



HAL
open science

Caractériser les asymétries faciales : une démarche diagnostique systématique en orthopédie dento-faciale

Max Bounet

► **To cite this version:**

Max Bounet. Caractériser les asymétries faciales : une démarche diagnostique systématique en orthopédie dento-faciale. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. hal-04517118

HAL Id: hal-04517118

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04517118>

Submitted on 22 Mar 2024

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

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



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES
UNIVERSITAIRES**

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact bibliothèque : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr
(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ACADÉMIE DE NANCY - METZ
UNIVERSITÉ DE LORRAINE

FACULTÉ D'ODONTOLOGIE DE LORRAINE

ANNÉE 2023

N° de thèse : 12851 C

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 17 février 2023

Par

Max BOUNET

Né le 08/06/1996 à Nancy (54)

**Caractériser les asymétries faciales : une démarche diagnostique systématique
en orthopédie dento-faciale**

Composition du jury :

Président : Pr. Catherine STRAZIELLE

Membres : Dr. Alexandre BAUDET

Dr. Magali HERNANDEZ

Co-directrice de thèse : Dr. Marilyne SENG

Directeur de thèse : Dr. Kazutoyo YASUKAWA

ACADÉMIE DE NANCY - METZ
UNIVERSITÉ DE LORRAINE

FACULTÉ D'ODONTOLOGIE DE LORRAINE

ANNÉE 2023

N° de these : 12851 C

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 17 février 2023

Par

Max BOUNET

Né le 08/06/1996 à Nancy (54)

**Caractériser les asymétries faciales : une démarche diagnostique systématique
en orthopédie dento-faciale**

Composition du jury :

Président : Pr. Catherine STRAZIELLE

Membres : Dr. Alexandre BAUDET

Dr. Magali HERNANDEZ

Co-directrice de thèse : Dr. Marilyne SENG

Directeur de thèse : Dr. Kazutoyo YASUKAWA

« Par délibération en date du 11 décembre 1972, la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propre à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation »

Présidente : Docteur Héléne BOULANGER
Doyen : Docteur Kazutoyo YASUKAWA
Vice-Doyens : Dr Charlène KICHENBRAND – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Marin VINCENT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Département odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme JAGER Stéphanie	Maitre de conférences *
	M. PREVOST Jacques	Maitre de conférences
	Mme HERNANDEZ Magali	Maitre de conférences *
	M. HAINOT Raphaël	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme HILT Léa	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme HOMBOURGER Morgane	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	M. MASSON Maximilien	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
Département orthopédie dento-faciale Sous-section 56-01	M. VANDE VANNET Bart	Professeur des universités *
	Mme DAMERDJI-BENHABIB Zaheira	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux ass. *
	M. FAWAZ Paul	Chef de clinique des universités associé *
Département prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale Sous-section 56-02	Mme CLÉMENT Céline	Maitre de conférences *
	M. BAUDET Alexandre	Maitre de conférences *
	Mme CAIONE Mariette	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	M. VEYNACHTER Thomas	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux*
Département parodontologie Sous-section 57-01	Mme BISSON Catherine	Professeur des universités *
	M. JOSEPH David	Maitre de conférences *
	Mme BERBE Ludvine	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux*
	Mme VITALI Marine	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
Département chirurgie orale Sous-section 57-01	Mme GUILLET-THIBAUT Julie	Maitre de conférences *
	M. BRAVETTI Pierre	Maitre de conférences
	Mme KICHENBRAND Charlène	Maitre de conférences *
	Mme PHULPIN Bérengère	Maitre de conférences *
	M. CLERC Sébastien	Praticien hospitalier universitaire *
	Mme BECKER Alice	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme PEREIRA Laure	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
Département biologie orale Sous-section 57-01	Mme EGLOFF-JURAS Claire	Maitre de conférences *
	M. MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des universités *
	M. YASUKAWA Kazutoyo	Maitre de conférences *
Département dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	M. MORTIER Eric	Professeur des universités *
	M. ENGELS-DEUTSCH Marc	Professeur des universités *
	M. AMORY Christophe	Maitre de conférences
	M. BALTHAZARD Rémy	Maitre de conférences *
	M. VINCENT Marin	Maitre de conférences*
	M. GIESS Renaud	Maitre de conférences associé*
	M. DAL MAGRO Claire	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme DAVRIL Jeanne	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux*
	M. LESIEUR François	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	M. DE MARCH Pascal	Maitre de conférences
Département prothèses Sous-section 58-01	Mme CORNE Pascale	Maitre de conférences *
	M. SCHOUVER Jacques	Maitre de conférences
	Mme VAILLANT Anne-Sophie	Maitre de conférences *
	M. HIRTZ Pierre	Enseignant universitaire
	Mme GERBER Caroline	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux*
	M. JONVEAUX Maxime	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme MOUGEL Armande	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	M. PERRIN Tom	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	M. SYDA Paul-Marie	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme WILK Sabine	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Département fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux Sous-section 58-01	Mme STRAZIELLE Catherine
Mme MOBY (STUTZMANN) Vanessa		Maitre de conférences *
M. SALOMON Jean-Pierre		Maitre de conférences

Remerciements

À notre présidente du jury de thèse :

Madame la Professeure Catherine Strazielle.

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de l'université Henri Poincaré en Sciences neurologiques

Habilitée à diriger des recherches

Professeur des universités – praticien hospitalier

Responsable du département fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux

Chevalier des palmes académiques

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en présidant notre jury de thèse. Veuillez trouver ici le témoignage de notre profond respect et de notre estime pour votre enseignement, aussi bien dans votre discipline que de la transmission de vos valeurs.

À notre directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Kazutoyo Yasukawa

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris DESCARTES mention sciences de la vie et de la santé

Spécialiste qualifié en médecine bucco-dentaire

Maître de conférences – praticien hospitalier

Doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine

Nous apprécions l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de diriger ce travail.
Nous vous remercions de votre disponibilité, de votre écoute et de la bonne humeur
que vous partagez au quotidien avec les étudiants.

À notre co-directrice de thèse :

Madame la Docteure Marilyn Seng,

Docteur en chirurgie dentaire

Spécialiste qualifiée en orthopédie dento-faciale

Ancien assistant des hôpitaux – praticien attaché

Nous vous remercions d'avoir accepté de co-diriger ce travail. Nous vous remercions de nous avoir accompagné durant nos études, de votre gentillesse et de votre disponibilité. Veuillez trouver ici le témoignage de notre reconnaissance, et de nos profonds remerciements.

À notre jury de thèse :

Madame la Docteure Magali Hernandez,

Docteur en chirurgie dentaire

Maître de conférences – praticien hospitalier

Nous vous remercions de nous avoir accompagné durant nos études, de votre apprentissage au sein du service d'odontologie pédiatrique, de la qualité de vos enseignements, de votre pédagogie et de votre bienveillance.

Monsieur le Docteur Alexandre Baudet :

Docteur en chirurgie dentaire

Maître de conférences des universités – praticien attaché

Nous vous remercions de siéger au jury de cette thèse.

Nous vous remercions de l'accompagnement porté aux étudiants du service accueil santé au cours de ces dernières années. Veuillez trouver ici le témoignage de notre amitié et de nos profonds remerciements.

Table des abréviations :

ATM : articulation temporo-mandibulaire

CBCT : Cone Beam CT

DAM : dysfonction de l'appareil manducateur

ORC : occlusion de relation centrée

PSM : plan sagittal médian

Md : mandibulaire

Sommaire :

1. Examen clinique spécifique aux asymétries faciales
 - 1.1. Définitions
 - 1.2. Anamnèse, demandes du patient et profil psychologique
 - 1.3. Evaluation posturale
 - 1.4. Examen clinique exo et endobuccal
 - 1.5. Examen fonctionnel
 - 1.6. Analyse de l'activité musculaire
 - 1.7. Diagnostic des dysfonctions de l'appareil manducateur
2. Examens complémentaires non radiographiques
 - 2.1. Moulages d'études et montage sur articulateur
 - 2.2. Photographie 2D
 - 2.3. Stéréophotogrammétrie ou analyse ou photographie 3D
3. Examens complémentaires radiographiques
 - 3.1. Radiographie panoramique dentaire
 - 3.2. Céphalométrie conventionnelle 2D
 - 3.3. Examen tomodensitométrie et analyse céphalométrie tridimensionnelle

Liste des figures :

Figure 1 : Les trois visages d'Angelina Jolie (source : http://www.art-georges.fr/SITE_FR/pages_html/Visage_asymetrique.html).	20
Figure 2: Une asymétrie de niveau des épaules, des anomalies cutanées de la ligne médiane postérieure et une asymétrie des plis de taille (Source : De Bodman et coll. 2017).	23
Figure 3 : Mise en évidence d'une gibbosité (source : De Bodman et coll. 2017)	24
Figure 4 : Les différentes déformations de la colonne vertébrale (source : https://www.monmaldedos.fr/comprendre-mon-mal-de-dos/scoliose-hypercyphose-hyperlordose-quand-la-colonne-se-deforme).....	24
Figure 5 : Désalignement orthogonal de la mandibule et du bassin (source : S.R. Olmos 2007).....	26
Figure 6 : Les étages de la face (source : https://csd23.blogspot.com/2010/10/indices-et-mesures-en-odf.html).	30
Figure 7 : Latérodéviat ion mandibulaire mise en évidence par une petite déviation du PSM (Droite). Latérogнатhie mandibulaire d'origine congénitale avec pathologie de l'ATM gauche associé (Gauche) (source : O. Ritleng et L. Mascarelli 2017).	30
Figure 8 : Convergence à droite des lignes biophryaque, bipupillaire et bicommisurale sans déviation du plan sagittal médian (source : O. Ritleng et L. Mascarelli 2017).	31
Figure 9 : Patient présentant une déviation du menton à sa droite par rapport au plan sagittal médian (Source : Andrade et coll. 2021).	32
Figure 10 : Patient présentant une déviation du milieu inter-incisif supérieur sur la droite par rapport au PSM (source : O. Ritleng et L. Mascarelli 2017).	34
Figure 11 : Asymétrie de forme d'arcade associée à des asymétries de positions dentaires antéropostérieures (source : Boileau MJ, Treil J, asymétrie et fonction, chapitre 4, 2017).	35
Figure 12 : Déviation de la ligne inter-incisive par rapport à la suture intermaxillaire (source : https://www.orthodontisteenligne.com/les-lignes-medianes/).....	35
Figure 13 : Bascule transversale du plan d'occlusion dans un contexte d'hypercondylie droite (source : Andrade et coll. 2021).	36
Figure 14 : Décalage des milieux inter-incisifs dans un contexte de classe III d'Angle avec béance antérieure (source : Andrade et coll. 2021).	37
Figure 15 : Les classes d'Angle (source : https://www.orthodontisteenligne.com/malocclusion-classe-1/).....	37
Figure 16 : Faciès adénoïdien (source : https://grandir.app/rhume-ivrs/).	39
Figure 17 : Conséquence sur l'occlusion d'une respiration buccale associée à une posture linguale basse non traitée (source : https://www.idweblogs.com/odf/quelle-est-l'influence-de-lobstruction-des-vas-voies-aeriennes-superieures-sur-la-croissance-maxillo-faciale-de-lenfant/).	40
Figure 18 : Répercussions orthodontiques du syndrome de Cauhépé et Fieux (source : https://le-monde-d-odontostomatologie.jimdofree.com/2020/05/11/syndrome-de-cauh%C3%A9p%C3%A9-fieux/).....	42
Figure 19 : Placement des électrodes lors d'un examen d'électromyographie de surface (source : Radke, 2018).	48
Figure 20 : Superposition des occlusogrammes maxillaire et mandibulaire (Marchal et Al. 1998).....	57

Figure 21 : Evaluation de l'asymétrie antéropostérieure et transversale au niveau des molaires et canines (source : Boileau MJ, Treil J, asymétrie et fonction, chapitre 4, 2017)...	58
Figure 22 : Transfert par arc facial de modèles d'études orthodontiques sur articulateur semi-adaptable (source : Takano-Yamamoto et Kuroda 2009).....	60
Figure 23 : Dispositif de capture ModJaw® (gauche) et modèles d'étude numérisés avec enregistrement des mouvements fonctionnels des condyles mandibulaires et du dentale (droite) (Source : http://www.modjaw.com/fr/).....	62
Figure 24 : exemple de photographies standardisées exobuccales et endobuccales (Alouini et coll. 2007).....	64
Figure 25 : Analyse du visage de face : Repères anatomiques et lignes de références de l'analyse photogramétrique 2D de face (d'après Choi 2015).	67
Figure 26 : Déviation du menton par rapport au plan sagittal de référence et inclinaison frontale du plan d'occlusion (source : https://www.sylvainchamberland.com/ortho-101/chirurgie-orthognathique/).	67
Figure 27 : Convergence vers la gauche (de la patiente) des lignes bipupillaire (rouge) et la ligne de la règle métallique représentant le plan d'occlusion (source : Andrade et coll. 2021).	68
Figure 28 : Photographie en vue du d'avion (source : Andrade et coll. 2021).....	70
Figure 29 : Principe de la triangulation (source : N. Sigaux et coll. 2018).....	72
Figure 30 : Plans de références 3D (horizontal, frontal et sagittal) (source : Plooi et coll. 2009).....	73
Figure 31 : Analyse des tissus mous basée sur une photographie 3D montrée en vues frontale, de trois quarts et de profil (source : Plooi et coll. 2009).....	74
Figure 32 : Les caractéristiques d'asymétrie locale rendues visibles à l'aide d'une échelle colorimétrique (source : Berssenbrügge et coll. 2014).	77
Figure 33 : Combinaison d'une photographie 3D et d'un cone beam CT sur un même cliché (logiciel Planmeca Proface) (source : https://henryscheinequipmentcatalog.com/imaging/extraoral-imaging/planmeca-proface-r).	79
Figure 34 : Analyse d'une radiographie panoramique dentaire chez un patient présentant une occlusion inversée latérale droite (Lemos et Al. 2014).....	83
Figure 35 : Dédoublage des contours mandibulaires (flèches bleues) et déplacement du canal dentaire vers le rebord inférieur de la mandibule (flèche jaune) chez un patient atteint d'une hyperplasie condylienne unilatérale (source : Andrade et coll. 2021).	86
Figure 36 : Lignes et plans céphalométriques (source : https://www.cecsmo.com/cours/6-traitement/points-lignes-plans).	89
Figure 37 : Points de références anatomiques de l'analyse céphalométrique de face de Ricketts et Grummons (source : Philippides et coll. 2018).	91
Figure 38 : Analyse céphalométrique de face de Grummons (Ricketts et Grummons 2003).	93
Figure 39 : Inclinaison frontale du plan d'occlusion due à une dissymétrie verticale squelettique du maxillaire, représenté par la différence de hauteur des points JR et JL (source : Grummons et Ricketts 2003).	93
Figure 40 : Exemple d'analyse céphalométrique de Ricketts/Grummons sur une téléradiographie de face chez un patient présentant une dissymétrie cranio-faciale (source : Andrade et coll. 2021).....	94
Figure 41 : Patient positionné pour une téléradiographie basale (source : Forsberg et coll. 1984).....	95

Figure 42 : Analyse céphalométrique axiale d'un patient présentant une rétrognathie mandibulaire, une classe II.1 d'Angle et une asymétrie faciale touchant le maxillaire, la mandibule et la base crânienne (source : Forsberg et coll. 1984).....	95
Figure 43: Le mandibulogramme : tracé mandibulaire superposé à un occlusogramme de l'arcade inférieure (source : Ray et coll. 1998).	96
Figure 44 : Montage tridimensionnel (source : https://www.cranio-facial-universe.com/video/fr/montage-cephalometrique-tridimensionnel-17).	98
Figure 45 : Coupes tomodensitométriques natives. Sont représentés les quatorze repères anatomiques ainsi que les dents (source : Faure et coll. 2008).....	102
Figure 46 : Charpente maxillo-faciale dont chaque sommet est un point de référence anatomique (Source : Treil et coll. 2002).	104
Figure 47 : Les trois surfaces de la charpente maxillo-faciale (source : Treil et coll. 2002).	105
Figure 48 : Les quatorze points trigéminaux de l'analyse de Faure (source : Faure et coll. 2008).....	106
Figure 49 : Les trois axes d'inertie de la dent numéro 11 représentées par les flèches de couleurs (source : Faure et coll. 2008).....	107
Figure 50 : Schéma représentant la courbe de régression, le centre de gravité Ga, et les trois axes d'inertie de l'arcade dentaire (source : Faure et coll. 2008).	107
Figure 51 : Axes d'inerties et centres de gravités (Logiciel C2000 Cepha) (Source : Treil et coll. 2002).	108
Figure 52 : Modèle de normalité idéal en vue sagittale, frontale et sub-axiale (Source Treil et coll. 2002).	110
Figure 53 : Asymétries de la charpente maxillo-faciale de Treil dans les trois dimensions de l'espace (source : Faure et coll. 2002).	111
Figure 54 : Classification des asymétries faciales de Baek et coll. 2012 (source : Baek et coll. 2012).....	115

Liste des Tableaux :

1. Diagnostic des DAM d'origine musculaire (source personnelle d'après Fricain 2019).
2. Diagnostic de DAM d'origine articulaire (source personnelle d'après Bocquet *et coll.* 2010).
3. Points de repère anatomiques de face en photogrammétrie 2D (d'après Choi. 2015).
4. Lignes de référence des tissus mous en photogrammétrie 2D (d'après Choi. 2015).
5. Points de repère anatomiques de profil en photogrammétrie 2D (d'après Diouf *et coll.* 2015).
6. Définition des points de référence pour l'analyse des tissus mous basée sur une photographie 3D (source : d'après Plooiij *et coll.* 2009).
7. Points de référence céphalométriques dans l'analyse de profil (source : Document personnel).
8. Plans et lignes de référence céphalométriques (source : Document personnel).
9. Principales valeurs de références de l'analyse céphalométrique (source : http://odonto.u-bordeaux2.fr/Cours/CSCT_web.publi/web/co/module_CSCT_19.html).
10. Points de repères anatomiques de l'analyse céphalométrique de face (d'après : Grummons *et Ricketts* 2003).
11. Analyse céphalométrique de face de Ricketts (Source : Philippides *et coll.* 2018).

