de Wendel WYLIE :	43
II-7- Analyse de Tweed :	45
III- Les analyses architecturales :	48
III-1- Analyse de Coben :	48
III-2- Analyse de Danguy :	51
III-3- Analyse de Delaire :	59
IV- Les limites de la céphalométrie :	67
CHAPITRE 3 : LES ANALYSES CEPHALOMETRIQUES INFORMATISEES	74
I- Analyse céphalométrique bidimensionnelle :	75
II- Analyse céphalométrique scanographique 3D :	75
III- Les différents logiciels d'analyse céphalométrique :	76
III-1- Le logiciel DELAIRE EVOLUTION :	77
CHAPITRE 4 : TECHNIQUES DE SUPERPOSITION ET PREVISION DE	
CROISSANCE	88
I- Les superpositions :	89
I-1- Intérêts :	89
I-2- Les différentes superpositions :	90
II- Les prévisions de croissance :	98
II-1- Définition :	98
II-2- Intérêts :	98
II-3- Méthodes de prévision :	98

II-4- Limites des prévisions de croissance :	102
CONCLUSION	105

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : TLR de profil : la tête est stabilisée avec le céphalostat.....	5
Figure 1 : les os crâniens et faciaux	10
Figure 2 : principales structures osseuses sur le film de profil	11
Figure 3 : Tracé et points céphalométriques de profil (1)....	13
Figure 4 : principaux plans et lignes céphalométriq.....	14
Figure 5 : la croissance de la base du cran.....	15
Figure 6 : Illustrations de la croissance du massif facial supérieur selon Enl.....	16
Figure 7 : Processus de remodelage pendant la croissance	16
Figure 8 : Principe de surface et mouvement cortical au niveau du sinus frontal	17
Figure 9 : La croissance tubérositaire selon Enlow	17
Figure 10 : les zones d'apposition (+) et de résorption (-) au niveau de la mandibule	19
Figure 11 : la croissance mandibulaire horizontale.....	19
Figure 12 : les trois types de croissance mandibulaire par rotation antérieure selon Bjork.....	22
Figure 13 : les deux types de rotation mandibulaire postérieure selon BJORK.....	23
Figure 14 : type squelettique IA.....	25
Figure 15 : type squelettique IB.....	25
Figure 10 : la formule du type facial.....	27
Figure 17 : rapport de la hauteur totale et de la profondeur de la face, déterminé par l'angle clivus-plan mandibulaire.....	28
Figure 18 : Points, lignes et plans de l'analyse céphalométrique de profil de Rickett.....	30
Tableau 3 : normes et déviations cliniques.....	30
Figure 19 : les 5 angles dans la détermination de la typologie faciale.....	32
Figure 20 : détermination de la hauteur de l'étage inférieur	33
Figure 21 : les structures comparées de la face totale	34
Figure 22 : les structures comparées de l'étage respiratoire	35

Figure 23 : les structures comparées de l'étage digestif	35
Figure 24 : tracé céphalométrique de Downs	38
Figure 25 : Tracé de l'analyse de COUTAN.....	39
Figure 26 : mensurations utilisées dans l'analyse de W.Wylie	45
Figure 27 : traingle de Tweed	48
Figure 28 : Projections verticales	49
Figure 29 : Projections horizontales	49
Figure 30 : points classiques	51
Figure 31 : points particuliers	51
Figure 32 : lignes et plans figurant un paralléogramme	52
Figure 33 : Positionnement verticale des incisives centrales supérieures et inférieur.....	53
Figure 34 : le plan d'occlusion optimal	53
Figure 35 : angle de divergen.....	54
Figure 36 : meme divergence, hauteur faciale différente	54
Figure 37 : angle de divergence	55
Figure 38 : angle de divergence posterie.....	55
Figure 39 : le Z de la croissance verticale.....	55
Figure 40 : la droite Pts-T57.....	
Figure 41 : la droite Ttc-Es	57
Figure 42 : La crête antérieure ptérygoidien57.....	
Figure 43 : Comparaisons entre Ttc-Es et Pts-T	57
Figure 44 : tracé de base 60.....	
Figure 45 : puzzle squelettique facial	60
Figure 46 : les lignes faciales et crâniennes	65
Figure 47 : l'interface du logiciel	78
Figure 48 : les territoires déterminés par le Top 12	79
Figure 49 : Tracé obtenu avec l'analyse orthognatiq.....	80
Figure 50 : La sélection du cadre du diagnostic synthétique.....	81
Figure 51 : Exemple d'un diagnostic synthétique obtenu par l'analyse informatisé.....	82

Figure 51 : Exemple d'un diagnostic synthétique obtenu par l'analyse informatisé.....	85
Figure 53 : potentiel auxologique de la mandibule	86
Figure 54 : découpe possible avec l'analyse topographique et set up.....	87
Figure 55 : Superposition d'ensemble sur la base du crâne, schématisé par la ligne Basion Nasion. Le point basion est enregistré.....	90
Figure 56 : superposition d'ensemble selon Broadbent. Le point R (registration point est situé au milieu de la projection du point S sur la ligne Basion-Nasion.....	91
Figure 57 : superposition d'ensemble selon Ricketts, le point CC, point d'enregistrement est situé à l'intersection de la ligne Ba-Na avec l'axe facial Pt-Gn(4).....	91
Figure 58 : la ligne de DE Coster, intéresse la partie antérieure de la selle turcique, le planum sphénoïdal, le crible ethmoïdal et la partie inférieure du contour endocrânien du frontal.....	92
Figure 59 : Tracé pour la superposition d'ensemble selon Beltrami et Autissier (Ligne Opisthion-Nasion, perpendiculaire à la ligne tangente au bord postérieur de la fente ptérygo-maxillaire. R, point d'intersection est le point d'enregistrement	93
Figure 60 : Tracé pour la superposition sur l'angle oméga O est le bord antérieur de la gouttière optique	94
Figure 61 : Superposition locale, au niveau du maxillaire supérieur : enregistrement sur la position antéro-postérieure de la fente ptérygo-maxillaire, et superposition sur la ligne du plancher des fosses nasales	95
Figure 62 : superposition locale au niveau de la mandibule.....	96
Figure 63 : schéma de Broadbent, montre que les différentes directions de la croissance faciales sont constantes dans le temps.....	97
Figure 64 : Structures anatomiques stables du corps mandibulai.....	99
Figure 65 : les composantes de la rotation	100
Figure 66 : tracé céphalométrique de Tweed, mettant en évidence l'angle A.....	101
.....	
Tableau 1 : définitions des points céphalométriques médians et bilatéraux	12

Tableau 2 : caractéristiques des deux types de rotations selon BJORK	23
Tableau 4 : valeurs moyennes des rapports squelettiques et dentoalvéolaires établies par Biggerstaff	37
Tableau 5 : valeurs céphalométriques de l'analyse de Downs	38
Tableau 6 : valeurs céphalométriques de l'analyse de Wendel Wylie.....	44
Tableau 7 : valeurs céphalométriques de l'analyse de Tweed	46
Tableau 8 : valeurs céphalométriques de l'analyse de Coben	50
Tableau 9 : La droite Pts-Tm a une direction de valeur moyenne par rapport à C2	58
Tableau 10 : L'angle Pts-Tm / C2 ouvert. La croissance verticale globale est réduite.... (5)58	
Tableau 11 : L'angle Pts-Tm / C2 fermé. croissance verticale globale est importante....	58
Tableau 12 : calcul de l'angle cranio-adapté.....	63

INTRODUCTION

La céphalométrie est une méthode de la biométrie qui consiste à appliquer des mesures sur des radiographies du crâne, elle repose sur la reconnaissance des éléments anatomiques céphaliques (structures squelettiques, dentaires, muqueuses et cutanées) sur une téléradiographie.

La standardisation des techniques téléradiographiques par Carrea et Broadbent a permis d'avoir des clichés identiques rendant les analyses céphalométriques plus fiables.

Bassigny a défini la céphalométrie comme étant une technique d'interprétation d'un céphalogramme, destinée à préciser les relations des structures osseuses, les relations dentoalvéolaires et dentodentaires dans les sens sagittal, frontal et transversal, et aussi et surtout à servir de guide pour l'élaboration du diagnostic et du plan de traitement.

Partie intégrante du dossier initial actuel, l'analyse céphalométrique et un examen complémentaire qui aide au diagnostic, pronostic et le plan de traitement de tout orthodontiste. Il complète un bilan orthodontique dont le volet le plus important reste l'examen clinique, le praticien doit alors garder un esprit critique sur les valeurs céphalométriques au moment des décisions thérapeutiques.

Pour Langlade, il considère que la céphalométrie est indispensable et que tout orthodontiste excluant sa pratique systématique dans son exercice quotidien n'est pas digne d'être appelé un scientifique et qu'il est et demeure un bricoleur de l'orthodontie.

Certaines analyses vont comparer le sujet à lui-même, d'autres vont simplement mesurer des variables et les comparer à des moyennes, ce qui a été l'objet de très nombreuses critiques expliquant leur actuel discrédit.

Grâce au progrès technologique, l'outil informatique a révolutionné la céphalométrie en mettant à notre disposition des logiciels performants capables de réaliser des analyses bis et tridimensionnelles et même de faire des reconstructions 3D pour prévoir le résultat du traitement bien avant de l'entamer.

CHAPITRE 1 : RAPPELS ET GÉNÉRALITÉS

I- Historique

Avant l'apparition de la téléradiographie (TLR), les orthodontistes ont eu recours à l'étude des moulages, l'étude de la face et du profil en direct ou sur photos pour établir un examen clinique aussi complet que possible qui mène à un diagnostic précis.

La téléradiographie comme moyen de diagnostic fit sa première apparition en 1922 avec les travaux de Carrea, sa méthode « la radio faciès à profil décliné en orthodontométrie », présentait deux avantages :

- Une réduction des déformations liées à l'agrandissement (par l'utilisation d'une grande distance foyer-objet et d'une courte distance objet-film).
- La visualisation du profil cutané par l'ajustage sur les courbures des téguments d'un fil de plomb (6).

En 1922, pour son projet d'étude de la croissance faciale, Broadbent recherchait une méthode cliniquement utilisable permettant d'analyser les modifications dento-alvéolo-squelettique consécutives au traitement. Pour cela, il était nécessaire d'obtenir une standardisation des clichés permettant une superposition des films pris à des temps différents pour un même patient (7).

En 1926, Broadbent a inventé le premier céphalostat qui sert d'une part à orienter la tête à l'aide des viseurs lumineux et d'autre part à la stabiliser dans une position identique reproductible pour chaque cliché avec deux tiges portant deux olives auriculaires (6).

En 1931, il a perfectionné la méthode de standardisation des clichés grâce à l'emploi du céphalostat (6).

Après des années, les orthodontistes ont vite compris qu'une seule projection masquait une partie des réalités des autres dimensions et que l'habituelle incidence de profil négligeait l'étude du sens transversal (7).

En 1961, Berger a préconisé trois clichés pris selon trois axes orthogonaux (8).

En 1964, Delaire a montré l'intérêt de l'incidence axiale dans l'étude du syndrome d'asymétrie craniofaciale. (8)

À ce jour, avec le développement de l'outil informatique, plusieurs logiciels offrent la possibilité de réaliser rapidement et automatiquement une analyse céphalométrique à partir de la saisie des points céphalométriques, plusieurs analyses sont disponibles. Cette méthode offre un gain de temps impressionnant et l'on peut oublier les calques et le rapporteur d'angle.

II- Notions de la téléradiographie

La TLR est devenue un outil de travail très utile au diagnostic et au pronostic orthodontique. Elle est maintenant une technique assez complexe utilisant des moyens et des principes pour l'obtention des clichés aussi fiables que possible qui mènent à leur tour à un diagnostic correct.

II-1- Principes généraux :

La TLR est une technique radiologique utilisant une grande distance foyer-objet (4m ou 4,5m), une courte distance objet-film et un céphalostat permettant d'immobiliser la tête du patient dans une position standardisée (6).

Le rapport entre les distances permet de réduire l'agrandissement et de diminuer le flou du foyer. Des mesures linéaires et angulaires sont directement réalisables sur le cliché.

L'utilisation du céphalostat permet d'obtenir des clichés reproductibles et est à l'origine des superpositions céphalométriques (8).

Actuellement, il est rare que la TLR soit réalisée à 4m ou à 4,5m pour moins irradier le patient, mais aussi pour un problème d'espace. La distance foyer/objet est généralement 1,5m et doit alors être prise en compte (4).

Le passage de l'image physique à l'image numérique est inéluctable, car la numérisation facilite la manipulation et le stockage des dossiers. De plus, la transmission des images par lignes téléphoniques ou câbles entre les services et les praticiens permet de faciliter leur travail (9).

II-2- Installation :

Il existe de nombreux appareils, de taille et de type variables et constitués par :

- **Le générateur :**

Il permet de transformer le courant alternatif de basse tension du secteur (220 V, 50 Hz) en un courant contrôlé, redressé et de haute tension (75-100 kV), adapté à la production des rayons X. Il fournit aussi d'autres formes de courant pour les autres composants du système (9).

- **Le tube radiogène :**

Il convertit le courant électronique fourni par le générateur en rayons X (9).

- **Le céphalostat :**

C'est un dispositif mural composé de deux olives en plastique qui sont introduites dans les conduits auditifs externes (CAE) des sujets et d'un appui frontal, nasal ou mentonnier. Il pivote sur 360° pour permettre la réalisation des incidences de face, de profil, axiale et oblique. Il peut être couplé à un système optique émettant des rayons lumineux et aidant à positionner le patient (9).

- **Le système de détection :**

Comme les films argentiques, les écrans photostimulables à mémoire et les capteurs CCD (Charged Coupled Device) permettent une réduction de 40% de l'irradiation (9).

- **Les accessoires :**

- Les grilles antidiffusantes : diminuent le flou lié au rayonnement diffusé.
- Les filtres : permettent la visualisation du profil cutané et les structures osseuses sur le même cliché (9).



Figure 1 : TLR de profil : la tête est stabilisée avec le céphalostat.

II-3- Les incidences :

Quelle que soit l'incidence utilisée, l'orientation céphalométrique est celle du plan de Francfort horizontal (6) . Le patient peut être debout ou assis :

- **L'incidence de profil :**

Elle peut être réalisée en occlusion, bouche ouverte (pour dégager l'image des condyles), au repos physiologique (pour apprécier l'espace d'inocclusion), en intercuspitation maximale (ICM) ou en relation centrée (RC). Le faisceau de rayons X est perpendiculaire au plan sagittal médian, lui-même parallèle au capteur. Cette radiographie permet d'étudier les deux sens sagittal et vertical (6).

- **L'incidence de face :**

Elle sera réalisée qu'en cas de problème d'équilibre facial dans le sens transversal. La face est en regard du film afin de minimiser son agrandissement. Le sujet est en ICM ou en RC, le rayon incident est parallèle au plan de Francfort et perpendiculaire au capteur. Elle objective les dysmorphoses du sens transversal et permet le diagnostic différentiel entre une endoalveolie et une endognathie (6).

- **Les incidences obliques :**

Elles sont peu utilisées (peuvent être remplacées par des clichés rétro alvéolaires) et ont pour principale indication le calcul précoce d'une dysharmonie dentomaxillaire (DDM), avant l'éruption des prémolaires. Trois incidences sont décrites :

- À 38° (par rapport au plan sagittal médian) pour l'étude des secteurs canins.
- À 45° pour l'étude des secteurs prémolaires.
- À 52° pour l'étude des secteurs molaires.

La tournelle du céphalostat prendra différentes orientations qui serviront à positionner la zone à radiographier perpendiculairement au rayon incident et à proximité du film. La tête du patient est légèrement fléchie pour optimiser la projection de la mandibule (6).

- **L'incidence axiale :**

Elle est rarement réalisée. Deux incidences sont utilisées :

- L'incidence subaxiale de Berger, durant laquelle le rayon incident est perpendiculaire au plan de Francfort (qui est dans cette incidence perpendiculaire au sol)
- L'incidence hyperaxiale de Bouvet, durant laquelle le rayon incident est perpendiculaire au plan d'occlusion.

Les clichés axiaux permettent d'étudier les asymétries mandibulaires et de la base du crâne (7).

II-4- Critères de bonne orientation céphalométrique :

- **Sur l'incidence de profil :**

Les repères radio-opaques des olives du céphalostat doivent être superposés rigoureusement sans décalage, et les structures gauches et droites doivent être confondues (8).

- **Sur l'incidence de face :**

Le plan de Francfort horizontale, les planchers orbitaires, les foramens rotundum et les milieux des apophyses zygomatiques sont sur le même plan. Mais il est habituel de trouver une face allongée ou déformée avec une tête trop basse ou en rotation (8).

- **Sur l'incidence basale :**

Les incisives centrales supérieures doivent normalement dépasser l'image radiologique du frontal. Le vomer et la lame verticale de l'ethmoïde doivent être superposés, les images des apophyses ptérygoïdes doivent être symétriques (8).

Outre le centrage correct du patient dans le céphalostat, il peut y avoir des mouvements parasites lors de la prise de la téléradiographie qui peuvent influencer de façon variable sur les différentes incidences pouvant même aller jusqu'à rendre le cliché inutilisable :

- La rotation : autour d'un axe vertical (les vertèbres cervicales).
- Le roulis : mouvement latéral autour d'un axe sagittal (balancement de la tête de droite à gauche) (8).
- Le tangage : l'embarquée sur l'axe transversal qui correspond au balancement de la tête d'avant en arrière (8).

III- Ostéologie crânio-faciale :

III-1- Les os du crane :

- **Os frontal :**

Placé à la partie antérieure du crâne, il forme la voûte des cavités orbitaires, il est constitué de deux parties, une partie verticale antéro supérieure et une autre horizontale inférieure. (10)

- **Os sphénoïde :**

C'est un os impaire situé à la partie moyenne de la base du crâne, en arrière de l'ethmoïde et du frontal et en avant de l'occipital et des temporaux, il est en contact avec la plupart des os du crâne, il comprend quatre parties : le corps, les petites ailes, les grandes ailes et les apophyses ptérygoïdes (10).

- **Os occipital :**

C'est un os impair qui occupe la partie postéro inférieure du crâne on lui distingue quatre segments : l'apophyse basilaire du corps de l'occipital, les masses latérales droite et gauche et l'écaille de l'occipital (10).

- **Os ethmoïde :**

Os impaire placé au-dessous du frontal dans l'échancrure ethmoïdale, il contribue à la formation de l'étage antérieur de la base du crâne. Constitué par quatre parties : une lame verticale, une lame horizontale, une masse latérale droite et une autre gauche (10).

- **Os temporal :**

C'est un os pair, situé dans la partie latérale du crâne. Il participe aussi bien à la formation de la voûte que la base du crâne. Il comprend plusieurs parties : l'écaille, le rocher et la région mastoïdienne (10).

- **Os pariétal :**

C'est un os pair du crâne. Il est situé dans sa partie latérale de part et d'autre de la ligne médiane. D'une forme de quadrilatère, il contribue à la protection du cerveau par sa participation à la boîte crânienne (10).

III-2- Les os faciaux :

- **Os mandibulaire :**

Os impaire, médian et mobile, situé à la partie inférieure de la face, il comprend trois parties : le corps mandibulaire (arc mandibulaire) en avant, et deux branches montantes en arrière (11).

- **Os maxillaire :**

Un os du massif facial supérieur, pair et symétrique. Les deux maxillaires sont soudés entre eux, et occupent la partie centrale du massif facial, au-dessous du frontal et des cavités orbitaires dont ils font partie (11).

- **Os lacrymal :**

Un os pair de petite taille, en forme de quadrilatère, participe à la formation de la paroi médiale de l'orbite et latérale de la cavité nasale (12).

- **Os vomer :**

C'est un os plat, unique et médian qui appartient à la cloison nasale dont il constitue la partie postéro-inférieure (12).

- **Os zygomatique (malaire) :**

C'est un os quadrangulaire pair qui forme la pommette et sur lequel s'appuient les muscles zygomatiques. Participe à la formation de l'orifice externe de l'orbite et sert à faire le lien entre le maxillaire et l'os temporal (11).

- **Os nasal :**

Os pair, qui forme une sorte de gouttière à concavité postéro-inférieure qui constitue la partie antérieure de la paroi supérieure de la fausse nasale (11).

- **Os palatin :**

Os du massif facial supérieur, pair et symétrique composé de deux lames soudées à angle droit (12).

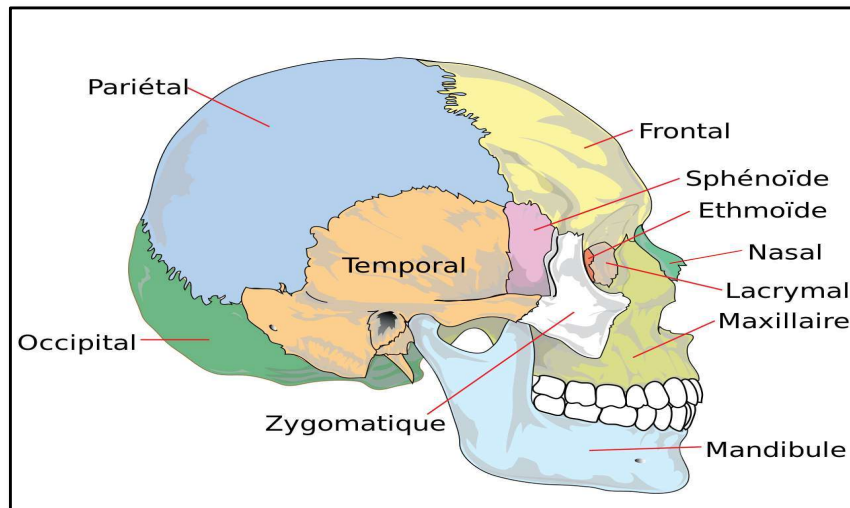


Figure 11 : les os crâniens et faciaux (10).

IV- Anatomie céphalique téléradiographiques et tracés céphalométriques :

Les analyses céphalométriques sont réalisées à partir d'un tracé sur du papier calque des structures crâniofaciales issues d'un cliché téléradiographique, et sont basées sur la recherche de certains points, témoins de structures jugées essentielles. De ce fait, la connaissance de l'anatomie céphalique téléradiographique et les principes de base de la céphalométrie semble être nécessaire.

IV-1- Technique du tracé céphalométrique :

La technique du tracé se fait au moyen d'un transparent d'acétate ou papier calque placé sur la radiographie, le tout au-dessus d'un négatoscope, et l'on réplique les structures anatomiques à l'aide d'un porte-mine 0.5 HB (13).

Un code international a été admis pour distinguer les tracés (Fondation Orthodontic Research) (13):

- Avant traitement = en noir
- Prévion de croissance = en vert
- Prévion de croissance avec traitement = en rouge
- Pendant le traitement = en marron
- Après le traitement = en bleu
- Après la contention = en violet.

Pour la superposition, il est possible de varier le trait si l'on n'a pas recours aux couleurs en utilisant (13):

- Le trait interrompu pour le deuxième tracé,
- Le trait pointillé pour le troisième tracé,
- Le trait entrecoupé d'un point pour le quatrième tracé.

IV-2- Anatomie céphalométrique de profil :

Le cliché de profil ou en « norma latéralis » est le plus utilisé. Généralement, les téguments sont placés du côté droit et le tracé est positionné d'une manière à ce que le plan de Francfort soit horizontal (13).

Les structures reproduites sont : le profil cutané (la glabelle, le nez, la région sous-nasale, les lèvres, le menton) et les structures osseuses (13).

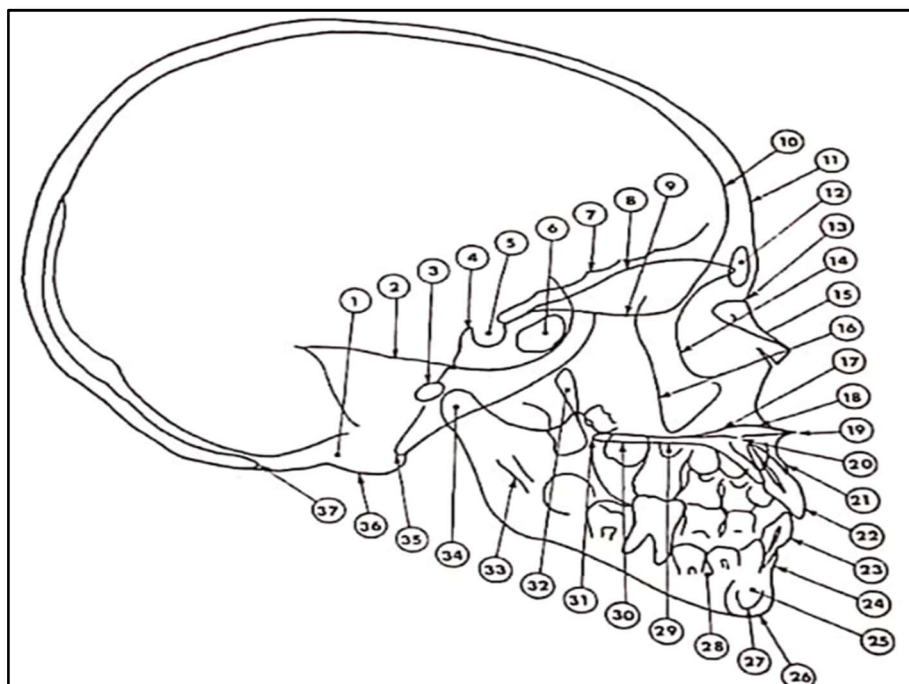


Figure 12 : principales structures osseuses sur le film de profil (13).

- | | |
|---|--|
| 1. Trou occipital (foramen magnum). | 10. Face endocrânienne verticale du frontal. |
| 2. Face endocrânienne du rocher. | 11. Face exocrânienne verticale du frontal. |
| 3. Conduit auditif externe. | 12. Sinus frontal. |
| 4. Apophyses clinoides postérieures. | 13. Suture fronto-nasale. |
| 5. Selle turcique. | 14. Contour de l'orbite, bord externe. |
| 6. Sinus sphénoïdal. | 15. Os nasal. |
| 7. Plafond de l'orbite, face endocrânienne. | 16. Le Key ridge. |
| 8. Plafond de l'orbite, face exocrânienne. | 17. Crête nasale (maxillaire). |
| 9. Lame criblée de l'ethmoïde. | 18. Crête incisive (maxillaire). |
| | 19. Épine nasale antérieure. |

- 20. Orifice du canal palatin antérieur.
- 21. Os alvéolaire (maxillaire).
- 22. Incisive centrale supérieure.
- 23. Incisive centrale inférieure.
- 24. Os alvéolaire (mandibule).
- 25. Symphyse mandibulaire.
- 26. Corticale externe de la symphyse.
- 27. Corticale interne de la symphyse.
- 28. Prémolaires en cours d'évolution.
- 29. Processus palatin du maxillaire.
- 30. Processus maxillaire du palatin.
- 31. Épine nasale postérieure.
- 32. Fente ptérygo-maxillaire.
- 33. Canal dentaire inférieur.
- 34. Tête du condyle.
- 35. Basi-occipital.
- 36. Condyle occipital.
- 37. Bord postérieur du foramen magnum.

IV-3- Les principaux points céphalométriques sur l'incidence de profil :

- **Les points cutanés (1):**
 - Le point sous-nasal : le point de jonction entre la lèvre et le nez.
 - Stomion cutané : le point à la jonction des deux lèvres.
 - Pogonion cutané : le point le plus antérieur de la symphyse cutanée.
 - Nasion cutané : le point le plus antérieur de l'ensellure nasale.
- **Les points médians et bilatéraux :**

Tableau 2 : définitions des points céphalométriques médians et bilatéraux (1).

Abréviation	Nom	Définition
Na ou N	Nasion	Le point le plus antérieur de la suture naso-frontale.
Ba	Basion	Le point le plus recule et le plus bas du basi occipital.
S	Sella	Le centre de la selle turcique.
ENA	Epine nasale antérieure	Le point le plus antérieur de l'épine nasale.
ENP	Epine nasale postérieure	Le point le plus postérieur de l'épine nasale.
Me	Menton	Point le plus inférieur de l'image de la symphyse.
Gl	Glabelle	Le point le plus saillant de la partie inférieure du front, entre les arcades sourcilières.
Pg	Pogonion	Le point le plus antérieur de l'image symphysaire.
Gn	Gnathion	Point du contour symphysaire, à mi-distance du Pog et Me.
A		Point le plus déclive de la concavité alvéolaire antérieure du maxillaire.
B		Le point le plus postérieur de la concavité formée par la corticale alvéolaire inférieure.
D		Centre de l'image de la base symphysaire.

Pm	Supra pogonion	Compris entre le point B et Pog.
Ptm	Pterygo-maxillaire	Sommet de la fente ptérygomaxillaire.
L		La projection orthogonale sur S-Na du point le plus antérieur de la mandibule.
E		La projection orthogonale sur S-Na du point le plus postérieur de la mandibule.
Sp		Le point le plus postérieur de la selle turcique.
Pr	Prosthion	Le point le plus antérieur le l'os alvéolaire au niveau de l'incisive supérieure.
Id	Infra dentaire	C'est l'homologue du Pr au niveau de la mandibule.
Op	Opisthion	Le point postérieur du foramen magnum.
β		Coïncidence du bord incisif de la centrale supérieure avec le milieu de la distance ENA-Pog.
α		Coïncidence du bord incisif de la centrale inférieure avec le milieu de la distance A-B.
Or	L'orbital	Point le plus déclive du rebord de l'orifice orbitaire.
Go	Gonion	Point équidistant entre le point le plus antérieur et le point le plus postérieur de l'angle mandibulaire.
Po	Porion	Le point le plus supérieur du CAE.
Xi		C'est le centre géométrique du ramus.
Ar	Articulaire	Situé à l'intersection de la base du crâne et l'image postérieure du condyle mandibulaire.
Bo	Bolton	Le point le plus déclive de la concavité postérieure du condyle occipital.
Co	Condyléen	Le point le plus supérieur de la tête du condyle.
I	Incisive cent-rale supérieure	Point le plus occlusal de l'image de l'incisive supérieure.
i	Incisive cent-rale inférieure	Point le plus occlusal de l'image de l'incisive inférieure.

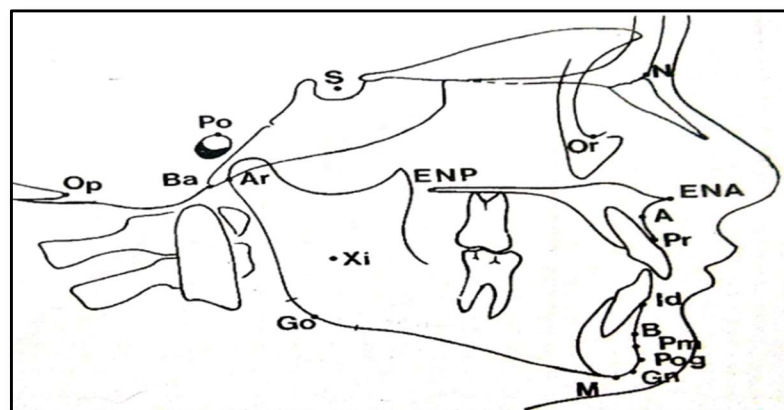


Figure 13 : Tracé et points céphalométriques de profil (1).

IV-4- Les principaux plans et lignes :

- **Plans horizontaux :**
 - Plan de Francfort : passe par le point sous orbitaire et Po.
 - Plan bispinal : passe par ENA et ENP.
 - Plan mandibulaire : passe par Me et tangent au bord inférieure de la mandibule dans la région angulaire.
 - Plan occlusal : bissectant les recouvrements molaires et incisives.

- **Plans verticaux :**
 - Plan ramal : tangent a la branche montante.
 - Plan facial : passe par Na et Pog.

- **Lignes horizontales :**
 - S-Na : passe par S et Na
 - Ligne de la base du crane : passe par Na et Ba

- **Lignes verticales :**
 - Ligne E de Ricketts : passe par la pointe du nez et Pog cutané.
 - Axe Y : passe par S et Gn.

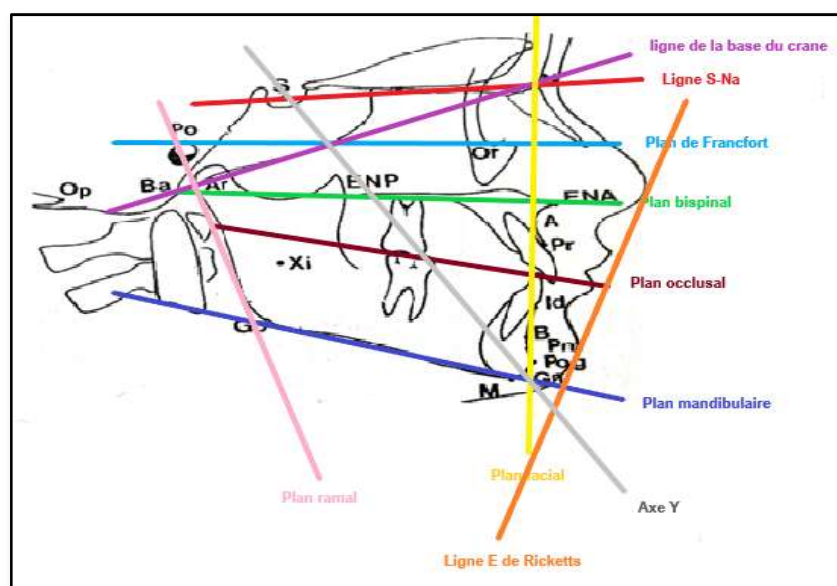


Figure 14 : principaux plans et lignes céphalométrique (14).

V- Généralités sur la croissance cranio-faciale :

V-1- La croissance de la base du crane :

L'encéphale chez le nourrisson et le jeune enfant joue un rôle important dans la croissance du crâne. Les lobes frontaux de l'encéphale en expansion élargissent et avancent la fosse cérébrale crânienne antérieure. La face supérieure avance. Les tubérosités (zones postérieures situées derrière les dernières molaires) du maxillaire sont poussées en avant et la croissance tubérositaire, dans les parties postérieures du maxillaire, permet le comblement de cet espace libéré par l'avancement de la face supérieure. Ceci est visible sur le schéma de Enlow ci-dessous (15).

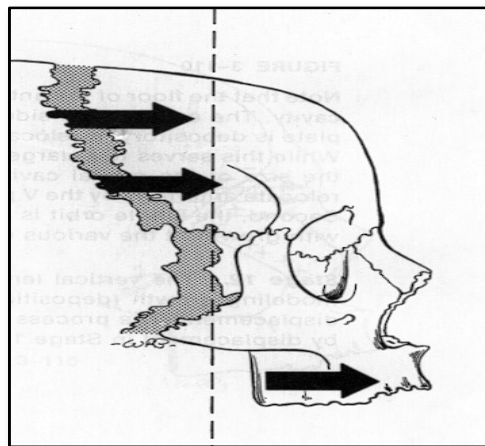


Figure15 : la croissance de la base du crane (15).

La base du crâne sépare l'encéphale de la face. Sa taille est variable selon les individus et, chez l'homme, la base du crâne présente une angulation de 120° qui correspond à la station érigée. Elle est plate chez le quadrupède. Cette base du crâne est pour Delaire « le terrain à bâtir de la face » (16).

V-2- La croissance du massif facial supérieur :

Il est suspendu à la base du crâne dont il dépend. Sur ce schéma de Enlow, nous constatons qu'il est poussé en bas et en avant par les muscles faciaux. Les muscles sont représentés par le maçon qui pousse le wagonnet. La face est construite en arrière par un maçon qui apporte des briques, il comble l'espace libéré par le massif facial qui progresse en avant, tiré par la musculature. La face grandit.

En avant, le profil de l'enfant devient plus droit grâce au phénomène de résorption osseuse qui se fait naturellement et qui est ici imagé par un maçon qui sculpte (résorption osseuse) la face antérieure (15).

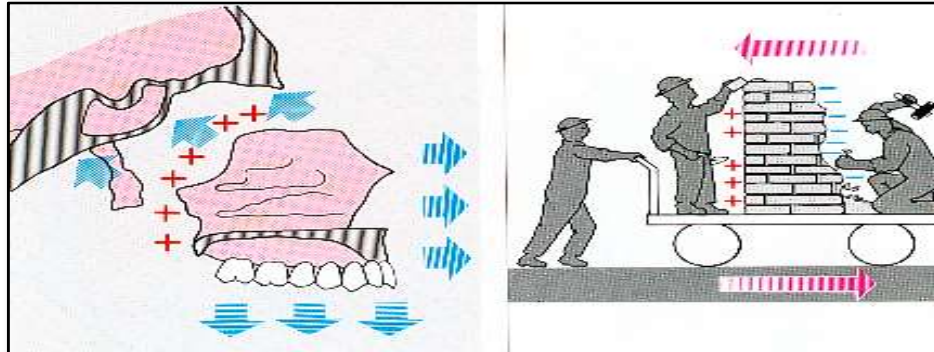


Figure 16 : Illustrations de la croissance du massif facial supérieur selon Enlow (15).

- **Phénomènes de remodelage :**

Pendant la croissance, dans la partie antérieure de la face, nous pouvons observer des territoires de croissance bien précis qui sont le siège d'une apposition osseuse ou d'une résorption qui contribue à sculpter le visage et à rendre le profil plus droit alors que chez l'enfant, il est plutôt convexe (15).

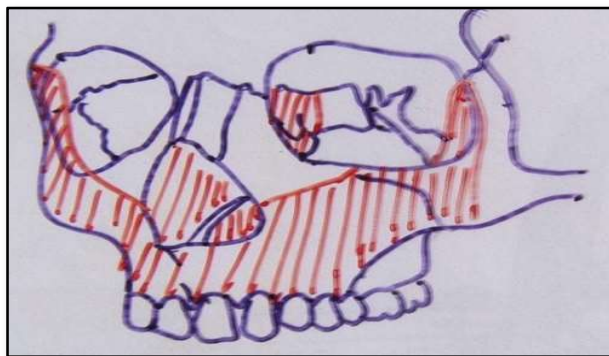


Figure 17 : Processus de remodelage pendant la croissance (15).

- **Phénomènes de résorption osseuse :**

Siège en hachuré de la résorption de la partie antérieure de la face pendant la croissance. Cette action verticalise la face et fait peu à peu disparaître le profil convexe et l'aspect « poupon » de l'enfant (17).

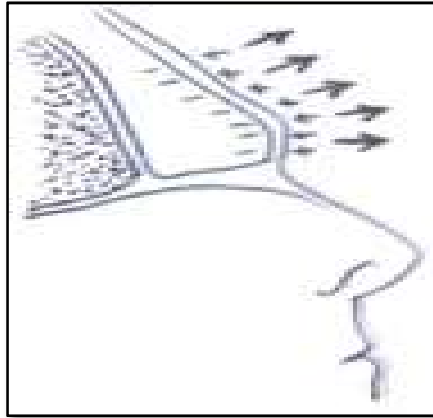


Figure 18 : Principe de surface et mouvement cortical au niveau du sinus frontal (15).

- **La croissance tubérositaire :**

Cette croissance permet la croissance sagittale postérieure, celle de la croissance verticale des tissus osseux qui soutiennent les dents ainsi que la croissance transversale qui élargit l'arcade dentaire postérieurement en élargissant les sinus maxillaires. L'accroissement postérieur est une réponse au déplacement antérieur du maxillaire et contribue à l'allongement de l'arcade dentaire. Voir ci-dessous le schéma de Enlow qui visualise cette croissance tubérositaire, laquelle libère l'espace nécessaire pour l'éruption des 2èmes molaires maxillaires, puis des dents de sagesse. Cet accroissement est également transversal (18).

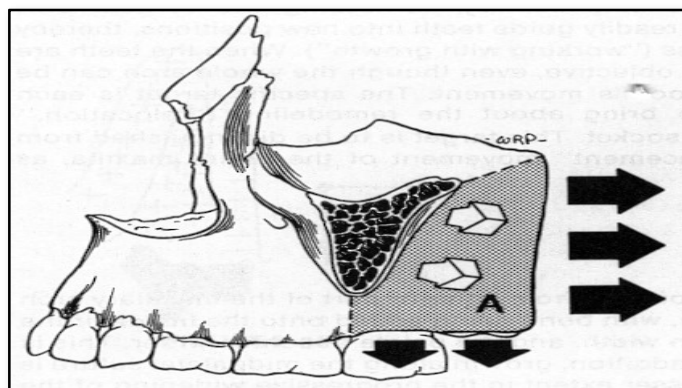


Figure 19 : La croissance tubérositaire selon Enlow (15).

- **La croissance du maxillaire :**

La croissance est tubérositaire, en direction postérieure, transversale par élargissement postérieur de l'arcade dentaire et verticale par croissance des procès

alvéolaires. Les maxillaires droit et gauche sont reliés entre eux par la suture intermaxillaire. Cette suture est active jusqu'à l'âge de 14 ans chez les filles et 16 ans chez les garçons (17).

- **La croissance mandibulaire :**

La croissance de cet os est complexe tant par son mode d'ossification – c'est un os d'origine mixte, cartilagineuse et membraneuse – que par ses modifications morphologiques. La mandibule est le seul os mobile de la face. Il est relié à la partie postérieure de la base du crâne par l'intermédiaire des cavités glénoïdes qui se déplacent en bas et en arrière pendant la croissance, car elles suivent la croissance de la base du crâne. La croissance mandibulaire doit donc être quantitativement plus importante que celle du maxillaire, afin de conserver son articulation dento-dentaire (occlusion dentaire) équilibrée entre le maxillaire et la mandibule.

Selon les courbes de Bjork, la croissance du condyle mandibulaire se poursuit au-delà de la croissance suturale de la face et un peu au-delà de la croissance staturale (taille), jusqu'à 22 ans chez le garçon et 18 ans chez la fille. Pour certains auteurs, la croissance mandibulaire se poursuivrait encore plus tard.

Le cartilage condylien est le centre de croissance le plus important de la mandibule. Il contribue considérablement à l'accroissement en hauteur et en largeur de la mandibule (16).

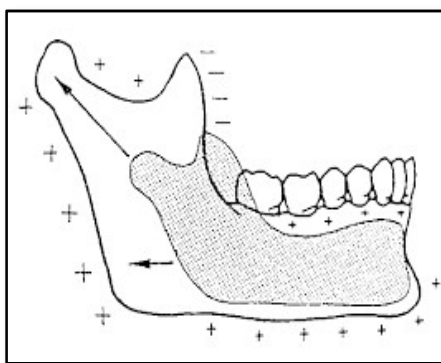


Figure 10 : les zones d'apposition (+) et de résorption (-) au niveau de la mandibule (19).

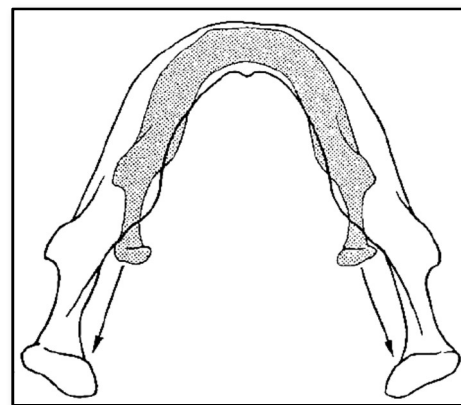


Figure 11 : la croissance horizontale Mandibulaire (19).

V-3- Facteurs influençant la croissance crânio-faciale :

- **Facteurs généraux :**

- Intrinsèques : génétiques et endocriniens (hormones secrétés par la thyroïde, l'hypophyse et les glandes sexuelles).
- Extrinsèques : nutritionnels, socio-économiques et psychoaffectifs (20).

- **Facteurs locaux :**

- L'influence des différentes fonctions (déglutition et posture linguale, ventilation, parafunctions et attitude posturale).
- Le rapport périoste/muscle : le périoste enveloppe la surface des os, il possède un pouvoir ostéogénique ainsi que résorptif. La fonction musculaire joue un rôle de premier plan dans la croissance faciale (20).

CHAPITRE 2 : LES ANALYSES CEPHALOMETRIQUES

Introduction :

On qualifie une analyse céphalométrique de conventionnelle lorsque ses mesures et ses normes sont issues d'une étude épidémiologique bien précise sur un échantillon d'individus parfaitement sélectionnés selon plusieurs critères par la convention de la majorité des chercheurs.

Comme les normes classiques sont critiquées (limites de la céphalométrie conventionnelle), certains préfèrent l'interprétation des radiographies par des règles des proportions individuelles qui traduisent un équilibre physiologique.

Selon Muller, les différents types d'analyses céphalométriques se divisent en trois catégories :

I- Les analyses typologiques :

Elles ne font pas appel à des normes chiffrées, mais tiennent compte des caractéristiques morphologiques et déterminent pour un individu un type facial d'équilibre par comparaison avec des standards.

I-1- Analyse de Bjork :

Cette analyse dont les recherches s'étalent sur des années (1947-1984), est fondée sur le principe de l'appréciation du prognathisme facial, c'est à dire le rapport entre la proéminence faciale et la base du crâne.

Grace à l'utilisation de la technique des implants métalliques intra-mandibulaires et l'appréciation sur la radiographie de la main du stade de la maturation osseuse, Bjork a pu préciser le mode de croissance mandibulaire étant normale ou pathologique et a conclu qu'il existe deux types de rotation mandibulaire (21).

- **La rotation antérieure :**

La plus fréquente et se traduit par un mouvement vers l'avant. Bjork en distingue trois types (22):

- Type 1 : due à une perte de dents ou un tonus musculaire des élévateurs excessif, et se traduit par une supraclusion et donc une diminution de la hauteur de l'étage inférieur de la face. La rotation se fait autour des centres des condyles (**fig 12.a**).

- Type 2 : la rotation se fait autour d'un centre situé au niveau des bords des incisives inférieures. Une augmentation importante de la hauteur faciale postérieure tandis que la hauteur faciale inférieure reste stable (**fig 12.b**).
- Type 3 : la rotation se fait autour d'un axe situé dans la région prémolaire. Dans ce type, il y a une diminution de la hauteur faciale inférieure et une augmentation de la hauteur faciale postérieure (**fig12.c**).

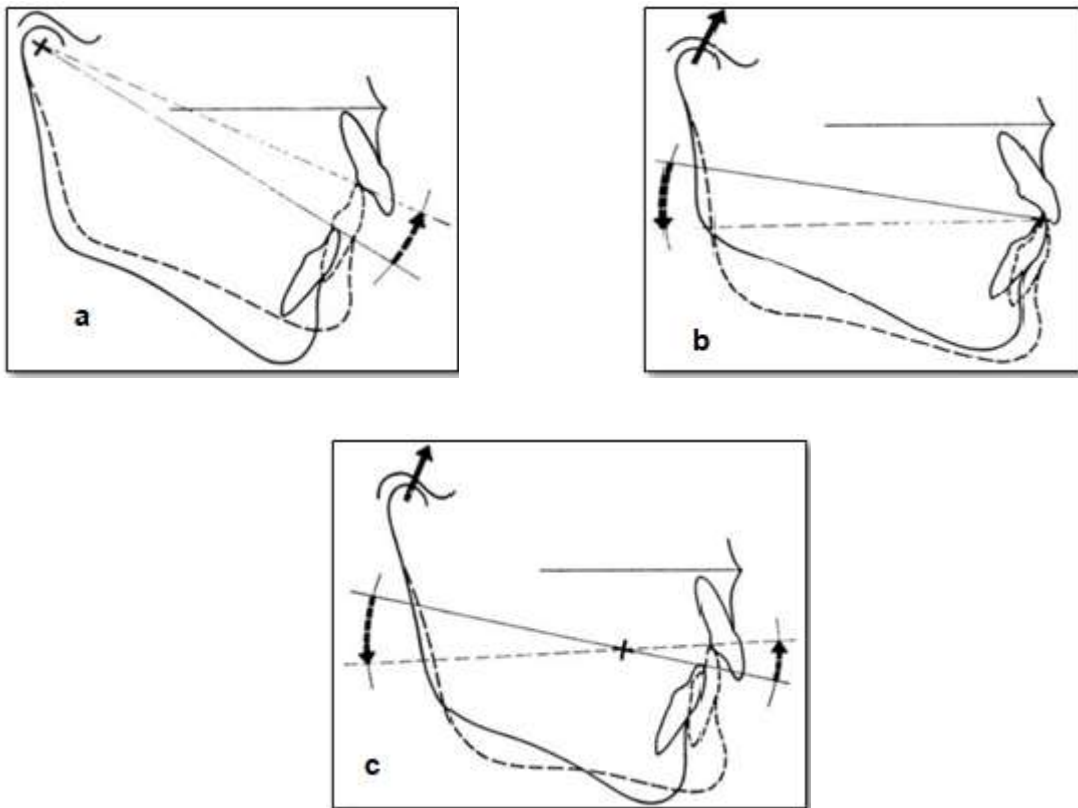


Figure 12 : les trois types de croissance mandibulaire par rotation antérieure selon Bjork (21).

- **la rotation postérieure :**

Elle est moins fréquente que sa précédente, et est consécutive à une musculature moins puissante des élévateurs et une contraction exagérée des muscles abaisseurs (22). Bjork en distingue 2 types :

- Type 1 : le centre de la rotation en arrière se trouve au niveau des articulations temporo-mandibulaire (ATM). Il y a un hyperdéveloppement de la hauteur de l'étage inférieur et une béance antérieure (**fig 13.a**).

- Type 2 : la rotation se produit au niveau de l'occlusion des dernières molaires. cela se traduit par un col condylien long et incurvé vers l'arrière, un menton tiré vers le bas et en arrière et les axes des molaires et prémolaires supérieures et inférieures forment un angle qui se diminue par le fait de leur inclinaison vers l'arrière (**fig 13.b**).

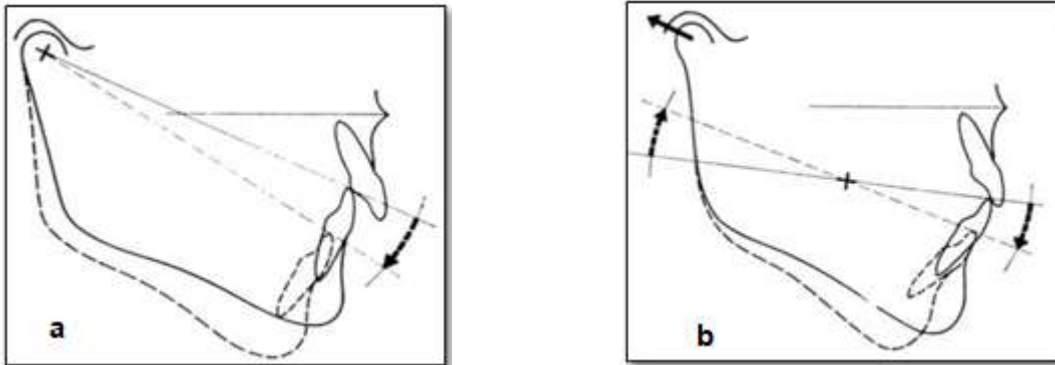


Figure 13 : les deux types de rotation mandibulaire postérieure selon BJORK (21).

- **Les signes structuraux de chaque type de la rotation mandibulaire :**

Tableau 2 : caractéristiques des deux types de rotations selon BJORK (21).

La rotation antérieure	La rotation postérieure
1. Condyle court, massif et dirigé vers l'avant.	1. Condyle fin et dirigé vers l'arrière.
2. Canal dentaire courbe.	2. Canal dentaire rectiligne.
3. Angle mandibulaire fermé.	3. Angle mandibulaire ouvert.
4. Bord inférieure de la mandibule convexe en « rocking chair ».	4. Un bord basilaire concave avec une encoche préangulaire.
5. Symphyse courte, épaisse et orientée vers l'avant.	5. Symphyse mince et orientée vers l'arrière.
6. Angle intermolaires augmenté $>180^\circ$.	6. Angle intermolaires fermé $<180^\circ$.
7. Angle interincisives ouvert.	7. Angle interincisives fermé.
8. La hauteur de l'étage inférieure est diminuée.	8. La hauteur antérieure est augmentée.

I-2- Analyse de Sassouni :

L'analyse de Sassouni utilise deux films, un de profil et un de face, ce qui permet d'étudier les trois sens de l'espace. Les structures faciales sont étudiées par rapport à des arcs des cercles centrés sur le point de convergence d'un plan tangent à la base du crâne et du plan mandibulaire. Actuellement, cette analyse est informatisée (14).

- **Orientation du film de profil :**

Employer une feuille de papier millimétré, Placer à gauche le film de profil, de façon que les olives auriculaires soient sur le même plan horizontal que les olives du film frontal, aligner le bord incisif de l'incisive centrale supérieure du film de profil sur ce même point, vu sur le film frontal. Vérifier le niveau des points : Menton, Basion, odontoïdal qui peuvent être vu sur les deux films, ainsi que les têtes des condyles mandibulaires lorsque c'est possible (14).

- **Constructions géométriques et interprétations :**

- Les plans :

- Plan de la base du crâne : parallèle au plan supra-orbitaire, tangente au point Si.
- Plan palatin, le plan occlusal et le plan mandibulaire.

L'intersection de ces plans en un seul point constitue la définition même de la face bien équilibrée et bien proportionnée. Mais, le plus souvent, trois plans, sur quatre, se rencontrent en O. Celui qui ne converge pas en O, représente la région dans laquelle l'équilibre facial a été rompu (8).

Le point O est plus déterminé par une zone de convergence que par un point géométrique, il doit être considéré comme le centre d'un cercle de 15 mm de diamètre, dans lequel passent les quatre plans (8).

Si l'un d'eux présente un degré de divergence tel qu'il passe hors du cercle, il n'en est pas tenu compte pour la détermination du point O (8).

Les quatre plans peuvent se rencontrer deux à deux, en deux points d'intersection différents ; dans ce cas, le point O désigne l'intersection du plan de la base du crâne et du plan mandibulaire (8).

C'est l'absence de convergence en O qui servira à déterminer le type facial du sujet (14):

- Type 1 : le plan de la base du crâne ne converge pas en O.
- Type 2 : le plan palatin ne converge pas en O.
- Type 3 : le plan occlusal ne converge pas en O.
- Type 4 : le plan mandibulaire ne converge pas en O.

Pour chacun de ces types, le plan qui ne rencontre pas les autres en O peut passer soit au-dessus (Above) subdivision A, soit au-dessous (Below) subdivision B.

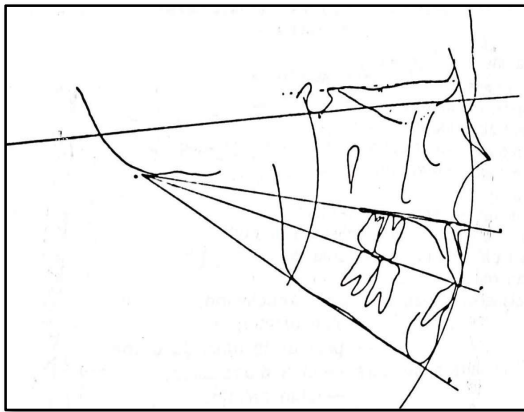


Figure 14 : type squelettique IA (14).

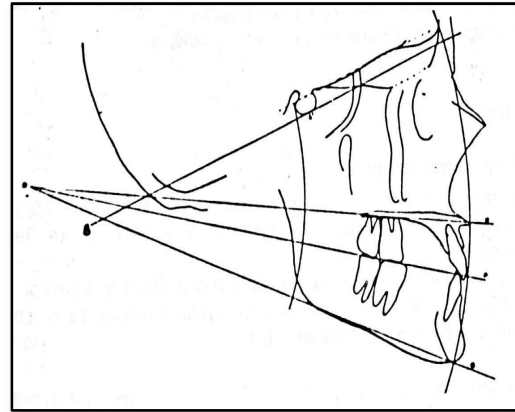


Figure 15 : type squelettique IB (14).

➤ Les arcs :

Du point O centre, on trace les arcs passant par les points suivants (14):

1. Arc antérieur : passe par Na, ENA et Pog et le bord de l'incisive centrale supérieure.

Le profil est alors dit normal ou "archial"

- Si les points ENA, Pog et le bord de l'incisive centrale se trouvent en avant de l'arc, le profil est dit "préarchial", ou convexe.
- Si au contraire, ils se trouvent en arrière de l'arc, le profil est dit "post archial", (peut être rectiligne ou concave si Pog est moins postérieur).

Dans ces deux cas, tracer un second arc passant par ENA,

- Si l'arc passe par le Pog, on parle de CL I squelettique.
- Si l'arc I bis passe en arrière du Pog, on parle de CL III squelettique.

- Si l'arc passe en avant du Pog, on parle de CL II squelettique.
- Si l'IC est en avant ou en arrière de l'arc, on parlera d'une protrusion ou une rétrusion purement dentaire.

2. Arc postérieur : passe par le point Sp et le Go.

Chez l'adulte le point GO est en arrière de l'arc 4 de 6mm.

- A 4 ans le point Go est en avant de l'arc de 6 mm.
- A 8 ans le point Go est en avant de l'arc de 3 mm.
- A 12 ans l'arc passe par le Go.

Ces rapports comparés avec les rapports de l'arc antérieur et de Pog permettent d'étudier la longueur de la mandibule est et sa position.

- Pour la taille de la mandibule :

- Si Go sur l'arc postérieur et Pog en avant de l'arc antérieur, la mandibule est trop longue et projetée avant.
- Si Go en arrière de l'arc postérieur et Pog sur l'arc antérieur, la mandibule est trop longue et projetée en arrière.
- Si Go est sur l'arc postérieur et Pog en arrière de l'arc antérieur, la mandibule est trop courte.
- Si Go est en avant de l'arc postérieur et Pog sur l'arc antérieur, la mandibule est trop courte.

- Pour la position de la mandibule :

Si les deux points Go et Pog sont tous les deux en avant ou tous deux en arrière de leurs arcs respectifs, de la même quantité, il y'a anomalie de position sans anomalie de taille.

- L'équilibre vertical (14):

Dans le sens vertical, l'axe de symétrie est le plan palatin. Donc :

- La distance ENA-base du crâne = la distance ENA-plan mandibulaire (étude de la hauteur des étages de la face).
- La distance ENP-base du crâne = la distance ENP-plan mandibulaire.

II-3- Analyse céphalométrique de Bimler :

Cette méthode est essentiellement basée sur une classification typologique de la face dans le sens sagittal et dans le sens vertical. On détermine non seulement le type de face dans son ensemble, mais aussi le type de chacun des deux étages, moyen et inférieur. La comparaison de ceux-ci permet de juger de leur état d'équilibre, ou de déséquilibre (23).

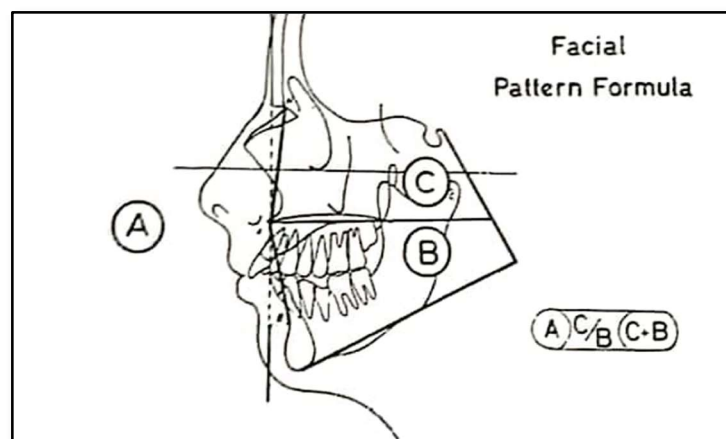


Figure 20 : la formule du type facial (14).

Les principaux éléments de diagnostic concernant le squelette facial sont groupés dans une formule appelée « formule du type facial » (23).

Le plan d'orientation, également plan principal de référence, est le plan de francfort (23).

La hauteur relative de la face va être déterminée grâce à l'utilisation de plusieurs plans (23):

- Plan mandibulaire
- Plan du clivus
- Plan palatin

La valeur de l'angle facial basal, mesuré entre les plans mandibulaires et du clivus varie de 50° pour les patients ayant une face plutôt profonde jusqu'à 125° pour ceux ayant une face très allongée (23).

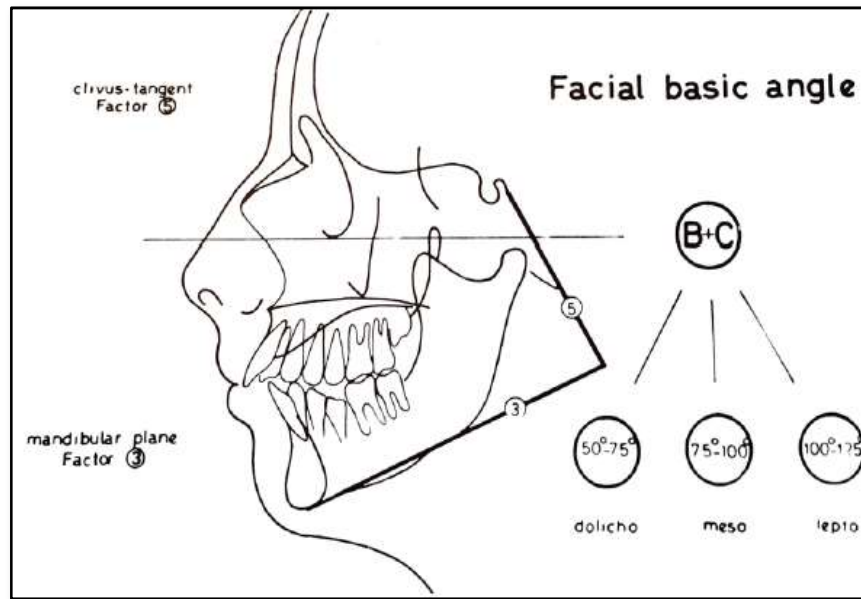


Figure 17 : rapport de la hauteur totale et de la profondeur de la face, déterminé par l'angle clivus-plan mandibulaire (14).