Introduction

Le rôle dans de la symétrie est envisagée dans une large perspective (par exemple l'art, l'évolution, les interactions sociales, la sélection naturelle et sexuelle) depuis plusieurs années. Les sociétés occidentales sont exigeantes vis-à-vis des critères esthétiques et de la notion de qualité de vie. Les traitements orthodontiques entrent dans cette logique esthétique et fonctionnelle. Ainsi, l'orthodontiste doit disposer de réponses adaptées à chaque patient. Une démarche diagnostique bien menée, dans un contexte délicat d'asymétrie faciale, est un facteur indispensable à la bonne conduite d'un traitement.

Qu'est-ce qu'un diagnostic en orthopédie dento-faciale ? Selon le Docteur Rakosi (*et coll.*) en 1993 (Rakosi et al. 1993), le diagnostic est « la reconnaissance et la désignation systématique des anomalies ; la synthèse pratique des résultats, permettant de planifier le traitement et de déterminer l'indication, permettant ainsi au médecin d'agir ». Il planifie la démarche diagnostique en 5 étapes : 1) reconnaître le problème, 2) formuler le problème, 3) effectuer les examens nécessaires, 4) interpréter les résultats, 5) réaliser le diagnostic. Ce dernier est évolutif dans le temps et sera réévalué tout au long du traitement.

Ce travail a pour objectif de couvrir l'ensemble des examens cliniques et complémentaires permettant à l'orthodontiste de prendre les décisions thérapeutiques adéquates dans les cas d'asymétries faciales. Il s'agit de dysmorphoses complexes nécessitant une approche globale du patient. Le praticien doit donc être capable de reconnaître les premiers signes d'asymétrie faciale, d'anticiper l'évolution de la dysmorphose et en prévenir les récurrences post traitement. Ce travail promeut également l'étude systématique des ATM lors de la démarche diagnostique. L'emploi des nouvelles technologies est mis en avant comme aide au diagnostic et comme outil de communication entre praticiens lors de traitements pluridisciplinaires.

Cette thèse se présente comme un arsenal de méthodes diagnostiques permettant de caractériser les asymétries cranio-faciales et surtout une approche fonctionnaliste et orientée vers les besoins sus et sous-jacents du patient.

1. Examen clinique spécifique aux asymétries faciales

1.1. Définitions.

La définition de l'asymétrie faciale doit être précédée par celle de la normalité.

Selon un raisonnement statistique la normalité correspond, pour chaque paramètre morphologique, à ses variations déterminées statistiquement par un écart-type autour d'une moyenne. Ces variations sont rencontrées dans une population définie par une distribution normale décrite sous une courbe de Gauss (Guerci 2007; Woda et D'incau 2017). La notion de normalité morphologique est cependant relative par rapport à l'ensemble des structures avoisinantes : par exemple, un individu peut être de grande ou de petite taille et être considéré comme « normal », et un individu de taille moyenne peut être défini comme anormal du fait de ses bras trop courts ou trop long parce que la longueur de ses bras choquera l'ensemble de sa constitution.

La normalité du point de vue morphologique est une notion de proportions harmonieuses, d'équilibre fonctionnel et esthétique plutôt qu'une comparaison stricte par rapport à des moyennes statistiques. La relative symétrie et l'équilibre d'un visage définissent sa normalité. L'asymétrie faciale et le déséquilibre qui en découle apparaissent comme pathologiques. La difficulté pour le praticien est de différencier le normal et le pathologique (Treil et al. 2002).

Les asymétries faciales sont définies comme la présence de variations cliniquement significatives entre les deux hémifaces droite et gauche, qui préoccupent le patient et qui peuvent être quantifiées par le praticien (Srivastava et al. 2018). Il s'agit de dysmorphoses complexes affectant l'ensemble de l'appareil manducateur dans les trois sens de l'espace. Une asymétrie peut exister au niveau d'un ou plusieurs étages de la face. Quel que soit le siège de la dysmorphose, un examen global s'impose.

Elles possèdent une ou plusieurs composantes (Pionchon et Saulue 2017):

- Une composante cinétique : correspondant aux latérodéviation mandibulaires.
- Une composante structurale : correspondant aux asymétries squelettiques et/ou dentaires (dento-alvéolaires et occlusales).
- Une composante fonctionnelle : correspondant aux asymétries fonctionnelles et/ou musculaires.

Le terme « asymétrie » sous-entend une atteinte fonctionnelle contrairement au terme « dissymétrie ». La fonction étant presque toujours affectée, le terme d'asymétrie sera à privilégier.

Les étiologies peuvent être congénitales, de développement ou acquises (Arnaud et al. 2001; Baeumlin et al. 2020) :

- Congénitales (asymétries présentes à la naissance) : fente faciale ou labiopalatine asymétrique, microsomie hémifaciale, neurofibromatose, craniosténose asymétrique (dont la maladie de Crouzon et l'oxycéphalie), faciocraniosténose, dysplasie oto-mandibulaire, plagiocéphalie synostotique, hémihypertrophie non tumorale, syndrome de Klippel-Feil, torticolis musculaire congénital, prématurité et accouchement dystocique ou par césarienne.
- De développement (asymétries qui apparaissent durant la période de croissance) : asymétrie du premier âge comme la plagiocéphalie fonctionnelle ou positionnelle, troubles posturaux non traités, troubles ventilatoires, déséquilibres myofonctionnels dysplasie fibreuse, paralysie faciale, syndrome Parry-Romberg, hypertrophie massétérine ou temporale asymétrique, troubles de l'occlusion, hypo/hypertrophie hémifaciale, hypo/hyperplasie condylienne unilatérale ou bilatérale asymétrique, arthrose/ankylose de l'articulation temporo-mandibulaire, troubles visuels.
- Acquise (asymétries acquises après la croissance) : trauma/fracture facial(e), infection, pathologies ou tumeurs faciales, atteintes dégénératives, paralysie faciale unilatérale, etc...

Toute pathologie affectera la symétrie faciale à partir du moment où elle présentera un caractère unilatéral. Toutes ces causes peuvent s'associer dans le développement d'une asymétrie faciale. Ce travail ne traitera pas des asymétries acquises

De nombreux auteurs ont produit des classifications des asymétries faciales, qui sont décrites dans la partie 3.3.10. Cependant, l'objectif de ce travail tend davantage à réaliser une description d'un diagnostic clinique plutôt que de classer la dysmorphose.

1.2. Anamnèse, demandes du patient et profil psychologique

1.2.1. Anamnèse

Le praticien réalise l'interrogatoire médical du patient afin de récolter les antécédents du patient (Boileau 2011; Pionchon et Saulue 2017; Ritleng et Mascarelli 2017) :

- Les antécédents généraux : l'état civil, l'âge, le stade/courbe de croissance et le niveau scolaire ou la profession.
- Les antécédents médico-chirurgicaux : pathologies, traitements, allergies et interventions chirurgicales subies (adénoïdectomie, amygdalectomie). Il convient de porter attention aux pathologies générales influençant la croissance globale (diabète, cardiopathies, cancers, déficits immunitaires, trouble postural) et crâniofaciale (troubles hormonaux ou métaboliques, maladies génétiques et grands syndromes affectants la croissance dentaire ou osseuse).
- Antécédents familiaux : présence d'une dysmorphose héréditaire ou des antécédents de traitements orthodontiques dans la famille (parents et fratrie) pour une dysmorphose similaire ?
- Antécédents dentaires : de pathologies buccales évolutives (lésions carieuse ou parodontite) ou des pertes dentaires récentes ?
- Antécédents orthodontiques : un traitement a t'il déjà été réalisé ? Quand ? Combien de temps a t'il duré ? A-t-il récidivé ? A-t-il échoué ? A-t-il apporté satisfaction au patient ?
- Antécédents fonctionnels : portant sur les habitudes alimentaires (alimentation dure ou molle, type de régime), la mastication (unilatérale alternée ou dysfonctionnelle ? mastication régulière de chewing-gum ?). Présence de pathologie des ATM ? De parafunctions telles que la succion du pouce ? La qualité du sommeil est-elle bonne (fatigue diurne, ronflements, tâche de salive sur l'oreiller) ? éventuelles rhinites ? le patient présente-t-il un suivi orthophonique ? etc.

La récupération de documents anciens peut mettre en exergue une pathologie non traitée durant la période de croissance et ayant évolué ou s'étant aggravée (exemple : une latérodéviation mandibulaire ayant évolué en latérogathie) (Esnault et al. 2016).

1.2.2. Demandes du patient et profil psychologique

La prise en compte de la demande du patient est la pierre angulaire de toute démarche diagnostique, pronostique et thérapeutique. Elle garantit une alliance thérapeutique forte et le respect de l'éthique médicale (Saulue 2017c).

Le patient consulte-t-il pour une demande fonctionnelle ? esthétique ? Le patient est-il adressé par un confrère médecin ou chirurgien-dentiste ? Est-il contre le port de certains appareillages orthodontiques ? Est-il contre l'idée d'une potentielle chirurgie ? (Ritleng et Mascarelli 2017) Le praticien doit mettre en lumière les demandes du patient, même implicites, les reformuler et les clarifier pour enfin les hiérarchiser (Fougeront 2017).

Les motivations à un traitement impliquant une chirurgie orthognatique sont principalement l'amélioration de l'esthétique et de la fonction oro-faciale. La présence de troubles des ATM et l'amélioration de la confiance en soi sont également des motifs de consultation (Phillips et al. 1997; Alanko et al. 2010).

- La demande esthétique

La face est une source d'informations perceptibles dès le premier contact visuel (sexe, ethnie, émotions, etc.). L'attractivité d'un visage évolue en fonction de l'âge, du genre et du contexte socio-culturel cependant l'harmonie de la face est un marqueur de bonne santé générale et une composante esthétique majeure quelle que soit la civilisation concernée (Thornhill et Gangestad 1993).

La parfaite symétrie faciale n'existe pas, de plus, des reconstructions d'hémifaces symétrisées par ordinateur sont jugées moins attractives que des visages naturels (Zaidel et Deblieck 2007) car elles en affectent l'émotion : la figure 1 présente le visage de l'actrice Angelina Jolie. On remarque le manque de naturel des héli-visages droite et gauche mirrorés de cette dernière. Une asymétrie faible est donc physiologique. A l'inverse, une face asymétrique qui ne rentre pas dans les normes (et donc une face jugée non harmonieuse) peut être perçu comme un handicap. Une dysmorphie sévère peut être source de moqueries, d'observations intrusives ou d'évitements particulièrement chez les enfants et adolescents. Cette expérience de rejet nuit à l'estime de soi et peut causer des problèmes relationnels (Pionchon et Saulue 2017). Il devient ainsi légitime pour le patient que sa demande de traitement soit motivée par l'esthétique de son visage notamment ses contours (surtout dans une société attachée à ses critères physiques).



Figure 1 : Les trois visages d'Angelina Jolie (source : http://www.art-georges.fr/SITE_FR/pages_html/Visage_asymetrique.html).

Au centre le vrai visage de l'actrice. On remarque le manque de naturel des hémivisages droite et gauche mirrorés

L'esthétique du sourire est également très importante. Le sourire est un comportement dynamique et principal vecteur de la communication non verbale et des émotions. Un faible degré d'asymétrie est souvent sans conséquences pour le patient (Pionchon et Saulue 2017).

Le profil psychologique du patient doit être pris en compte. Une demande esthétique obsessionnelle peut être révélatrice de troubles psychologiques ou dysmorphophobiques (définis comme une préoccupation exagérée manifestée par quelqu'un au sujet de l'aspect disgracieux de tout ou partie de son corps, que cette crainte ait un fondement objectif ou non) (Phillips et al. 1998).

La demande esthétique individuelle doit être prise en compte, mais il convient de s'interroger sur le contexte psychologique du patient et sur la possibilité de répondre précisément à sa demande afin de lui présenter les propositions thérapeutiques les plus adaptées.

- La demande fonctionnelle

La demande fonctionnelle est plus subjective, ceci est lié au fait que le patient ne sait pas toujours mettre des mots sur une gêne ou une douleur associée souvent chronique. Ainsi, il convient de réaliser un entretien semi-directif : le patient décrit ses symptômes, le praticien se renseigne sur leur fréquence, les circonstances et les dates d'apparition, l'intensité, la gêne/le handicap associé (Pionchon et Saulue 2017)

En cas de douleurs, il faut rechercher leur localisation(s) (diffuses ou bien localisées), leur intensité (mesurée par une échelle visuelle analogique), leur qualité (profonde, sourde, accentuée par la fonction ou par un mouvement, provoquée ou spontanée) et leur fréquence (continue ou spontanée, lors des périodes de fonction ou également au repos, lors du réveil).

Des questions pourront être posées au patient afin de déceler une gêne latente devenue habituelle. Ex : « Ressentez-vous une gêne pour mastiquer, parler, déglutir ou respirer par le nez ? Ressentez-vous une douleur ou une gêne au niveau de la mâchoire lorsque vous mastiquez ? La façon dont vos dents s'engrènent entre elles vous semble confortable ? ». La notion de « qualité de vie » est jugée ici. Paul Ekman en 1979 démontre également que les altérations fonctionnelles affectent la cinématique mandibulaire, la communication avec autrui et le bien-être intérieur. Ainsi, on peut penser que les altérations fonctionnelles interagissent avec les émotions du sujet dans le sens où il va privilégier une posture mandibulaire plus confortable quitte à aggraver le déficit fonctionnel et esthétique (Pionchon et Saulue 2017).

Cerner la demande fonctionnelle du patient grâce à un entretien précis est primordial afin de mettre en œuvre les moyens diagnostiques et thérapeutiques adaptés pour satisfaire le patient et améliorer le pronostic du traitement.

- Le profil psychologique du patient

Il convient de porter attention aux dysmorphophobies : diverses études sur le statut psychologique des patients adultes atteints de dysharmonies dento-faciales ont été menées. Elles montrent qu'entre 7,5 et 15% des patients demandeurs de consultations chez un spécialiste possèdent un comportement obsessionnel-compulsif, des problèmes de sensibilité interpersonnelle, de l'hostilité, des idées paranoïaques ou de psychotisme. Un traitement orthodontique ou chirurgical est irréversible : une évaluation psychologique peut être envisagée avant toute thérapeutique. Toute demande de surtraitement doit être refusée (Treil et al. 2002; Saulue et al. 2021).

Chez l'enfant on étudie sa maturité psycho-affective via son comportement (timidité/visage penché vers le bas lorsqu'il parle ou, au contraire, une hyperactivité) et ses résultats scolaires. Sa motivation et celle de ses parents seront évaluées.

Il faut corriger les idées préconçues du patient : la correction de sa dysmorphose et de sa malocclusion ne résoudra sans doute pas son problème fonctionnel et ne changera pas sa vie. On pourra au mieux améliorer sa qualité de vie (Fougeront 2017).

« Gérer la dysfonction revient aussi à gérer les émotions qui lui sont associées. [...] L'entretien clinique a un double objectif : une vision évaluative, visant une compréhension globale du malade, de sa demande et de sa maladie ; une fonction thérapeutique, en amorçant un processus de changement mental du patient, favorisant ainsi l'émergence de sa véritable demande » (Pionchon P. et Saulue P. 2017) (Pionchon et Saulue 2017)

1.3. Evaluation posturale

L'asymétrie faciale est une dysmorphose complexe qui entraîne des répercussions sur la posture céphalique. Elle peut également être révélatrice de troubles posturaux globaux. L'objectif de l'évaluation posturale est de déceler des pathologies sous-jacentes discrètes ou pas encore notifiées par le patient concernant sa posture. L'orthodontiste doit être capable de déceler ces troubles et, le cas échéant, adresser le patient à un médecin compétent afin de permettre la prise en charge globale du corps du patient.

1.3.1. Evaluation de la posture

L'examen postural en cabinet dentaire se doit d'être concis et rapide, il peut être complété par un médecin posturologue/podologue et par des examens stabilométriques en cas de pathologie complexe dépassant les compétences du chirurgien-dentiste.

- Rappels anatomiques :

La posture céphalique est intimement liée à la posture dorsale et générale. La musculature de la nuque, associée aux muscles élévateurs de la mandibule, participe à l'extension céphalique. Leur action est contrebalancée par les muscles du cou qui participent à la flexion et la rotation céphalique. La morphologie et la position céphalique s'organisent autour de l'équilibre postural et des chaînes musculaires posturales (Boileau 2011).