II- Les analyses dimensionnelles :

II-1- Analyse céphalométrique de Ricketts :

Elle fait partie des analyses dimensionnelles et typologiques, elle a donc pour vocation de mesurer pour décrire, elle répond aux besoins cliniques de diagnostic et de pronostic. Ricketts travaillait pendant cinq ans avec Downs et était influencé par ce dernier. Cette analyse est alors plus efficace, mais son fond est l'esprit de Downs avec son exigence fondamentale « conserver un lien étroit avec l'examen clinique » (8).

Le système créé comporte une analyse frontale et sagittale, des normes visuelles, des modèles de prévision de croissance à court et à long terme avec ou sans traitement et un système de superposition, c'est l'analyse qui a été appliquée à 60000 patients entre 1969 et 1977 (22).

En 1969, Ricketts mit au point avec Gugino une version simplifiée de l'analyse de profil, c'est la plus connue et la plus utilisée. C'est cette version qui sera étudiée, quand à la technique de superposition et à la prévision de croissance, elles seront abordées dans le quatrième chapitre (14).

- **Principaux points, lignes et plans utilisés :**

Dans son analyse, Ricketts empreinte des points, des lignes et des plans, d'autres lui sont propres (24).

- Les points anatomiques :

- Pm, , Po, Na, S, Ba, Or, ENA, ENP, Point A, Pog, Me,
- Pt : milieu du segment déterminé par le point le plus postérieur et le point le plus supérieur du foramen shénopalatin. Il correspond à l'image du foramen rond, sortie du nerf maxillaire.
- Point gnathion céphalométrique (Gn ceph): intersection du plan facial et du plan mandibulaire.

- Les points construits :

- Point cranial center(CC) : point situé à l'intersection de l'axe facial point ptérygoïdien (Pt)–Gn avec la ligne Na–Ba. Pour Ricketts, il est le centre géométrique de rayonnement de la croissance craniofaciale.
- Point Xi : centre géométrique de la branche mandibulaire qui est assimilé à un rectangle passant par quatre points appelés R1, R2, R3 et R4 du contour de la branche et dont les petits côtés sont parallèles au plan de Francfort. Il correspond à peu près à la lingula mandibulaire, site d'émergence du nerf mandibulaire.
- Point R1 : point le plus postérieur du bord antérieur de la branche mandibulaire.
- Point R2 : intersection du bord postérieur de la branche mandibulaire avec l'horizontale passant par R1.
- Point R3 : point le plus inférieur de l'incisure mandibulaire.
- Point R4 : intersection du bord inférieur de la branche mandibulaire avec la verticale passant par R3.
- Point DC : centre du col du condyle mandibulaire situé sur la ligne Na–Ba
- Les lignes : (Xi, Pm), (DC, Xi), (Pt, Gn), (Na, Ba), (Na, Pog), (A, Pog), (Xi, ENA), ligne E.
- Les plans : plan de francfort, plan mandibulaire, plan mandibulaire de Downs, plan occlusal et :

- Plan PTV ou verticale ptérygoïdienne : plan vertical tangent à la face postérieure de la fente ptérygomaxillaire.

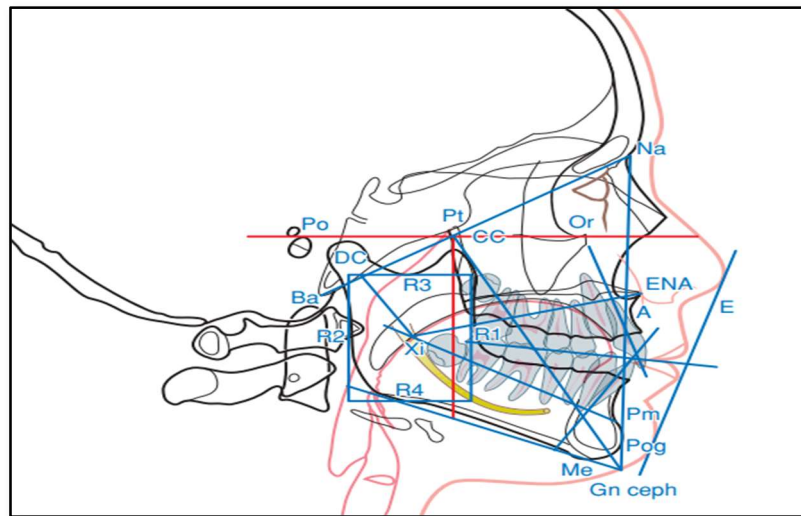


Figure 18 : Points, lignes et plans de l'analyse céphalométrique de profil de Ricketts (24).

- **Analyse de profil « simplifiée » :**

Nous nous limitons à l'étude de la seule analyse simplifiée à 10 mesures. Elle comporte deux volets (24); un volet dimensionnel et un volet typologique.

- Classification dimensionnelle :

1. Normes céphalométriques :

Le tableau suivant propose les normes cliniques établies à l'âge de 9 ans, 12 ans et 15ans accompagnées des déviations cliniques et des variations avec l'âge.

Tableau 3 : normes et déviations cliniques (24).

	NC 9 ans	NC 12 ans	NC 15 ans	DC	Variations avec l'âge	
<i>Mandibule</i>						
1	Axe facial	90°	90°	90°	4°	Aucune
2	Angle facial	87°	88°	89°	3°	+ 1°/3 ans
3	Angle mandibulaire	26°	25°	24°	4°	-1°/3 ans
4	Hauteur étage inférieur	47°	47°	47°	4°	Aucune
5	Arc mandibulaire	26°	27,5°	29°	4°	+ 0,5°/an
<i>Maxillaire</i>						
6	Convexité	+ 2 mm	+ 1 mm	0 mm	2 mm	-1 mm/3 ans
<i>Denture</i>						
7	Distance i/A-Pog	+ 1 mm	+ 1 mm	+ 1 mm	2 mm	Aucune
8	Angle i/A-Pog	22°	22°	22°	4°	Aucune
9	Distance 6 supérieure/PTV	12 mm	15 mm	18 mm	3 mm	+ 1 mm/an
<i>Profil</i>						
10	Lèvre inférieure/ligne E	0 mm	-0,75 mm	-1,5 mm	2 mm	-0,25 mm/an

1. Analyse mandibulaire : elle comporte cinq valeurs.
 - Axe facial : il représente l'orientation de la direction de croissance de la face.
 - Angle facial : il renseigne sur la position antéro-postérieure de la mandibule et sur le type facial de croissance.
 - Plan mandibulaire : il donne la direction de croissance de la mandibule.
 - Hauteur de l'étage inférieur de la face : il mesure la divergence de l'étage inférieur de la face.
 - Arc mandibulaire : il indique la divergence entre le corpus et le ramus mandibulaire et renseigne ainsi sur la morphologie mandibulaire.

2. Analyse maxillaire : elle comporte une seule mesure.
 - Convexité faciale : elle renseigne sur les rapports antéropostérieurs du maxillaire par rapport à la mandibule.

3. Analyse dentaire : elle comporte trois valeurs.
 - Position de l'incisive inférieure : distance entre le bord libre de l'incisive inférieure et la ligne de référence de la denture A-Pog.
 - Orientation de l'incisive inférieure : angle inféro-antérieur entre l'axe de l'incisive inférieure et la ligne A-Pog. Pour l'incisive supérieure, il n'y a pas de mesure, mais la norme est que son axe soit parallèle à l'axe facial.
 - Limite postérieure de la denture : distance entre la face distale de la première molaire supérieure et le plan PVT. Elle permet de situer la première molaire supérieure et donne des renseignements sur la possibilité d'évolution des secondes et des troisièmes molaires ainsi que sur l'espace postérieur.

4. Analyse esthétique : elle comporte une seule mesure.
 - Position de la lèvre inférieure : distance entre la lèvre inférieure et la ligne E.

➤ Classification typologique :

L'analyse propose une classification typologique du schéma facial qui joue un rôle dans le choix thérapeutique. Très inspirée du schéma classique, elle recherche le pronostic du traitement au niveau de la mandibule.

Chez certains enfants la croissance de la face s'effectue surtout vers l'avant, la croissance est dite horizontale et la face étant peu développée verticalement le sujet est dit brachyfacial.

Chez d'autres enfants, la croissance s'effectue surtout vers le bas, la croissance est dite verticale et la face étant très développée verticalement le sujet est dit dolichofacial.

Entre les deux, le sujet chez qui la croissance est harmonieusement répartie est dit mésiofacial.

- Détermination du type facial :

L'appartenance à l'un de ces trois types est déterminée par la mesure de cinq angles caractéristiques, numérotés de 1 à 5 :

1. Axe facial = $90^{\circ} \pm 3,5$.
2. Angle facial = $87^{\circ} \pm 3$.
3. Angle du plan mandibulaire = $25^{\circ} \pm 3^{\circ}$.
4. Angle ENA-Xi-Pm (valeur angulaire de la hauteur faciale inférieure) = $47^{\circ} \pm 4$.
5. Arc mandibulaire = $26^{\circ} \pm 4$.

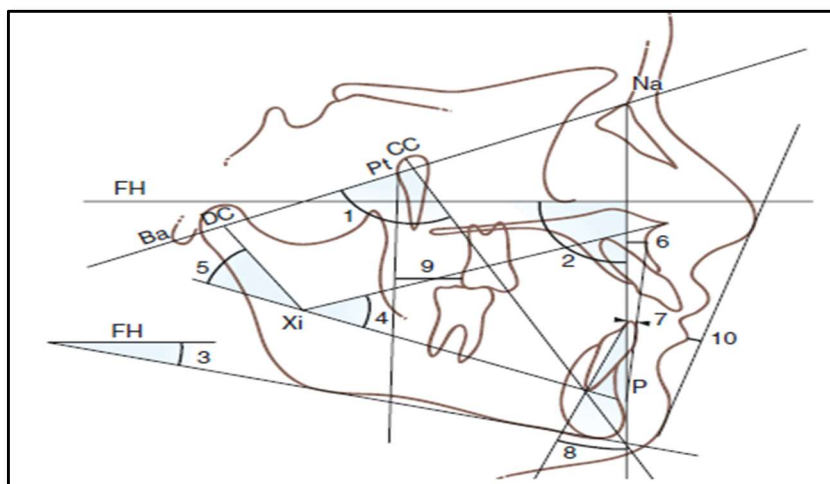


Figure 19 : les 5 angles dans la détermination de la typologie faciale (24).

La direction de croissance est caractérisée par l'axe facial :

-un petit angle de l'axe facial indique une croissance verticale de type dolichofacial.

-un grand angle de l'axe facial indique une croissance verticale de type brachyfacial.

- La forme de la mandibule :

La forme de la mandibule et son importance dans le schéma facial sont caractérisées par l'angle du plan mandibulaire (équivalent avec l'angle FMA de Tweed). La hauteur faciale inférieure est déterminée par l'angle ENA-Xi-Pm qui caractérise la divergence des deux mâchoires. Cet angle est important chez les brachyfaciaux et petit chez les dolicofaciaux.

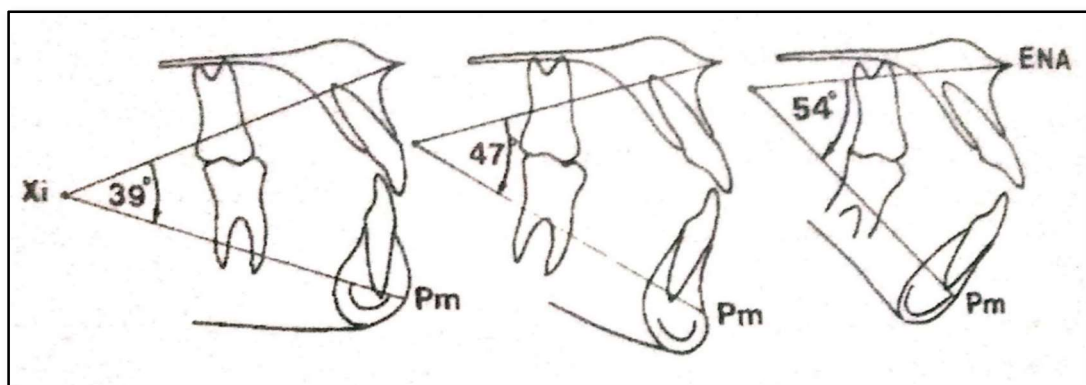


Figure 20 : détermination de la hauteur de l'étage inférieur(24)

II-2- Analyse de Biggerstaff :

C'est une analyse céphalométrique verticale du complexe cranio-facial humain, elle est spécifiquement consacrée à cette dimension, elle définit la divergence de la face totale DFT puis celle de l'étage respiratoire DER et celle de l'étage digestif DED et même la divergence des procès alvéolaires supérieurs et inférieurs DPS et DPI, sur un cliché téléradiographique de profil. L'objectif est de déterminer un rapport entre la mesure des structures postérieures et celle des structures antérieures correspondantes (8).

- **Les points utilisés :**

S, SE, Na, Ar, ENA, ENP (ans, pns), UMT, UIE, LIE, LMT, Go et Me (8).

- SE : rencontre du sphénoïde avec la lame criblée de l'ethmoïde.
- UMT : la pointe cuspidienne mésiale de la première molaire supérieure.
- UIE : situé sur le bord de l'incisive supérieure.

- LIE : situé sur le bord de l'incisive inférieure.
- LMT : au niveau de la pointe cuspidienne de la première molaire inférieure.

- **Les mesures utilisées :**

Le principe général est de comparer une hauteur postérieure à une hauteur antérieure de la même structure (8).

1. Comparaison des structures de la face totale :

Deux mesures comparées sont : la mesure postérieure : S-Gn, la mesure antérieure : Na-Me (8).

2. Comparaison des structures de l'étage respiratoire :

Deux mesures comparées sont : postérieurement Se-ENP, antérieurement Na-ENA (8).

3. Comparaison des structures de l'étage digestif :

Pour la hauteur de l'étage digestif, on compare AR-Go et ENA-Me. La même réflexion est appliquée au système alvéolaire (8).

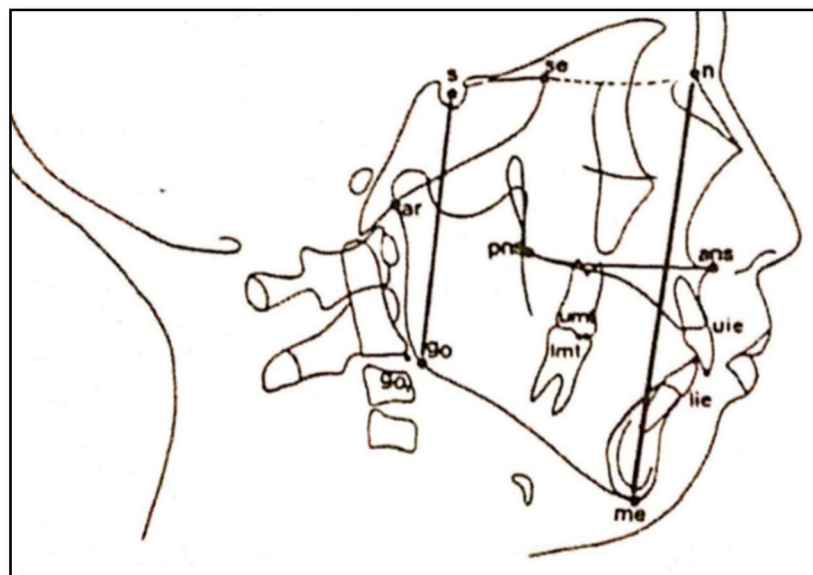


Figure 21 : les structures comparées de la face totale (2).

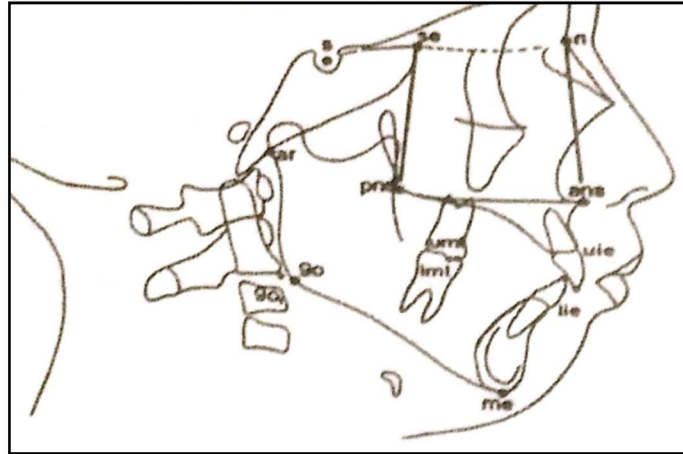


Figure 212 : les structures comparées de l'étage respiratoire (2).

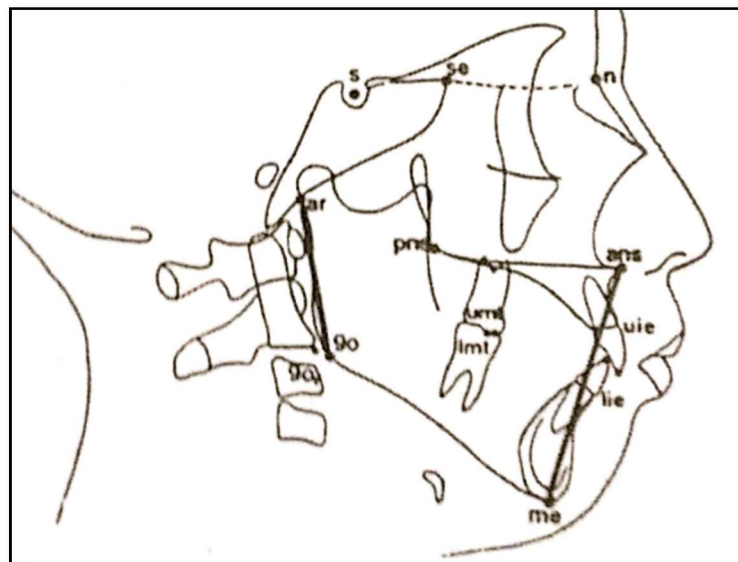


Figure 23 : les structures comparées de l'étage digestif (2).

4. Les mesures utilisées pour évaluer la divergence alvéolaire :

On abaisse une perpendiculaire à UMT sur le plan bispinal et une autre du point UIE. On mesure les deux lignes (8).

Pour la hauteur des procès alvéolaires inférieurs, une perpendiculaire est abaissée depuis le point LMT sur le plan mandibulaire. Une autre perpendiculaire est abaissée à partir du LIE (8).

Une fois ces mesures faites, on calcule leurs rapports et on détermine la mesure de divergence (8).

- **Les différents rapports de divergence :**

1. **Mesure de la divergence faciale totale :**

Il s'agit du rapport (S-Go) à (Na-Me) exprimé par : Divergence faciale totale = $\frac{S-Go}{Na-Me}$ (8).

2. **Mesure de la divergence de l'étage respiratoire :**

Il s'agit du rapport suivant : Divergence de l'étage respiratoire = $\frac{SE-EN}{Na-ENA}$ (8).

3. **Mesure de la divergence de l'étage digestif :**

La divergence de l'étage digestif est évaluée par : $\frac{Ar-Go}{ENA-Me}$ (8).

4. **Divergence des procès alvéolaires supérieurs :**

Mesurée par le rapport suivant : $\frac{UMT\perp(ENA-ENP)}{UIE\perp(ENA-ENP)}$. Ce rapport est appelé en abrégé DPS (divergence des procès supérieurs) (8).

5. **Divergence des procès alvéolaires inférieurs :**

Mesurée par le rapport suivant : $\frac{LMT\perp(Go-Me)}{LIE\perp(Go-M)}$. Son abréviation est DPI (8).

Tous ces rapports ont une valeur presque toujours égale à une fraction d'unité, plus la divergence augmente plus le rapport diminue (8).

Quand le rapport s'approche de l'unité, les structures mesurées tendent vers l'égalité et l'étage qu'elles déterminent, vers le parallélisme (8).

Si le rapport dépasse l'unité, il y'a convergence vers l'avant de l'étage en question (Ce cas, rare, est signalé au niveau de l'étage respiratoire) (8).

- **Les valeurs moyennes de Biggerstaff :**

L'auteur a établi une valeur moyenne pour chacun des rapports utilisés dans l'analyse distinguant les filles des garçons et en tenant compte de l'âge. Son étude statistique lui permis de chiffrer les variations cliniques de l'observation du tableau (8). Il en résulte que :

- La divergence de la face totale présente un écart type peu élevé excepté chez les filles de 12 ans.
- La divergence de l'étage respiratoire et celle de l'étage digestif présentent un écart type pratiquement deux fois plus élevé.

En conséquence, l'étage respiratoire et l'étage digestif, présentent des variations individuelles deux fois plus importante que la face totale dont elles sont les composantes (8).

À l'intérieur même de l'étage digestif, la divergence des procès alvéolo-dentaires inférieurs, présentent un écart type moins important que celui de la divergence alvéolo-dentaire supérieurs. En conséquence les procès alvéolo-dentaires inférieurs présentent des variations semblables à celle de la divergence de la face totale (8).

Tableau 4 : valeurs moyennes des rapports squelettiques et dentoalvéolaires établies par Biggerstaff (8).

RELATIONS VERTICALES	Garçons		Filles	
	12 ans	16 ans	12 ans	16 ans
$\frac{S - Go}{Na - Me}$	0,63± 0.04	0.65± 0.04	0.62± 0.05	0.64± 0.02
$\frac{SE - ENP}{Na - ENA}$	0.91± 0.07	0.92± 0.07	0.89± 0.06	0.89± 0.06
$\frac{Ar - Go}{ENA - Me}$	0.66± 0.07	0.65± 0.04	0.68± 0.08	0.72± 0.06
$\frac{UMT \perp (ENA - ENP)}{UIE \perp (ENA - ENP)}$	0.75± 0.05	0.84± 0.05	0.78± 0.06	0.83± 0.05
$\frac{LMT \perp (Go - Me)}{LIE \perp (Go - Me)}$	0.76± 0.03	0.78± 0.03	0.75± 0.05	0.78± 0.03

II-3- Analyse céphalométrique de Downs :

Le choix des facteurs de l'analyse de Down a paru si rationnel et adapté aux réalités cliniques que de nombreux auteurs l'ont repris dans leurs propres recherches.

Downs a refusé l'aspect trop mathématique des analyses, laissant à l'examen clinique une part importante ; il fut le premier à introduire l'usage du plan de Francfort comme plan de référence, choisi en 1882 par les anthropologistes et les paléontologues pour comparer des crânes (22).

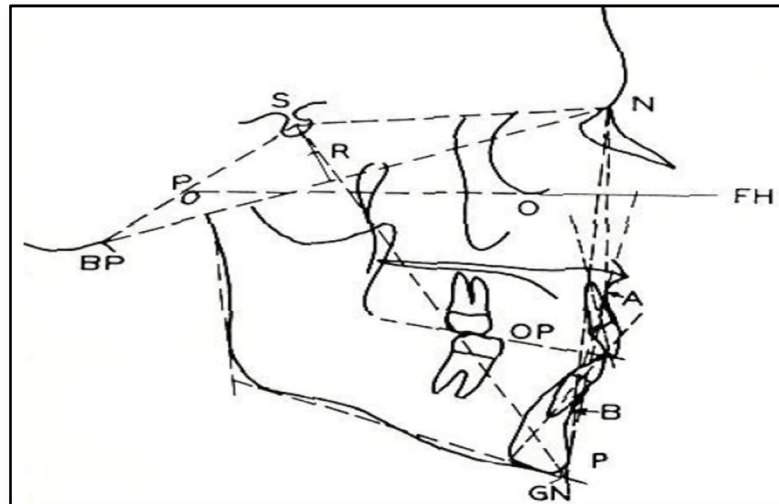


Figure 24 : tracé céphalométrique de Downs (2).

- **L'analyse de profil :**

Tableau 5 : valeurs céphalométriques de l'analyse de Downs (25).

Paramètres mesurés	Diagnostic recherché	Normes et interprétations
Relations squelettiques		
Angle facial (Na-Pog/Francfort)	Le degré de rétrusion ou de protrusion du menton.	Valeur moyenne = $87,8^{\circ} \pm 3,6^{\circ}$ - Si angle facial $< 82^{\circ}$ ----> retrusion - Si angle facial $> 95^{\circ}$ ----> Protrusion
Angle de convexité (Na-A/A-Pog)	Convexité du profil.	Valeur moyenne = 0° (de $-8,5$ à 10°) - Si l'angle est $< -8,5^{\circ}$ ----> Convexe - Si l'angle est $> 10^{\circ}$ ----> Concave
Angle A-B/Plan facial	La relation des limites antérieures des bases osseuses, l'une par rapport à l'autre et par rapport au profil.	Valeur moyenne = $-4,6^{\circ}$ (de -9° à 0°)
Angle plan de Francfort/plan mandibulaire	La divergence faciale.	Valeur moyenne = $21,9^{\circ} \pm 3,2^{\circ}$ - Si l'angle $< 17^{\circ}$ ----> Hypodivergence - Si l'angle $> 28^{\circ}$ ----> Hyperdivergence
Axe Y	La direction de la croissance de la face.	Valeur moyenne = $59,4^{\circ}$ (de 53° à 66°) - Si l'angle $< 53^{\circ}$ ----> croissance horizontale. - Si l'angle $> 66^{\circ}$ ----> croissance verticale.
Relations dento-squelettiques et dento-dentaires		

Angle Plan d'occlusion/ de Francfort	Inclinaison du plan d'occlusion par rapport au plan de francfort.	Valeur moyenne = $9,3^\circ \pm 3,8^\circ$ - Si l'angle $< 1,5^\circ$ ----> Classe III d'Angle - Si l'angle $> 14,3^\circ$ ----> Classe II d'Angle
Angle d'attaque (I/i)	Degré de protrusion ou retrusion du bloc incisif.	Valeur moyenne = $135^\circ \pm 5^\circ$ - Si I/i $< 130^\circ$ ----> protrusion - Si I/i $> 140^\circ$ ----> retrusion
Angle i/plan d'occlusion	Position des incisives inferieures par rapport à leur surface fonctionnelle	Valeur moyenne = $+14,5^\circ$ (de $3,5^\circ$ à 20°)
Angle i/plan mandibulaire	Traduit la version de l'incisive inférieure	Valeur moyenne = $90^\circ \pm 3^\circ$ - Si i/m $< 87^\circ$ ----> Linguo-version - Si i/m $> 93^\circ$ ----> Vestibulo-version
Bord incisif de l'incisive supérieure - ligne A-Pog (en mm)	Degré de protrusion de l'incisive supérieure.	Valeur moyenne = $+2,7\text{mm}$ (de -1 à $+5,0\text{mm}$) - Si la distance $< -1\text{mm}$ ----> retrusion - Si la distance $> 5\text{mm}$ ----> Protrusion

II-4- Analyse de Coutand :

L'analyse de COUTAND est très utilisée par les orthodontistes de l'institut de Stomatologie de Paris. Elle est remarquable par sa simplicité et utilise logiquement une ligne très étudiée pour l'étude de l'occlusion : la bissectrice de l'angle formé par le plan palatin et le plan mandibulaire (14).

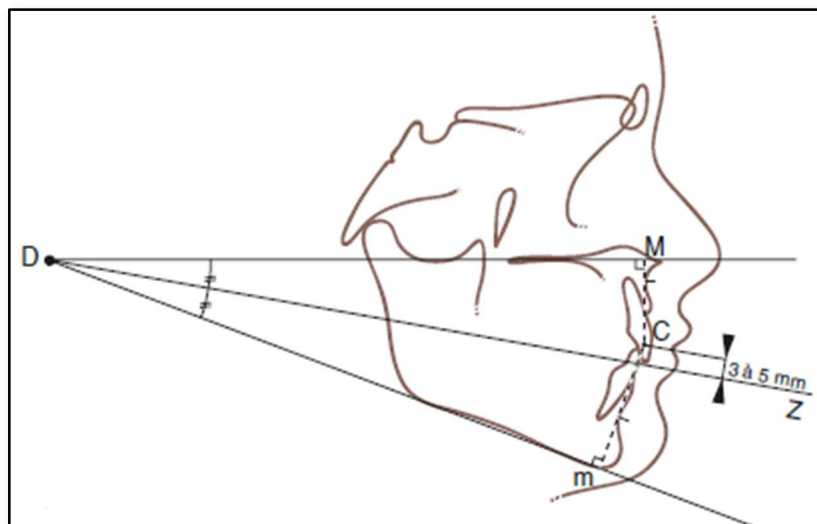


Figure 25 : Tracé de l'analyse de COUTAND (22).

- **Construction géométrique :**

Sur le film de profil en occlusion (22), on trace :

- Le plan palatin, bispinal. Si l'épine nasale postérieure est masquée par les germes des molaires non évoluées, tracer une tangente au sommet de la convexité de l'image de la voute.
- Le plan mandibulaire de Downs.

Ces deux plans se coïncident en arrière en un point D.

- Tracez la bissectrice DZ de l'angle ainsi formé à partir de D.
- Des perpendiculaires au plan palatin et au plan mandibulaire tangentes aux procès alvéolaires supérieur et inférieur. Ces deux perpendiculaires coupent respectivement le plan palatin en M et le plan mandibulaire en m, et se coupent entre elles en un point C. normalement, dans les cas moyens et sans anomalies, le point C, en raison du retrait de la base inférieure par rapport à la base supérieure, se trouve de 3 à 5 mm au-dessus de la bissectrice DZ.

- **Variation de la position de point C :**

La position du point C (14) varie avec :

1. L'orientation des plans de bases :

Le plan palatin

- Plan palatin oblique en bas et en arrière : l'angle MDm augmente et C remonte.
- Plan palatin oblique en bas et en avant : l'angle MDm diminue et C descend.

Le plan mandibulaire

- Si l'angle plan de Francfort-plan mandibulaire est grand -----> C remonte.
- Si angle plan de Francfort-plan mandibulaire est petit -----> C descend.

2. Les limites antérieures des bases :

- Si A est située très en avant, type squelettique classe II : C monte.
- Si A est située très en avant, type squelettique classe III : C descend.

- **Étude des rapports des bases apicales entre elles :**

Une droite passant par l'apex de l'incisive supérieure et l'apex de de l'incisive

inférieure constitue avec le plan bispinal et le plan mandibulaire, la base d'un triangle (14).

Dans les cas sans anomalies notables, le triangle ainsi formé peut s'identifier à un triangle isocèle (14).

Plus les valeurs des angles à la base s'écartent l'une de l'autre, plus le décalage est important (14).

- **Le profil facial :**

La distance point C-plan facial est de 3 à 5 mm (en avant du plan du plan facial) pour un profil rectiligne (14).

- Lorsque la distance point C-plan facial $>$ à 5mm, le profil est convexe.
- Lorsque le point C est en arrière du plan facial, le profil est concave.

II-5- Analyse de Ballard :

Il nous montre le rôle essentiel des facteurs génétiques et héréditaires dans l'étiologie des dysmorphoses concernant des anomalies particulières : agénésies et prognathisme (14).

Ballard a expliqué que l'action orthopédique et orthodontique est plus difficile et plus limitée quand elle s'exerce contre des facteurs génétiquement déterminés (14).

Il a introduit dans le vocabulaire orthodontique la notion de classes squelettiques, plus riche que la classification purement occlusale d'angle (14).

Enfin, Ballard a émis l'idée que la posture corporelle et céphalique était un facteur déterminant dans la morphologie craniofaciale (14).

La méthode d'analyse n'est pas détaillée et reprend des mesures angulaires très classiques (14).

- **Philosophie de Ballard :**

La position des dents dépend des quatre facteurs (14) :

1. Le type squelettique : il est déterminé génétiquement et ne peut pas être modifié par le traitement orthodontique.

2. Le type musculaire : les types de « posture » et les types de comportements musculaires sont héréditaires et génétiquement déterminés.
3. Les facteurs dento-alvéolaires : les rapports des dents et des procès alvéolaires avec l'os basal sont génétiquement déterminés.
4. Les forces occlusales : la position d'occlusion verticale individuelle peut être modifiée dans les limites de l'espace libre qui existe entre les arcades lorsque la mandibule est en position de repos physiologique.

- **Les normes utilisées :**

- Position et rapports des dents (14) :
 - Inclinaison de l'incisive supérieure est entre 105° à 110° par rapport au plan de Francfort.
 - Incisive inférieure est perpendiculaire au le plan mandibulaire avec variation de $\pm 5^{\circ}$.
 - L'angle des grands axes I-i varie de 130° à 140° (Downs) et est important dans le recouvrement incisif.
 - Le recouvrement incisif est normal lorsque I et i étant en relation correcte avec le plan de Francfort et le plan mandibulaire.
 - L'angle i-plan mandibulaire varie en raison inverse de l'angle plan de Francfort-plan mandibulaire.
- Position et rapports des bases (14) :

Les bases apicales de la région incisive sont en rapport correct lorsque :

- Angle I-plan de Francfort est normal (105° - 110°).
- Angle i-plan mandibulaire est normal ($90^{\circ} \pm 5^{\circ}$).
- Le recouvrement incisif est normal (1/3 environ).

Il existe trois rapports possibles des bases apicales supérieures et inférieures :

- Classe squelettique **1** : rapports normaux définis ci-dessus.
- Classe squelettique **2** : base inférieure postérieure par rapport à la supérieure.
- Classe squelettique **3** : base inférieure antérieure par rapport à la supérieure.

Cette classification, dont l'emploi est maintenant très répandu, ne cherche pas à faire intervenir les rapports des bases apicales avec le profil (14).

La classe squelettique ne détermine pas nécessairement la classe occlusale (14).

Les rapports des bases apicales sont étudiés à l'aide des angles SNA et SNB, et leur différence (14).

II-6- Analyse de Wendel WYLIE :

C'est une analyse purement métrique (26), publiée en deux parties :

- La première partie (1948) : son but était l'étude du sens antéropostérieur par projections orthogonales sur le plan de Francfort.
- La deuxième partie (1952) : en collaboration avec E. Johnson, Wylie qui l'a complété par l'étude de l'harmonie verticale de la face en utilisant des proportions, cette analyse verticale est extrêmement sensible et beaucoup d'auteurs l'ont repris dans leurs analyses.

C'est une analyse qui permet donc l'étude de la dysplasie antéropostérieure et verticale (14).

- **Les points de l'analyse :**

Point S, point P, point Or, PNS, Ms-da, ANS, Pog, Me, Go, Co (14).

- **Plans utilisés :**

Dans l'analyse de Wylie, sont définis par le plan de Francfort et le plan mandibulaire (14).

- **Mesures de l'analyse :**

Elles permettent l'étude de la dysplasie dans les deux sens antéropostérieur et vertical (26).

L'évaluation de la dysplasie dans le sens antéropostérieur s'applique à un sujet en phase d'éruption des premières molaires permanentes. À ce stade si les mensurations prises sont normales, les proportions faciales du sujet seraient donc bonnes (26).

Tableau 6 : valeurs céphalométriques de l'analyse de Wendel Wylie (14).

Paramètres mesurés	Diagnostic recherché	Normes (garçon/fille)
Évaluation de la dysplasie dans le sens antéropostérieur		
Distance Co-S projetées sur le plan de Francfort	Une mensuration de la base du crâne en arrière de la selle turcique et jusqu'à la cavité glénoïde.	Valeur normale = 18/17
Distance S-ENP projetées sur le plan de Francfort	Sert à mesurer la base du crâne en avant de la selle turcique jusqu'à la fente ptérygo-maxillaire.	Valeur normale = 18/17
Distance ENP-1ere M sup projetées sur le plan de Francfort		Valeur normale = 15/16
Distance ENA-ENP projetées sur le plan de Francfort	Longueur d'ensemble du maxillaire.	Valeur normale = 52/52
Distance Co-Pog projetées sur le plan mandibulaire	Longueur d'ensemble de la mandibule.	Valeur normale = 103/101
Évolution de la dysplasie dans le sens vertical		
Distance sommet du condyle-Go	La hauteur de la branche montante.	Valeur moyenne = 54,8 mm
Distance Me-Go	Longueur du bord inférieur de la mandibule.	Valeur moyenne = 67,5 mm
Angle condylien formé par les deux ligne précédentes		Valeur moyenne = 122,5°.
Distance Na-ENA	Hauteur de l'étage supérieur ou nasal.	Valeur moyenne = 45%
Distance ENA-Me	Hauteur de l'étage inférieur ou dentaire.	Valeur moyenne = 55%

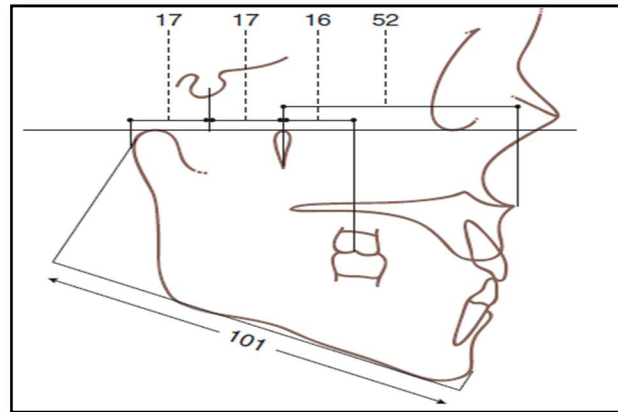


Figure 26 : mensurations utilisées dans l'analyse de W.Wylie (22).

- **Emploi de transparents :**

Deux transparents permettent une évaluation rapide, sans faire des mensurations et ils peuvent être posés directement sur le film. L'estimation se fait par comparaison avec le groupe des enfants présentant un « bon » type facial, en sacrifiant volontairement la précision de la mensuration linéaire individuelle, pour le gain de temps (14).

II-7- Analyse de Tweed :

Tweed contredire la possibilité d'agir sur les bases squelettiques et recommande d'adapter les dents à la face en réalisant des compensations dentoalvéolaires. Il insiste sur le rôle de la position de l'incisive mandibulaire et propose la possibilité d'extraire la première prémolaire dans un but de stabilité et d'esthétique (14).

Il conçoit le principe du triangle de tweed, ce triangle objective la relation entre l'inclinaison de l'incisive inférieure sur sa base osseuse et son association avec la relation cranio mandibulaire (14).

Tweed préconise actuellement une charte céphalométrique élargie dans laquelle on reconnaît en plus des valeurs du triangle de diagnostic, l'évaluation du décalage des bases osseuses selon les angles de Reidel, la distance de la projection des points A et B sur le plan occlusal selon Jacobson, ainsi que l'étude des tissus mous de Merrifield (14).

- **Elements céphalométriques nécessaires à l'analyse (27) :**

- **Les points :**

S, Na, A, B, Po, Or, ENA, ENP, Me et Ar (27).

- **Les plans :**

- La ligne de référence S-N
- Lignes Na-A et Na-B.
- Axe de l'incisive inférieure (la plus vestibulée).
- Plan de Francfort (de référence).
- Plan mandibulaire de Downs.
- Plan d'occlusion.

- **Mesures nécessaires à l'analyse :**

Tableau 7 : valeurs céphalométriques de l'analyse de Tweed (28).

Paramètres mesurés	Diagnostic recherché	Normes et interprétations
Relations squelettiques sagittal		
SNA°	Position du maxillaire par rapport à la base du crâne.	Valeur moyenne = $82^\circ \pm 2^\circ$ - Si SNA < 80° ----> Retrognathie maxillaire - Si SNA > 84° ----> Prognathie maxillaire
SNB°	Position de la mandibule par rapport à la base du crâne.	Valeur moyenne = $80^\circ \pm 2^\circ$ - Si SNA < 78° ----> Retrognathie mandibulaire - Si SNA > 82° ----> Prognathie mandibulaire
ANB°	Décalage maxillo-mandibulaire.	Valeur moyenne = $2^\circ \pm 2^\circ$ - Si ANB < 0° ----> Classe III d'Angle - Si ANB > 4° ----> Classe II d'Angle
Ao-Bo en mm	Décalage entre A et B en projection sur le plan d'occlusion.	Valeur moyenne = 0 ± 2 mm - Si Ao-Bo < -2mm----> Classe III d'Angle - Si Ao-Bo > 2mm----> Classe II d'angle
Relations squelettiques verticales		
FMA (°)	Inclinaison de la mandibule par rapport au plan de Francfort.	Valeur moyenne = $25^\circ \pm 3^\circ$ - Si FMA < 22° ----> Croissance mandibulaire a tendance horizontale - Si FMA > 28° ----> Croissance mandibulaire a tendance verticale
HF ≈ HFI Distance entre Me et le plan bispinal	Mesure de la hauteur faciale inférieure.	Valeur moyenne = 65 mm - Si HFI est ↗ on a une Hyperdivergence faciale et une rotation postérieure. -Si HFI est ↘ on a une hypodivergence faciale est une rotation antérieure mandibulaire.

L'analyse esthétique de tissus mous		
Me cutané-ligne NA-B en mm	Mesure de l'épaisseur du menton. Varie avec la croissance du pogonion, l'épaisseur des tissus mous et la direction de croissance.	Valeur moyenne \leq L'épaisseur de lèvre supérieure.
Z° (ligne Z et plan de Francfort)	Détermination de la position de lèvres entre le nez et le menton	- Valeur Moyenne = $75^\circ \pm 5^\circ$ - Si Z° < 70°----> Le profil est convexe - Si Z° > 80°----> Le profil est concave
la distance entre le point le plus proéminent de la lèvre supérieure et la face vestibulaire de IC supérieure	Mesure de l'épaisseur de la lèvre supérieure.	Valeur moyenne \geq L'épaisseur du menton.
L'analyse alvéolaire		
I/i°	Angle inter incisif.	Valeur moyenne = $135^\circ \pm 5^\circ$ - Si I/i \searrow ----> proalveolie super-ieure/proalveolie mandibulaire/bipro-alveolie - Si I/i \nearrow ----> retroalveolie
Occ/F	Orientation du plan occlusal par rapport au plan de francfort.	Valeur moyenne = $10^\circ \pm 3^\circ$ - Si occ/F < 7°----> Hypodivergence faciale - Si occ/F > 13°----> Hyperdivergence
I/F	Degré d'inclinaison de l'incisive supérieure.	Valeur moyenne = $107^\circ \pm 3^\circ$ - Si I/F < 104°----> retroalveolie supérieure. - Si I/F > 110°----> proalveolie supérieure.
IMPA°	Orientation incisive mandibulaire par rapport à la base mandibulaire.	Valeur idéale = 87° si FMA = $25^\circ \pm 3^\circ$ - Si IMPA° \nearrow ----> proalveolie inferieure - Si IMPA° \searrow ----> retroalveolie inferieure
FMIA°	Angle entre l'axe de l'incisive inferieure et le plan de Francfort.	Valeur idéale = $68^\circ \pm 3^\circ$ - Si FMIA° \nearrow ----> retroalveolie inferieure - Si FMIA° \searrow ----> proalveolie inferieure

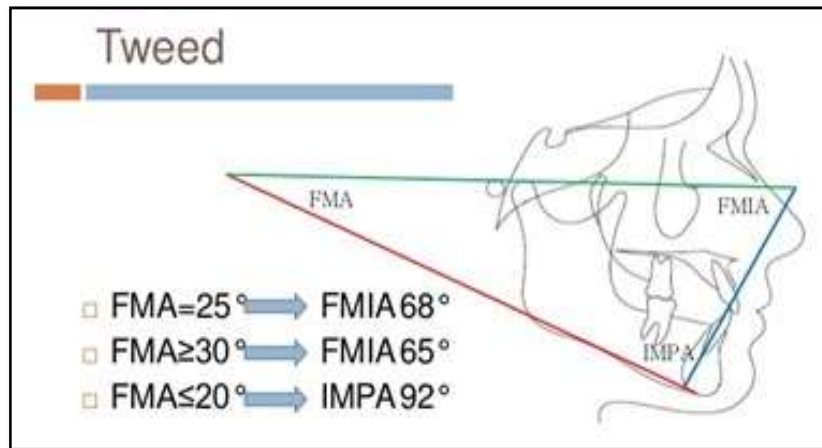


Figure 27 : triangle de Tweed (2).

III- Les analyses architecturales :

III-1- Analyse de Coben :

C'est une analyse architecturale particulière publiée en 1955, qui sert à analyser le complexe cranio-facial élément par élément en utilisant une « boîte » dite « boîte de Coben », un système de coordonnées rectangulaires, et en utilisant de « pourcentages » qui traduisent la participation d'un segment anatomique à la structure prise globalement (14).

- **Points, lignes et plans particulières à la méthode :**

La tête est orientée selon le plan de Francfort, avec l'exigence d'une constante relation de ce plan avec la base du crâne (ligne Selle Turcique-Nasion) (28).

1. Points :

Point Po', point Ptm, point I, point I, point Porion.

2. Les lignes sont les classiques.

3. Plans particuliers : Plan S-Nasion, choisi comme plan de référence.

- **Boîte de Coben :**

Rectangulaire et comporte 5 lignes (28) : (**fig 29**)

- Ligne 1 : parallèle au plan de Francfort passant par le point Nasion Na.
- Ligne 2 : parallèle au plan de Francfort passant par le point Menton Me.
- Ligne 3 : antérieure au profil et perpendiculaire au plan de Francfort.
- Ligne 4 : perpendiculaire au plan de Francfort et passant par le point Ar.

- Ligne 5 : perpendiculaire au plan de Francfort et passant par le Basion Ba.

- **Les projections :**

Sur le plan de Francfort, projeter (28):

- S, Ptm, A, Na,
- Ba et Ar sont projetés sur les lignes 4 et 5.

Sur la ligne 3, projeter :

- ENA, I, i
- Na et Me sont projetés sur les lignes 1 et 2.

Sur la ligne 2, projeter :

- Go et Po
- Ba et Ar sont projetés sur les lignes 4 et 5.

Sur la ligne 4, projeter :

- S et Go
- Na est projeté sur la ligne 1

Sur le plan mandibulaire, projeter :

- Po, dont la projection et Po'.

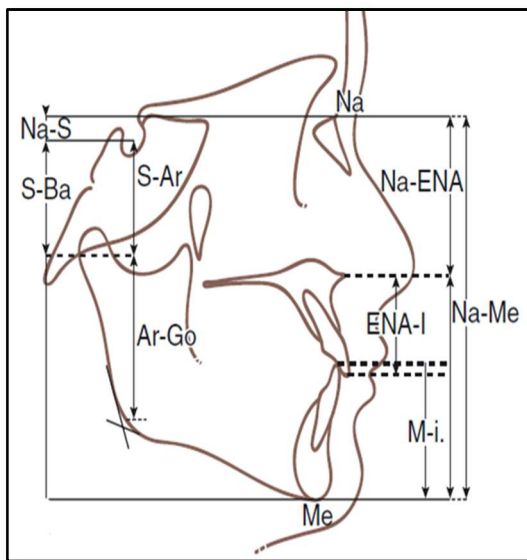


Figure 28 : Projections verticales (22).

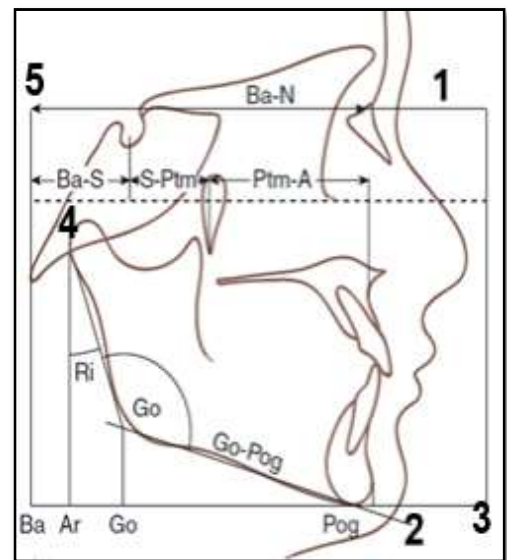


Figure 29 : Projections horizontales (22).

- **Mesures nécessaires à l'analyse :**

Tableau 8 : valeurs céphalométriques de l'analyse de Coben (14).

	Paramètres mesurés	Diagnostic recherché	Normes
Etude de la profondeur faciale			
Profondeur totale de la base du crane	Ba-Na mm	Distance entre la projection de Ba-Na sur le plan de Francfort.	83,1 ± 3,75
Profondeur de l'étage moyen	Ba-S % Ba-Na	La contribution de la partie la plus postérieure de la base du crâne à la profondeur faciale.	24,9 ± 2,19
	S-Ptm % Ba-Na	Localise le maxillaire sur la base du crâne.	20,7 ± 2,02
	Ptm-A % Ba-Na	La participation du maxillaire a la profondeur faciale.	51,4 ± 2,59
	Ba-A % Ba-Na	La position du point A.	97,0 ± 3,24
Profondeur de l'étage inférieur	Ba-Ar % Ba-Na	Situe la branche montante sur la base du crâne.	9,9 ± 2,63
	Ar-Po % Ba-Na	La contribution de la longueur mandibulaire a la profondeur de l'étage inférieur.	80,2 ± 6,48
	Ar-Go % Ba-Na	La participation de la branche montante.	7,6 ± 3,95
	Go-Po % Ba-Na	La participation du corps mandibulaire.	72,6 ± 4,44
	Ba-Po % Ba-Na	Le prognathisme mandibulaire.	90,1 ± 6,38
Étude de la hauteur faciale			
Hauteur faciale totale	Na-Me mm	Distance entre Na-Me projetées sur l'axe verticale.	
Hauteur de la partie postérieure de la face	N-S % Na-Me	La participation à la hauteur faciale de la partie antérieure de la base du crâne.	7,1 ± 3,59
	S-Ar % Na-Me	Situe le condyle.	25,5 ± 1,79
	Ar-Go % Na-Me	La contribution de la branche montante à la hauteur faciale (longueur et inclinaison).	38,5 ± 2,76
	S-Go % Na-Me	Situe la position de la région angulaire dans la hauteur faciale postérieure.	65,0 ± 3,79
Hauteur de la partie antérieure de la face	ENA-I % Na-Me	La contribution des procès alvéolaires maxillaire à la hauteur faciale.	23,8 ± 2,18
	M-i % Na-Me	La contribution de la symphyse et de l'os alvéolaire mandibulaire à la hauteur faciale.	33,4 ± 1,76
	I-i % Na-Me	La contribution du recouvrement incisif à la hauteur faciale (comptée - pour la supraclusion et + en cas de béance incisive).	3,0 ± 2,45
Indice de la profondeur	Na-Me % Ba-Na	Les proportions hauteur sur profondeur faciale.	115.3 ± 6,58

III-2- Analyse de Danguy :

L'analyse verticale de Danguy est considérée comme une analyse architecturale, elle repose sur quatre principes : l'entité cranio-mandibulaire, la stabilité du socle ptérygoïdien, la dualité entre l'organe de préhension et l'organe de mastication et enfin, l'importance du nerf trijumeau (8).

La méthode d'analyse céphalométrique architecturale proposée est à visée essentiellement orthodontique. Comme toute analyse architecturale, elle est avant tout visuelle et ne comporte pratiquement pas de mesures. Elle est fondée sur l'idée suivant laquelle le patron cranio-facial s'édifie selon les axes neuraux trigéminaux. Cette analyse utilise les points d'émergence du nerf trijumeau, son trajet permet une localisation aisée des points. Elle permet d'évaluer la dimension verticale alvéolaire et basale, les directions de croissance globale, ramale et maxillaire (8).

- **Les points utilisés :**

- Points classiques : point A, B, M de Enlow, Ct, ENA, ENP, Me, Pog (3).
- Points particuliers : Pts, Es, Tm, Np, Ttc (3).

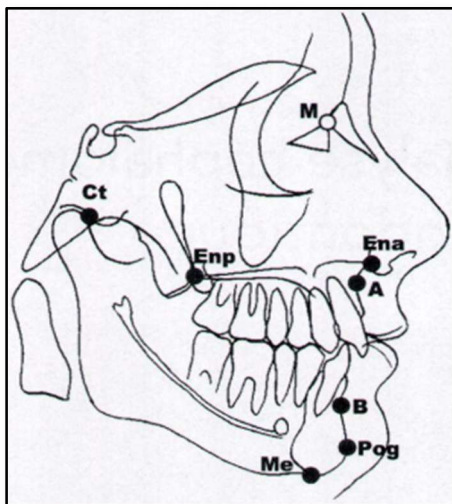


Figure 30 : points classiques (8).

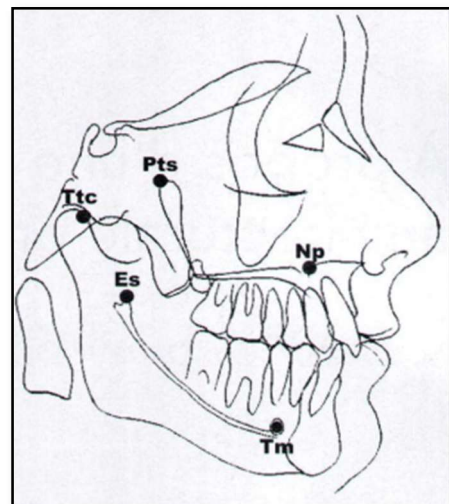


Figure 31 : points particuliers (3).

- **Les lignes et les plans (5) :**

- Ligne C2 qui joint le point M de Enlow au point Ct de Delaire.
- Lignes joignant les quatre points d'émergence du trijumeau

(Pts, Np, Tm, Es) figurant un parallélogramme, la bissectrice de l'angle Np-Es-Tm est tracée.

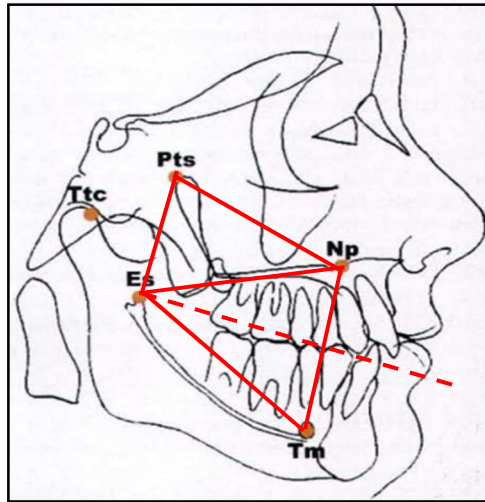


Figure 32 : lignes et plans figurant un parallélogramme (3).

- **Mesures de l'analyse :**

- 1. **Région alvéolaire :**

- Positionnement verticale des incisives centrales supérieures (3):
 - L'angle I/F = 107° ----> le bord occlusal incisif se situe sur la bissectrice de l'angle Np-Es-Tm.
 - Si I/F \searrow et l'incisive centrale coupe la bissectrice de plus de 1,5mm ----> il y a une supra-alvéolie incisive maxillaire.
 - Si I/F \nearrow et l'incisive maxillaire se trouve au-dessus de la bissectrice de plus de 1.5mm ----> il y'a une infra-alveolie maxillaire.
- Positionnement verticale et sagittal des incisives mandibulaires :

Tracer la ligne A-Pog et prendre un point à deux millimètres au-dessus de l'intersection avec la bissectrice de l'angle Np-Es-Tm. Ce point représente la position optimale du rebord incisif mandibulaire sur le cliché en norma lateralis, en tenant compte des rapports squelettiques (5).

- Si le bord incisif mandibulaire est situé à plus de 2mm ----> il s'agit d'une supra-alvéolie incisive mandibulaire.
- Si le bord incisif mandibulaire est à moins de 2mm ----> il existe une infra

alvéole incisive mandibulaire.

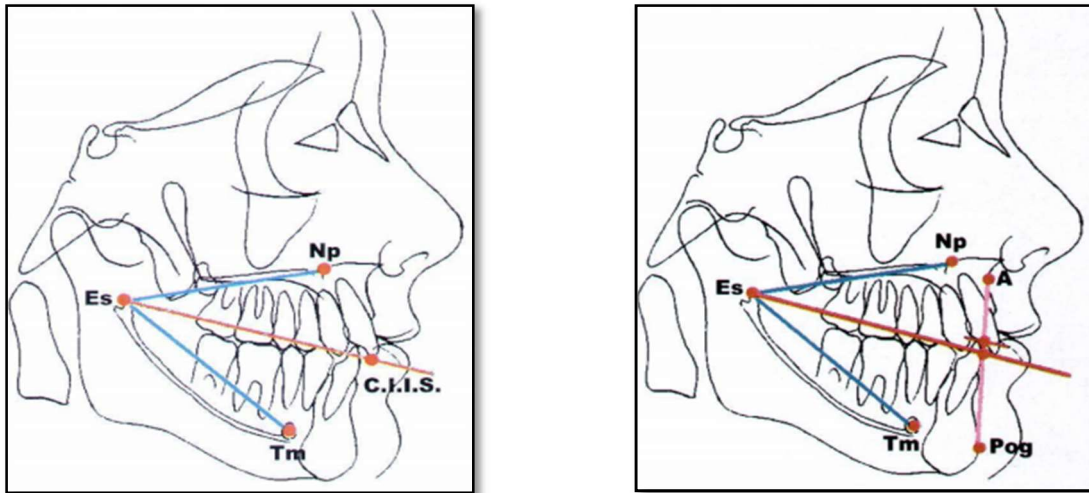


Figure 33 : Positionnement verticale des incisives centrales supérieures et inférieures (3).

➤ Détermination du plan d'occlusion :

En joignant le point représentant le niveau vertical du rebord incisif mandibulaire défini précédemment à l'intersection des plans bispinal et mandibulaire, on obtient le plan d'occlusion idéal. Il est ainsi possible de déterminer la position verticale optimale des molaires, tant maxillaires que mandibulaires (3).

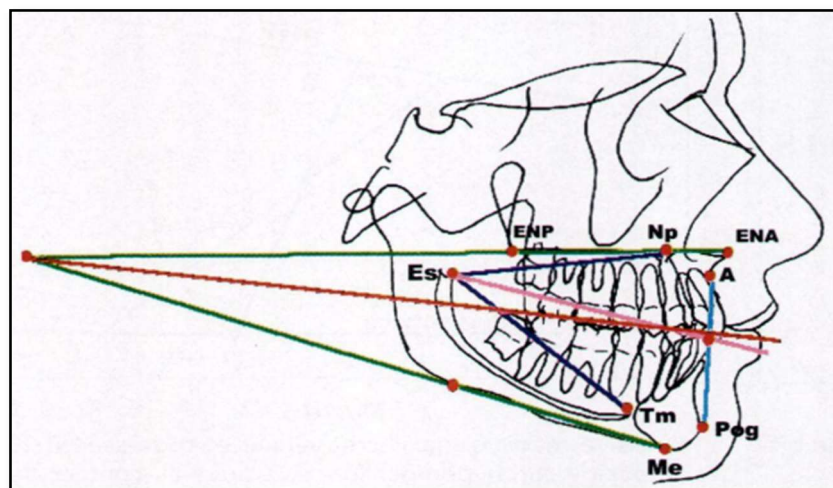


Figure 34 : le plan d'occlusion optimal (3).

2. Rapports squelettiques verticaux :

➤ Détermination de la hauteur globale de la face :

Il est utile de comparer les valeurs de l'angle Pts-Es-Tm avec l'angle FMA ou

l'angle SN-Md et ce faisant d'utiliser les structures neurales. La valeur moyenne de l'angle Pts-Es-Tm est de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ (5).

L'angle Pts-Es-Tm donne une idée plus affinée de la divergence faciale. De plus, la notion de divergence faciale doit tenir compte de l'architecture de la mandibule et de sa dimension propre. Avec une même divergence, une mandibule plus longue augmente la hauteur faciale. Il est possible qu'une hauteur faciale soit accentuée par une longueur ramale ou une longueur des corpus plus ou moins grande. Ces paramètres sont particulièrement importants et influent sur la notion de divergence de la face (5).

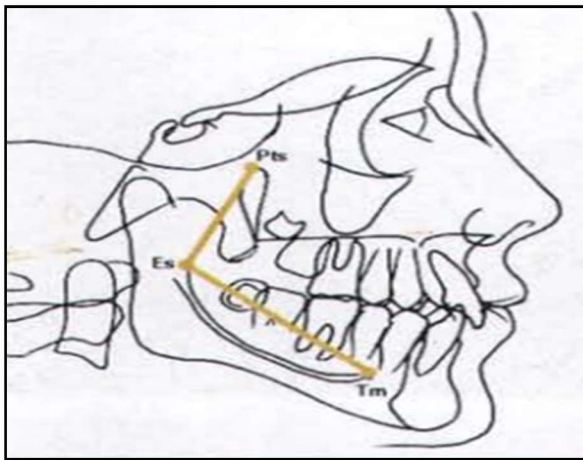


Figure 35 : angle de divergence (3).

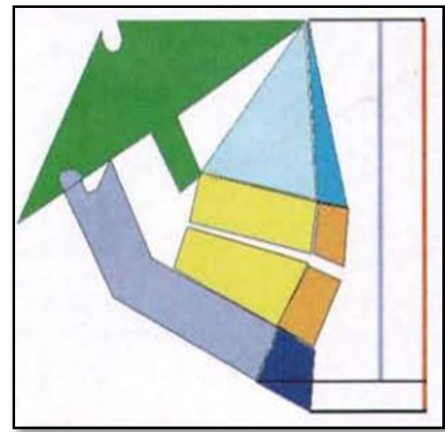


Figure 36 : meme divergence, hauteur faciale différente (5).

- Détermination du coin masticatoire ou angle de divergence antérieur :

L'angle Np-Es-Tm est un angle très important dans la notion de divergence. La valeur de cet angle est essentiellement influencée par la posture linguale. Sa valeur moyenne est de $50^{\circ} \pm 4^{\circ}$. Cet angle varie en fonction de la croissance verticale des procès alvéolaires, de la position antéro-postérieure de la masse linguale, et lors des interpositions linguales (5).