- Examen postural de face et de dos :

Il commence par le haut du corps et se termine par les pieds. La première chose à analyser est l'axe céphalique par rapport à l'axe du corps. Ensuite vient l'examen des ceintures scapulaires (épaules) et pelviennes (bassin). Chez les patients scoliotiques on retrouve des signes cliniques tel qu'un déséquilibre au niveau des épaules induisant une inclinaison du bassin ou inversement (figure 2). La différence entre une scoliose et une attitude scoliotique peut être dépistée en faisant se pencher le patient en avant, les bras pendus vers le sol : la présence d'une gibbosité met en évidence une scoliose (figure 3). Une gibbosité peut se situer au niveau thoracique, lombaire ou thoraco-lombaire et permet de localiser la scoliose. L'appui podal doit être observé car il peut également être asymétrique (Boileau 2011).

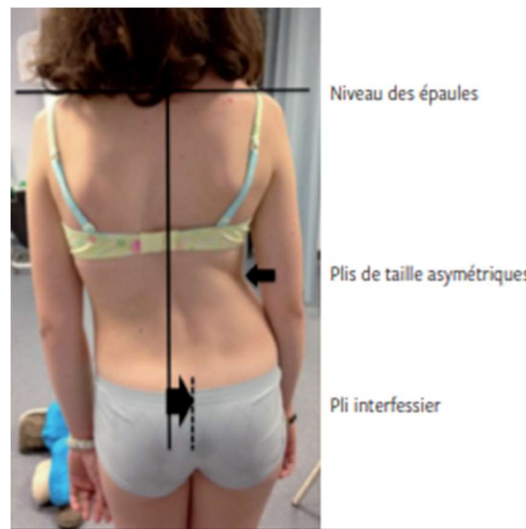


Figure 2: Une asymétrie de niveau des épaules, des anomalies cutanées de la ligne médiane postérieure et une asymétrie des plis de taille (Source : De Bodman et coll. 2017).



Figure 3 : Mise en évidence d'une gibbosité (source : De Bodman et coll. 2017)

- Examen postural de profil :

Les courbures naturelles du rachis sont les lordoses et les cyphoses (figure 4). Lorsqu'elles sont majorées on parle d'hyperlordose et d'hypercyphose (De Bodman et al. 2017). Les concavités (lordoses) cervicales et lombaires s'enfoncent de 5 cm et 7cm par rapport à l'alignement des plans scapulaires et fessiers dans un contexte postural normal.

Il convient également d'observer l'équilibre des épaules dans le sens antéro-postérieur et de rechercher une éventuelle rotation des plans scapulaires et fessiers (Boileau 2011).

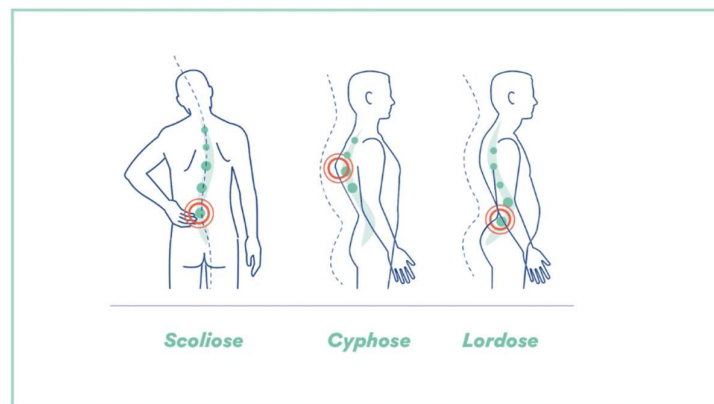


Figure 4 : Les différentes déformations de la colonne vertébrale (source : <https://www.monmaldedos.fr/comprendre-mon-mal-de-dos/scoliose-hypercyphose-hyperlordose-quand-la-colonne-se-deforme>)

Une asymétrie de la posture orthostatique est caractérisée par tout écart à la norme (correspondant à la verticale de barré) dans les trois sens de l'espace (Dartez 2017).

1.3.2. Relations entre malocclusions et posture

L'occlusion influence directement la fonction des ATM (Orthlieb et al. 2016). Les personnes présentant des malocclusions sévères décrivent souvent des symptômes tels que des troubles des articulations temporo-mandibulaires, des limitations de l'ouverture buccale, une posture anormale, des douleurs cervicales, des épaules et du dos (D'Attilio et al. 2005b, 2005a; Olmos 2007).

De plus, certains cas cliniques rapportent des améliorations posturales (à différents degrés) grâce au port de plaques occlusales articulaires. Cependant, aucune étude, à ce jour, n'a permis de montrer un lien de causalité entre malocclusions et posture générale chez l'homme. La courbure de la colonne thoracique agit comme un mécanisme compensatoire de maintien de l'équilibre du corps (Helsing et al. 1987).

Les chercheurs ont établi une relation entre l'appareil masticateur et la partie cervicale et thoracique de la colonne vertébrale :

- Dans le sens sagittal :

Les jeunes patients hypodivergents présentent davantage de courbures vertébrales marquées lordoses cervicales et de flexion de la posture céphalique, des pieds plats, des courbures vertébrales accentuées. Les jeunes patients hyperdivergents présentent le plus souvent les caractéristiques inverses (Boileau 2011).

Les patients diagnostiqués d'une classe III d'Angle présentent souvent un port de tête et un plan scapulaire projetés vers l'arrière, à l'inverse des cas de classe II.

Il existe une association bilatérale entre la longueur de la mandibule et l'importance de la lordose cervicale chez les patients présentant des troubles des ATM (Festa et al. 2003).

- Dans le plan frontal :

Les patients présentant une scoliose idiopathique semblent présenter une prévalence accrue de malocclusions, notamment occlusions inversées antérieures et postérieures

et/ou des déviations des milieux inter-incisifs supérieurs ou inférieurs, suroccusions ou contacts prématurés unilatéraux, classes d'Angle molaires asymétriques (Ben-Bassat et al. 2006; Saccucci et al. 2011) ainsi que des asymétries squelettiques, principalement des latérogathies mandibulaires (Boileau 2011)

Une étude chez le rat fut réalisée sur le sujet : les chercheurs ont mis en place des cales en résine acrylique sur les molaires d'un seul côté. Tous les rats ont développé une déviation des points inter-incisifs et une scoliose importante. Après équilibration occlusale, 83% des rats retournèrent à la normale. L'alignement de la colonne vertébrale chez le rat est donc influencé par l'occlusion (D'Attilio et al. 2005b, 2005a; Olmos 2007).

La déviation de la colonne vertébrale (ex : scoliose) impose une position inclinée de la tête et une contraction exagérée de certains muscles. Cette déviation pourrait jouer un rôle important dans le développement des asymétries dento-faciales. De plus, les patients scoliotiques ont une prévalence augmentée des malocclusions latérales par rapport à des patients non scoliotiques (Huggare et al. 1991).

Selon Steven R. Olmos (Olmos 2007), une inclinaison de la mandibule provoque un déplacement de toute la colonne vertébrale et par extension, une rotation du bassin pouvant être à l'origine des symptômes dans le bas du dos (Figure 5). L'inclinaison mandibulaire de la tête médiolatralement produit également une inclinaison de la vertèbre C2 empêchant de tourner la tête vers la droite ou la gauche.

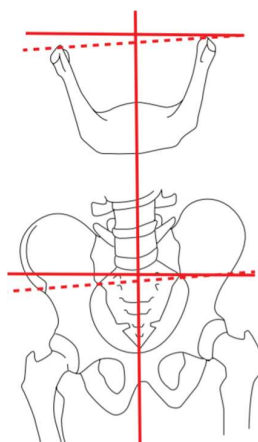


Figure 5 : Désalignement orthogonal de la mandibule et du bassin (source : S.R. Olmos 2007).

Aujourd'hui, malgré toutes les associations statistiques existantes entre la posture générale et les malocclusions, conséquences d'asymétries faciales, les études souffrent d'un manque de niveau preuve scientifique et de biais. Aucune relation de cause à effet n'a encore été démontrée chez l'homme. Le sens de l'association entre malocclusions et posture générale n'est pas clairement défini. L'importance de cette association ne peut être quantifiée. De plus, certaines études sont contradictoires (Vidal 2011). La difficulté de réalisation d'une étude de haut niveau de preuve scientifique réside dans la complexité de mise en œuvre des expérimentations sur le sujet (Darthez 2017).

Du point de vue de l'asymétrie fonctionnelle, une position linguale anormale ou une dysfonction de la déglutition est souvent associée aux scolioses idiopathiques (Darthez 2017)

L'existence d'une présomption scientifique d'un lien entre asymétries faciales, malocclusions et posture générale doit inciter le praticien à s'attarder sur la posture globale du corps du patient. Une asymétrie posturale doit être prise en compte ainsi que son éventuel impact sur la posture céphalique et mandibulaire dans un soucis de compréhension globale du corps du patient et de ses dysmorphoses.

1.3.3. Conséquence sur le choix de traitement et indication des traitements occluso-posturaux

La plupart des traitements orthodontiques ont lieu lors de la croissance pubertaire : période d'apparition ou d'aggravation des troubles posturaux. Un patient présentant un trouble postural doit être identifié avant de débiter le traitement orthodontique. Cela permet d'éviter un effet iatrogène de ce dernier, de garantir la stabilité des résultats obtenus et d'éviter une récurrence si la posture n'est pas stabilisée (Boileau 2011).

Un trouble postural est une pathologie complexe du fait des nombreuses compensations musculaires et squelettiques. Ainsi, l'orthodontiste doit pouvoir correspondre et adresser son patient auprès de médecins spécialistes : orthopédiste fonctionnel, podologue, kinésithérapeute, ostéopathe, orthoptiste, ou posturologue. Un

traitement occluso-postural pluridisciplinaire est indiqué en cas de douleurs des ATM nocturnes et matinales, de raideurs musculaires ou crampes, de douleurs faciales ou linguales, ainsi que des douleurs dorsales ou scapulaires (Boileau 2011).

1.4. Examen clinique exo et endobuccal

1.4.1. Examen exobuccal

Il a déjà débuté, lors de l'anamnèse. Le praticien a réalisé un examen « à la dérobée » de son patient qui a déjà pu révéler certaines anomalies, ainsi dès les premiers signes d'asymétrie faciale le praticien pourra se référer à cet exemple d'examen clinique.

Les asymétries faciales sont des dysmorphoses complexes nécessitant un examen clinique dans les trois dimensions de l'espace. Cet examen sera compliqué par le fait de choisir un plan sagittal de référence (où un côté de référence) amené à devenir le futur plan de symétrie :

Classiquement, le plan sagittal de référence correspond au plan sagittal médian cependant ce dernier est presque toujours affecté par l'asymétrie faciale. Il peut néanmoins être utilisé comme référence dans sa partie supérieure lors d'asymétries mandibulaires strictes. Lorsque le nez ou la partie supérieure de la face est touchée il ne peut plus être utilisé. Il peut également être complété par l'axe facio-cervical ou encore l'axe corporel en l'absence d'anomalie posturale.

Certains auteurs préconisent d'utiliser comme référence la perpendiculaire à la ligne bipupillaire, sauf en cas d'asymétrie orbitaire. Une verticale de compromis peut être recherchée comme axe de référence mais il convient de faire attention à la posture céphalique du patient qui peut perturber cette référence (Mercier et al. 2014; Boileau et Treil 2017). Ricketts définit l'axe de symétrie comme le plan sagittal passant par le point médian entre les deux arcades zygomatiques (Ricketts et al. 1972). Cet axe de symétrie est utilisé comme référence lors de l'analyse photographique bidimensionnelle de face (Sette et al. 2014).

Un côté de référence est utilisé lorsque l'étiologie est établie et le côté dit « normal » est reconnaissable aisément (ex : traumatismes faciaux, microsomie hémifaciale, atteintes infectieuses, perte dentaire ou agénésie asymétrique) (Mercier et al. 2014; Boileau et Treil 2017).

Les nouvelles technologies (analyse photographique 3D ou analyse céphalométrique tridimensionnelle) permettent le calcul mathématique d'un plan de symétrie grâce à un logiciel informatique (Partie 2.3.3 et 3.35). Lors de l'examen de face, le plan sagittal de référence apparaît comme un axe vertical.

Le patient se tiendra la tête droite, orientée selon le plan de Francfort et si possible la ligne bipupillaire parallèle au sol. En effet, le patient aura tendance à compenser l'effet esthétique provoqué par son asymétrie (Bally 2018). Il n'est pas rare qu'il modifie sa posture céphalique en se penchant sur un côté ou qu'il utilise d'autres artifices comme une coiffure, des particularités comportementales, des tics ou encore un maquillage spécifique. Il conviendra de faire attention à ces éléments ou de prévenir le patient de venir sans artifice pour les rendez-vous de diagnostic.

L'examen consiste en une inspection visuelle mais doit être complété par une palpation des contours des tissus durs et mous.

1.4.1.1. De face :

L'examen exobuccal de face permet d'émettre de premières hypothèses sur le développement vertical et transversal des structures crânio-faciales. Le praticien se renseigne sur la forme globale du visage (ronde, ovale, triangulaire ou pyramidal, rectangulaire) ainsi que sur la typologie faciale et l'identification d'éventuels faciès pathologiques, par exemple, un faciès de type adénoïdien (partie 1.5.1) (Ritleng et Mascarelli 2017).

L'équilibre des étages faciaux est mesuré : Les 3 étages du visage sont décrits par EPKER (Figure 6) :

- l'étage supérieur : du trichions (point médian du front situé sur la base d'implantation du cuir chevelu) à la glabella (point médian sur la ligne bi-sourcilière)
- l'étage moyen : de la glabella au point sous nasal
- l'étage inférieur : du point sous nasal au point menton. Etage inférieur (1/3-2/3). Ce dernier est plus fréquemment et plus sévèrement touché par une asymétrie. La différence de hauteur des étages détermine le type facial : dolichofacial, mésofacial ou brachyfacial (Ritleng O. 2017). Le praticien devra également évaluer la hauteur différentielle droite/ gauche des étages faciaux à la recherche d'une asymétrie verticale (Esnault 2016)

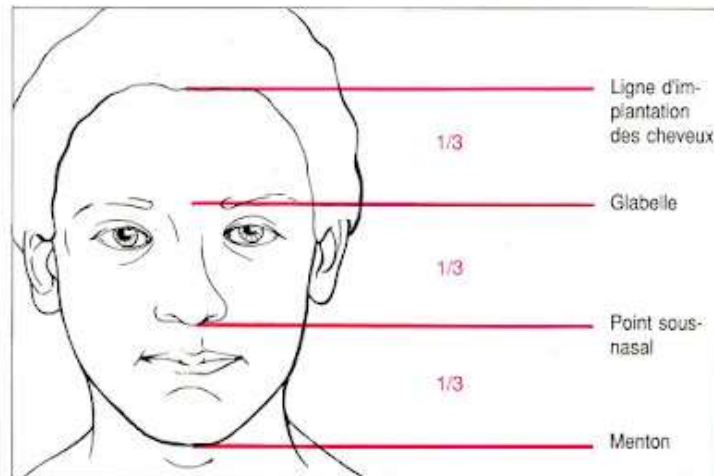


Figure 6 : Les étages de la face (source : <https://csd23.blogspot.com/2010/10/indices-et-mesures-en-odf.html>).

Symétrie faciale : L'examen clinique permet de se donner une première idée de l'asymétrie faciale et de son degré de gravité. Il faut observer la déviation du plan sagittal médian. Normalement rectiligne, il est altéré lors d'une asymétrie faciale dans le sens horizontal (Figure 7). Par exemple, en cas de latérogнатhie mandibulaire, le plan sagittal médian sera dévié du côté de l'anomalie dans sa partie basse.



Figure 7 : Latérodéviatión mandibulaire mise en évidence par une petite déviation du PSM (Droite). Latérogнатhie mandibulaire d'origine congénitale avec pathologie de l'ATM gauche associé (Gauche) (source : O. Ritleng et L. Mascarelli 2017).

Les lignes perpendiculaires (plan de francfort, ligne bi-ophryaque, bi-pupillaire, bi-commissurale et sous-mentale) doivent être parallèles entre elles, sinon il y a une asymétrie faciale du sens vertical entre les deux hémifaces (Figure 8).



Figure 8 : Convergence à droite des lignes biophryaque, bipupillaire et bicommissurale sans déviation du plan sagittal médian (source : O. Ritleng et L. Mascarelli 2017).

Les autres éléments du visage à analyser sont le front (allongé, diminué, asymétrie de hauteur, implantation asymétrique des cheveux) (Esnault et al. 2016), les oreilles (une asymétrie d'implantation est la conséquence d'une dissymétrie basi-crânienne), les sourcils et yeux (une asymétrie de hauteur peut être liée à une asymétrie de hauteur des orbites oculaires), le nez (forme, volume, position par rapport au plan sagittal médian, asymétrie d'implantation des ailes du nez, déviation de la pointe nasale), les sillons naso-géniens (effacés, marqués), les cernes (présence, absence), les pommettes (effacées, volumineuses, la symétrie de volume entre la droite et la gauche). Des pommettes effacées peuvent être le signe d'une respiration buccale et/ou d'une hypoplasie du maxillaire.

L'observation des lèvres permet d'étudier la forme, l'épaisseur, la tonicité, la hauteur labiale (courte si ≤ 20 mm), la position par rapport aux incisives, et la présence de perlèches, cicatrices, sècheresse/ gerçure, etc.

L'orientation du philtrum donne une indication sur la participation du maxillaire à l'asymétrie faciale. Le « V » formé par ce dernier peut être un repère sur la position de la ligne inter-incisive maxillaire (Srivastava et al. 2018).

L'occlusion labiale doit être non forcée au repos, en cas d'inocclusion ou d'occlusion labiale forcée on suspectera une respiration buccale et/ou une anomalie du sens vertical. Une occlusion labiale forcée est révélée par la crispation de la houppe du menton lui donnant un aspect « peau d'orange » ou un effacement du sillon labio-mentonnier.

La symétrie verticale et horizontale des angles goniaques (ou leur asymétrie) est évaluée.

1.4.1.2. Du dessus ou « en vue d'avion »

On cherche à objectiver une hypoplasie du maxillaire et/ou une asymétrie de volume des maxillaires au niveau des pommettes.

Il faut également rechercher une déviation du nez ou du menton par rapport à l'axe sagittal médian (Boileau et Treil 2017).

1.4.1.3. En contre-plongée

La position de Hirtz du patient permet une vue sub-axiale de sa mandibule et de son crâne. Le praticien doit évaluer la forme du corps et des angles mandibulaires par observation des rebords cutanés et objectiver une éventuelle déviation du menton (latérogénie) par rapport au nez (Figure 9) (Esnault et al. 2016; Andrade et al. 2021). Il convient aussi de rechercher une anomalie de forme basicrânienne.



Figure 9 : Patient présentant une déviation du menton à sa droite par rapport au plan sagittal médian (Source : Andrade et coll. 2021).

1.4.1.4. De profil

Dans un contexte d'asymétrie faciale les deux profils (droite et gauche) sont étudiés. Ils sont évalués dans leur globalité mais puis comparés afin de déceler une asymétrie faciale dans le sens antéro-postérieur.

On observe l'équilibre global du profil (convexe/plat/concave) et le profil d'Izard : cis/ortho/transfrontal (le plan d'Izard passe par la glabelle et le point sous orbitaire et est perpendiculaire au plan de Francfort). Le front (bombé, plat, fuyant), l'encoche naso-frontale et arcades sourcilières (marquées, discrètes) sont évalués car ils jouent un rôle important dans l'harmonie du profil. Le nez (droit, retroussé, aquilin, épaté) possède un rapport idéal entre sa portion verticale et horizontale de 2/1. L'angle naso-labial est qualifié d'ouvert ou fermé (Norme=90-100° pour les garçons et 100-110° pour les filles).

L'examen des lèvres permet d'observer diverses caractéristiques : épaisseur, tonicité, éversion labiale, prochéilie/rétrochéilie, contact bilabial sans contraction au repos/en inoclusion). Le sillon labio-mentonnier (marqué, discret, effacé) et le menton (position : pro/rétrogénie, et volume : macro/microgénie) sont également évalués

La distance cervico-mentonnière donne une indication de l'implication mandibulaire dans la classe squelettique de Ballard. Cette dernière peut être supposée par l'observation des rebords cutanés et la mesure de la distance cervico-mentonnière.

La hauteur des étages de la face : donne une idée de la typologie faciale en comparant hauteur faciale antérieure et postérieure. (hypo/normo/hyperdivergence) (Ritleng et Mascarelli 2017).

1.4.1.5. Du sourire

L'harmonie du sourire et son intégration dans le visage sont observés afin de situer le sourire dans le contexte facial. Le sourire est ainsi qualifié (figure 10) (Boileau 2011; Esnault et al. 2016; Ritleng et Mascarelli 2017) :

- Harmonieux ?
- Dentaire uniquement / dento-gingival ?
- Proportion des dents visible
- Position des milieux inter-incisifs par rapport au plan sagittal médian (ou au plan sagittal de référence choisi). En cas de décalage l'arcade causale doit être identifiée.
- Proportion de gencive visible et présence d'un différentiel gauche/droite ?
- Rapport des incisives supérieures avec la lèvre inférieure

- Corridors buccaux : présence de triangles noirs vestibulaires ? uniquement d'un côté ?
- Etudier le parallélisme entre le plan occlusal et les lignes bipupillaires ainsi que bicommissurales ; réalisé grâce à un bâton de bois calé sous les canines maxillaires et/ou un plan de fox. Ce point est développé dans la partie 2.2.2

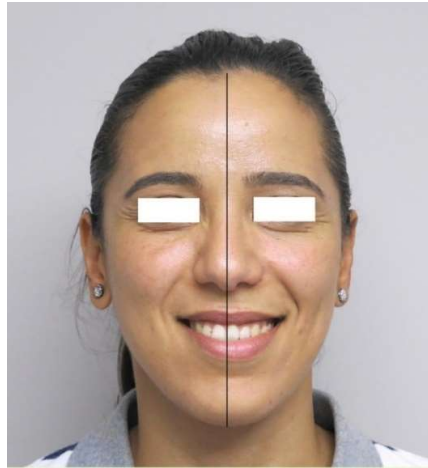


Figure 10 : Patiente présentant une déviation du milieu inter-incisif supérieur sur la droite par rapport au PSM (source : O. Ritleng et L. Mascarelli 2017).

1.4.2. Examen endobuccal

L'examen endobuccal débute par l'étude de l'hygiène bucco-dentaire et du parodonte : son morphotype parodontal, la présence d'une gencive saine (rose pâle piquetée et festonnée) ou pathologique (gingivite, parodontite), la présence de tartre, d'éventuelles recessions ou déhiscences parodontales, etc.

Les freins et brides courts hypertoniques et/ou avec insertions hautes sont responsables de diastèmes interdentaires ou de recessions parodontales. L'étude des freins labiaux est surtout intéressante car peut révéler une déviation du milieu inter-incisif. En effet, un décalage de position des freins labiaux par rapport aux milieux inter-incisifs peut être un signe révélateur.

La ligne des collets doit être harmonieuse et suivre la lèvre supérieure lors du sourire (collets des incisives centrales 1 mm plus apical que les incisives latérales et au même niveau que les canines).

1.4.2.1. Intra-arcade

L'examen dentaire débute par la détermination du stade de dentition (denture lactéale, mixte, adolescente, adulte). Il en découle l'âge dentaire qui, comparé à l'âge civil, donne indication sur une potentielle précocité ou un retard dentaire. La formule dentaire est ensuite établie ainsi que l'état de la denture (caries, restaurations, lésions non carieuses).

La forme des arcades doit être qualifiée (en U, V, lyre, parabolique) cependant leur symétrie est souvent affectée en cas d'asymétrie faciale (Figure 11).



Figure 11 : Asymétrie de forme d'arcade associée à des asymétries de positions dentaires antéropostérieures (source : Boileau MJ, Treil J, asymétrie et fonction, chapitre 4, 2017).

La forme et la profondeur de la voûte palatine donnent des informations sur le développement transversal du maxillaire. Une déviation du milieu inter-incisif maxillaire peut être mise en évidence par un décalage avec la suture intermaxillaire (Figure 12).

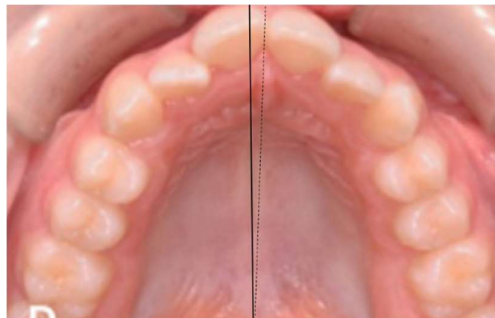


Figure 12 : Déviation de la ligne inter-incisive par rapport à la suture intermaxillaire (source : <https://www.orthodontisteenligne.com/les-lignes-medianes/>).

L'importance des courbes de compensations (Spee, Wilson) est évaluée.

Les anomalies dentaires sont recherchées (Ritleng et Mascarelli 2017). Leur caractère asymétrique ou unilatéral doit être relevé :

- Les anomalies de forme dentaire : coalescence, fusion, gémation, hypoplasie amélaire ou amélo-dentinaire.

- Les anomalies de nombre : agénésie, odontome, dent surnuméraire. Il convient de noter si ces anomalies sont symétriques ou non.
- Les anomalies de taille : micro ou macrodontie.
- Les anomalies de situation : ectopie, transposition, version, suspicion d'inclusion, rotation.
- Les anomalies d'éruption : en particulier les retards d'éruption.
- La présence d'encombrements ou au contraire de diastèmes.
- Les ankyloses.

1.4.2.2. Inter-arcade, examen de l'occlusion

- Occlusion statique :

Le plan d'occlusion est considéré dans les trois sens de l'espace à la recherche d'une bascule. Le plan de fox ou le bâton de bois peut toujours être utilisé au besoin (Figure 13).



Figure 13 : Bascule transversale du plan d'occlusion dans un contexte d'hypercondylie droite (source : Andrade et coll. 2021).

Dans le sens transversal, le praticien observe l'alignement (ou non) des points inter-incisifs et quantifie ensuite son décalage en millimètres (figure 14). Il étudie par la suite l'occlusion des secteurs latéraux : normale (le maxillaire circonscrit la mandibule), inversée, ou en ciseaux (syndrome de Brodie) uni ou bilatérale. La présence de corridors noirs vestibulaires peut être la conséquence d'une inclinaison des procès alvéolaires latéraux (Boileau 2011; Esnault et al. 2016; Boileau et Treil 2017; Ritleng et Mascarelli 2017).

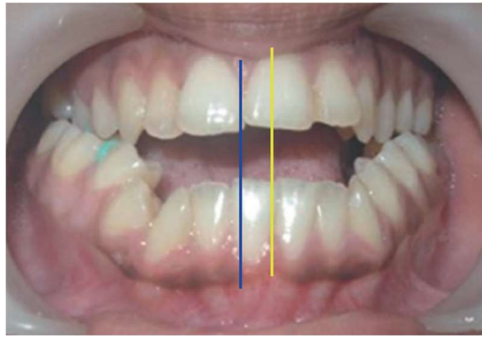
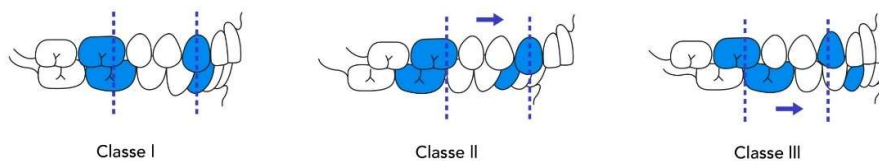


Figure 14 : Décalage des milieux inter-incisifs dans un contexte de classe III d'Angle avec bécance antérieure (source : Andrade et coll. 2021).

Dans le sens vertical, le praticien évalue la position des incisives inférieures et supérieures par rapport au plan d'occlusion et à la ligne du sourire. Le recouvrement est caractérisé (normal, infraclusion, supraclusion) et quantifié (de la dent x à la dent y, ainsi son importance en millimètres, il est normal entre 1 et 2 mm). Une bécance postérieure unilatérale doit évoquer une néo/hyperplasie condylienne (Boileau et Treil 2017).

Dans le sens sagittal, sont évalués : le surplomb incisif, l'inclinaison des procès alvéolaires incisifs et la classe d'Angle canine et molaire en denture adulte et mixte. Une éventuelle subdivision de classe II droite ou gauche peut être observée en cas d'asymétrie dentaire. L'asymétrie faciale est plus fréquemment associée aux malocclusions de classe III. En denture temporaire, on notera le plan terminal de Chapman (Boileau 2011; Cheong et Lo 2011; Ritleng et Mascarelli 2017).



Bücco

Figure 15 : Les classes d'Angle (source : <https://www.orthodontisteenligne.com/malocclusion-classe-1/>)

- Occlusion dynamique :

Le praticien évalue le différentiel entre l'OIM et l'ORC (ainsi que bouche ouverte et au repos), ce qui permet par de mettre en évidence un proglissement ou une latérodéviation mandibulaire. En cas de dissymétrie squelettique associée, la

latérodéviations peuvent se faire du côté de cette dernière ou du côté opposé (Srivastava et al. 2018). L'étude de l'ouverture-fermeture buccale, son amplitude et son trajet permet le diagnostic différentiel entre une latérogathie et une latérodéviations mandibulaire. La latérodéviations mandibulaire est une asymétrie à composante cinétique dans laquelle des signes d'asymétrie sont présents lors de l'OIM mais disparaissent en ORC ou en position de repos de la mandibule (Boileau et Treil 2017). Les mouvements de latéralités-diduction et de propulsion sont observés à la recherche d'interférences occlusales et de contacts prématurés.

1.5. Examen fonctionnel

Les fonctions oro-faciales ont un effet direct sur la formation et le développement des asymétries de la face, des mâchoires et des arcades dentaires, en particulier lorsqu'elles possèdent une dominance latérale. L'objectif est de qualifier une dysfonction ou une asymétrie fonctionnelle et de prévoir ses capacités d'adaptation et d'amélioration grâce à l'arsenal thérapeutique à la portée du praticien ou de son équipe pluridisciplinaire (Rabischong 2017).

1.5.1. Respiration

La respiration normale est définie comme une utilisation adéquate des voies nasales et nasopharyngées. A tout âge, la ventilation se doit d'être strictement nasale, de jour comme de nuit.

Une anamnèse ciblée sur les antécédents rhinopharyngés et sur la qualité du sommeil doit être menée.

Une ventilation orale induit une adaptation des structures orales, faciales, de la posture linguale, céphalique et nucale. On retrouve alors à l'examen clinique :

- Une posture céphalique en avant et en hyperextension

- Un visage hypotonique et allongé (augmentation du tiers inférieur de la face)
- Un aspect fatigué et des cernes prononcées
- Un nez pincé avec des orifices nasaires fins
- Des lèvres gercées en inoclusion ou en occlusion labiale forcée (crispation de la houe du menton)
- Une posture linguale basse et en avant afin de permettre la perméabilité aérienne de l'oropharynx (Cai et al. 2016).
- Une langue hypotonique et une macroglossie
- Une gingivite antérieure chronique
- Des amygdales hypertrophiées
- Un palais étroit et profond

Toutes ces caractéristiques correspondent aux patients respirateurs buccaux porteurs d'un faciès dit « adénoïdien » (Figure 16).



Figure 16 : Faciès adénoïdien (source : <https://grandir.app/rhume-ivrs/>).

Des examens complémentaires simples permettent d'évaluer la fonction respiratoire nasale :

- Le miroir de Glatzel : observer la surface des traces de buées sur un miroir (préalablement placé sous le nez) lors de l'expiration. Il permet d'étudier la symétrie et la perméabilité nasale
- Le test de Gudín : les narines doivent « s'ouvrir » et « battre » une seconde après la fin d'un pincement nasale de deux secondes par le praticien. Ce test explore le réflexe nasale et permet de mettre en évidence une hypotonie des muscles dilatateurs en l'absence de réflexe.

- Le test de Rosenthal : effectuer 15 ventilations bouche fermée, si le pouls du patient s'accélère, qu'il est essoufflé ou ouvre la bouche avant la fin de l'exercice on considère que c'est un ventilateur buccal.

La ventilation buccale ou mixte peut perturber la croissance maxillo-faciale de l'enfant et doit donc être rééduquée. Elle représente un facteur de risque de développer un syndrome d'apnée-hypopnée obstructive du sommeil mais surtout un hypodéveloppement du maxillaire (principalement une tendance à la rétrognathie et une insuffisance transversale) pouvant être à l'origine de malocclusions :

- Une classe III d'Angle par rétrognathie maxillaire dans le sens sagittal ou au contraire une classe II d'Angle (verrou de croissance mandibulaire par le maxillaire)
- Augmentation de la divergence mandibulaire et de la hauteur faciale antérieure et le risque de béance antérieure dans le sens vertical.
- Une dysmorphose dans le sens transversal (les plus fréquentes) tel qu'une endognathie maxillaire pouvant causer un occlusion inversée latérale et par extension, un risque de latérodéviatation mandibulaire pouvant se fixer secondairement en latérogathie. Ainsi, une ventilation dysfonctionnelle peut être à l'origine d'une asymétrie cinétique et/ou structurale (squelettique et dentaire) (Figure 17 : on note une béance latérale ainsi qu'une occlusion inversée au niveau de 16-46 et 17-47 causée par une endognathie maxillaire)



Figure 17 : Conséquence sur l'occlusion d'une respiration buccale associée à une posture linguale basse non traitée (source : <https://www.idweblogs.com/odf/quelle-est-linfluence-de-obstruction-des-vas-voies-aeriennes-superieures-sur-la-croissance-maxillo-faciale-de-lenfant/>).

Une phase d'orthopédie peut permettre le rétablissement d'une respiration nasale stricte. Le patient doit être adressé chez un médecin spécialiste en cas de troubles sévères de la ventilation (ORL, allergologue). Une rhinoscopie peut mettre en évidence

une asymétrie au niveau des structures nasales, une déviation du septum, une hypertrophie des cornets ou tout autre obstacle anatomique à une ventilation nasale physiologique. Elle sera pratiquée par un médecin spécialisé (SUBTELNY 1980; Delaire 2008; Boileau 2011; Hannachi et al.).

1.5.2. Déglutition

La déglutition physiologique s'effectue les arcades en occlusion, sans participation des muscles jugaux et labiaux et la pointe de la langue s'appuyant sur la papille rétro-incisive maxillaire. La déglutition infantile (langue interposée entre les arcades et contraction des muscles labiaux et jugaux) mature de 3 à 6 ans vers une déglutition adulte. La déglutition est qualifiée d' « atypique » si elle ne mature pas au-delà de 6-7 ans et doit être rééduquée car elle devient alors dysfonctionnelle (Boileau 2011).

Une position linguale anormale ou une dysfonction de la déglutition sont souvent associées aux scolioses idiopathiques (Darthez 2017).