- Détermination de l'angle de divergence postérieur :

L'angle Pts-Np-Es reflète la divergence postérieure. Chez un enfant d'âge orthodontique, sa valeur moyenne est de $42^{\circ} \pm 4^{\circ}$. Il traduit la croissance verticale postérieure, c'est-à-dire la croissance de la région postérieure des fosses nasales et du ramus mandibulaire. Il participe à la rotation antérieure physiologique de la

mandibule à cet âge (5).

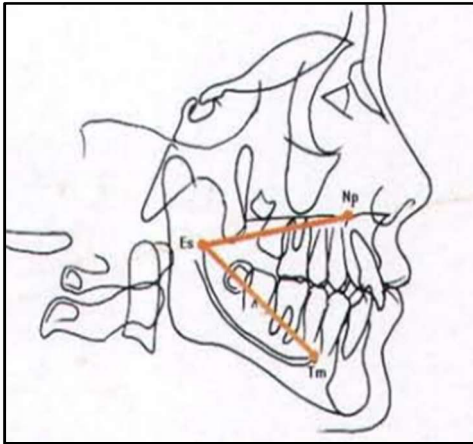


Figure 37 : angle de divergence

Antérieur (3).

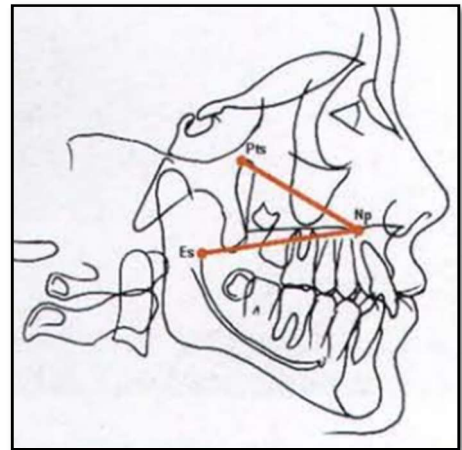


Figure 38 : angle de divergence

postérieur (3).

➤ Détermination du Z de la croissance verticale :

Les deux angles de divergence postérieure et de divergence antérieure sont superposés verticalement : ils forment les différentes branches de la lettre Z. On conçoit aisément que l'ouverture homothétique de ces deux angles permette un accroissement vertical de la face, sans rotation (5). Par contre :

- une diminution de l'angle de divergence antérieure ou une augmentation de l'angle de divergence postérieure vont prédisposer le patient à une rotation antérieure.
- Une augmentation de l'angle de divergence antérieure ou une diminution de l'angle de divergence postérieure, prédisposera le patient à une rotation postérieure.

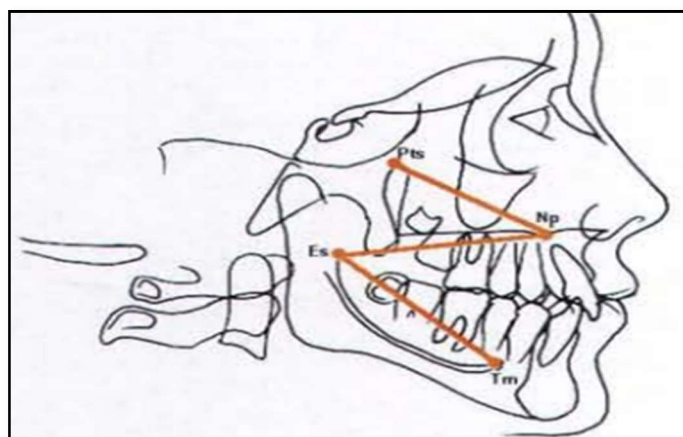


Figure 39 : le Z de la croissance verticale (3).

➤ Détermination de la directions de croissance, divergence et convergence :

1. La droite Pts-Tm :

La droite Pts-Tm indique la direction de croissance globale de la face, Son intersection avec la droite C2 réalise un angle postéro-inférieur de $88^{\circ} \pm 4^{\circ}$. Si cet angle diminue, la hauteur faciale augmente. Si cet angle augmente, la hauteur faciale diminue (14).

2. La droite Ttc-Es :

La droite Ttc-Es est prolongée vers le bas. Cette droite reflète la direction de croissance du ramus mandibulaire. Avec la droite C2, elle fait un angle postéro-inférieur de $85^{\circ} \pm 5^{\circ}$ (14).

3. La crête antérieure ptérygoïdienne :

La droite, représentée par le tiers inférieur de la crête antérieure des apophyses ptérygoïdes est décrite par Thillooy, indique la direction de croissance générale du maxillaire. Avec la droite C2, elle fait un angle postéro-inférieur de $84^{\circ} \pm 5^{\circ}$ (14).

4. Comparaisons entre les droites Ttc-Es et Pts-Tm (14):

- Avec C2 , la droite Pts-Tm réalise un angle postéro-inférieur de $88^{\circ} \pm 4^{\circ}$.
- Avec C2 , la droite Ttc-Es fait un angle postéro-inférieur de $85^{\circ} \pm 5^{\circ}$. À trois degrés, ces deux droites sont sensiblement parallèles.
- Si l'angle Ttc-Es/C2 \nearrow alors que l'angle Pts-Tm/C2 est normal, les deux droites sont convergentes vers le bas -----> une tendance à la dorsalisation de la mandibule, ou rotation postérieure de Björk.
- Si l'angle Ttc-Es/C2 diminue alors que l'angle Pts-Tm/C2 est normal les deux droites sont divergentes vers le bas -----> une ventralisation de la mandibule, ou rotation antérieure de Björk avec fermeture de l'angle mandibulaire.

5. Comparaisons entre la droite Pts-Tm et la direction de la crête antérieure ptérygoïdienne :

La crête antérieure ptérygoïdienne semble être relativement parallèle à la droite Pts-Tm (14).

- Si ces deux droites sont convergentes vers le bas -----> la croissance du

maxillaire évolue vers l'avant que la croissance globale. Dans ce cas, le sujet présente une tendance classe II squelettique. En effet, la crête antérieure ptérygoïdienne évolue davantage vers l'avant que la droite Pts-Tm ; la croissance vers l'avant devient plus importante au maxillaire qu'à la mandibule (14).

- Si les droites formées par la crête antérieure ptérygoïdienne et Pts-Tm sont divergentes vers le bas -----> la croissance mandibulaire est plus active vers l'avant que celle du maxillaire dont l'évolution est plus verticale, le patient présente, alors, une prédisposition de croissance vers des rapports de classe III squelettique.

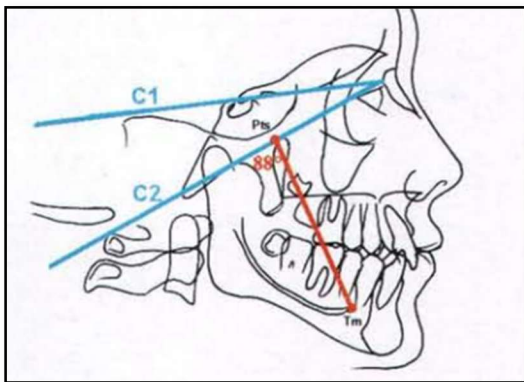


Figure 40 : la droite Pts-Tm (3).

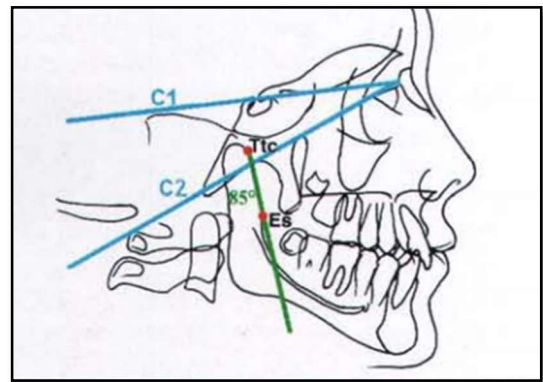


Figure 41 : la droite Ttc-Es (3).

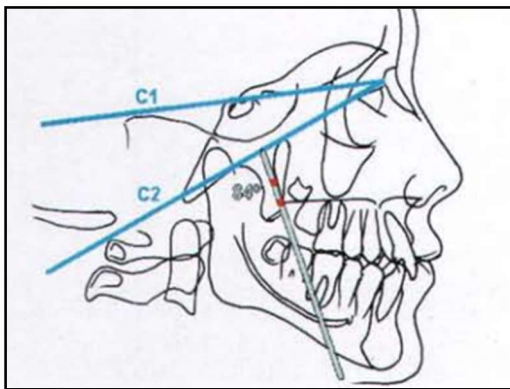


Figure 42 : La crête antérieure ptérygoidienne (3).

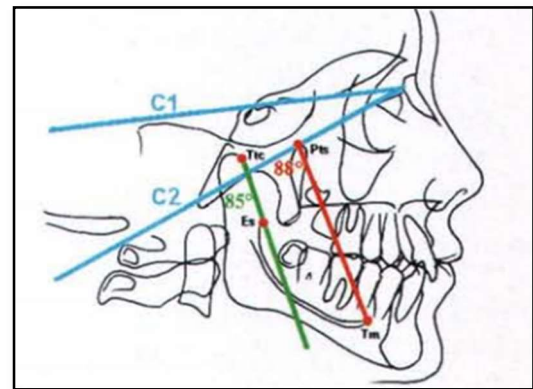



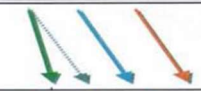

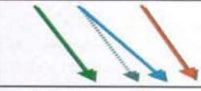
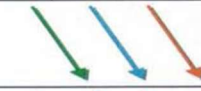
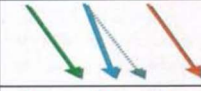

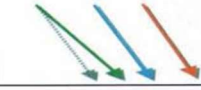
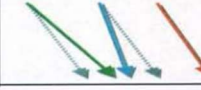
Figure 43 : Comparaisons entre Ttc-Es et Pts-T (3).

6. Tableaux de résumés des directions de croissance globale de la face :

Il est possible de résumer les directions de croissance, selon trois tableaux de neuf cas.



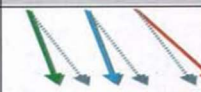
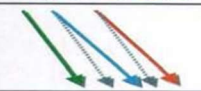
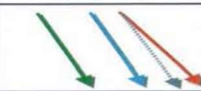


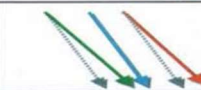

Angle C2 / Pts-Tm $\pm 88^\circ$:

Tableau 9 : La droite Pts-Tm a une direction de valeur moyenne par rapport à C2 (5).

Prédisposition à	Classe II squelettique	Classe I squelettique	Classe III squelettique
Hypodivergence			
Normodivergence			
Hyperdivergence			



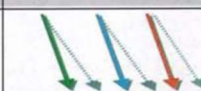


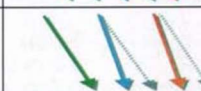
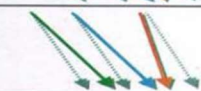
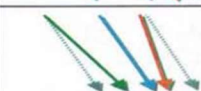
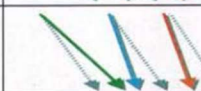
Angle C2 / Pts-Tm $> 93^\circ$:

Tableau 10 : L'angle Pts-Tm / C2 est ouvert. La croissance verticale globale est réduite (5).

Prédisposition à	Classe I squelettique	Classe III squelettique	Classe III squelettique majeure
Hypodivergence			
Normodivergence			
Hyperdivergence			

Angle C2 / Pts-Tm $< 83^\circ$:

Tableau 11 : L'angle Pts-Tm / C2 est fermé. La croissance verticale globale est importante (5).

Prédisposition à	Classe II squelettique majeure	Classe II squelettique	Classe I squelettique
Hypodivergence			
Normodivergence			
Hyperdivergence			

- Les flèches rouges représentent la direction de croissance globale (Pts-Tm).
- Les flèches bleues représentent la direction de croissance du maxillaire (crête)

antérieure ptérygoïdienne).

- Les flèches vertes représentent la direction de croissance du ramus (Ttc-Es).

III-3- Analyse de Delaire :

Pour pallier les inconvénients des méthodes classiques des analyses céphalométriques, Delaire a mis au point une analyse basée sur des constantes universelles valables pour tous les constituants du cosmos et très variables selon les individus, le sujet sera alors comparé à lui-même et non pas à des valeurs statistiques (29).

- **Le tracé :**

1. **L'analyse de base :**

Elle comprend 4 lignes crâniennes (C1 à C4), et 8 lignes faciales (F1 à F8) qui sont tracées dès que les 12 premiers points de repère ont été sélectionnés (29).

Les territoires faciaux étant bien individualisés, il est possible, dès ce stade, d'effectuer l'analyse topographique faciale (qui met bien en évidence les principales anomalies faciales, mais sans les mesurer) (29).

Des territoires de croissance ont été ainsi délimités et forment le puzzle facial (29).

1 : base du crâne.

2 : maxillaire : 2-1 naso-prémaxillaire / 2-2 post-maxillaire.

3 : mandibule : 3-1 ramus / 3-2 corps.

4 : unités alvéolo-dentaires : 4-1 supérieure / 4-2 inférieure.

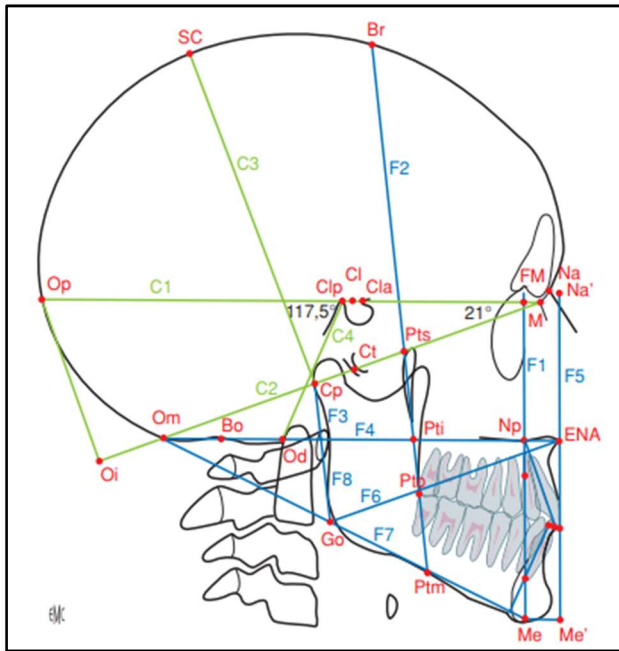


Figure 44 : tracé de base (22).

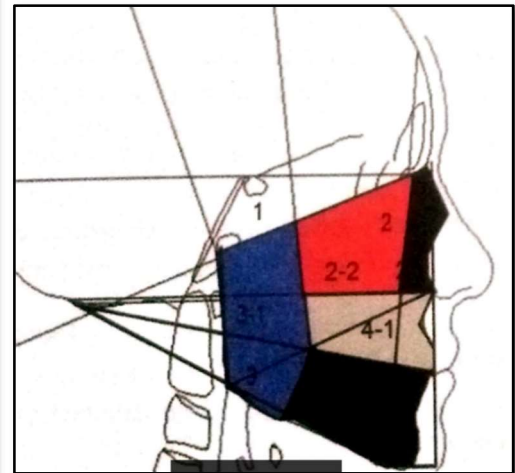


Figure 45 : puzzle squelettique facial (2).

À l'état normal, les territoires délimités par les lignes de l'analyse architecturale craniofaciale et les pièces et unités du squelette céphalique coïncident exactement. Le tracé optimal de cette analyse devra impérativement tenir compte des caractéristiques générales de l'espèce humaine et des particularités individuelles du sujet examiné et de leur évolution dans le temps. Il variera aussi selon l'âge, le sexe, la population d'origine, les particularités crâniennes et rachidiennes (29).

➤ **Les étapes du tracé :**

On repère d'abord les points anatomiques suivants : M, Cla, Clp, Ara, Od, Atl, Pts, Pti, Cl (29).

- Méтанasion M : il est situé à l'extrémité postéro - inférieure de la suture fronto-nasale (à sa jonction avec la suture maxillo - nasale).
- Clinoïdien antérieur Cla : il est situé en regard de la partie la plus concave de la selle turcique, à la base de l'apophyse clinoïde antérieure.
- Clinoïdien Postérieur Clp : il est situé au sommet de la clinoïde postérieure, dans le prolongement de son axe (légèrement oblique de bas en haut et d'arrière en avant). Au milieu du segment sécant de la ligne C1 (passant en avant par Cla).

- Articulaire antérieur Ara : situé à l'Intersection du bord inférieur de l'apophyse basilaire et du bord antérieur du condyle Mandibulaire, il est habituellement très facile à localiser.
- Od : situé au point de tangence de la Ligne partant de Clp et abaissée sur le versant postéro-supérieur du sommet de l'Odontoïde, Il est "normalement" localisé en regard de l'Union du 1/3 supérieur et des 2/3 inférieurs de l'arc antérieur de l'atlas
- Pti : situé à l'union du bord antérieur de l'apophyse ptérygoïde au niveau de la partie supérieure du palais osseux et du voile.
- Pts : se situe au milieu de la courbe formée par la partie postéro-supérieure de la fente ptérygo-maxillaire.
- Atl : situe au Point de tangence de la ligne parallèle à celle Joignant Pts et Pti et du bord antérieur (convexe) de l'arc antérieur de l'atlas.

Ensuite, on trace les lignes crâniennes : C1 C2 C3 C4 (29).

- C1 : elle joint M au Cl (interclinoidien) et se termine à l'extrémité postérieure au niveau du Op (Occipital postérieur).
- C2 : elle passe par M est Ara et se termine en Oi (occipital inférieur, obtenu en traçant la perpendiculaire à C2 passant par Op).
- C3 : c'est la perpendiculaire à C2 passant par son milieu, elle coupe la corticale externe du crâne au Sc (sommet du crâne).
- C4 : elle joint Clp au Od.

➤ **Les mesures crâniennes :**

Elles servent au calcul de l'angle C1/F1. Il permet de déterminer le tracé optimal de la face en tenant compte des particularités crâniennes du sujet (29).

- **Angles :**

- L'angle antérieur de la base du crâne est l'angle formé entre les lignes C1 et C2, il mesure $21^{\circ} \pm 1^{\circ}$.
- L'angle postérieur de la base du crâne est l'angle formé entre C1 et C4, il mesure $117,5^{\circ} \pm 2,5^{\circ}$.

- **Proportions :**

La ligne crânienne C2 permet de délimiter deux champs :

- L'un antérieur qui est le champ craniofacial ; il est le terrain de construction de la face.
- Le second postérieur est le champ craniorachidien qui est le « territoire » au-dessous duquel se trouvent les éléments squelettiques et musculaires qui portent le squelette céphalique

Le point permettant de séparer ces deux champs est le point ATMp ; c'est un point construit, situé à l'intersection de C2 et de la parallèle à la ligne Pts-Pti passant par le point Atl.

La normalité de cette proportion se situe entre 49 et 51%.

Le champ craniofacial peut lui même être divisé en deux champs :

- Le champ maxillaire étendu de M au sommet de la fente ptérygo-maxillaire et représente 30% du champ craniofacial ;
- Le champ mandibulaire étendu du sommet de la fente ptérygo-maxillaire au point ATMp ; il représente 20% du champ craniofacial.

Le rapport hauteur du crâne sur la base de crâne est :

- Longueur C3/ longueur C2 = $81 \pm 2\%$.

➤ **Calcul de l'angle cranioadapté :**

Les moyennes de référence de C1/F1 selon l'âge et le sexe sont (29):

- Avant la puberté (12-13 ans), pour les deux sexes = $85^\circ \pm 1^\circ$.
- Après la puberté et chez l'adulte :
 - Sexe féminin = $85^\circ \pm 1^\circ$.
 - Sexe masculin $90^\circ \pm 1^\circ$.

L'angle cranioadapté C1/F1 est calculé pour un sujet donné à partir de la moyenne de référence à laquelle on ajoute le correctif angulaire calculé en fonction de ses mesures crâniennes (29).

Tableau 12 : calcul de l'angle cranio-adapté (29).

<i>Angle antérieur base du crâne (C1/C2)</i>				
16° = -2°	18° = -1°		23° = +0,50°	25° = +1,50°
17° = -1,50°	19° = -0,50°	20°-22° = N	24° = +1°	26° = -1,50°
<i>Angle postérieur base du crâne (C1/C4)</i>				
100° = +3,75°	107° = +2°		122° = -0,50°	129° = -2,25°
101° = +3,50°	108° = +1,75°	114° = +0,25°	123° = -0,75°	130° = -2,50°
102° = +3,25°	109° = +1,50°		124° = -1°	131° = -2,75°
103° = +3°	110° = +1,25°	115°-120° = N	125° = -1,25°	132° = -3°
104° = +2,75°	111° = +1°		126° = -1,50°	133° = -3,25°
105° = +2,50°	112° = +0,75°	121° = -0,25°	127° = -1,75°	134° = -3,50°
106° = +2,25°	113° = +0,50°		128° = -2°	135° = -3,75°
<i>Champ craniofacial/longueur totale C2</i>				
41 % = +2°	45 % = +1°		52 % = -0,25°	56 % = -1,25°
42 % = +1,75°	46 % = +0,75°		53 % = -0,50°	57 % = -1,50°
43 % = +1,50°	47 % = +0,50°	49-51 % = N	54 % = -0,75°	58 % = -1,75°
44 % = +1,25°	48 % = +0,25°		55 % = -1°	59 % = -2°
<i>Hauteur du crâne/longueur C2</i>				
63 % = -2°	71 % = -1°		85 % = +0,25°	93 % = +1,25°
65 % = -1,75°	73 % = -0,75°		87 % = +0,50°	94 % = +1,75°
67 % = -1,50°	75 % = -0,50°	78-84 % = N	89 % = +0,75°	95 % = +2°
69 % = -1,25°	77 % = -0,25°		91 % = +1°	96 % = +2,25°

➤ **Les lignes faciales :**

L'analyse faciale comporte huit lignes dont quatre à orientation verticale F1 F2 F3 et F5, et quatre autres à orientation horizontale ou oblique F4 F6 F7 et F8.

Ces lignes sont construites en tenant compte des corrections apportées à l'angle craniofacial et qui devient adapté aux particularités crâniennes du sujet (29).

- **Ligne F1** : elle part du point frontomaxillaire FM (actuellement c'est métanasion postérieur Mp) et fait un angle avec la ligne C1 qui est l'angle cranioadapté C1/F1 mesuré précédemment.
- **Ligne F2** : elle prolonge le segment Pts-Pti, vers le crâne jusqu'au point Bregma Br et vers le bord basilaire.
- **Ligne F3** : elle prolonge le segment ATMp-Atl vers le bas, jusqu'au-dessous de l'angle mandibulaire.
- **Ligne F5** : cette ligne est tracée perpendiculairement à C1 à partir d'un point Na' situé en regard du point Na de 1 à 3 mm en avant de celui-ci en fonction de l'âge et du sexe du patient :

- 1mm chez l'enfant jusqu'à 12 ans ;

- 2mm à partir de 12 ans (dans les deux sexes et chez les adultes du

sexe féminin) ;

- 3mm après la puberté dans le sexe masculin.

Son extrémité inférieure est déterminée après le tracé de F4.

- **Ligne F4** : elle est tracée parallèlement à C1 en passant par Np.

En avant, son intersection avec la ligne F5 détermine le point épine nasale antérieure théorique ENAt.

En arrière, la ligne passe normalement par la moitié supérieure de l'arc antérieur de l'atlas et l'extrémité supérieure de processus odontoïde.

- **Point inférieur de la ligne F5** : il peut être calculé grâce à la proportion suivante : $Na'-ENAt=45\%Na'-Met'$.

De Met', une perpendiculaire à F5 (parallèle à F4) est tracée qui coupe F1 en Met (niveau optimal du menton osseux).

- **Ligne F6** : cette ligne est parallèle à C2 à partir de ENAt ; elle coupe F2 en Pto et F3 en Got (gonion théorique).
- **Ligne F7** : elle est tracée de Me à Go puis prolongée jusqu'à son intersection avec F4 en un point nommé Om (occipitomanducateur).
- **Ligne F8** : elle est tracée de Om à Pto puis prolongée jusqu'à Occ.Ant (son intersection avec F5).

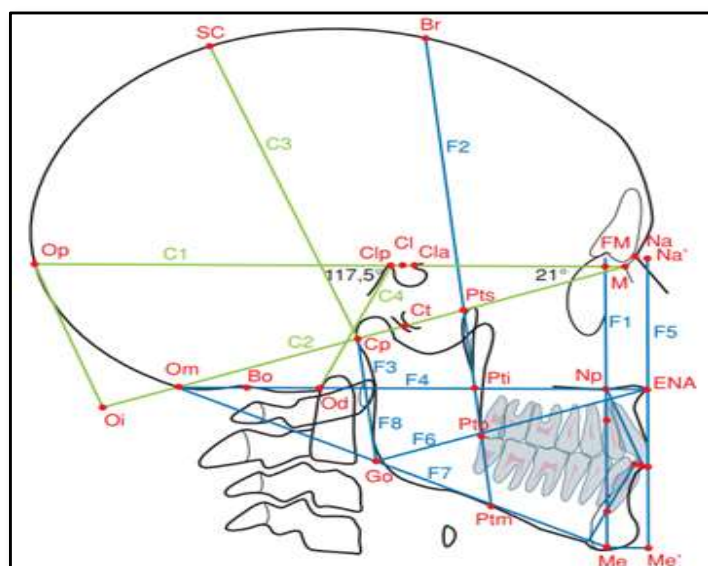


Figure 46 : les lignes faciales et crâniennes (29).

2. Analyse orthognatique faciale :

Des tracés complémentaires permettent la quantification des anomalies mises en évidence par l'analyse architecturale. Pour préciser la nature exacte des anomalies faciales, il convient non seulement de distinguer les atteintes alvéolaires et squelettiques, mais d'individualiser l'état et le développement des principaux territoires d'accroissement (29).

- Lignes orthognatiques maxillaires (29) :

- Ligne f1 M : elle joint FM à NP et s'arrête au niveau du plan d'occlusion.
- Ligne palatine : elle joint ENA et ENP.
- Ligne occlusale : elle joint Occl1 et Occl2 (situés aux deux extrémités des prémolaires et molaires supérieures).

- Lignes orthognatiques mandibulaires (29) :

- Ligne f1 m : elle joint FM à Me.
- Ligne basilaire : elle joint Me au No. (Partie la plus concave de l'encoche pré-angulaire).
- Ligne postérieure du ramus : elle joint Arp à Tgp (partie la plus bombée du bord postérieur du ramus). En bas elle s'arrête à son intersection avec F6.

- Lignes orthognatiques dentaires (29) :

- Ligne d1 : tracée à partir de Np à 110° par rapport à F4. (Position idéale).
- Ligne incisive supérieure : axe de l'incisive centrale supérieure.
- Ligne d2 : élevée à 90° par rapport à la ligne basilaire de telle sorte qu'elle passe par l'union du 1/3 postérieur de la symphyse. Son extrémité inférieure localise le point lmt (Incisivo-mentennier).
- Ligne incisive inférieure : axe de l'incisive centrale inférieure.
- Ligne d3 : perpendiculaire à F4, à partir du point ENA.

- Lignes rachidiennes (29) :

- Ligne V2 : parallèle à F4 à partir du point V2 (angle antéro-inférieur de la 2^{ème} vertèbre cervicale).
- Ligne V3 : parallèle à F4 à partir du point V3 (angle antéro-inférieur de la 3^{ème} vertèbre cervicale).

- **Variations et significations des lignes orthognatiques maxillaires (29):**

- Dans le sens antéro-postérieur lorsque f1M coïncide avec F1, le maxillaire est en normoposition. Si non, on aura une promaxillie ou une rétromaxillie.
- Quand la ligne ENA-Pti coïncide avec la ligne F4 -----> une normoposition du palais.
- Quand la ligne ENA-Pti est en dessous de la ligne F4 -----> abaissement du palais osseux.
- Quand la ligne ENA-Pti est en dessus de la ligne F4 -----> élévation du palais osseux.
- La 3^{ème} ligne maxillaire est oclp-ocla, plan d'occlusion dont les variations sont à étudiées par rapport à F8.

- **Variations et significations des lignes orthognatiques mandibulaires (29) :**

Les 3 lignes à considérer sont : f1 m, Cp-Rp prolongée jusqu'à F7 et No-Me.

- Quand f1 m coïncide avec F1 -----> normoposition de la mandibule.
- Quand f1 m est en arrière de F1 -----> une rétromandibulie.
- Une position de f1 m en avant de F1 -----> une promandibulie.
- La longueur du ramus est appréciée par la comparaison de Cp-Rp et F3.
- Une longueur Cp-Rp < la longueur F3 -----> une brachyramie.
- Une longueur Cp-Rp > la longueur F3 cela -----> une dolichoramie.
- Le ramus est dans l'idéal superposé avec F3.
- Si Cp-Rp est en arrière de F3 -----> une bascule postérieure du ramus,
- Si Cp-Rp est en avant de F3 -----> il y a une bascule antérieure du ramus.
- Même chose pour le condyle mandibulaire, ça position idéale est déterminée par la superposition du point Cp et Cpt.

- **Le diagnostic de la classe squelettique (29) :**

Ce diagnostic s'effectue par comparaison des lignes f1 M, f1 m et F1.

- L'alignement de f1 M est de f1 m -----> une classe 1 squelettique.
- Si f1 M est en avant de f1 m -----> une classe 2 squelettique.
- Si f1 M est en arrière de f1 m -----> une classe 3 squelettique.

La responsabilité pouvant être mandibulaire, maxillaire ou bien partagée.

- **Significations des lignes orthognatiques alvéolo-dentaires (29) :**

- Les axes dentaires se superposant sur d1 et d2 -----> une normoposition des incisives.
- Si leur position est en avant de d1 et d2 -----> une antéposition des incisives.
- Si leur position est en arrière de d1 et d2 -----> une rétroposition des incisives.

La droite ENA- niveau F8 participe à la détermination de la situation des incisives supérieures en fixant leur position vestibulo-palatine.

- **Mesures des proportions faciales antérieures (EVA-IVA) :**

Classiquement, les proportions des hauteurs des étages de la face se distribue en 45% et 55%. Dans l'analyse de Wendel Wylie, la longueur de la projection de l'étage inférieure donne une mesure inférieure à la hauteur faciale inférieure réelle. Le logiciel d'analyse architecturale peut donner cette valeur réelle (29).

3. Analyse structurale :

C'est l'étude sur la TLR « de l'état des divers éléments du squelette crânien, facial, et rachidien (structures osseuses) et de tous les tissus mous (structures molles) visibles sur le cliché », à la recherche de toute pathologie ou de toute dysmorphose à l'origine des malocclusions (25).

- **Etude des structures osseuses (25) :**

- Au niveau de la voûte du crâne : l'état des sutures, l'épaisseur des os de la voûte et l'état de leurs corticales, et la courbure de la voûte crânienne.
- Au niveau de la base du crâne : forme et dimensions du sinus frontal, de la lame criblée de l'éthmoïde, du sinus sphénoïdal, de la scelle turcique, du complexe naso-maxillaire, de la mandibule etc.