Le syndrome de Cauhépé et Fieux correspond à une déglutition pathologique latéralisée et entretenue par les habitudes infantiles. Il s'agit d'une anomalie de position linguale provoquée par une mimique à dominance latérale. Au cours de la déglutition se produit une interposition latérale de la lèvre et de la langue. La déglutition devient alors pathologique : les mâchoires restent entrouvertes, la mandibule est balancée par la langue et se déplace latéralement dans une position de confort. Cliniquement cela peut se traduire par une endoalvéolie maxillaire, une latérodéviation fonctionnelle de la mandibule, une endocclusion unilatérale et une occlusion inversée bilatérale. (Figure 18) (Cauhepe et al. 1953).



Figure 18 : Répercussions orthodontiques du syndrome de Cauhépe et Fieux (source : <https://le-monde-d-odontostomatologie.jimdofree.com/2020/05/11/syndrome-de-cauh%C3%A9p%C3%A9-fieux/>).

La déglutition pathologique est corrigée par la rééducation de l'ensemble des comportements labiaux et linguaux contribuant aux malocclusions (dysfonctions et para-fonctions) (Boileau 2011).

1.5.3. Phonation

L'étude de la fonction phonatoire permet de compléter l'examen de la déglutition, les deux fonctions étant soumises à la maturation des appuis linguaux. Il faut rechercher :

- Une ankyloglossie (Rowan-Legg 2015).
- Une pulsion/interposition linguale antérieure lors des phonèmes en D, L, N, T.
- Une interposition linguale latérale lors des phonèmes en CH ou S.
- Etudier la compétence labiale lors des phonèmes en M, B, P.

Cette fonction n'a pas d'incidence sur le développement ou l'aggravation des asymétries faciales mais elle peut révéler une dysfonction linguale et/ou musculaire (Boileau 2011).

1.5.4. Mastication

La mastication est la première phase de la digestion. Elle consiste en une réduction mécanique (broiement par les dents) et chimique (dissolution par la salive) des aliments, qui forment un bol alimentaire glissant, plastique et cohésif apte à être dégluti. La mastication est la fonction la plus touchée dans les cas d'asymétries

faciales. Une mastication unilatérale dominante contribue à accentuer l'asymétrie faciale et occlusale. On la met en évidence par un questionnement au patient « arrivez-vous à mastiquer des deux côtés ? Mastiquez-vous plus d'un côté que de l'autre ? » et par l'examen clinique (Cousson et Woda 2017).

Une séquence de mastication débute avec l'introduction de l'aliment en bouche et se termine par la déglutition du bol alimentaire. Elle est composée de plusieurs cycles masticatoires, rythmés de l'ouverture buccale à sa fermeture. La mastication est très dépendante de l'état dentaire, des muscles masticateurs ainsi que des joues, des lèvres et de la langue.

Lors de l'évaluation de cette fonction, trois situations sont possibles (Cousson et Woda 2017):

- La mastication est parfaitement fonctionnelle, le bol alimentaire obéit aux normes avant déglutition.
- La mastication est légèrement perturbée. La capacité d'adaptation du patient par augmentation du nombre de cycles masticatoires lui permet de réaliser un bol alimentaire normal.
- La mastication est dysfonctionnelle, le patient est dans l'incapacité de réaliser un bol alimentaire correct. Ses capacités d'adaptation sont dépassées. Ce cas de figure concerne les patients atteints de dysmorphoses crâniofaciales sévères, de douleurs dysfonctionnelles de l'appareil manducateur, de séquelles traumatiques ou chirurgicales donc des patients susceptibles de présenter une asymétrie faciale. On pourra également inclure des personnes souffrantes de maladies neurologiques ou porteurs de prothèses amovibles complètes. Elle est estimée à 10% de la population générale.

La mastication doit également être unilatérale et alternée.

L'évaluation de cette fonction peut être réalisée grâce à différentes méthodes (Cousson et Woda 2017):

- L'évaluation du nombre d'unités fonctionnelles postérieures. Chaque unité correspond à un contact prémolo-molaire sur dent naturelle (maximum 8). Leur diminution signe une altération des capacités masticatoires.

- Le test du mélange de couleurs permet d'évaluer de manière simple et reproductible la mastication. Il a l'avantage de pouvoir être utilisé en routine, avant et après traitement. Ce test consiste à mastiquer de la pâte à mâcher bicolore afin de l'homogénéiser en une phase monochrome en un nombre défini de cycles masticatoires. La pâte est ensuite recrachée. Le mélange des couleurs de la pâte obtenue est évalué par observation directe ou par un logiciel d'analyse informatique. Ce test permettra également de mettre en évidence une mastication unilatérale alternée physiologique, ou non, par examen de la dynamique mandibulaire.
- L'usure dentaire occlusale (ou attrition). Celle-ci est physiologique si elle n'entraîne ni douleurs, ni dysfonctions, ni gêne esthétique. L'analyse des angles fonctionnels de Planas et les facettes d'usure fonctionnelles permet également d'étudier la symétrie de la fonction masticatrice. On observera également le plan d'occlusion, le nombre et la localisation des points d'occlusion. En effet, le patient aura tendance à mastiquer davantage du côté où il a le plus de points d'occlusion. Cette évaluation permet de mettre en évidence une mastication unilatérale dominante.
- L'auto-questionnaire donné avant un rendez-vous peut donner une indication sur le ressenti personnel du patient sur sa fonction masticatoire. Cependant ces questionnaires sont très subjectifs (tendance à donner un résultat trop favorable) et ne sont pas adaptés à la diversité des pathologies existantes.

D'autres méthodes d'évaluations existent mais sont difficilement applicables en pratique quotidienne :

- La granulométrie à la déglutition : sert à évaluer la granulométrie moyenne du bol alimentaire juste avant la déglutition. La mastication d'un bol de carotte peut être considéré comme modèle de référence. La complexité de ce test l'empêche de l'utiliser comme examen de routine.
- Les méthodes physiologiques : électromyographie, vidéo, mesure de force musculaire, cinématique mandibulaire afin de mesurer la force masticatoire, l'amplitude et la fréquence/durée des cycles masticatoires.

Les conséquences d'une mastication unilatérale dominante sont une croissance maxillo-mandibulaire asymétrique (qui aggrave à son tour le caractère unilatéral de la mastication et crée un cercle vicieux dysmorphofonctionnel) (Boileau 2011, 2017).

1.5.5. Parafonctions

Les parafonctions sont des habitudes nocives qui s'imposent en dehors de toute fonction normale de l'appareil manducateur.

Elles participent au déséquilibre fonctionnel et anatomique. Elles doivent être recherchées à l'anamnèse (Boileau 2011).

Exemples :

- Les habitudes de succion non nutritive (pouce ou autre doigt, objet, tétine...). Elles peuvent entraîner une pro-alvéolie maxillaire, une rétro-alvéolie mandibulaire dans le sens sagittal et une endo-alvéolie maxillaire dans le sens transversal. Une succion latéralisée peut entraîner une béance asymétrique.
- Le bruxisme. Il limite le développement vertical de la face et peut causer d'importantes lésions d'usure dentaires. Il peut provoquer ou aggraver une dysfonction de l'appareil manducateur. Il peut être à l'origine d'importantes algies musculaires cervicales ou faciales (Demjaha et al. 2019).
- Les tics de mordillements et de succion de la lèvre inférieure.
- L'onychophagie.

L'existence d'une parafonction latéralisée induit un risque de développer d'asymétrie dento-alvéolaires, occlusale et/ou faciale.

Si le patient est âgé de six ans ou plus, une rééducation par arrêt de ces comportements doit idéalement être entreprise. Cependant il convient de faire attention ; une parafonction peut être le reflet d'un trouble psycho-affectif sous-jacent. Une prise en charge pluridisciplinaire peut être envisagée en cas de troubles sévères (Boileau 2011; Bally 2018).

L'approche diagnostique des dysfonctions et parafonctions permet au praticien de ne pas exposer son patient à un traitement inadapté voir iatrogène (Saulue 2017).

1.6. Analyse de l'activité musculaire

La musculature joue un rôle prépondérant dans l'apparition et/ou l'évolution de l'asymétrie crânio-faciale. Son évaluation est indispensable afin de déterminer le pronostic et la meilleure prise en charge thérapeutique du patient (Boileau 2017).

1.6.1. Rappels anatomiques

La mandibule étant le seul os mobile de la face via les articulations temporo-mandibulaires (principal siège des contraintes et adaptations), ce chapitre traitera uniquement des muscles élévateurs qui sont les plus sollicités et les plus touchés lors d'asymétries faciales, même si l'ensemble des muscles de l'équilibre postural, céphalique et manducateur doivent être pris en compte.

Les muscles élévateurs de la mandibule sont :

- Le muscle masséter qui s'insère de la face externe du ramus mandibulaire jusqu'à l'arcade zygomatique.
- Le muscle temporal s'insérant sur un éventail large le long de la fosse temporale jusqu'au processus coronoïde de la mandibule. Il comprend trois faisceaux musculaires (antérieur, moyen et postérieur)
- Les muscles ptérygoïdiens (médial et latéral) s'insèrent sur la face interne de la mandibule et sont non palpables.

Il existe une interaction forte entre la musculature et les éléments squelettique et articulaires. La musculature a une action morphogénétique (Kapandji 2019).

1.6.2. Notion de symétrie fonctionnelle

La symétrie fonctionnelle mandibulaire correspond à des forces musculaires droites et gauches identiques lors de déplacements mandibulaires dans le plan sagittal médian. Cette notion implique la même intensité de contraction, de coactivation, de durée et de fréquence de l'activité musculaire.

Tout comme la symétrie faciale parfaite, la symétrie fonctionnelle pure n'existe pas. On considère qu'un sujet possède une symétrie musculaire dite relative lorsque la différence entre les muscles droits et gauches est inférieure à 20%. En général la différence se situe entre 4 et 17% selon les auteurs (Boileau 2017).

Les sujets symétriques peuvent posséder une symétrie musculaire relative ou une légère asymétrie musculaire compatible avec le fonctionnement normal de l'appareil manducateur.

1.6.3. Inspection et palpation musculaire

L'inspection visuelle et la palpation sont très limitées car elles ne concernent que les muscles temporaux et masséters. De plus, les sangles musculaires profondes de ces muscles ne sont pas palpables (Boileau 2017).

L'anamnèse complète doit être réalisée (chapitre 1.2). Elle peut révéler des antécédents de dysfonctions et parafonctions (chapitre 1.5), des pathologies posturales (chapitre 1.3) et certaines douleurs musculaires aiguës ou chroniques, lors de la fonction ou au repos.

L'inspection permet de mettre en lumière des déviations de trajet du dentalé à l'ouverture/fermeture buccale ainsi qu'en diduction droite et gauche, des tics ou gestes antalgiques. L'examen clinique comparatif des angles goniaux et des fosses temporales peut révéler une augmentation ou diminution du volume musculaire (hypertrophie/atrophie) qui peut être asymétrique : le masséter est le plus souvent touché (Arzul et al. 2012). Les asymétries musculaires sont fréquemment associées aux occlusions inversées latérales et suroclusions incisives (Fricain 2019).

Le patient assis et décontracté, la palpation s'effectue au repos, en occlusion et lorsque le patient serre fortement des dents. Elle est réalisée avec les deux index, bilatéralement, avec une force d'environ 1kg, entre 2 et 5 secondes. Les muscles sont palpés sur le long des fibres musculaires ainsi qu'au niveau de leurs insertions à la recherche d'une contracture, une hypertrophie/atrophie, un changement de consistance, une zone sensible ou une zone gâchette (Fougeront 2017).

1.6.4. Examens complémentaires spécifiques

- Electromyographie de surface :

Il s'agit d'une méthode permettant de mesurer l'activité musculaire (recrutement de certaines fibres, intensité des contractions, fatigue musculaire). Elle permet de mettre en lumière une activité asymétrique des muscles superficiels droits et gauches (Radke 2018) (Figure 19).



Figure 19 : Placement des électrodes lors d'un examen d'électromyographie de surface (source : Radke, 2018).

Cette méthode a pour inconvénient d'analyser uniquement les sangles musculaires superficielles et elle est délicate à mettre en œuvre en pratique courante. De plus, les résultats sont difficiles à interpréter car dépendants de l'âge, du sexe, de l'épaisseur de peau, de la typologie faciale, etc (Boileau 2017).

- Imagerie médicale :

Les principales techniques d'imageries médicales utilisables sont la tomodensitométrie, l'échographie, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou encore l'ultrasonographie. Elles permettent de visualiser l'orientation des fibres musculaires, leur épaisseur, leurs zones d'insertion et leur surface de section. On peut corrélérer ces caractéristiques avec la force maximale que le muscle peut développer.

On peut ainsi détecter des anomalies musculaires qui peuvent apparaître comme asymétriques : atrophies, hypertrophies ou encore hypoplasies musculaires. L'IRM est le meilleur examen pour évaluer tous ces paramètres. (Boileau 2017; Soyoye et al. 2018)

1.6.5. Activité musculaire chez le sujet asymétrique

On constate régulièrement des atteintes musculaires lors d'asymétries squelettiques et/ou occlusales :

- Une asymétrie d'activité musculaire droite et gauche (surtout au niveau des masséters), lorsque le patient serre des dents et lors de la mastication. (RS. Mc Caroll. 1989)
- Une hypertrophie masséter du côté opposé à la latérogathie.

- Une réduction de l'activité musculaire bilatérale ainsi qu'un hypodéveloppement musculaire bilatéral par rapport à un sujet symétrique.

Il existe une relation entre asymétrie fonctionnelle et asymétrie structural et/ou occlusale. Le sens de cette association semble être une adaptation réciproque : l'asymétrie structurale induit une asymétrie fonctionnelle qui génère ou aggrave l'asymétrie structurale (Boileau 2017). On rentre ainsi dans un cercle vicieux expliqué par le fait que l'os s'adapte à la charge qu'il porte selon la loi de Law (Soyoye et al. 2018). L'asymétrie musculaire peut également générer des DAM (traitées au chapitre 1.7).

Les muscles masticateurs sont impliqués dans l'étiologie des malocclusions dento-squelettiques mais surtout dans la stabilité des résultats obtenus après traitement orthodontique. Une asymétrie musculaire doit être diagnostiquée afin d'adapter la thérapeutique globale pour garantir la stabilité des résultats obtenus post traitement (Soyoye et al. 2018).

1.7. Diagnostic des dysfonctions de l'appareil manducateur

L'orthodontiste est habitué à la détection, au diagnostic et au traitement des troubles de l'occlusion mais moins à celui des troubles temporo-mandibulaires.

La connaissance de l'anatomo-physiologie est primordiale, d'autant plus que certains troubles des ATM peuvent pré-exister sans symptômes, ces derniers peuvent être dévoilés par un traitement orthodontique (Bocquet et al. 2010). Ces troubles touchent 50% de la population mais seulement 10% consultent pour motif algique. La prévalence augmente considérablement chez les patients atteints d'asymétrie faciale liés à des traumatismes chroniques (déviations mandibulaires en OIM, interférences occlusales) ou des dysmorphoses maxillo-mandibulaires et condyliennes. Les femmes seraient plus touchées que les hommes (ratio 7/1). Le stress est également un facteur prédisposant car il crée une suractivité de l'articulation (Fricain 2019).

1.7.1. Rappels anatomiques

La mandibule s'articule avec la base du crâne sur deux articulations temporo-mandibulaires (ou ATM) situées en avant et au-dessous des conduits auditifs externes. Ces deux articulations sont mécaniquement liées et ne peuvent fonctionner l'une sans

l'autre. Elles sont d'une importance vitale car elles assurent les mouvements de la mâchoire et donc la fonction masticatrice indispensable à l'alimentation.

L'ATM est constituée de deux surfaces, d'un ménisque et d'une capsule articulaire. La surface supérieure correspond à l'os temporal : la cavité glénoïde concave, articulaire uniquement dans sa partie antérieure (recouverte de cartilage) et se prolongeant vers l'avant par le processus zygomatique de l'os temporal qui est convexe et constitue le condyle du temporal également articulaire (donc recouvert de cartilage). La surface inférieure correspond au processus condylien de la mandibule de forme ovoïde et recouvert de cartilage. Entre ces deux surfaces articulaires se situe le ménisque articulaire. Il s'agit d'un disque fibro-cartilagineux souple et déformable de forme bi-concave. Ce disque est mobile et suit les mouvements du processus condylien mandibulaire. Il est retenu vers l'arrière par le frein méniscal s'insérant sur la surface postérieure de la cavité glénoïde et au niveau du col du condyle mandibulaire. Le muscle ptérygoïdien latéral (inséré au niveau du col du condyle mandibulaire et sur la partie antérieure du ménisque articulaire) tire vers l'avant le disque lors de l'ouverture buccale. La capsule articulaire prend insertion sur la partie antérieure du ménisque et en postérieur sur le col du processus condylien de la mandibule et sur la surface postérieure de la cavité glénoïde. Il existe de nombreux ligaments renforçant la capsule pouvant être intra ou extra-capsulaires.

Lors de l'ouverture buccale, le processus condylien effectue une rotation et avance sur le versant postérieur du condyle temporal sans dépasser la crête.

Les mouvements mandibulaires réalisés grâce aux ATM sont très complexes mais peuvent être divisés en 5 types de déplacements élémentaires autour de différents axes :

- Un axe horizontal dédié aux mouvements d'ouverture et fermeture.
- Un axe de glissement de protraction et de rétraction mandibulaire.
- Un axe de glissement latéral pour les mouvements de latéralité.
- Un axe de pivotement vertical centré sur une articulation pour les déviations latérales
- Un axe oblique centré sur une articulation pour les déviations latérales avec ouverture associée

Ces mouvements élémentaires combinés permettent des mouvements mandibulaires complexe dans les trois sens de l'espace (Kapandji 2019).

1.7.2. Examen clinique des DAM

L'asymétrie faciale induit une hypercompensation du fonctionnement articulaire. Ceci crée une inflammation ainsi qu'une fatigue musculaire et une augmentation des lésions articulaires. Ainsi, pour tous les patients atteints d'asymétrie faciale, il faut systématiquement rechercher un éventuel dysfonctionnement de l'appareil manducateur (DAM).

- Anamnèse :

Le praticien questionne le patient sur ses symptômes et douleurs éventuelles pour les caractériser : leurs antécédents, leurs facteurs déclenchants, leurs fréquences... (Saulue 2017)

- Inspection :

L'observation du patient permet de mettre en évidence certaines anomalies occlusales, dysfonctions et para-fonctions (partie 1.5), asymétrie des volumes musculaires droite et gauche (partie 1.6), des déviations de trajet du dentalé à l'ouverture/fermeture buccale (avec ou sans retour sur l'axe médian), des tics ou gestes antalgiques. L'amplitude des trajets mandibulaires en ouverture passive et maximale ainsi qu'en diduction droite / gauche doit être mesurée à la recherche d'une limitation de mouvements (Fricain 2019).

- Palpation :

La palpation musculaire bilatérale, comparative, est ferme et à la recherche d'une contracture, d'une hypertrophie/atrophie musculaire, d'un changement de consistance, d'une zone sensible ou d'une zone gâchette. (Voir chapitre 1.6.3)

La palpation des ATM est bilatérale et comparative, endo et pré-auriculaire, au repos et lors de mouvements d'ouverture/fermeture à la recherche d'une limitation de l'ouverture buccale maximale, de claquements et bruits discaux (atteinte condylo-discale : un claquement uniquement à l'ouverture signifie un déplacement latéral du disque, un claquement à l'ouverture et à la fermeture signifie un déplacement antérieur réductible du disque) ou craquements (signification liquidienne) ou crépitements

(atteinte dégénérative de l'articulation comme l'arthrose). Une palpation douloureuse d'une zone anatomique peut révéler une inflammation de cette dite zone :

- Région prétragienne => capsulite (inflammation de la capsule articulaire).
- Retrocondylienne => atteinte rétrodiscale.
- Méats acoustique externe => rétrodiscite (inflammation de la zone bilaminaire postérieure).

Le test de Krogh-Poulsen permet de faire un diagnostic différentiel entre une atteinte musculaire et articulaire : le patient serre un objet entre ses dents, si une douleur immédiate est ressentie alors il s'agit probablement d'une atteinte musculaire et si une sédation est ressentie alors cela peut signifier une atteinte des composantes articulaires (Fricain 2019).

1.7.3. Diagnostic des DAM

L'adaptation musculaire (intensité de contraction musculaire modifiée, modification de longueur et type de fibres musculaires activées) précède l'adaptation squelettique (phénomènes de croissance et remodelage osseux) (Boileau 2017).

- Les dysfonctions musculaires :

Les douleurs musculaires sont les signes cliniques les plus fréquents des DAM. Ce sont des douleurs chroniques, il y a peu d'épisodes aigus sauf lors de la palpation. Leur intensité est variable et difficile à localiser. Elles proviennent des contractures des faisceaux musculaires, des fascias et des tendons (tableau 1).

	Description	Douleurs	Ouverture buccale	Puissance musculaire
Courbatures musculaires (pas pathologique)	Fatigue musculaire non inflammatoire	Faibles au repos, accentuées à la fonction et à la palpation	Diminuée	Diminuée avec augmentation du volume musculaire
Reflexe d'éclissage (évolue en douleurs myofasciales sans traitement)	Contraction musculaire réflexe de protection d'une zone lésée*	Lors de la fonction	Diminuée	Perte de puissance
Douleurs myofasciales (évolue vers le	Douleurs des fascias au niveau de la zone compensatrice et à	Lors de l'ouverture buccale et à la palpation de la capsule articulaire.	Diminuée avec parfois latérodéviation	Perte de puissance

myospasme sans traitement)	distance des fibres sollicités*	Présence d'une zone gâchette		
Myospasme	Contraction tonique et brusque en réponse à une fatigue musculaire (par hyperfonction)	Lors de la fonction. Palpation très douloureuse	Diminuée	Perte de puissance

Tableau 1 : Diagnostic des DAM d'origine musculaire (source personnelle d'après Fricain 2019).

*Liée à une suroccclusion, anomalie de position condylienne ou ouverture buccale prolongée.

Le myospasme correspond à une douleur en réaction à une hyperfonction musculaire, il s'agit du stade terminal de l'atteinte purement musculaire et précède la dysfonction articulaire (Fricain 2019).

- Les dysfonctions articulaires cranio-mandibulaires :

Elles se caractérisent par une altération biomécanique du disque, une perte de l'intégrité du complexe disco-condylien ou des attaches discales, un déplacement du disque en avant et en dedans ou des troubles de la cinétique mandibulaire. Une classification simplifiée est présentée au tableau 2.

Dysfonction articulaire cranio-mandibulaire	Algie	Bruit articulaire	Limitation de l'ouverture buccale	Cinétique mandibulaire	Disque articulaire et attaches condylo-dicales
Subluxation	Importantes (myalgies, otalgies)	Aucun	Aucune	Normale	Rétrodiscite, Attaches distendues
Luxation réduite	Oui	Claquement en début d'ouverture et en fin de fermeture	Aucune	Ressaut et déviation mandibulaire lors du passage du bourrelet postérieur du disque	Perte des attaches uni ou bipolaires avec déplacement discal. Biomécanique du disque altérée
Luxation non réduite aiguë	Importantes	Aucun (le disque n'est pas coapté)	Oui (ne cède pas à la contre-pression contrairement	Déflexion mandibulaire du côté atteint. Phases de blocage	Perte des attaches uni ou bipolaires

				aux atteintes musculaires)	mandibulaire en ouverture.	
Luxation réduite chronique	non	Variables et souvent à distance	Crissements ou craquements	Variable	Déflexion du côté atteint	Perte totale des attaches avec déplacement et perte d'intégrité du disque
Surrotation			Claquement en fin d'ouverture (passage du condyle en avant du disque		Risque de blocage en bouche ouverte	
Arthrose		Importantes lors de la fonction et en fin de journée	Crépitations	Oui	Amplitude des mouvements mandibulaire réduite	Absence de disque, dégradation du cartilage condylien
Ankylose			Craquements et crissements	Oui	Mouvements réduits voire inexistants	Absence de disque et de cartilage. Remaniement osseux et fibreux de l'articulation

Tableau 2 : Diagnostic de DAM d'origine articulaire (source personnelle d'après Bocquet *et coll.* 2010).

L'arthrose et l'ankylose temporo-mandibulaire entraînent une déviation du menton côté atteint ainsi qu'une ascension du plan d'occlusion du côté atteint.

Il convient de faire le diagnostic différentiel avec les migraines, céphalées, troubles neurologiques (névralgies), troubles vasculaires (algies faciales), pathologies ORL (otites, sinusites lithiases salivaires), psoriasis, tuberculose, rhumatismes, etc (Bocquet *et coll.* 2010).

Le protocole DC/TDM peut être utilisé en recherche (Faure et al. 2008b) ou pour un diagnostic plus précis de la pathologie mais il est cependant peu adapté à la pratique quotidienne en cabinet dentaire. Les examens complémentaires sont la radiographie panoramique, l'axiographie, la scintigraphie (permet de réaliser le diagnostic différentiel entre hyper/hypocondylie vraie d'une asymétrie de croissance) et L'IRM pondéré en T1, T2 et en densité de protons (Fricain 2019).

Les DAM peuvent survenir pendant un traitement, il convient donc de recenser l'ensemble des symptômes de DAM avant d'entreprendre tout traitement. Enfin le douleurs des ATM doivent être prises en charge avant de vouloir corriger une asymétrie dento-squelettique (Palla 2017).

Le pronostic est ainsi évalué en fonction du diagnostic de DAM. La thérapeutique ne consiste pas forcément en une prise en charge de la pathologie. Le choix thérapeutique doit être pris en accord avec le patient afin de garantir le succès du traitement. En cas de DAM peu complexe, l'abstention thérapeutique est souvent un choix thérapeutique acceptable (Saulue 2017).

2. Examens complémentaires non radiographiques

À la suite de l'examen clinique, il peut exister des imprécisions diagnostiques qui peuvent être affinées par les examens complémentaires. Ce chapitre porte sur la prescription, les indications ainsi que sur l'analyse des examens complémentaires non radiographiques, afin de pouvoir aboutir à une décision thérapeutique adaptée.

2.1. Moulages d'étude et montage sur articulateur

2.1.1. Le rôle des moulages d'étude

Les moulages d'études sont classiquement obtenus par coulée en plâtre à partir d'empreintes alginates. Un mordu occlusal en cire en OIM est habituellement associé aux modèles maxillaires et mandibulaires obtenus, il peut être accompagné d'un second mordu en ORC. Les techniques informatiques de modélisation 3D permettent désormais la numérisation des modèles d'études. Ainsi les modèles d'études numériques 3D peuvent être obtenus par numérisation des moulages d'études ou des empreintes ou encore par empreintes optiques grâce à des caméras intrabuccales.

Les moulages d'études sont indispensables et possèdent une valeur médico-légale dans le dossier orthodontique. Ils permettent, avec les photographies, une étude facilitée et approfondie des paramètres dentaires et occlusaux (Boileau 2011; Courson 2021) :

- La concordance des formes d'arcades.
- Les rapports intra et inter arcades en l'absence du patient
- Les dimensions dentaires et la quantification des dysharmonies dento-dentaires et/ou dent-arcade. Cette évaluation peut se faire à l'aide de logiciels (ex : procluso®)
- L'importance des courbes de compensations (Spee/Wilson)
- La quantité d'asymétrie de position entre les dents homologues, l'importance des décalages dentaires et occlusaux et dans les trois sens de l'espace.
- Evaluer la progression du traitement

2.1.2. Occlusogramme et analyse métrique des moulages d'étude

L'occlusogramme correspond à un schéma de l'ensemble des faces occlusales des deux arcades, décalqués et mises en occlusion par transparence. Il est réalisé à partir de photographies de moulages d'études ou réalisé virtuellement. La taille des moulages d'études et l'échelle grossissement des photographies est standardisée (l'échelle 1 est idéale pour réaliser un mandibulogramme par la suite) (Marcotte 1976). Ces photographies présentent des points de repères externes et des points d'enregistrement de la relation centrée. Sur un papier calque transparent, le praticien trace les contours dentaires, les bords incisifs, les sillons, fosses, cuspidés et pointes cuspidiennes, la papille palatine, les fossettes palatines, le raphé médian (correspondant à la ligne R), l'axe sagittal médian. Les tracés des deux arcades sont superposés, grâce aux points de repères et points d'enregistrement de l'ORC, pour former un occlusogramme (figure 20) (Marchal et al. 1998).

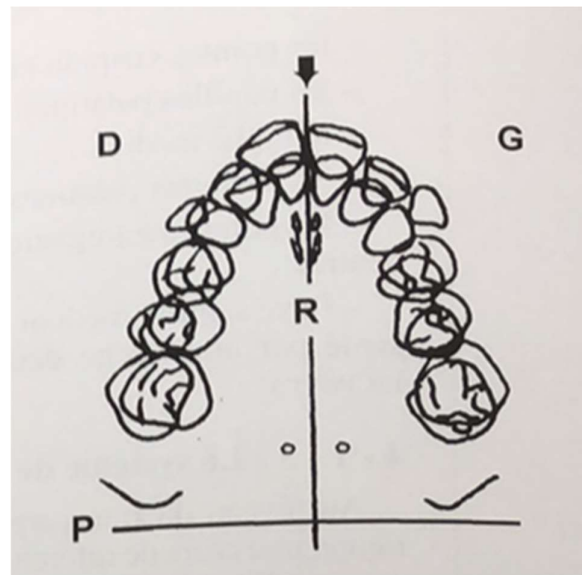


Figure 20 : Superposition des occlusogrammes maxillaire et mandibulaire (Marchal et Al. 1998)

Cette procédure est aujourd'hui jugée chronophage grâce aux progrès informatiques. L'occlusogramme et l'analyse métrique des modèles d'étude peut être réalisée directement sur un modèle d'étude numérique, ou à partir de coupes natives de CBCT, à l'aide de logiciels spécifiques. Les arcades sont appariées directement sur le logiciel grâce à un enregistrement préalable de l'ORC.

L'occlusogramme présente un double intérêt, diagnostique et thérapeutique, dans le processus d'élaboration d'un plan de traitement, en particulier chez les patients présentant des dissymétries squelettiques ou dento-alvéolaires (Marchal et al. 1998).

- Intérêt diagnostique :
 - Déterminer l'origine de la déviation des milieux inter-incisifs, qu'elle soit dentaire, dento-alvéolaire, ou squelettique.
 - Analyser les rapports dentaires dans deux sens de l'espace : sagittal et transversal.
 - Visualiser et quantifier une déviation du milieu inter-incisif maxillaire par rapport au raphé médian (ligne R), et par extension à l'os maxillaire. On peut réaliser la même chose pour l'arcade inférieure en projetant la ligne R au niveau de la mandibule en occlusion de relation centrée.
 - Rechercher une asymétrie de position des molaires et des canines par projection orthogonale des points de contacts mésiaux des premières molaires et des pointes cuspidiennes canines sur la ligne R (Figure 21).

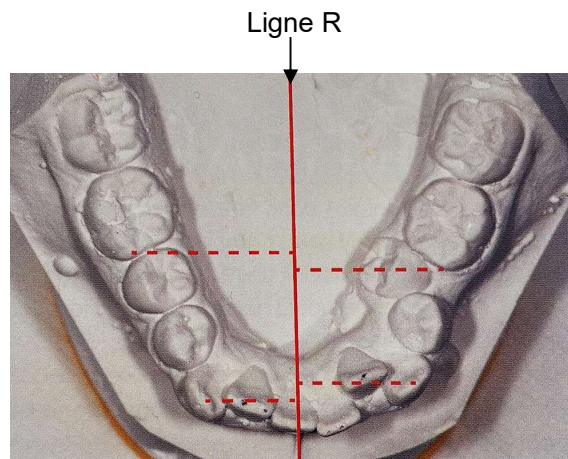


Figure 21 : Evaluation de l'asymétrie antéropostérieure et transversale au niveau des molaires et canines (source : Boileau MJ, Treil J, asymétrie et fonction, chapitre 4, 2017).

- Mettre en évidence une asymétrie squelettique du sens transversal lorsque la ligne R ne correspond pas avec le plan sagittal médian.
- Apprécier la forme générale de l'arcade et vérifier sa symétrie à l'aide d'un gabarit (représentant une forme idéale d'arcade dentaire). Le tracé de la forme d'arcade passe par les bords libres incisifs et les pointes cuspidiennes vestibulaires des canines, prémolaires et molaires et ne tient pas compte des malpositions dentaires. Ainsi, une forme d'arcade asymétrique sera retrouvée

dans les cas de dissymétries squelettiques alors que les dissymétries de position dentaires peuvent apparaître symétriques.

- Quantifier l'encombrement dentaire en comparant la somme des diamètres mésio-distaux des dents au périmètre d'arcade (Regragui et al. 2010). Une déviation dento-alvéolaire peut être mise en évidence par la présence d'un encombrement plus important d'un côté par rapport à l'autre ou au contraire la présence d'une dent absente d'un seul côté.

- Intérêt thérapeutique :

L'intérêt thérapeutique de l'occlusogramme réside dans l'élaboration du plan de traitement. Il permet la réalisation de set up prospectifs en 2D afin de choisir le meilleur plan de traitement (avec ou sans extractions, extractions asymétriques, quantité d'expansion requise).

Le set up commence par le choix de la position sagittale du bloc incisif inférieur. Ensuite, il convient de choisir la position des milieux inter-incisifs à faire correspondre avec le plan sagittal médian ou avec le plan de symétrie de référence. La forme d'arcade est déterminée par la suite : elle est généralement conservée en cas de légère déviation de position dento-alvéolaire ou en cas d'asymétrie légère ; elle est modifiée en cas de dissymétrie squelettique sévère.

Lors de la superposition des deux calques si le maxillaire est symétrique (ligne R joint le plan sagittal médian et la forme d'arcade est symétrique) et que la ligne R ne passe pas par le milieu inter-incisif mandibulaire, alors on peut diagnostiquer une dissymétrie d'origine mandibulaire.

En cas de dissymétrie squelettique, l'occlusogramme était associé aux analyses céphalométriques axiales pour réaliser un mandibulogramme (Marchal et al. 1998).

2.1.3. Apport de l'articulateur semi-adaptable et de l'arc facial de transfert

Afin de réaliser un diagnostic complet, tous les paramètres statiques et dynamiques du patient doivent être pris en compte. Les modèles d'études sont ainsi montés sur articulateur semi-adaptable à l'aide d'un arc facial de transfert. L'intérêt d'un tel

dispositif est d'avoir un appareil capable de simuler l'occlusion dynamique à partir de mouvements mandibulaires fondamentaux. Ce dispositif permet de réaliser des mesures et d'apporter des valeurs numériques supplémentaires dans un but diagnostique ou thérapeutique. L'inclinaison du plan d'occlusion est quantifiée dans les trois sens de l'espace. Le plan d'occlusion est principalement comparé au plan de Francfort dans le plan frontal grâce à l'arc facial (Takano-Yamamoto et Kuroda 2009). Grâce au montage sur articulateur avec l'arc facial, on peut mettre en évidence une éventuelle rotation de l'os maxillaire par rapport aux méas acoustiques externes et donc à la base du crâne (figure 22) (Boileau et Treil 2017).