- **Etude des parties molles :**

L'étude consistera principalement à analyser le système glosso-vélo-pharyngé, et les muscles faciaux notamment les muscles labio-mentonniers (25).

IV- Les limites de la céphalométrie :

- **Introduction :**

La céphalométrie n'est pas un but, mais un moyen dans l'interprétation des dysmorphoses.

Historiquement l'apport de la céphalométrie a fait considérablement progresser l'orthodontie, tant au niveau de la recherche que des objectifs thérapeutiques. La sécurité apparente donnée par ces mesures chiffrées ne doit pas masquer les limites et les insuffisances de ce procédé d'évaluation. La haute autorité de santé (HAS) dans ses recommandations pour la pratique clinique rédigées en juin 2002, concernant le sujet des indications de l'orthopédie dentofaciale et dento-maxillo-faciale chez l'enfant et l'adolescent, spécifie que malgré sa rigueur méthodologique, l'analyse céphalométrique repose sur (22) :

- Une image radiologique de sommation en deux dimensions de structures tridimensionnelles ;
- Un repérage des points qui n'est pas forcément indiscutable ;
- Le tracé de points ou de plans de référence dont la fiabilité n'est pas assurée
- La mesure d'angles ou de distances dont un seul paramètre est supposé varier comparé à des normes statistiques ;
- La notion de croissance à variabilité prévisible entre les individus d'une même population ;
- L'absence d'échantillons statistiques témoins ;
- Parfois une confusion entre lien de causalité et lien statistique.

Le texte spécifie d'autre part qu'on ne traite pas une anomalie, c'est-à-dire une variation par rapport à la moyenne, pour elle-même, mais on traite les anomalies qui entraînent des handicaps (22).

- **Problèmes liés à l'interprétation de l'image radiologique :**

Selon Houston, l'imprécision du repérage des points est due à la qualité des clichés, aux conditions dans lesquelles sont réalisées puis relevées les mesures et à l'habileté de l'opérateur (22).

Selon Quintero, la première erreur réalisée en céphalométrie téléradiographique réside dans le fait que le film en 2D représente des structures en 3D ; il en résulte des distorsions de représentation des structures dans les sens vertical et horizontal. La qualité des clichés peut être affectée par des erreurs lors de leur prise qui s'ajoute aux erreurs de « projection » lors de la formation de l'image radiologique(22).

Major et al ont mesuré qu'une erreur de positionnement de la tête dans le céphalostat de 5° affecte certaines valeurs et notamment la position de l'orbital. Le flou cinétique se produit lorsque le sujet oscille de la tête (en dépit du céphalostat) ; la tête est en effet animée de faibles mouvements (rythmes cardiaque et respiratoire). Pour y remédier, il faut que le temps d'exposition soit le plus court possible. D'autre part la formation de l'image radiologique obéit à certains principes comme la loi des teintes, la loi de confusion des plans et la loi de projection conique (22).

Le flou géométrique est une zone de pénombre lié à la non ponctualité de la source, se formant autour d'une image lors de la réalisation d'un cliché. Pour le minimiser, le foyer doit être le plus loin et le plus fin possible. Lorsque les rayons incidents ne sont pas strictement perpendiculaires au film, la projection de l'objet n'est pas homogène, d'où la distorsion de l'image (14).

La précision d'identification des points dépend de nombreux facteurs (14) :

- Les points se situant sur une arête vive ou à l'intersection de deux courbes sont plus aisés à identifier que ceux qui sont situés sur une courbe plate ou large (les points comme le nasion et le menton, qui sont placés sur des arêtes ou des structures prises en enfilade, sont plus précisément identifiables) ;
- Les points situés dans des régions de fort contraste sont plus faciles à identifier.
- Les superpositions d'autres structures telles que les tissus mous sur la région d'identification du point rendent l'identification moins aisée (point A masqué par l'image de la convexité des joues). Il est également admis que les points latéraux sont moins constants que les points médians.

- **Problèmes liés au repérage de points :**

Selon Carlsson, la plus grande source d'erreur en céphalométrie est l'erreur de repérage des points. Tout d'abord, chaque point doit avoir une définition écrite exacte pour ne pas donner de place aux interprétations et certains points sont parfois extrapolés. Il a été démontré que les erreurs de repérage dépendent étroitement de l'expérience des examinateurs. Il apparaît, d'après toutes les études, que la précision de localisation des points céphalométriques est liée au type de point. C'est « l'effet point » (14).

Cousin fut un des premiers à étudier cette dispersion (22) :

- Les points médians, y compris les points construits (S-Gn) sont les plus constants ; ce sont eux qui entraînent les écarts angulaires les plus faibles. Le point A est cependant moins bon que les autres ;
- Les points latéraux sont toujours plus variables, et toutes les lignes qui s'y rapportent ont des écarts angulaires importants.

Les études menées par Cousin, Midtgård, Björk et Linder Aronson et par Baumrind et Frantz sur ce sujet aboutissent à la conclusion qu'il existe trois types de points (22) :

1. Un premier groupe de points très reproductibles dont l'écart moyen entre deux repérages n'excède pas 0,7 mm. Ce sont les points S suivi de bord libre des incisives mandibulaires, bord libre des incisives maxillaires et nasion ;
2. Un deuxième groupe de points dont la reproductibilité est comprise entre 1 et 2 mm. Ce sont les points A, ENA, B, apex des incisives supérieures et inférieures, Po, Pog ;
3. Enfin, un troisième groupe constitué par ENP, basion et orbital qui est le moins reproductible de tous.

Ces conclusions ont basé leur principe sur l'étude de l'enveloppe d'erreurs. Mais certains points ont une grande variabilité dans le sens vertical et peu dans le sens horizontal et inversement ; ces mesures des dispersions verticales et horizontales ont été étudiées par Turner et Weerakone, Stathopoulos et Poulton. Il est important d'étudier les variations des mesures angulaires et linéaires réalisées sur des lignes

ou plans utilisant ces points. Le point B, par exemple, varie peu dans le sens sagittal et plus dans le sens vertical, la ligne SNB est donc peu affectée par la variabilité d'un point dont la reproductibilité globale est qualifiée de moyenne (8).

Ces études quittent le strict domaine de l'étude de la reproductibilité des points pour une critique de l'analyse céphalométrique en validant ou rejetant des lignes et des plans utilisés. C'est par une étude mesurant les variations d'angles que Cousin conseille de rejeter le plan de Francfort du point de vue de sa précision de repérage et lui préfère la ligne S-Na (8).

La digitalisation directe des points est aujourd'hui la méthode la plus reproductible et même la plus précise, mais la forme du curseur est importante et ne doit pas masquer les structures périphériques. Néanmoins, le tracé seul a montré des performances supérieures dans le repérage de points construits comme l'articulaire et le gonion ; ils sont réellement construits sur le tracé et seulement estimés sur l'ordinateur. La céphalométrie « numérisée » permet donc d'automatiser ces étapes sans risque d'erreur (8).

En ce qui concerne la radiographie tridimensionnelle, il s'avère que l'image fournie par la technique de *cone beam* computed tomography (CBCT) est d'une qualité inconstante selon les dispositifs, ce qui ne facilite pas le repérage des points. D'autant plus que l'immense quantité d'informations fournies par ces tomographies volumiques est difficile à gérer (22).

Enfin, il s'agit de points anatomiques et non radiologiques qui nécessitent de l'entraînement pour être repérés, car la démarche est complètement différente (22).

- **Problèmes de la fiabilité des plans d'orientation et de référence :**

Les analyses dimensionnelles postulent que le plan de référence est comparable pour tous les individus. Or, la base du crâne est liée à la forme faciale ce qui crée un biais sur la fiabilité des mesures. Par exemple, la ligne S-Na n'est plus valable dans les malocclusions de la classe III, du type prognathie inférieure. La position de référence de l'incisive inférieure est appréciée, pour certaines analyses, par rapport à un plan mandibulaire qui, physiologiquement, ne présente pas de relation avec l'inclinaison de ces dents. De plus, en fonction des typologies variées et de considérations purement géométriques, un même décalage des bases peut

correspondre à des valeurs différentes de ANB. Dans le chapitre des superpositions, nous avons vu que les zones stables sont rares, étant donné l'importance et la variété du modelage périosté. Ceci est surtout très important pour les études longitudinales où le praticien cherche une zone de référence pour les superpositions, mais également pour les études transversales où le praticien recherche une zone de référence pour ses mesures. La limite d'interprétation des superpositions a été étudiée, entre autres, par Fenart, Sved et Cousin. De nombreux paramètres sont à considérer si on veut pouvoir donner un sens à l'interprétation de celles-ci. L'avènement de méthodes rigoureuses de superpositions structurales depuis une dizaine d'années le permet (22).

- **Problèmes de l'utilisation de moyennes, de constitution d'une population de référence et de définition de la normalité :**

En orthodontie en général et en céphalométrie en particulier, le praticien est appelé à comparer la variabilité d'un caractère par rapport à ce qui est considéré comme « normal », afin d'en déduire des conséquences thérapeutiques. Or la normalité d'un caractère est définie à partir d'un échantillon représentatif d'une population. Cette sélection prend en compte des individus normaux et anormaux, pour un échantillon pris au hasard dans la population et des individus présentant un ou des caractères normaux ou anormaux pour un échantillon sélectionné. Elle dépend pour une part de la subjectivité de l'auteur estimant tel ou tel profil plus satisfaisant que d'autres. Les standards céphalométriques ne tiennent compte ni de l'âge, ni du sexe, ni de l'ethnie, ni du volume des tissus mous. Ils sont basés sur l'étude d'individu sans pathologie, avec un état facial et dentomaxillaire satisfaisant. D'autre part, il n'existe pas un type normal, mais une multiplicité de types normaux (22).

Pour Deblock, il est important de ne pas considérer les moyennes céphalométriques comme des objectifs de traitement, car « vouloir s'approcher de la moyenne, c'est souvent s'éloigner de l'équilibre proportionnel du patient » (22).

Pour Philippe, la notion d'optimum individuel s'oppose à celle de « normalité ». Les critères esthétiques sont variables selon le lieu, le temps et l'ethnie (22).

Pour Salzman : « l'utilisation de standards céphalométriques tirés d'individus avec d'excellentes occlusions comme un moyen de décider des objectifs de traitement n'a aucune justification scientifique » (22).

Dans le rapport de la « HAS » de juin 2002 précédemment cité, il est précisé que « les analyses céphalométriques restent un tuteur pour l'orthodontiste plus fiable lorsque le patient est comparé à lui-même, elles ne seront au mieux qu'un instrument de classification dès qu'elles se réfèrent à l'échantillon de population de référence » (22).

Le recours à une céphalométrie 3D que l'on pourrait qualifier de volumique, qui s'appuierait sur des acquisitions tomодensitométriques (TDM), devrait permettre de lever certains facteurs limitants de la céphalométrie bidimensionnelle en proposant des méthodes plus reproductibles basées sur des références anatomiques précisément identifiées et non sur leurs projections radiologiques. À l'image de la navigation chirurgicale, l'imagerie tridimensionnelle est la base du développement des futures perspectives de traitements en ODF : simulations et planifications orthodontiques assistées par ordinateur, conception robotisée de fils préformés et de brackets individuels, etc. En outre, l'impact dosimétrique de ces méthodes ne devra pas être perdu de vue et l'indication justifiée par un contexte clinique complexe (22).

CHAPITRE 3 : LES ANALYSES CEPHALOMETRIQUES
INFORMATISEES

I- Analyse céphalométrique bidimensionnelle :

À ce jour, plusieurs logiciels offrent la possibilité de réaliser rapidement et automatiquement une analyse céphalométrique 2D. À partir de la saisie de points céphalométriques, plusieurs analyses sont disponibles. Le gain de temps est évident et l'on peut oublier les calques, la règle, le rapporteur d'angle, etc. Le fonctionnement est très simple. Il faut dans un premier temps procéder à l'acquisition de la radiographie. Cette étape est automatique pour les radiographies numériques (réalisées au cabinet ou récupérées sur DVD ou Cd-rom ou nécessite de scanner ou de prendre en photographie une radiographie argentique à l'échelle ou non si les mesures ne sont qu'angulaires). L'identification des repères se fait ensuite à la souris avec parfois annonce vocale des points à saisir. Certains logiciels proposent même une fonction de reconnaissance automatique du profil cutané. On trouve aussi des outils pour faciliter la saisie comme des loupes ou encore la possibilité de modifier la luminosité ou le contraste (22).

On obtient après cliquage des points, une lecture immédiate des résultats. Il est même possible de personnaliser sa propre analyse céphalométrique et de faire des simulations de traitement. L'informatisation de la céphalométrie a surtout apporté la rapidité, la facilité, le confort d'utilisation et le stockage, mais pour l'instant peu d'innovations en termes d'analyses proprement dites. Une des méthodes céphalométriques qui utilise la puissance informatique et qui ne peut être réalisée à la main est la méthode Procuste qui permet de visualiser rapidement le tracé du patient superposé à un équilibre squelettique issu des données de Bolton par minimisation de la somme des carrés des écarts entre les points (22).

II- Analyse céphalométrique scanographique 3D :

Le bilan d'imagerie avant traitement orthodontique repose sur la téléradiographie du crâne de profil complétée par un cliché panoramique dentaire. Bien qu'indispensables, ces techniques sont imparfaites en raison de l'écrasement des structures anatomiques tridimensionnelles sur un plan par définition bidimensionnel. L'imagerie tridimensionnelle permet, à partir d'une acquisition volumique unique, la réalisation de reconstructions bi et tridimensionnelles de bonne qualité (voxels isotropiques). L'imagerie médicale moderne donne ainsi accès à la troisième

dimension avec des applications spécifiques à l'orthodontie grâce à l'utilisation de logiciels dédiés (imagerie et céphalométrie 3D) (22).

Parmi les logiciels d'analyse céphalométrique 3D, C2 000 et Cepha 3 DT permettent de réaliser de façon quasi exhaustive l'analyse céphalométrique du patient dans les 3 dimensions de l'espace à partir d'un document unique (22).

La méthode proposée par Faure combine les données d'acquisition tomodensitométriques ou CBCT avec des repères anatomiques afin d'élaborer un modèle tridimensionnel de l'architecture craniofaciale des patients à l'aide des logiciels informatiques C2 000 et Cepha 3 DT (22).

Le modèle tridimensionnel obtenu met en évidence les asymétries au niveau de la charpente maxillofaciale mais aussi au niveau des arcades dentaires. La normalité de l'architecture craniofaciale est également définie (22).

Cette analyse céphalométrique tridimensionnelle utilise des paramètres conventionnels comme les angles, les distances et les aires. Chaque structure a ses propres coordonnées et des calculs d'orientation dans l'espace de n'importe quelle structure par rapport à une autre est donc possible. Par exemple, un ensemble de dents par rapport à son arcade, par rapport à l'arcade antagoniste ou une arcade par rapport à l'autre ou par rapport à la charpente maxillofaciale (22).

Pour conclure, le logiciel nous permet, quand c'est nécessaire, d'aller plus loin et d'être plus précis dans notre analyse et finalement d'ajouter une nouvelle dimension à nos classiques analyses céphalométriques bidimensionnelles. Cette technique assure une analyse globale, non plus d'une projection dans un plan, mais directe des volumes dento-maxillo-faciaux (22).

III- Les différents logiciels d'analyse céphalométrique :

Plusieurs logiciels d'analyse céphalométrique sont à la disposition des praticiens. On peut citer quelques-uns consacrés à l'analyse 2D (18) :

- DELAIRE EVOLUTION.
- iDENT CEPHALO.
- ORTHPMED.
- CLEANVIEW ORTHOTRACE.
- OrisCeph Rx CE.

- Mediadent DFO.
- LOGOSw.

Il existe même une application pour le smartphone intitulée « OneCeph » programmée pour effectuer plusieurs analyses qui existaient déjà (Steiner, Tweed, Ricketts, Bjork, Down, Sassouni, etc).

Pour l'analyse tridimensionnelle, le logiciel Cepha 3DT ainsi que C2000 sont utilisés par la majorité des praticiens (22).

C'est le logiciel DELAIRE EVOLUTION qui sera présenté dans notre étude.

III-1- Le logiciel DELAIRE EVOLUTION :

- **Présentation du logiciel :**

Répondant à l'évolution technologique, l'analyse architecturale de J. DELAIRE est informatisée et son application ne requiert que quelques clicks, après en avoir bien sur compris les bases conceptuelles et le sens des tracés (29).

Ce logiciel de céphalométrie et d'orthodontie permet le traitement d'une multitude d'analyse sélectionnables simultanément ou indépendamment en affichage simple ou en comparaison et l'obtention rapide de diverses analyses dont l'aide à la prothèse totale, les analyses "architecturales", "Orthognathique", "Cranio-mandibulaire", en se basant sur les téléradiographies du patient. D'une utilisation simple et ergonomique, le logiciel possède des aspects fonctionnels ultra performants en constantes évolutions (29).

Ce logiciel est téléchargeable sur le site www.delairecephalo.fr, il est disponible pour Windows et pour MAC, on aura droit à un essai gratuit d'un mois puis il sera payant (30).

- **Première prise en main du logiciel :**

Une fois installé sur l'ordinateur, ce logiciel présente une interface très simple, on commence d'abord par remplir les informations du patient en cliquant sur l'icône « Nouveau », ensuite on importe la téléradiographie numérique de profil de ce dernier, et on commence à travailler (30).

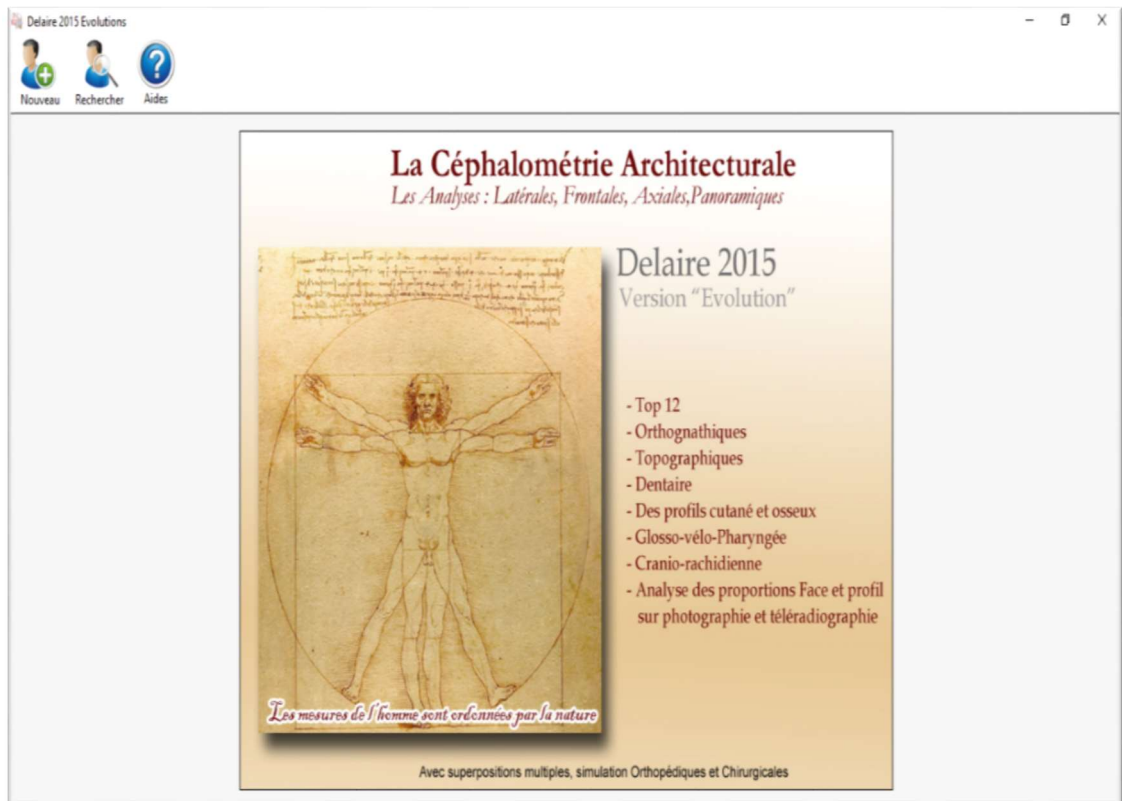


Figure 47 : l'interface du logiciel (30).

- **L'analyse informatisée proprement dite :**

Ce logiciel nous permet d'obtenir plusieurs modes d'analyse qui sont déjà cités sur la figure 1, nous nous sommes intéressés tout particulièrement au Top 12, l'analyse orthognathique, topographique et à quelques superpositions (29).

- 1. L'analyse Top 12 (29) :**

Elle est limitée à la face et ne comporte aucune mesure. Elle donne une « vision globale » de l'état du squelette facial, et des principales unités.

Les territoires correspondant aux principales unités faciales (naso-prémaxillaire, post-maxillaire, ramus et corpus, arcades alvéolo-dentaires supérieure et inférieure) sont bien individualisés.

Les éléments squelettiques du sujet leur sont comparés (dimensions, situation). Il est donc facile d'apprécier globalement les anomalies dento-squelettiques mais sans pouvoir les quantifier, c'est une première approche diagnostique.

Les points du Top 12 saisis sont : N, M, Mp, Cla, Clp, Ara, Pts, Pti, Od, Atl et un point option.

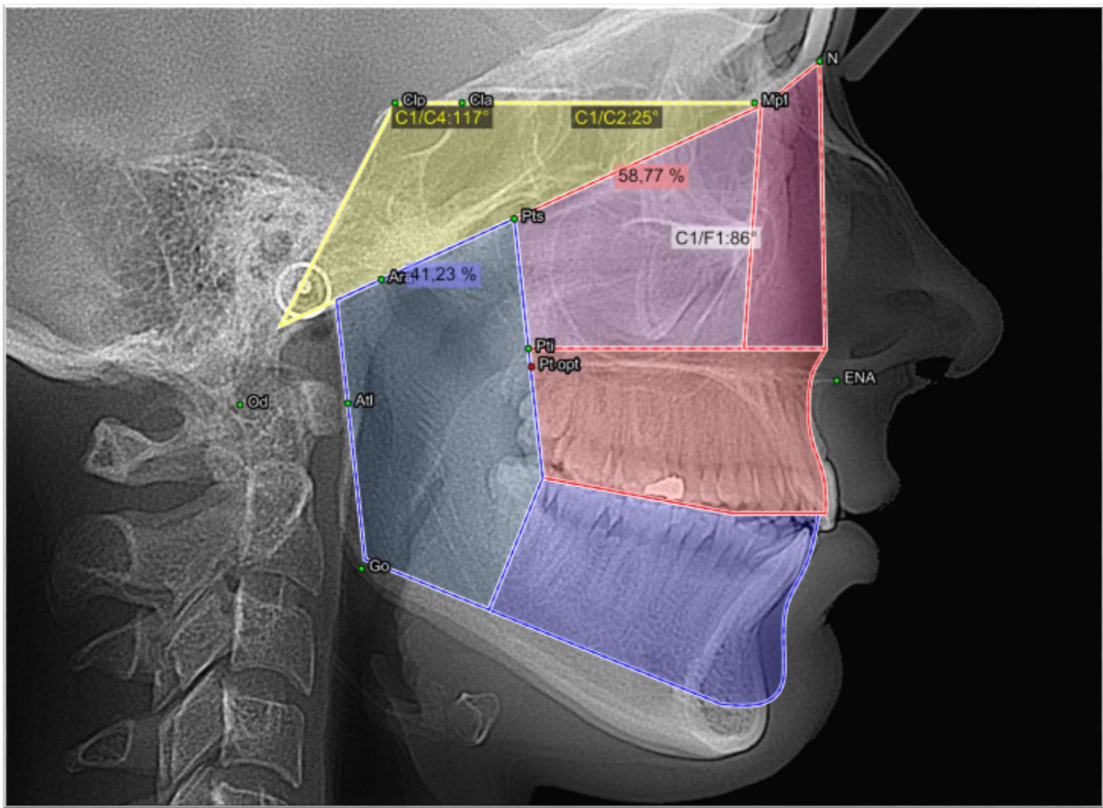


Figure 48 : les territoires déterminés par le Top 12 (30).

2. L'analyse orthognatique (29) :

L'analyse orthognatique nécessite la saisie de 32 points et de 30 points si la partie occipitale et le sommet du crâne ne sont pas visibles (point Op et Sc) ce qui est plus fréquent. Un point option est placé sous Pti vient au secours du praticien dans les cas difficiles.

Les points dans l'ordre de saisie sont : N, M, Cla, Clp, Op, Mp, Ara, Sc, Od, Pti, Pts, Atl, ENA, NP, Ia, Ib, ib, ia, Pog, Syp, Me, Arp, Rp, Ra, No, Go, oclp.s, ocla.s, V2, V3, Hy, Pt option F4.

Le tracé obtenu avec l'analyse orthognatique :

Les flèches indiquent les défauts de coïncidence des lignes maxillaires (en rouge) et mandibulaire (en bleu) par rapport aux lignes optimales de l'analyse architecturale de base (en pointillé).

La ligne verticale noire est la ligne cranio-adaptée déterminée en fonction de l'état du crâne du sujet.

Les renseignements diagnostiques donnés par le logiciel peuvent être obtenus par un click en sélectionnant l'image avec les points placés. Le logiciel a la possibilité de donner un diagnostic synthétique (tableau 1), par sens (sagittal, vertical) et il peut également donner les mesures des distances et des surfaces des territoires déterminés par le tracé architectural.

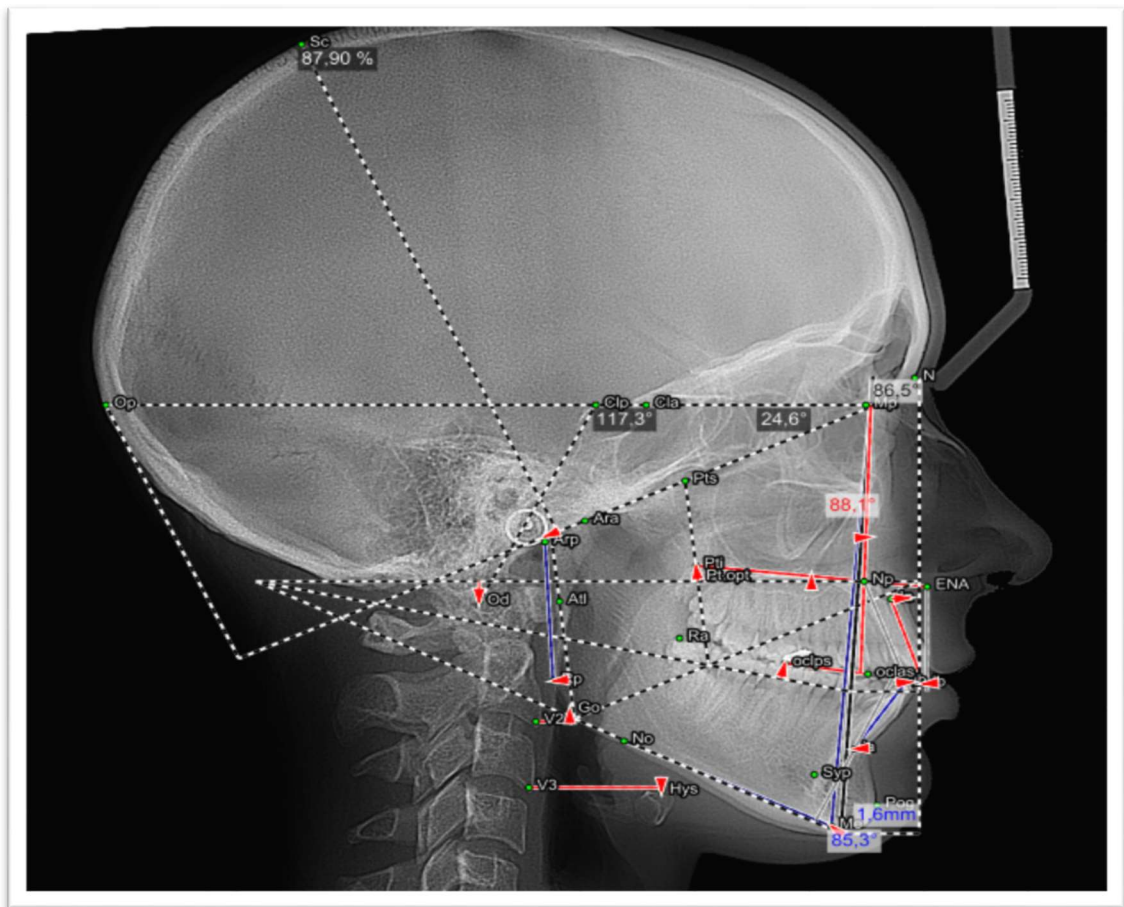


Figure 49 : Tracé obtenu avec l'analyse orthognatique (30).

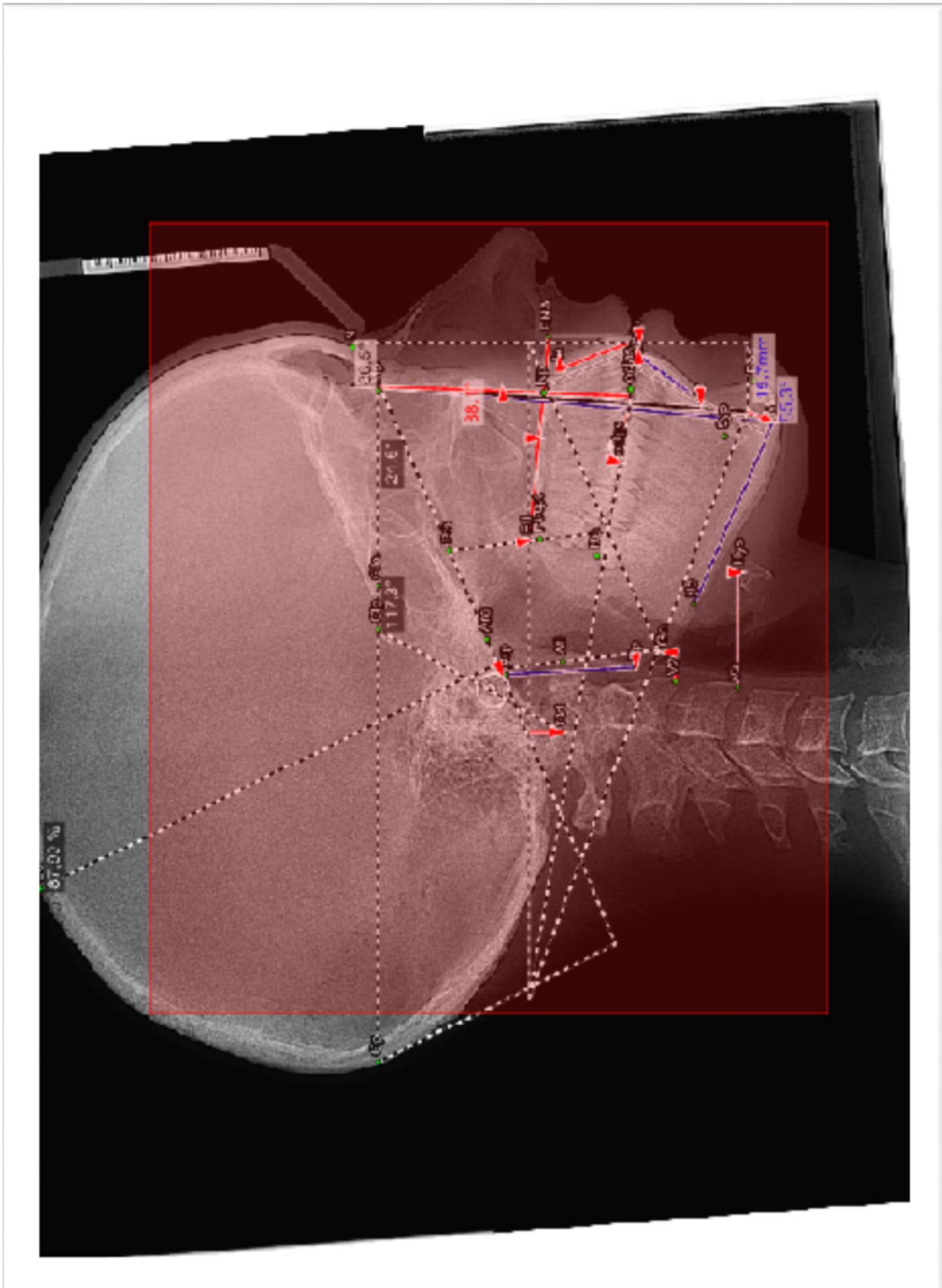


Figure 50 : La sélection du cadre du diagnostic synthétique (30).