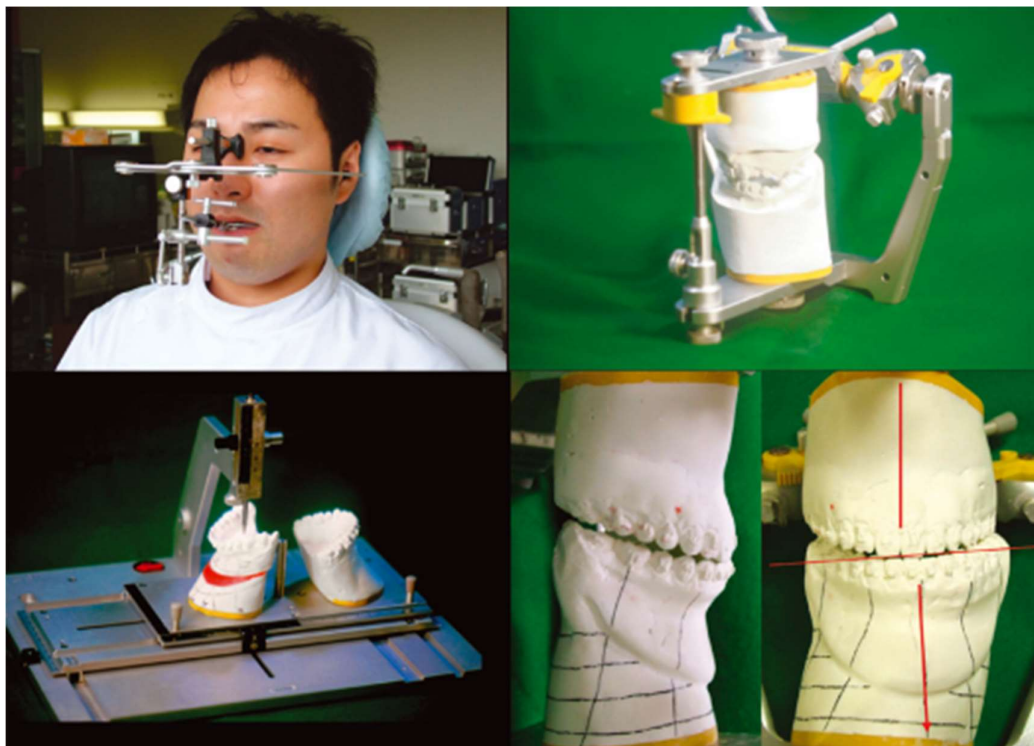


Figure 22 : Transfert par arc facial de modèles d'études orthodontiques sur articulateur semi-adaptable (source : Takano-Yamamoto et Kuroda 2009).

Un set up prospectif est réalisable et permet l'étude occlusale en statique et dynamique des différentes hypothèses de traitement. Ce dispositif peut aussi permettre la réalisation de gouttières de reconditionnement musculaire et des gouttières de repositionnement mandibulaire en cas de DAM (Manière Ezvan 2000).

Dans les traitements pluridisciplinaires, impliquant une chirurgie orthognatique, une simulation du déplacement du maxillaire permet de prévoir les conséquences occlusales et morphologiques de cette thérapeutique. Cependant, l'utilisation d'un arc

facial de transfert peut engendrer certaines erreurs de positionnement des modèles sur l'articulateur. La planification virtuelle des chirurgies orthognatiques sur ordinateur permet d'éviter ces erreurs grâce à l'utilisation de données d'imagerie tridimensionnelle du patient et autres outils numériques. Cette technique sera donc privilégiée en prévision d'un traitement pluridisciplinaire (Quast et al. 2019). L'arc facial de transfert et l'articulateur semi-adaptables possèdent donc un réel intérêt diagnostique. Leur intérêt thérapeutique est aujourd'hui rendu obsolète par les simulations virtuelles dans la planification de traitements impliquant une chirurgie orthognatique.

A titre d'exemple, nous pouvons citer la technologie ModJaw® (Figure 23) qui combine un arc facial virtuel et un axio-graphe permettant la programmation des articulateurs virtuels. Le dispositif enregistre l'occlusion dynamique et la cinématique réelle de l'axe de la charnière du patient pendant les mouvements fonctionnels de la mandibule. Les données sont transférées avec le plan de référence personnel du patient et les moulages numériques vers un logiciel de traitement de clichés 3D (exemple : CAD/CAM).

L'intérêt de la numérisation réside dans le calcul précis et automatiquement du plan d'occlusion idéal, des courbes de compensation de Spee et Wilson et des déterminants postérieurs comme les angles de Bennett et les angles condyliens. Ces valeurs peuvent posséder un différentiel droit et gauche permettent de quantifier les asymétries au niveau des ATM et du plan d'occlusion. Le dispositif ModJaw® un très bon outil pédagogique et il améliore la communication avec le patient et entre praticiens. Il présente un gain de temps considérable par rapport aux modèles en plâtre montés avec arc facial sur articulateur. Il possède également un intérêt thérapeutique car il permet de tester plusieurs scénarios fonctionnels (Bapelle et al. 2021).

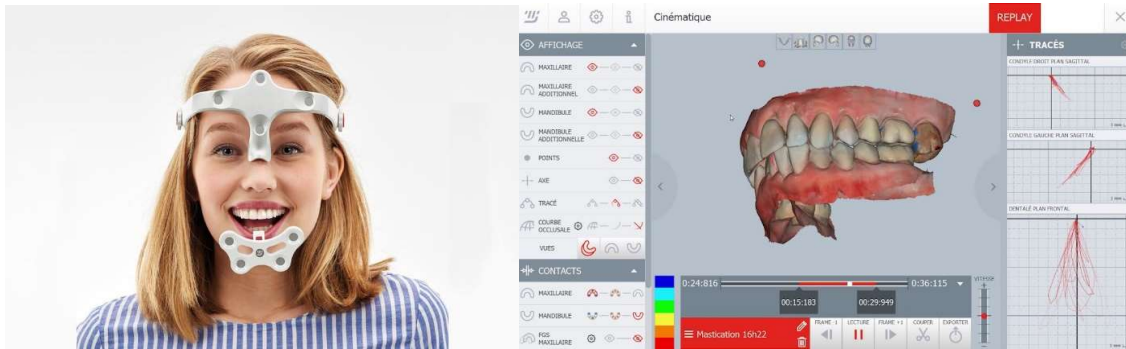


Figure 23 : Dispositif de capture ModJaw® (gauche) et modèles d'étude numérisés avec enregistrement des mouvements fonctionnels des condyles mandibulaires et du dentale (droite) (Source : <http://www.modjaw.com/fr/>).

2.2. Photographie 2D

Les photographies, au même titre que les modèles d'étude, ont une valeur médico-légale dans le dossier orthodontique. Elles permettent de conserver une référence de l'examen clinique, et d'effectuer des comparaisons tout au long du traitement. Elles sont surtout utiles dans l'analyse orthodontique et esthétique de la face. La prise de cliché doit être standardisée. Elles ont un intérêt clinique, comparatif, pédagogique et médico-légal (Mercier et al. 2014).

2.2.1. Protocole photographique

La prise de photographies de manière protocolaire standardisée permet d'obtenir des clichés de qualité permettant ainsi une analyse photogrammétrique valable et comparative.

- Photographies exobuccales :

Elles sont réalisées de face, des profils droite et gauche, de trois quarts, lors d'une expression neutre et lors du sourire. Deux photographies supplémentaires sont prises avec le patient mordant sur un bâton de bois au niveau de ses canines et sur un plan de fox (Hooda et Souza 2012). La photographie s'effectue en mode portrait. La partie supérieure de la photographie doit comprendre la partie supérieure de la tête. La partie inférieure quant à elle s'arrête au niveau du larynx. Les oreilles sont dégagées et

visibles et les lèvres doivent être relâchées lors des photographies neutres (Bengel 2006).

Les photographies doivent être nettes (mise au point réalisée sur les yeux), cadrées sur fond monochrome, le patient doit avoir les yeux ouverts, regardant droit devant lui (un miroir placé devant ses yeux) (Diouf et al. 2015), la tête orientée selon le plan de Francfort et la ligne bipupillaire parallèle au sol (sauf en cas d'asymétrie orbitaire). L'appareil photographique numérique doit idéalement être positionné à un mètre sur trépied à hauteur des yeux du patient et orienté parallèlement au plan de francfort (Figure 24) (Alouini et al. 2007). Un dispositif laser ou des lignes verticales et horizontales peuvent être tracées sur le fond. Ces lignes servent de références externes horizontales et verticales et sont comparées aux lignes de référence du visage lors de l'analyse et permettent de mettre en évidence un port de tête incliné. Une échelle métrique peut également être photographiée pour faciliter les futures mesures (Sette et al. 2014).

Pour les photographies de face, une technique consiste à utiliser le céphalostat pour caler la tête grâce aux branches insérées dans les deux oreilles. On obtient ainsi une position céphalique de référence et une ligne horizontale « vraie » de référence entre les deux méas acoustiques externes. Ce dispositif reproduit la position du plan d'occlusion obtenu sur les modèles d'études montés sur articulateur avec arc facial de transfert. En cas d'anomalie basale, les deux méas acoustiques externes ne se trouvent pas au même niveau horizontal, cette technique ne peut donc plus être utilisée (Hooda et Souza 2012).

Dans les cas d'asymétries faciales, il est intéressant d'ajouter une photographie en vue d'avion ou en contre plongée (Partie 1.4.1) en position de Hirtz. Une photographie de l'ensemble du corps de face et de profil peut être intéressante en cas d'anomalie posturale associée.

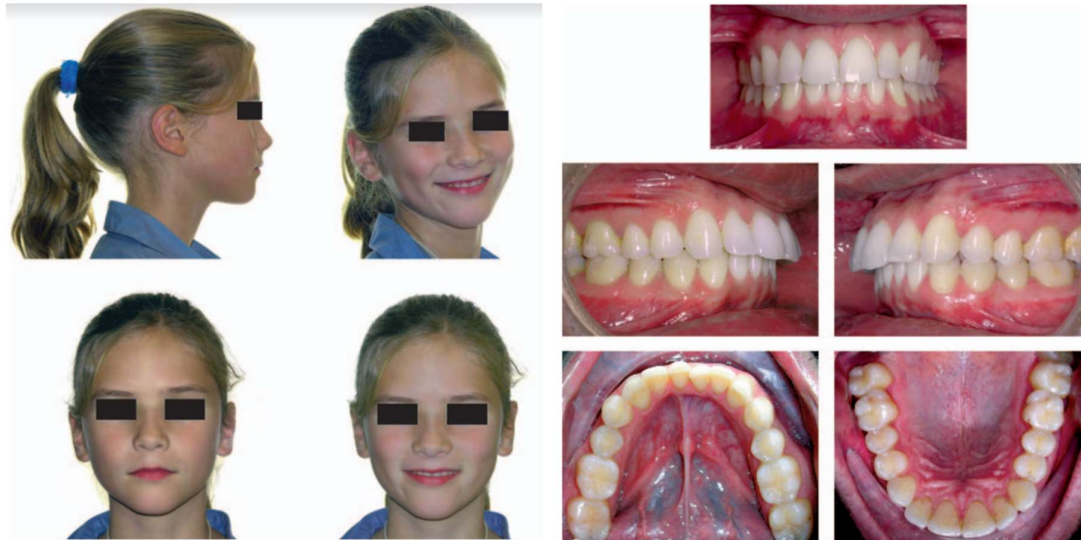


Figure 24 : exemple de photographies standardisées exobuccales et endobuccales (Alouini et coll. 2007)

- Photographies endobuccales :

Elles sont réalisées les arcades en OIM de face, et au niveau des secteurs latéraux. Des photographies des arcades en ORC ou en inoclusion en position de repos mandibulaire sont intéressantes dans les cas de latérodéviation mandibulaires (ou lors de la recherche d'une posture antalgique compensatrice par le patient). Les arcades seront également prises en vue occlusale (figure 24) (Boileau 2011).

L'image doit être centrée sur le milieu inter-incisif maxillaire. Le cadrage doit prendre en compte toutes les dents visibles et même déborder légèrement mais pas ne pas inclure les écarteurs. La mise au point se fait sur les canines (AACD 2009).

Les photographies sont ensuite transférées sur ordinateur pour être étudiées. L'étude photographique peut être réalisée sur un logiciel simple (exemple : Keynote® sur MacOS X®, Corel Draw 9.0®, Photoshop®, etc.).

2.2.2. Analyse photogrammétrique 2D

La photographie permet la mesure des traits généraux du visage ainsi que sa symétrie. Elle complète l'examen clinique du visage développé dans la partie 1.4.

L'analyse poussée des rapports faciaux passe par la photographie afin de réaliser un second examen clinique « à froid ». Cette étape présente deux intérêts (Diouf et al. 2015). Un intérêt diagnostique pour mettre en évidence des rapports non harmonieux du visage, ainsi que pour qualifier et quantifier l'asymétrie faciale au niveau des tissus mous (Sette et al. 2014). De plus elle permet de prédire les déterminants intra et inter-arcades. Elle présente un intérêt thérapeutique dans la prévision des répercussions esthétiques des déplacements dentaires ou du déplacement des arcades dans les trois sens de l'espace (Diouf et al. 2015).

2.2.2.1. De face

Le plan sagittal de référence dans la partie 1.4.1 apparait comme un axe vertical sur la photographie 2D de face. La ligne de référence horizontale appelée horizontale vraie est une ligne horizontale parallèle au sol et correspond le plus souvent à la ligne bipupillaire ou à la ligne des méats acoustiques externes si ceux-ci sont calés par un céphalostat. La ligne bipupillaire ne peut être utilisée en cas d'asymétrie orbitaire et la ligne des méats ne peut pas être utilisée en cas d'asymétries crâniennes basales. Les lignes de références externes sont à comparer à ces lignes de référence en cas de doute sur la référence à utiliser (Hooda et Souza 2012).

Kang Young Choi décrit une méthode standardisée d'évaluation des asymétries faciales de face. Les points de repère anatomique (tableau 3) et les lignes de références (tableau 4) sont tracés (figure 25). Dans son analyse, l'auteur utilise l'axe sagittal médian comme plan de symétrie (Choi 2015).

Repère anatomique	Définition
Glabelle (G)	Le point le plus en avant du front sur la ligne médiane au niveau des crêtes supra-orbitaires
Pupille (Pp)	Ouverture circulaire noire au centre de l'iris de l'œil
Canthus interne (ou médial) (Mc)	Le point le plus médian du contour de l'œil
Nasion cutané (Na')	Le point médian de la suture fronto-nasale au niveau des tissus mous
Otobasion inférior (O)	L'insertion inférieure de l'oreille
Point sousnasal (Sn)	Le point où la columelle fusionne avec la lèvre supérieure dans le plan sagittal médian
Point pronasal (Pr)	Le point médian le plus en avant de la pointe du nez
Chélium (Ch)	Le point externe de la commissure labiale
Menton cutané (Me')	Le point cutané le plus bas du menton
Go' (Gonion cutané)	Le point cutané le plus éversé de l'angle de la mandibule
Pog' (Pogonion cutané)	Le point cutané le plus en avant du menton
Pre (Point pré auriculaire)	Le point cutané le plus latéral du contour facial en avant tragus
Point zéro	L'intersection de la ligne sagittale médiane et de la ligne horizontale

Tableau 3 : Points de repère anatomiques de face en photogrammétrie 2D (d'après Choi. 2015).

Ligne de référence	Définition
Ligne sagittale médiane	G-Sn
Ligne horizontale (HI)	Ligne perpendiculaire à la ligne sagittale médiane
Ligne bipupillaire (BI)	Pp droite – Pp gauche
Ligne otobasion inférior (OI)	O droite – O gauche
Ligne bigoniaque (GI)	Go' droite – Go' gauche
Ligne bicommissurale	Ch droite – Ch gauche
Ligne pronasale	Na'-Pr
Ligne menton (CI)	Point zéro-Me'
Lignes des rami (RI)	Pre (droite et gauche) – Go' (droite et gauche)
Lignes du corps mandibulaire (Mbl)	Go' (droite et gauche) – Me'

Tableau 4 : Lignes de référence des tissus mous en photogrammétrie 2D (d'après Choi. 2015).

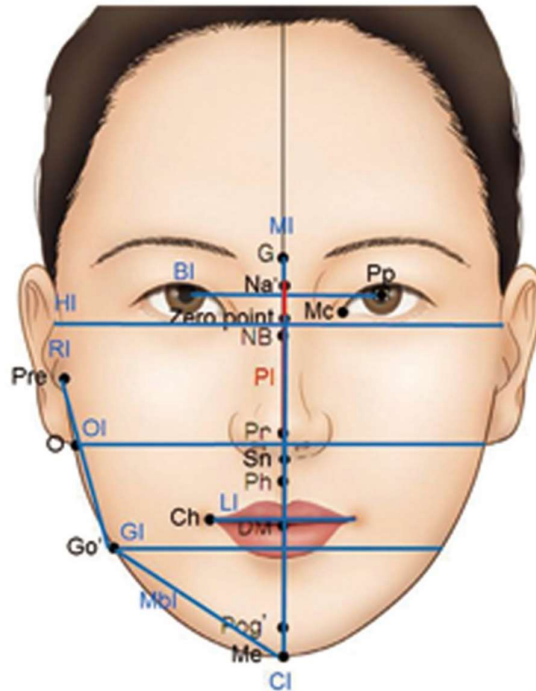


Figure 25 : Analyse du visage de face : Repères anatomiques et lignes de références de l'analyse photogramétrique 2D de face (d'après Choi 2015).