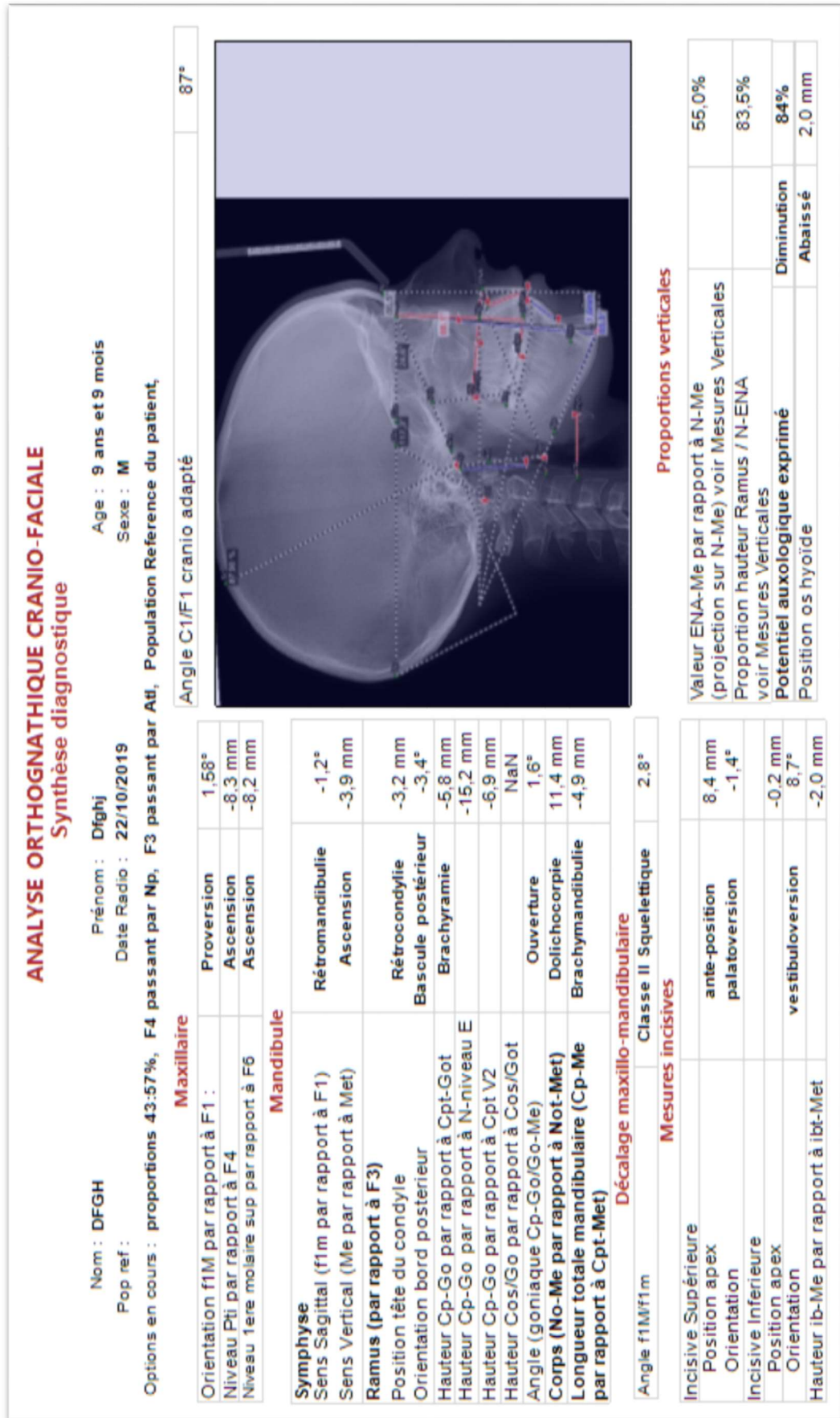


Figure 51 : Exemple d'un diagnostic synthétique obtenu par l'analyse informatisée (30).

3. L'analyse topographique (29) :

L'analyse topographique vient compléter l'analyse orthognatique, elle nécessite 11 points complémentaires, ils s'ajoutent aux points orthognathiques avec lesquels ils permettent d'individualiser les principales unités de développement maxillaires et mandibulaires.

En utilisant le logiciel DELAIRE EVOLUTION, ces points seront cités dans l'ordre de saisie, il nous explique exactement comment les positionner via des illustrations et une aide audio enregistrée par Delaire.

Les 11 nouveaux points sont :

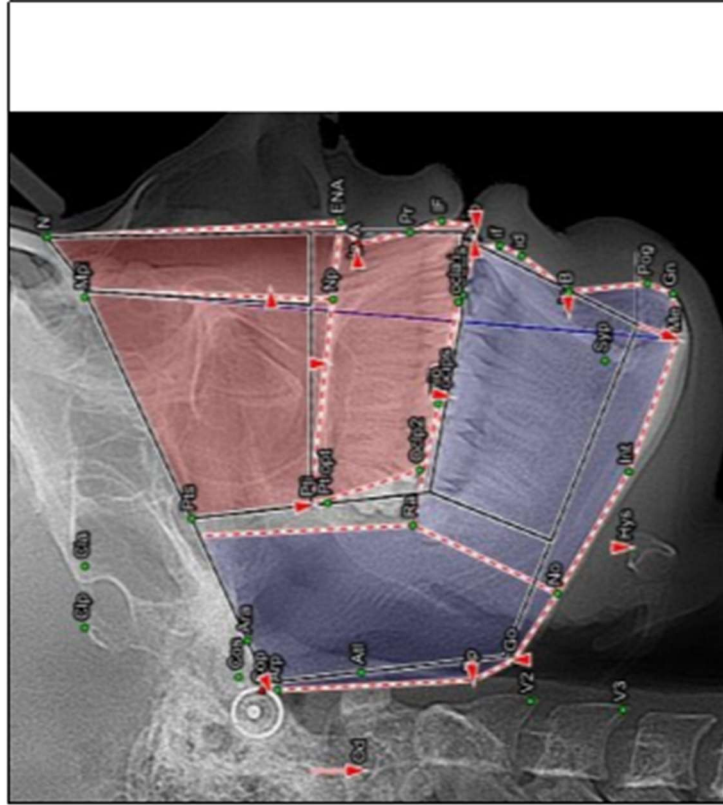
- Oclp.2 Oclp.2 : Deuxième point Occlusal Postérieur = au Sommet de la Cuspide Distale de la Dernière Molaire Supérieure en Occlusion.
- Moi : Milieu de la Face Occlusale de la Première Molaire Inférieure Permanente (ou deuxième molaire temporaire).
- Ocla.ia.i (occlusal antérieur et inférieur): à la partie antérieure de la Cuspide Mésiale de la Première Prémolaire inférieure Permanente (ou première molaire temporaire).
- A : point le plus en retrait de la Concavité Alvéolaire Supérieure (par convention, en regard de l'apex de l'incisive centrale supérieure).
- Pr (Prosthion) : à la Jonction de la Dentine radiculaire et de l'Émail de la Couronne de l'Incisive Centrale Supérieure.
- If : Milieu de la Face Vestibulaire de la Couronne de l'Incisive Centrale Supérieure.
- If : Milieu de la Face Vestibulaire de la Couronne de l'Incisive Centrale Inférieure.
- Id (dental inférieur) : à la Jonction de l'Émail de la Couronne de l'Incisive Centrale Inférieure et de sa Dentine Radiculaire.
- B : Point le Plus en Retrait de la Concavité Alvéolaire Inférieure (par convention en regard de l'apex de l'incisive centrale inférieure).
- Gn (gnathion) : Entre Pog et Me. Point le plus Avancé du Menton par Rapport au Condyle Mandibulaire.
- Int (point Intermédiaire) : au niveau du Bord Basilaire, à mi-distance des points Me et No.

Cette analyse permet surtout d'obtenir :

- Une image des unités de développement du sujet et de comparer chacune d'entre elles aux unités optimales existant dans les meilleures conditions d'équilibre.
- Une mesure de surface de chacune de celles-ci.
- Une découpe permettant de les mobiliser et, ainsi d'évaluer la meilleure direction thérapeutique.
- Six superpositions topographiques, par comparaison avec une autre analyse topographique prise à des dates différentes.
- Possibilité d'effectuer des tracés et des analyses des espaces pharyngés.
- Un bilan dentaire et une analyse du profil cutané.

ANALYSE TOPOGRAPHIQUE FACIALE

Nom : DFGH Prénom : Dfghj Age : 9 ans et 9 mois
 Pop ref : Date Radio : 22/10/2019 00:00:00 Sexe : M
 Options en cours : F4 passant par Pti, F3 passant par AtI, proportions 43:57%, F1M passant par NP, Angle de F1 Auto, P



Territoires (surfaces)	Réelles	Optimales	Différences
Naso-Prémaxillaire	2465 mm ²	2302 mm ²	162 mm ²
Maxillaire	5559 mm ²	5149 mm ²	410 mm ²
Alvéolo-dentaire sup.	4457 mm ²	5215 mm ²	-758 mm ²
Ramus	5989 mm ²	6871 mm ²	-882 mm ²
Corps mandibulaire +Alvéolo-dentaire inf.	8263 mm ²	5533 mm ²	2729 mm ²

Figure 52 : Territoires délimités par l'analyse topographique et leurs mesures (30).

➤ **Le potentiel auxologique (capacité de réponse mandibulaire) (29) :**

Il est apprécié par comparaison de la surface occupée par le ramus du sujet, par rapport à celle de son territoire optimal.

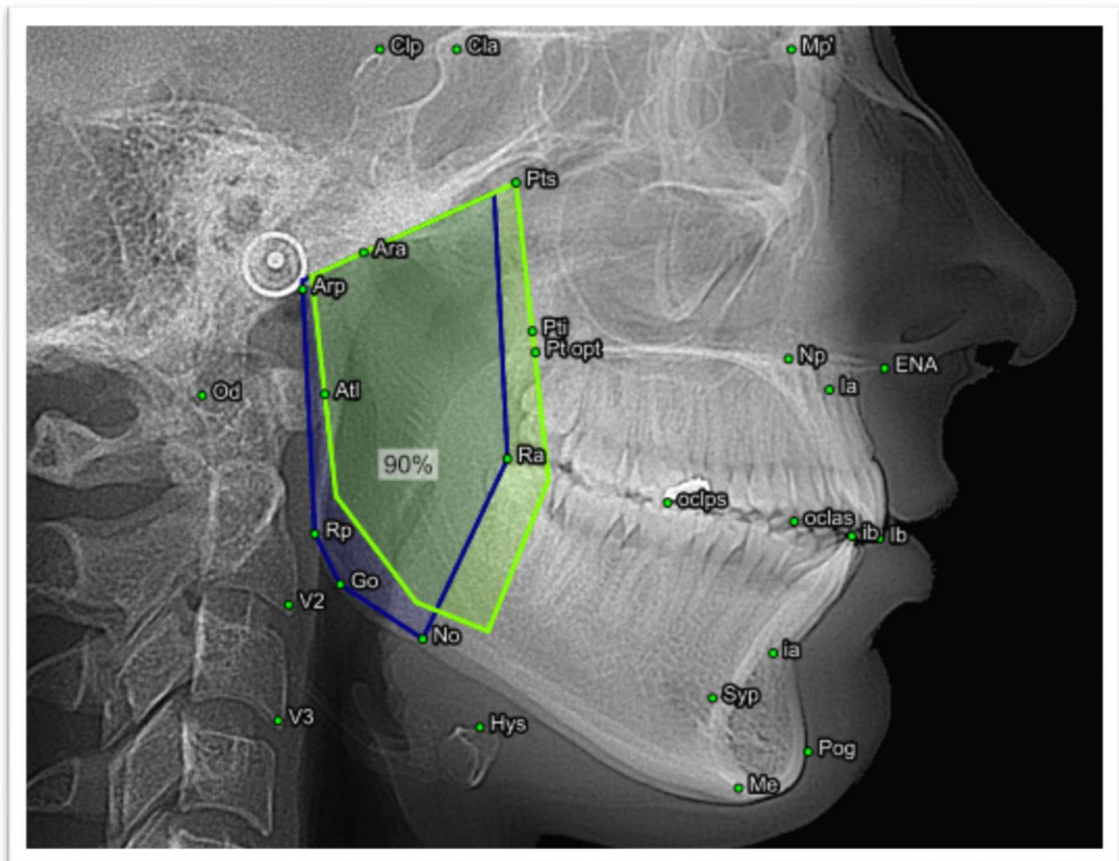


Figure 53 : potentiel auxologique de la mandibule (30).

Dans notre exemple, le potentiel auxologique est estimé à 90%.

➤ **Découpes à partir de l'analyse topographique et Set Up (29) :**

Toutes les unités faciales peuvent être déplacées dans tous les sens, isolément ou plusieurs à la fois. On peut ainsi simuler les résultats orthopédiques et/ou chirurgicaux que l'on souhaite obtenir.

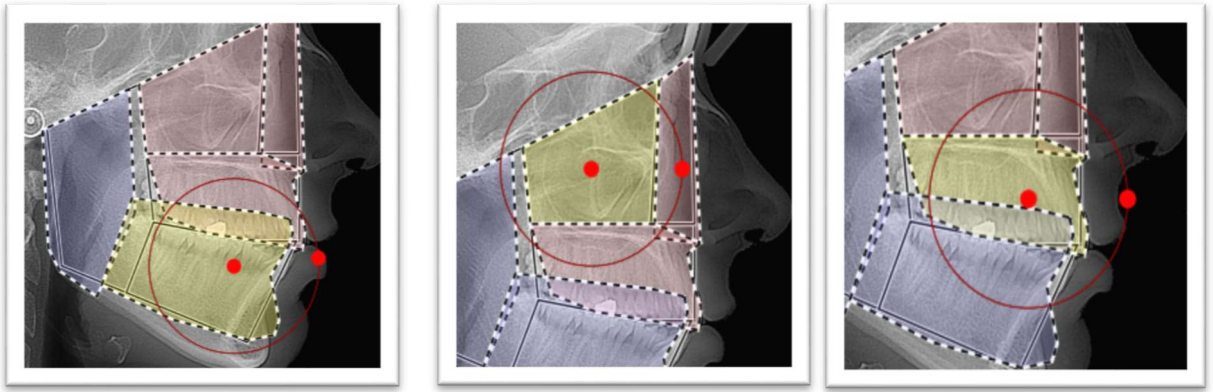


Figure 54 : découpe possible avec l'analyse topographique et set up.

Remarques :

On peut obtenir six superpositions topographiques par comparaison avec une autre analyse topographique prise à une date différente (en fin de traitement par exemple).

A partir de l'analyse topographique, on peut aussi effectuer le tracé des espaces pharyngés avec éventuellement les adénoïdes et amygdales et préciser la position de l'os hyoïde par rapport aux structures avoisinantes (29).

**CHAPITRE 4 : TECHNIQUES DE SUPERPOSITION ET
PREVISION DE CROISSANCE**

I- Les superpositions :

I-1- Intérêts :

L'intérêt majeur de la technique est la possibilité de superposer plusieurs films successifs d'un même sujet, espacé pendant sa croissance et son traitement. La comparaison des tracés donnera un aspect dynamique à la céphalométrie, en intégrant des facteurs d'espace et de temps dans le développement des structures craniofacial du sujet, mais l'extrémité céphalique ne s'accroît pas de manière homothétique, chaque région croît selon des manières particulières. Certains auteurs pensent qu'il existe à la base du crâne une région centrale, et qu'autour de ce centre, la croissance rayonne, avec des lois cependant complexes (4).

Il est évident que le choix d'un tel centre comme origine des superpositions est déterminant pour apprécier la croissance. Si l'unanimité n'est pas réalisée sur les méthodes de superpositions les plus adéquates, les règles suivantes sont cependant admises par tous (14):

- La superposition se fait sur une ligne, appelée ligne ou plan de superposition, qui doit être choisie dans une région reconnue pour sa stabilité relative et possède un point reconnu comme fixe, que l'on utilise comme point d'enregistrement.
- La superposition doit être faite d'autant plus près de la région à étudier que les modifications et les déplacements sont plus minimes et que l'on a besoin d'une plus grande précision.
- Pour une même étude, plusieurs superpositions différentes sont presque toujours nécessaires, pour permettre de mettre en évidence la part qui revient à chacun des facteurs responsables des déplacements.
- Lorsque l'on désire étudier la croissance de deux, ou plusieurs os, une seule superposition est insuffisante et risque de conduire à des conclusions erronées.
- Du point de vue purement technique, il y a avantage, pour augmenter la précision des superpositions, à reporter la localisation des repères d'un tracé sur l'autre, une nouvelle localisation étant, en principe, génératrice d'erreurs (4).

I-2- Les différentes superpositions :

Pour l'examen d'un même sujet, on procède généralement aux 3 superpositions suivantes :

1. Superposition d'ensemble sur la base du crane :

Elle est l'objectif des différences de position des diverses structures et des points de repère de la face sans toutefois permettre de distinguer de la part qui revient à la croissance et au traitement orthodontique, mais aussi de l'apport de chacune des zones fertiles. Au maxillaire supérieur, la différence de la position, représentant la croissance intervenue à l'étage moyen seulement, si le sujet est âgé de plus de 7-8 ans. S'il est plus jeune, la croissance de la base du crâne est responsable d'une partie des déplacements. Sur le bord inférieur de la mandibule en entier, l'ensemble des modifications intervenues, éventuellement, dans chacun des étages de la face sans pouvoir discerner l'apport que chacune de ces régions a pu prendre dans ces modifications, mais établir avec précision l'influence d'un traitement (4).

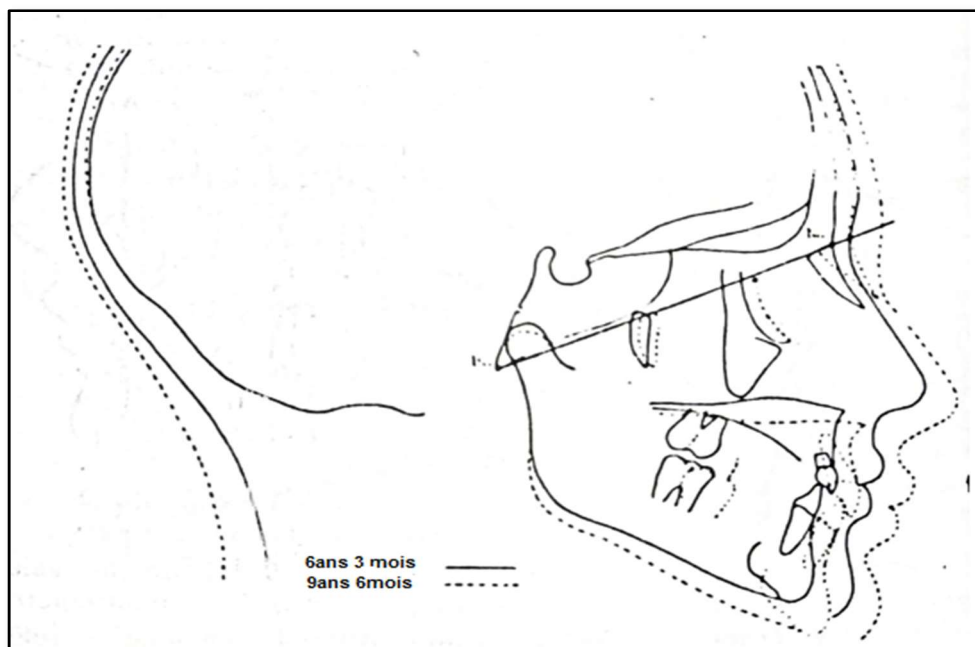


Figure 55 : Superposition d'ensemble sur la base du crâne, schématisé par la ligne Basion Nasion. Le point basion est enregistré (14).

Parmi les lignes de superposition les plus employés, nous citons (4) :

- Le plan de Bolton, Basion Nasion, du Point S abaisser une perpendiculaire le plan, le point d'enregistrement, point R, si tu es en milieu de cette perpendiculaire, les points air enregistrer, en superpose la perpendiculaire, en conservant le plan de Bolton parallèle à lui-même.
- Le plan Basion-Nasion (BA-NA), avec Ba enregistré, le point d'enregistrement nommé CC se trouve à son intersection avec l'axe facial (déterminé par deux points : Pt, points ptérygoïdien, Gn, le gnathion céphalométrique de Riquetts). Ce point CC est toujours très proche de la fente ptérygo maxillaire, ce plan quand le précédent présentement montage d'être déterminé par des retards éloignés l'un de l'autre réduction de l'incidence des erreurs de localisation des repères ceux-ci sont séparés par les structures du sphénoïde notamment la suture sphéno occipitale, qui est très active, le point de bon pour lui-même est situé dans une zone fertile, la stabilité des repères est donc relative.

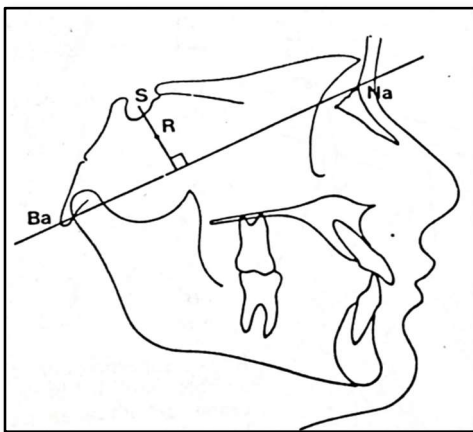


Figure 56 : superposition d'ensemble selon Broadbent. Le point R (enregistrement point est situé au milieu de la projection du point S sur la ligne Basion-Nasion .

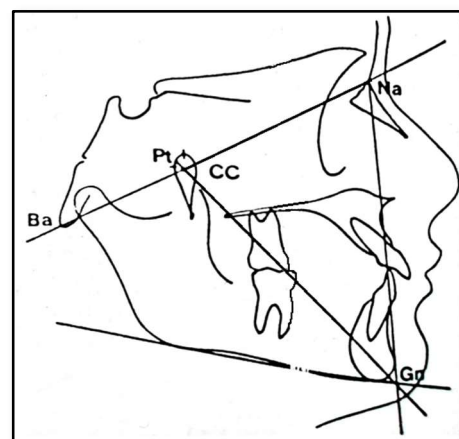


Figure 57 : superposition d'ensemble selon Ricketts, le point CC, point d'enregistrement est situé à l'intersection de la ligne Ba-Na avec l'axe facial Pt-Gn .

- La ligne selle Turcique-Nasion (S-Na), avec S enregistré, utilisé par de très nombreux auteurs en raison de la facilité de localisation des repères, ceux-ci sont situés dans des régions réputées stables après 7-8ans mais sont plus rapprochés que pour les deux superpositions précédentes. Le profile cutané se déplace vers l'avant, si l'on utilise la même ligne, mais avec Na enregistré on met en évidence les modifications produites au niveau du profile seul. La superposition sur (S-Na), avec S enregistré, montre les déplacements réguliers de Na vers le haut et vers l'avant, en réalité le déplacement de ce point est déterminé par l'orientation de la croissance au niveau de la suture fronto nasale, et par l'activité relative de l'un ou l'autre bords, si le bord frontal est plus actif le Nasion se déplacera vers le bas, mais ce fait passera inaperçu si l'on superpose sur S-Na.
- La ligne de référence de De Coster suis la région antérieure de la base du crâne, bord antérieur de la selle turcique, éthmoïde, trou borgne, table interne du frontal. L'auteur estime que cette ligne ne présente pas de modification après l'âge de 7 ans et fournit, par conséquent, une bonne base de comparaison, sa longueur est une garantie pour la valeur des superpositions. D'autre part, De Coster pense que sa forme générale est héréditaire, et il tire de se caractère des conclusions concernant l'étiologie et l'origine génétique des malformations.

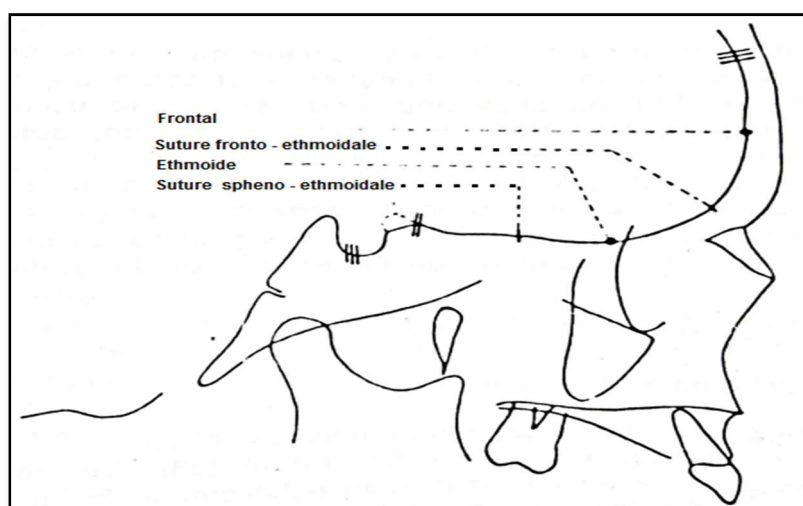


Figure 58 : la ligne de DE Coster, intéresse la partie antérieure de la selle turcique, le planum sphénoïdal, le crible ethmoïdal et la partie inférieure du contour endocrânien du frontal (4).

- La ligne Opisthion-Nasion (Op-Na) : de cette ligne on trace une perpendiculaire tangente au bord postérieur de la fente ptérygo-maxillaire, le point d'intersection est appelé point R, et les superpositions se font sur Op-Na, avec R enregistré.

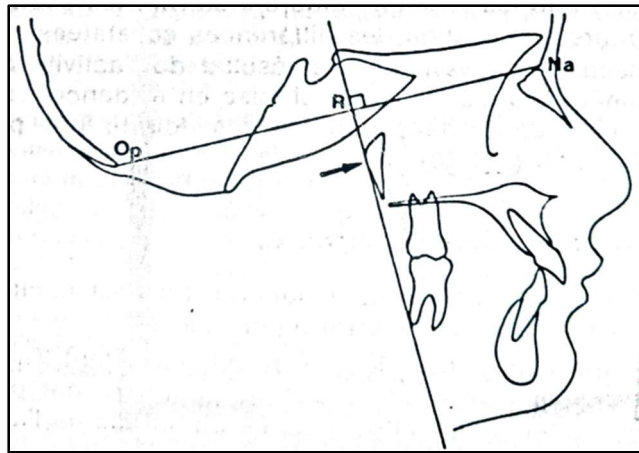


Figure 59 : Tracé pour la superposition d'ensemble selon Beltrami et Autissier (Ligne Opisthion-Nasion, perpendiculaire à la ligne tangente au bord postérieur de la fente ptérygo-maxillaire. R, point d'intersection est le point d'enregistrement (4).

- L'Angle Oméga, cet angle à son sommet en O. Le point O (qui est enregistré) est la projection du bord postérieur du planum, ou du bord antérieur de la gouttière optique, sur le plan sagittal médian. L'angle est déterminé par les deux lignes :
 - Basion-O
 - LP, ligne du planum, prolongation de la ligne qui relie le point O à la suture sphéno-ethmoïdale.

Dans son étude sur les effets du traitement sur la base du crâne, Fernex a superposé sur LP avec O enregistré. D'autres auteurs ont leurs propres méthodes de superposition discutées précédemment dans le chapitre 2 (4).

L'application pratique de la superposition d'ensemble sur la base du crane peut-être susceptible de donner des difficultés pour l'interprétation des tracés obtenus avec des techniques différentes (4).

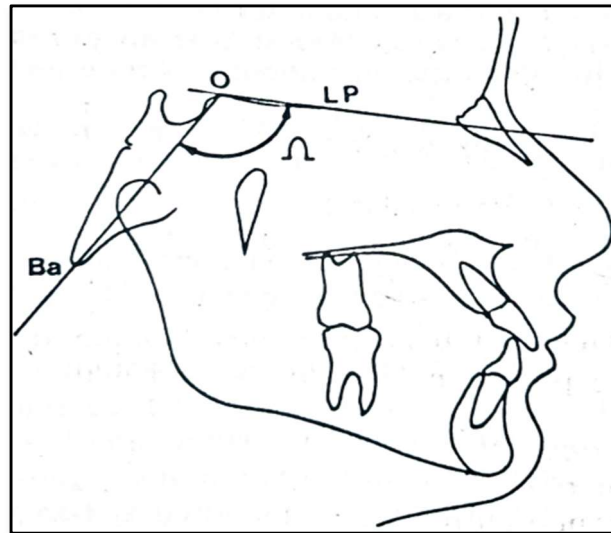


Figure 60 : Tracé pour la superposition sur l'angle oméga O est le bord antérieur de la gouttière optique (4).

Les plans de superposition horizontaux, ou se rapprochant de l'horizontale, mettent particulièrement en évidence les déplacements antéro-postérieurs, alors que les plans obliques objectivent les déplacements dans les deux sens. Il est donc naturel que les résultats diffèrent suivant les plans utilisés. D'autre part, à moins d'erreurs d'exécution, les différences constatées entre plusieurs superpositions d'ensemble peuvent être le résultat de l'activité des zones de croissance bien déterminées, qui se trouvent ainsi mises en évidence. La comparaison des superpositions peut donc, dans certains cas, fournir des précisions sur la croissance du sujet étudié (22).

2. Superposition locale au niveau du maxillaire supérieur :

Cette superposition est d'un emploi absolument général. Elle est habituellement faite sur la ligne représentant le plancher des fosses nasales. Elle est considérée comme l'une des superpositions les plus sûres. Si on l'enregistre sur l'épine nasale postérieure, on trouvera au niveau du bord antérieur du maxillaire les effets combinés de la croissance et du traitement orthodontique. Si au contraire on l'enregistre sur l'épine nasale antérieure, on met en évidence le changement de forme du bord alvéolaire, les déplacements de l'incisive, ainsi que le déplacement relatif de la 1^{re} molaire par rapport à cette dent. Il faut remarquer que, si les clichés

dont on superpose les tracés ont été pris à des intervalles moyens, les modifications de l'inclinaison axiale de l'incisive sont imputables au seul traitement, par contre, si le temps écoulé est long (plusieurs années), il faut se souvenir que la croissance est responsable de modifications axiales de cette dent (22).

Enfin, l'épine nasale antérieure est susceptible de présenter une certaine croissance indépendante, au moins pendant la période de l'adolescence, qui sera mise en évidence par ce procédé (22).

Moore, pour ses superpositions locales, met à profit la stabilité de la fente ptérygo-maxillaire dans le sens antéro-postérieur, sur laquelle Brodie a l'attention. Il conseille la superposition sur la position antéro-postérieure celle-ci (qui constitue le point d'enregistrement), et sur le plan palatin (22).

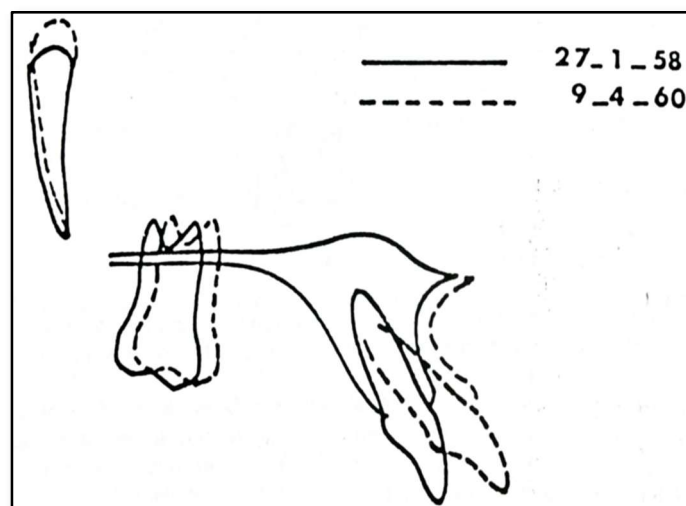


Figure 61 : Superposition locale, au niveau du maxillaire supérieur : enregistrement sur la position antéro-postérieure de la fente ptérygo-maxillaire, et superposition sur la ligne du plancher des fosses nasales (4).

Cette méthode permet de dissocier les effets de deux zones fertiles différentes, elle objective l'activité des centres fertiles situés au niveau de la tubérosité, le maxillaire se trouvant poussé en avant par la croissance par apposition, qui se produit à ce niveau et celle du rebord alvéolaire dans le sens vertical. Celle-ci se

mesure par le déplacement du plan d'occlusion dans cette direction. De plus, elle montre les effets de l'éruption des dents sur le profil (14).

3. Superposition locale au niveau de la mandibule :

Comme pour le maxillaire on peut précéder à deux superpositions différentes selon que l'on enregistre dans la région postérieure, ou dans la région antérieure. Si l'on superpose sur le bord postérieur de la branche montante, avec le sommet du condyle enregistré, on trouvera dans la région de la symphyse le résultat de l'activité des divers centres fertiles dans les deux directions, verticale et horizontale. Du point de vue dentaire, les effets de la croissance s'ajoutent simplement à ceux du traitement, et l'on ne peut établir aucune discrimination (4).

Moore, applique pour cette superposition les principes exposés précédemment et s'efforce de dissocier les effets des différents centres de croissance. Il conseille de superposer sur la symphyse avec le point Menton enregistré. Dans ces conditions, au niveau des dents on trouvera le résultat de l'activité du rebord alvéolaire dans le sens vertical, objectivé par le déplacement du plan d'occlusion dans cette direction, les effets du traitement sur l'incisive sont aisément décelés. L'augmentation de longueur de la mandibule, dans le sens horizontal, est montrée par le déplacement du bord postérieur de la branche montante, au niveau duquel se produit l'apposition osseuse (4).

Enfin, l'activité du centre fertile condylien est montrée par le déplacement de sommet du condyle en direction verticale. Adams préconise, pour l'étude des modifications intra- mandibulaire, de superposer sur le contour interne de la symphyse, qui représente une zone très stable (4).

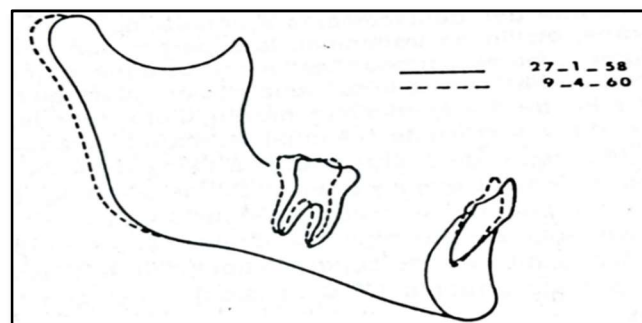


Figure 62 : superposition locale au niveau de la mandibule, suivant la méthode de Moore, superposition sur la symphyse et le bord inférieur du corps, avec point Menton enregistré (4).

Steiner conseille de superposer sur la ligne Go-Gn, en enregistrant le point D, centre de la symphyse. Pour l'étude des déplacements éventuels de la mandibule par rapport de la base du crâne, en fin de traitement, la superposition peut être faite sur un des plans ou lignes énumérés pour les superpositions d'ensemble (4).

Steiner recommande l'emploi de la ligne Selle turcique-Nasion, alors que Ricketts donne la préférence à l'axe faciale. Cette technique de superposition, à l'aide de trois tracés différents est celle qui est généralement employée en pratique courante pour toutes les recherches et études particulières. Les superpositions sont évidemment adaptées aux nécessités du travail entrepris, les règles générales de la superposition demeurant les mêmes (4).

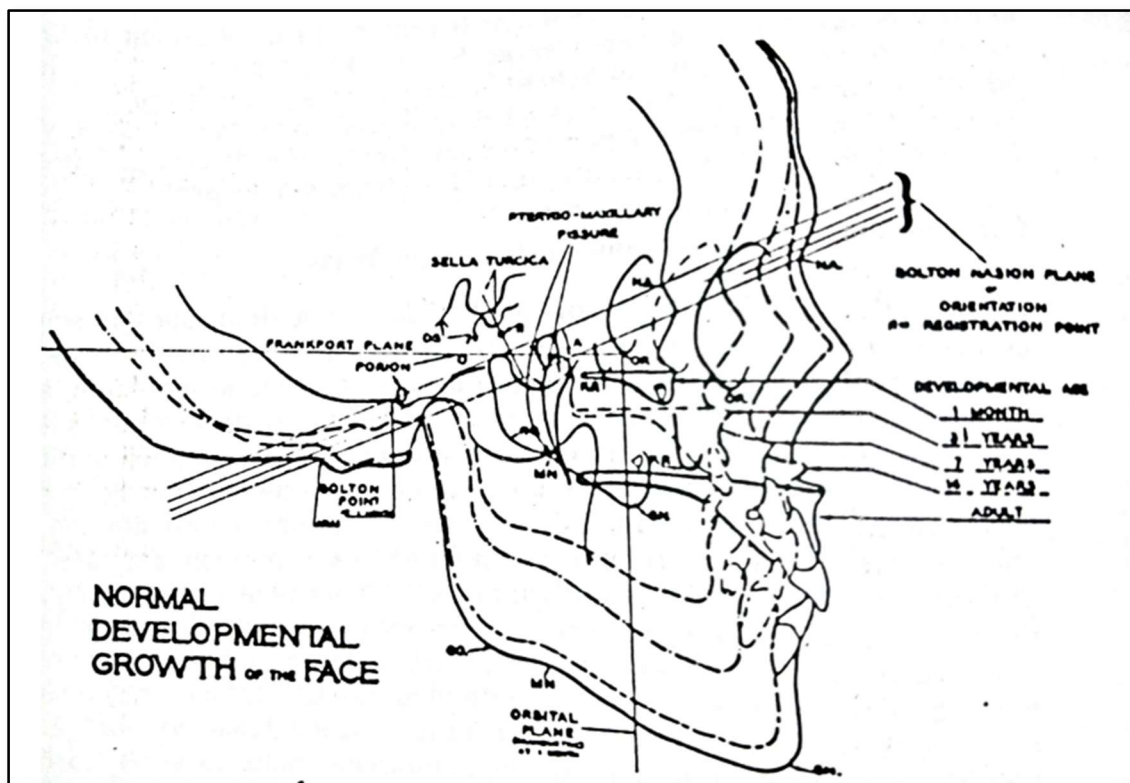


Figure 63 : schéma de Broadbent, montre que les différentes directions de la croissance faciales sont constantes dans le temps (4).

II- Les prévisions de croissance :

II-1- Définition :

C'est une démarche prospective dont le but est de prévoir la croissance du massif maxillo-faciale.

II-2- Intérêts :

Tout d'abord, elle permet d'améliorer la communication avec le patient et ses parents, et renforcer leur coopération en leur montrant une prévision du résultat thérapeutique (14).

Les travaux sur la prévision ont permis aux praticiens un progrès important dans la connaissance des phénomènes de croissance et sur l'évolution des différents types faciaux et de ce fait une meilleure appréciation de l'effet de la thérapeutique sur la croissance (22).

La prévision de croissance aide à établir un plan de traitement adapté à chaque patient et orienter le praticien vers un choix thérapeutique approprié (31).

II-3- Méthodes de prévision :

- **La prévision structurale de Bjork :**

C'est en 1955 que les travaux de Bjork ont introduit les termes de « rotation » de croissance et de compensation squelettique de la mandibule et du maxillaire par l'implantation des repères métalliques dans les maxillaires, et au moyen de la méthode de superposition céphalométrique, il pouvait expliquer ces phénomènes de rotation (21).

Tout d'abord, cette superposition a permis de décrire des zones de stabilité anatomique (21) :

- Le contour inférieur de la symphyse,
- Le canal dentaire inférieur,
- Les limites cervicales des cryptes osseuses des germes molaires ou prémolaires avant l'édification radiculaire,
- À la base du crâne (ligne de De Coster, de Björk et de Skieller),

- Au contour antérieur du processus zygomatique.

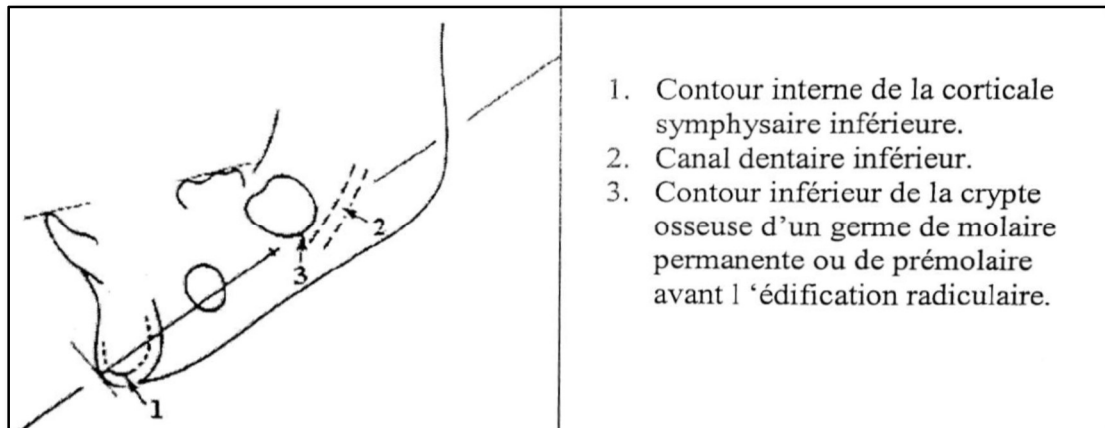


Figure 64 : Structures anatomiques stables du corps mandibulaire (32).

À la suite de cette étude, Bjork distingue alors une rotation de croissance antérieure et postérieure. (Voir chapitre 2)

En 1983, son conception se complète en introduisant dans leur concept de rotation mandibulaire, des composantes de rotation. D'après lui, « le développement des tissus mous et de l'os est indépendant ». Bjork reconnaît donc 3 composantes de la rotation mandibulaire :

- La rotation totale : elle correspond au déplacement de la ligne implantaire par rapport à la base du crâne. Elle définit donc la rotation postérieure ou antérieure du corps mandibulaire (**fig 59.a**).
- La rotation matricielle : elle définit la rotation des tissus mous de recouvrement de la mandibule (**fig 59.b**).
- La rotation intramatricielle : elle est la différence des 2 précédentes et objective ainsi la rotation du corps mandibulaire (ligne implantaire) à l'intérieur de sa matrice (c'est-à-dire des tissus mous). (**fig 59.c**).

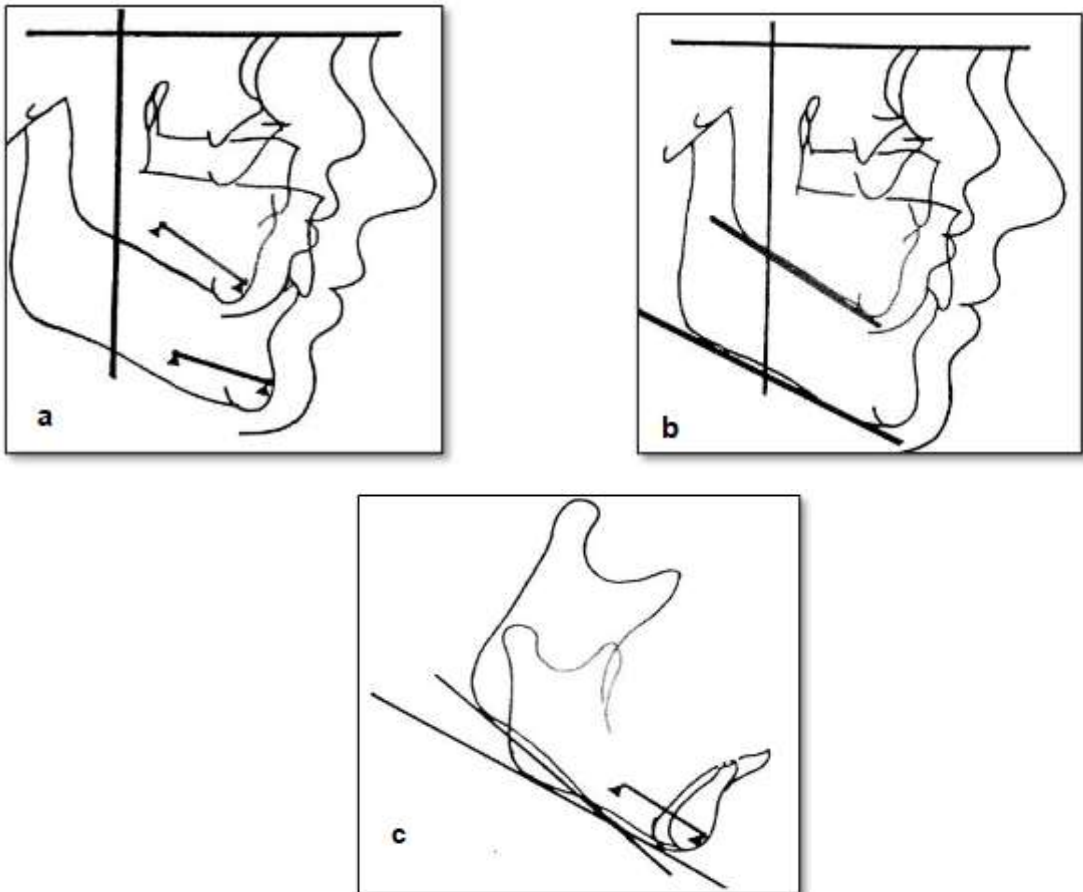


Figure 65 : les composantes de la rotation (21).

La fiabilité de cette méthode reste bonne, mais elle a ses limites (31) :

- Elle ne donne qu'une tendance de la croissance non métrique, et n'a qu'une valeur de pronostic.
- C'est une méthode non géométrique, non métrique et donc laissée au seul jugement de l'opérateur.
- L'effet du traitement sur la déformation de la mandibule n'est pas pris en compte, Bjork ne croyant pas à une interaction entre traitement et croissance condylienne.
- Un seul cliché ne suffit pas si la tendance de la rotation n'est pas nette (33).

- **Les méthodes quantitatives de prévision de croissance à court terme :**

- 1. **Méthode de Tweed :**

Ce sera Tweed qui, en 1966, sera le premier à tenter une prédiction de croissance chiffrée. Pour cela, il utilise au moins deux clichés radiographiques d'au

moins 1 an d'intervalle et chez un enfant de moins de 10 ans avant le début du traitement. Il superpose ces 2 clichés sur SN avec S enregistré, et estime si la direction de croissance est favorable ou non. Il déterminera 3 types de croissance, dans le sens antéro-postérieur (31) :

- **À : ANB stable** (25% des sujets). Croissance moyenne des étages moyens et inférieurs harmonieux.
- **B : ANB augmenté** (15%). Les étages supérieurs et moyens croient plus vite, aggravant le décalage de classe II.
- **C : ANB diminué** (60%). L'étage inférieur croît plus vite, améliorant le décalage de classe II.

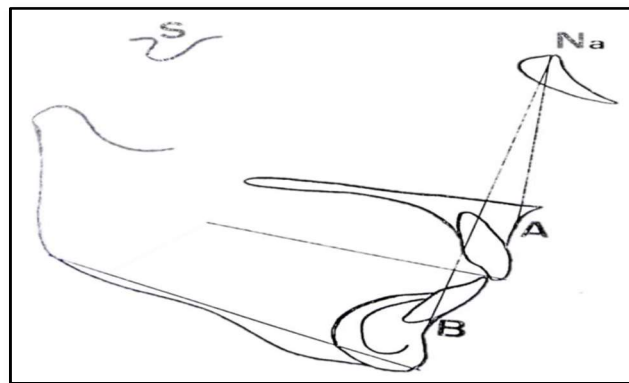


Figure 66 : tracé céphalométrique de Tweed, mettant en évidence l'angle ANB (14).

Cette méthode présente rapidement ses limites. En effet, elle est basée sur un principe de croissance à direction constante, ce qui est loin d'être le cas en réalité. D'autre part pour Langlade, cette méthode ne prend en compte qu'une seule mesure, celle de l'angle ANB, et paraît trop simpliste pour être proche de la réalité et par la même imprécise (31).

2. Prévion de Sassouni :

Sassouni sera un des seuls à inclure dans sa prévision la notion de l'hérédité. Elle est réalisée à l'aide d'une analyse archiale (de profil) et frontale, dans le sens vertical, sagittal, puis une analyse héréditaire clinique (ressemblance), photographique, origine anthropologique des parents et fratrie. Il va aussi analyser la croissance de son patient par rapport aux standards de croissance et situer l'enfant sur sa courbe de croissance à partir de son âge dentaire, osseux et statural. Cependant, cette méthode basant sur la notion de l'hérédité hormis être dépendante

de l'opérateur (l'appréciation de la beauté est subjective), est limitée par la difficulté de définir l'influence du milieu et du génome, en oubliant ainsi la relation étroite entre la croissance et le traitement, composante non négligeable lors de l'étude de prévision (31).

3. Prévision de Ricketts à court terme (visualization of treatment objectives VTO) :

La prévision de croissance selon Ricketts est la construction graphique de l'image de ce que sera le céphalogramme de profil d'un sujet dans un certain nombre d'années. Cette prévision peut tenir compte de la croissance uniquement ou des effets du traitement projeté ajoutés à ceux de la croissance. Il s'agit alors d'une visualisation des objectifs de traitement. Son intérêt se trouve dans la possibilité d'envisager différentes solutions thérapeutiques, d'en établir la prévision et de juger de la faisabilité de chaque solution. La solution optimum est retenue. Les différentes séquences mécaniques capables de provoquer ces déplacements sont alors déterminées. L'examen de la VTO permet aussi de noter les mécaniques contre-indiquées pour le cas étudié en cours de traitement (31).

- **Prévision de croissance à long terme :**

Si l'orthodontiste souhaite connaître ce que sera la croissance de l'enfant durant les 2 ou 3 années de traitement, il a encore plus besoin de savoir ce que sera son visage d'adulte. C'est dans cette optique que s'est développée la prévision à long terme, dite "archiale", de Ricketts. En superposant l'axe des corps mandibulaires avec Pm enregistré, il montre une croissance mandibulaire non pas linéaire, mais plutôt archiale. Il propose une théorie archiale qui selon lui est très proche de la réalité de croissance. De plus, cela peut expliquer certains problèmes cliniques tels que la rétention de dents de sagesse ou le chevauchement incisif secondaire jusque-là inexpliqués. Cette prévision à long terme est utilisée pour des échéances de 4 à 12 ans et permettra donc de visualiser l'évolution du profil du patient avec ou sans traitement (31).

II-4- Limites des prévisions de croissance :

- **Liées à la céphalométrie :**

La prévision de croissance peut parfois être imprécise, car elle est basée

directement sur le tracé céphalométrique qui est lui-même sujet à des incertitudes notant la non-fiabilité du dessin, de certains points anatomiques, ou simplement une lecture trop approximative de la part du praticien (31).

- **Liées à l'application des moyennes statistiques :**

La prévision a été proposée pour aider le praticien dans son choix thérapeutique, en se faisant une image de la fin de croissance. Cela dit, très vite les statisticiens ont voulu appliquer les formules mathématiques et calculer les écarts types, les intervalles d'acceptation...cependant, l'application de moyennes standardisées à un individu peut conduire à des aberrations. En effet, les prédictions de croissance sont surtout importantes chez les sujets présentant un type de croissance extrême plus tôt que pour les croissances moyennes. Ainsi, les résultats montrent une grande variabilité des courbes individuelles par rapport à la courbe moyenne. Donc vouloir appliquer des moyennes sur des patients qui eux sont tous différents de la moyenne, c'est déjà en soi une anomalie (31).

- **Liées à la croissance :**

La prévision ne tient pas compte de la physiologie et des troubles ayant entraîné la dysmorphose. En effet, ces techniques ne se fondent pas sur des bases étiopathogéniques que sont le type facial, le retard de croissance ou l'hérédité (à l'exception de la prévision de Sassouni et Ballard) (32).

D'autres critiques sont faites par Delaire sur le choix des points du tracé. Il précise qu'ils sont plus tôt choisis en fonction de leur visibilité radiographique plus que leur intérêt physiologique pour la croissance. Par ailleurs, le tracé céphalométrique se fait sur 2 plans, l'un sagittal et l'autre vertical, alors que la croissance se fait dans un espace en 3 dimensions (32).

Enfin, les facteurs génétiques et neuromusculaires sont insuffisamment évalués et d'autres paramètres ne sont pas pris en compte, comme la coopération du patient. Seule la prudence, la compétence et l'expérience du praticien pourront compenser dans une certaine mesure le manque de précision de certains paramètres (31).

CONCLUSION

Les analyses céphalométriques ont beaucoup servi l'orthodontie, permettant l'orthodontiste de poser un diagnostic précis amenant à un plan de traitement optimal.

En incidence de profil, elles permettent d'étudier les deux sens, sagittal et vertical, en appliquant de différents points, lignes, et plans.

Parlant des analyses conventionnelles- typologiques, dimensionnelles et architecturales- et des analyses informatisées qui offrent une rapidité et une informatisation à l'analyse céphalométrique, par l'outil des logiciels, tel que DELAIRE EVOLUTION qu'on a détaillé dans notre recherche.

Cependant, les études épidémiologiques appliquées dans les analyses céphalométriques ne peuvent pas être dépourvus d'erreurs.

Pour cela, la sécurité apparente donnée par ces études ne doit pas masquer les limites et l'insuffisance de la céphalométrie, citons par exemple le problème lié au repérage des points, qui présente la plus grande source d'erreur qui peut fausser toute une analyse.

SUMMARY

Cephalometric analysis has always been an essential tool for diagnosis and prognosis. It mainly consists in making a trace on a reproducible and well-made teleradiographic image, the head of which is stabilized and oriented according to the reference plane, which is the Frankfurt plane. This same trace should faithfully reproduce the fundamental craniofacial bone structure. For this, the practitioner must have the maximum of knowledge of cephalic and teleradiographic anatomy.

Then, certain points, plans and lines must be identified on the layout and which is depended on the chosen analysis method (typological, architectural or dimensional), to make the necessary measurements and interpretations in order to develop a correct diagnosis and consider the treatment plan.

The localization of these cephalometric landmarks can be done by different software on digital images, allowing the practitioner to carry out computerized analyses.

By comparing the pictures before and after the treatment of the same patient, we can predict his growth and get an idea of the result and the suitability of the chosen treatment plan.

However, despite its major interest, cephalometric analysis remains as a complementary examination, and it is subject to multiple errors, which affect the certainty of the diagnosis, as a result, the practitioner must favour the clinical examination and keep a critical mind on these cephalometric values when making treatment decisions.

BIBLIOGRAPHIE

1. cephalometric Anlaysis Archives - CephX | AI Driven Dental Services [Internet]. [cité 2 août 2020]. Disponible sur: <https://cephx.com/it/tag/cephalometric-anlaysis-it/>
2. ATHANASIOS EA. Orthodontic cephalometry. Etats-Unis: Mosby-Wolfe; 1995. 288 p.
3. DANGUY M, DANGUY-DEROT C. A propos d'une analyse céphalométrique architecturale orthodontique. Orthod fr. 11 nov 2000;73(4).
4. LAUTROU A. Superpositions en céphalométrie : methodes et procédés, intérêt en clinique orthodontique. EMC. :01/01/1996.
5. DANGUY M, DANGUY C. Une analyse architecturale de la dimension verticale. Orthod fr. 2002;
6. Dioclès L. Téléradiographie, stéréoradiographie: applications médico-chirurgicale [sic] [Internet]. Masson; 1930. (Collection Léo Pariseau). Disponible sur: <https://books.google.dz/books?id=NDsXAQAAMAAJ>
7. Dabadie M. Apport de la téléradiographie de profil pour l'orientation sagittale du plan d'occlusion dans le traitement prothétique de l'édentation totale [PhD Thesis]. 1977.
8. BENKHERFALLAH N, DJERAF M. Céphalometrie et orthodontie les principales analyses. Algerie: OPU; 2019. 224 p.
9. Pasler FA, Visser H. Atlas de poche de radiologie dentaire. Flammarion médecine-sciences; 2006. 342 p.
10. Crâne (anatomie humaine). In: Wikipédia [Internet]. 2020 [cité 2 août 2020]. Disponible sur: [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Cr%C3%A2ne_\(anatomie_humaine\)&oldid=166982874](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Cr%C3%A2ne_(anatomie_humaine)&oldid=166982874)
11. Face (anatomie). In: Wikipédia [Internet]. 2020 [cité 2 août 2020]. Disponible sur: [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Face_\(anatomie\)&oldid=167855961](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Face_(anatomie)&oldid=167855961)
12. HAMMOUDI S-S. Le cours d'anatomie descriptive, topographique et fonctionnelle XII : Tete et cou 1. Algerie: Auto-edition; 2002. 210 p.
13. Vion P. Anatomie Céphalique Téléradiographique: Norma lateralis, Norma frontalis, Norma axialis. PARRESIA; 2018.
14. LOREILLE J-P, Delaire J, CAILLARD P, SARAZIN J. Céphalometrie et orthodontie. SNPMD; 1992. 316 p.

15. Admin_SfOdF. La croissance du visage en orthodontie [Internet]. SFODF. [cité 2 août 2020]. Disponible sur: http://www.sfodf.org/avada_portfolio/le-traitement-de-lenfant-2/
16. AKNIN J. Croissance craniofaciale. 3 déc 2008;
17. BOUAOUD J, CORRE P, KHONSARI R. Croissance craniofaciale. 16 août 2018;
18. Croissance [Internet]. [cité 2 août 2020]. Disponible sur: <https://www.cecsmo.com/cours/1-croissance/theories-de-croissance>
19. L'HOUD M-A. Le mainteneur d'espace unitaire fixe chez l'enfant. [France]: Université de Nantes; 2005.
20. Les Théories de la croissance crânio-faciale [Internet]. [cité 2 août 2020]. Disponible sur: <http://magdi.belguedj.free.fr/Cours/LTdICCF.htm>
21. GOLLA R. Analyse céphalométrique fonctionnelle et esthétique de profil. France: Springer; 2006. 165 p.
22. LAMBERT A, SETBON O, SALMON B, SEBBAN V. Analyse céphalométrique. EMC. 2010;18.
23. MERLE-BERALE J, MERLE-BERALE P. Méthode semi-fonctionnelle de BIMLER. avr 1975;9(2). Disponible sur: <https://odf.edpsciences.org/articles/odf/abs/1975/02/odf197592p171/odf197592p171.html>
24. Mohammed Elnaggar. Ricketts analysis [Internet]. Health & Medicine présenté à; 10:42:36 UTC [cité 3 août 2020]. Disponible sur: <https://www.slideshare.net/MohammedElnaggar/ricketts-analysis-36754180>
25. HAZAN MARUANI L. Incidence des facteurs ethniques sur l'analyse céphalométrique : guide clinique en pratique quotidienne. [France]: université de paris descartes; 2017.
26. Methode Analisa Wendell Wylie [Internet]. Scribd. [cité 3 août 2020]. Disponible sur: <https://id.scribd.com/doc/314261023/Metode-Analisa-Wendell-Wylie>
27. Analyse de tweed by Majd Oueslati on Prezi Next [Internet]. [cité 3 août 2020]. Disponible sur: https://prezi.com/qbqghsevhyen/analyse-de-tweed/?fallback=1&fbclid=IwAR2LCbUpslaLvZjvawlt89f-HYIvWslLaGL_Eg0u9b2Lk3_N26QkPp8IWXU
28. Analyse de Coben [Internet]. prezi.com. [cité 3 août 2020]. Disponible sur: <https://prezi.com/nmspdcn6et1o/analyse-de-coben/>
29. BENKHERFALLAH N. L'analyse architecturale de Jean DELAIRE et sa version informatisée. Algerie: OPU; 2019. 76 p.

30. Home Page - JDel [Internet]. [cité 3 août 2020]. Disponible sur:
<http://delairecephalo.fr/>
31. ALTIMANI T. La fiabilité des prévisions de croissance chez l'adolescent en Orthopédie Dento-Faciale selon une application clinique originale. [France]: Université Claude BERNARD Lyon I; 2011.
32. La croissance mandibulaire après orthodontie : étude comparative des classe I et classe II. [France]: Université Claude BERNARD Lyon I; 2011.
33. ROTENBERG M. L'orthodontie en omnipratique : traitements interceptifs. [France]: Université de Toulouse III; 2018.