Une fois ces références tracées, on évalue d'éventuelles déviations des points médians par rapport à l'axe de symétrie (Figure 26).

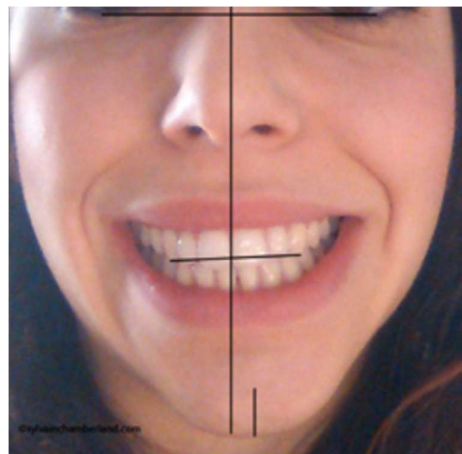


Figure 26 : Déviation du menton par rapport au plan sagittal de référence et inclinaison frontale du plan d'occlusion (source : <https://www.sylvainchamberland.com/ortho-101/chirurgie-orthognathique/>).

Les mesures d'angles sont effectuées (Choi 2015) :

- Entre les lignes horizontales (bipupillaire, otobasion, bicommissurale, bigoniaque) et la ligne horizontale vraie pour déceler une asymétrie du sens vertical.
- Entre les lignes menton, pronasale et la ligne sagittale médiane à la recherche d'une asymétrie du sens horizontal.
- Au niveau des lignes des rami mandibulaires et du corps mandibulaires, les différences d'inclinaisons sont calculées entre les côtés droite et gauche.
- L'angle goniale (Pre-Go'-Me') est également comparé entre la droite et la gauche.
- Entre les lignes de référence horizontales et l'axe vertical de symétrie.

La mesure d'angle se fait également sur les photographies du sourire entre la ligne bicommissurale et l'horizontale vraie. L'axe vertical de référence est comparé aux lignes inter-incisives maxillaires et mandibulaires pour mettre en évidence une déviation des milieux inter-incisifs. Sur les photographies en mordure sur un bâton de bois ou un plan de Fox, on peut mesurer l'angle entre la droite du plan de fox et une droite correspondant à l'horizontale vraie afin de quantifier une éventuelle bascule frontale du plan d'occlusion (Figure 27) (Takano-Yamamoto et Kuroda 2009).

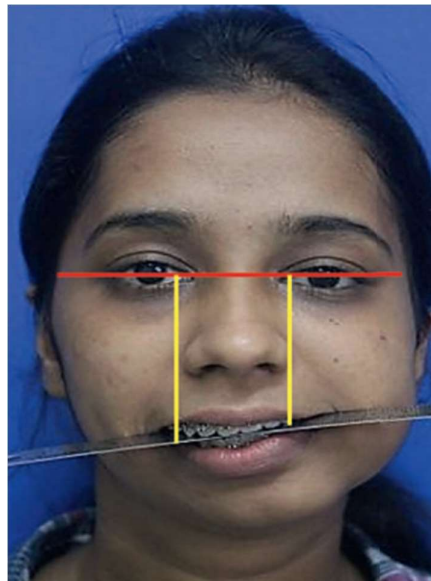


Figure 27 : Convergence vers la gauche (de la patiente) des lignes bipupillaire (rouge) et la ligne de la règle métallique représentant le plan d'occlusion (source : Andrade et coll. 2021).

Dans un contexte de symétrie parfaite les lignes horizontales sont parallèles et il n'y a pas de différence entre les angles goniaux, entre les inclinaisons mandibulaires, à droite et à gauche. Les lignes horizontales sont perpendiculaires à l'axe de symétrie. Une variation des valeurs d'angles de 2 degrés est considérée comme physiologique (Hooda et Souza 2012). Au-delà de cette valeur, on considère qu'il existe une asymétrie plus ou moins sévère en fonction de la valeur de l'angle.

Les différences de distances sont mesurées (Choi 2015) :

- Entre l'axe vertical de référence et les mêmes points présents des deux côtés de la face à la recherche d'une asymétrie horizontale (Hooda et Souza 2012).
- Entre la référence horizontale vraie (généralement la ligne bipupillaire) et les mêmes points bilatéraux afin de quantifier l'asymétrie dans le sens vertical. Cette mesure permet d'évaluer la hauteur différentielle droite/gauche des étages faciaux.

Une différence entre les mesures de chaque côté de 2 à 3 mm est considérée comme physiologique (Hooda et Souza 2012). L'ensemble de ces mesures d'angles et de distances participent à la qualification et la quantification du degré d'asymétrie faciale au niveau des tissus mous.

2.2.2.2. De profil

Les deux profils sont analysés. Une échelle métrique peut être prise comme référence afin d'obtenir le même agrandissement sur les deux photographies et pouvoir les comparer. La hauteur de la branche montante et de la longueur de la branche horizontale peuvent être estimées par les mesures respectives Pre-Go' et Go'-Me'. L'angle goniale (Pre-Go'-Me') (Tableau Y) peut également être comparé entre les deux profils

Le plan de francfort passe par les points porion et sous orbitaire (Tableau 5). Il peut être utilisé comme référence horizontale sauf en cas d'asymétrie orbitaire.

Le plan de Camper passe par les points tragus et alaire. Il est normalement parallèle au plan d'occlusion. Une photographie de profil avec un plan de fox en bouche permet de déterminer ou non le parallélisme entre le plan d'occlusion et le plan de camper et de mettre en évidence une déviation antéro-postérieure du plan d'occlusion.

Repère anatomique	Définition
Tragus	Point le plus antérieur du tragus auriculaire
Alaire	Point le plus latéral du contour de l'aile du nez
Porion	Point milieu du conduit auditif externe
Sous orbitaire	Point perceptible au doigt du rebord orbitaire externe

Tableau 5 : Points de repère anatomiques de profil en photogrammétrie 2D (d'après Diouf *et coll.* 2015).

Le placement des points de repères anatomiques est souvent sources d'imprécisions. Il est possible de superposer les photographies de profil et la téléradiographie de profil afin d'harmoniser les descriptions cliniques et céphalométrique.

2.2.2.3. En vue axiale (contre-plongée et vue d'avion)

L'analyse photogrammétrique portera principalement sur la mesure de la déviation des points médians par rapport à l'axe de symétrie et sur les asymétries antéropostérieures (Figures 28 : Le plan sagittal médian est présenté en rouge. On remarque la déviation du menton vers la droite, représenté par la ligne jaune).

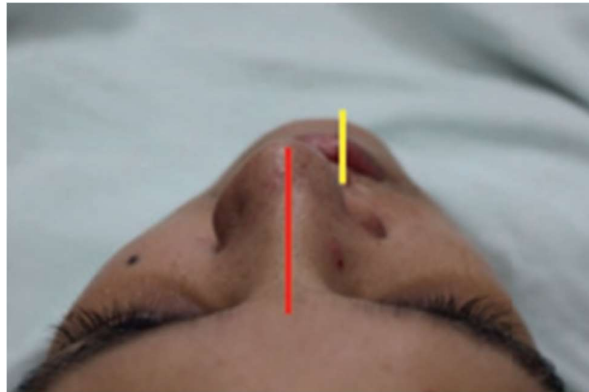


Figure 28 : Photographie en vue du d'avion (source : Andrada et coll. 2021).

Lorsque l'asymétrie est cliniquement évidente, l'utilisation de la radiographie céphalométrique est alors indiquée car la dysmorphose est causée par le squelette, les tissus mous ou une combinaison des deux (Choi 2015).

L'utilisation de la vidéographie peut être intéressante dans un but pédagogique auprès du patient pour lui montrer son apparence faciale lors de la fonction, ses mimiques, attitudes et pour mettre en avant certaines dysfonctions en relations avec les dysmorphoses (Takano-Yamamoto et Kuroda 2009; Boileau 2011).

2.3. Stéréophotogrammétrie ou photographie 3D

Lors de l'analyse photographique en 2D, le praticien analyse principalement la symétrie du visage grâce aux lignes de référence en vue frontale. Cependant les asymétries faciales sont des dysmorphoses impliquant les trois sens de l'espace. La photographie 3D est une technologie nouvelle qui permet de pallier ce défaut de la photographie 2D.

2.3.1. Définition

La photographie 3D ou stéréophotogrammétrie est une technique permettant l'analyse clinique de la face en orthopédie dento-faciale de manière objective, fiable et sans contre-indications. Il s'agit d'une technologie alliant photographie et stéréoscopie (technique utilisée en géographie pour la reproduction de la vision des reliefs) disponible depuis environ 20 ans mais dont la diffusion à tous les cabinets est limitée par son prix élevé. Le terme stéréophotogrammétrie implique une notion de système de mesure d'une photographie 3D.

La photographie 3D permet de représenter un objet en trois dimensions grâce à un concept de triangulation (figure 29). Cette reproduction 3D se fait à partir de plusieurs clichés photographiques en deux dimensions pris depuis des plusieurs points de vue ou à l'aide d'un appareil multi-objectifs. L'intersection des lignes de vues de chaque appareil permet d'obtenir de multiples points de référence obtenus grâce à un repérage mathématique. Ceux-ci possèdent chacun des coordonnées tridimensionnelles (x, y, z). Ils sont ensuite reliés entre eux (maillage) grâce à un logiciel spécifique afin de recréer la surface de l'objet par modélisation et rendu 3D (Sigaux et al. 2018).

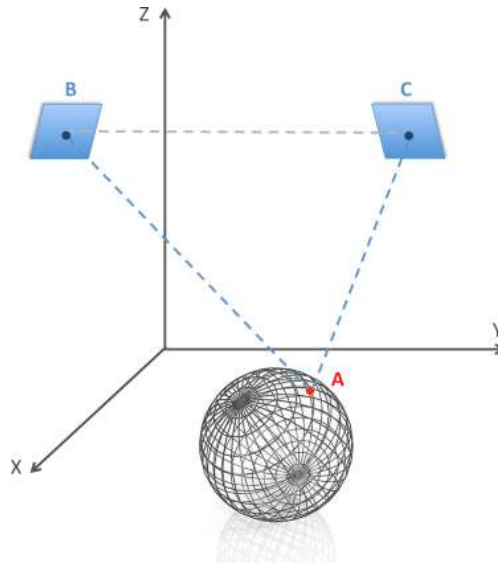


Figure 29 : Principe de la triangulation (source : N. Sigaux et coll. 2018).

Sur la figure, ci-dessus, les objectifs B et C capturent le point A et lui attribuent des coordonnées x,y,z grâce aux distances connues entre ces trois points.

2.3.2. Méthodes d'acquisition

Il existe plusieurs appareils photographiques à usage médical. Certains sont fixes avec plusieurs objectifs repartis dans un espace dédié. D'autres appareils possèdent un double/triple objectif et sont portatifs : c'est l'opérateur qui va se déplacer autour du sujet pour obtenir différentes lignes de vues. Chaque dispositif possède son protocole standardisé spécifique.

Le patient repose la tête et les épaules sur un mur ou un dossier, la mandibule est positionnée en relation centrée. Il doit rester immobile durant tout le temps d'acquisition des images. Le patient a les yeux ouverts et regarde devant lui (idéalement il se regarde dans un miroir placé à hauteur des yeux) (Plooi et al. 2009).

Les fichiers sont numérisés en format .obj et exportés vers des logiciels de lecture d'image afin de modéliser et réaliser le rendu 3D (exemple : Maxilim).

2.3.3. Lecture des images et analyse 3D

De nombreux logiciels d'analyse photographique tridimensionnelle existent. Certains sont disponibles gratuitement mais les plus performants sont payants et très onéreux. Les photographies 3D peuvent être modifiées de multiples manières selon le type d'analyse à réaliser. Il est possible de supprimer les textures de surface (et le

remplacer par des textures à tons neutres) pour conserver l'anonymat ou au contraire de les laisser afin d'augmenter le réalisme (Sigaux et al. 2018).

Tout comme pour l'analyse photographique 2D, il est possible de marquer les points remarquables (figure 31) et d'effectuer l'analyse des tissus mous de la face par la mesure d'angles et de distances. Plusieurs méthodes ont été décrites et sont spécifiques aux clichés 3D. Deux exemples sont présentés ci-dessous :

- Méthode d'analyse 3D « classique » de Plooi *et coll.* (2009) :

Cette technique d'étude des tissus mous à partir de photographies 3D se fait en quelques étapes.

La première étape consiste à mettre en place le cadre de référence constitué des plans de références horizontal, vertical et sagittal : Les points canthus externes, supraorbitaux et le point inter-pupillaire sont ensuite marqués (Tableau 6). Le plan horizontal est calculé automatiquement à 7 degrés sous la ligne canthus externe-supraorbitale, en passant par le point interpupillaire. Ce plan se trouve dans l'alignement horizontal de la position naturelle de la tête.

Le plan vertical a été calculé comme un plan perpendiculaire au plan horizontal et le long de la direction horizontale de la position naturelle verticale de la tête. Le plan sagittal médian est conçu perpendiculairement aux plans frontal et horizontal en passant par la glabella et le point sous nasal (figure 30).

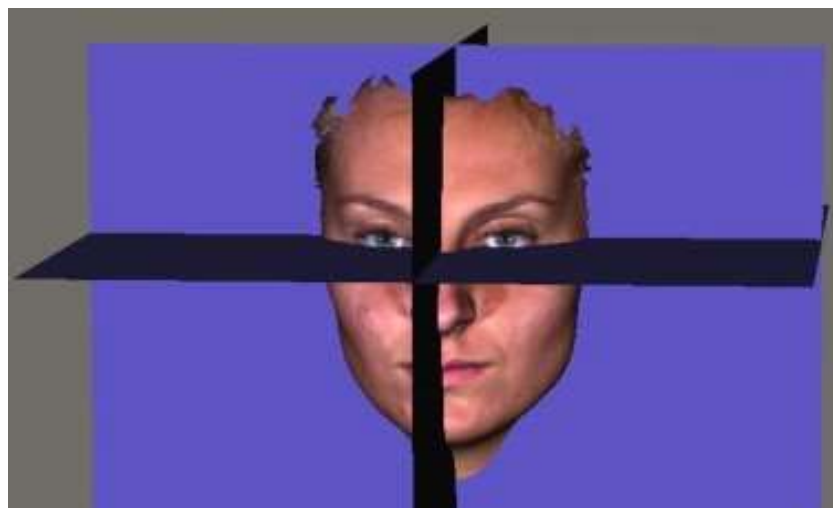


Figure 30 : Plans de références 3D (horizontal, frontal et sagittal) (source : Plooi *et coll.* 2009).

Les points remarquables décrits par Plooij sont placés sur le modèle 3D (Figure 31 et Tableau B).

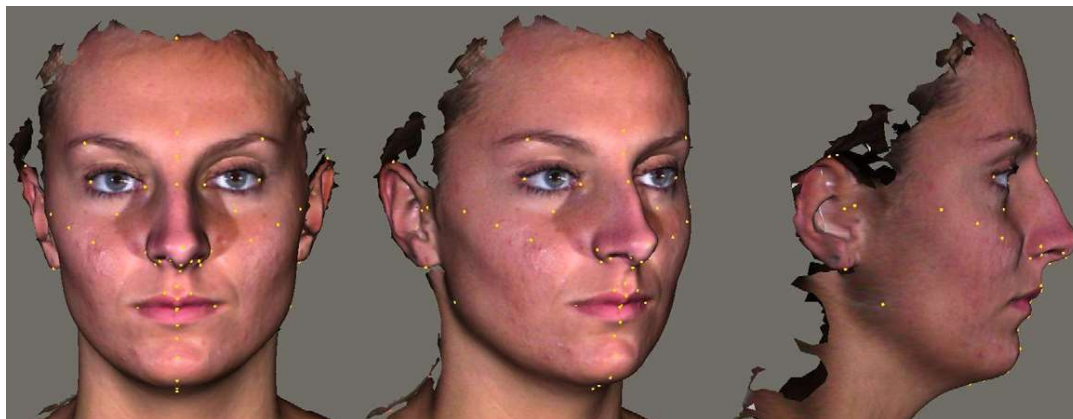


Figure 31 : Analyse des tissus mous basée sur une photographie 3D montrée en vues frontale, de trois quarts et de profil (source : Plooij et coll. 2009).

Point de référence	Définition
Courbure alaire (ac)	Le point situé à l'insertion faciale de la base alaire
Point alaire (al)	Le point le plus latéral de l'aile du nez
Columelle (cc)	Le milieu de la crête de la columelle au niveau des sommets des narines
Cheilion (ch)	Le point externe de la commissure labiale
Christa philtri (cph)	Le point de croisement de la ligne vermillon et de la marge élevée du philtrum
Canthus interne (en) ou endocanthion	Le point des tissus mous situé à la commissure interne de chaque fissure oculaire
Canthus externe (ex) ou exocanthion	Le point des tissus mous situé à la commissure externe de chaque fissure oculaire
Glabelle (g)	Le point le plus en avant du front sur la ligne médiane au niveau des crêtes supra-orbitaires
Labial supérieur (ls)	Le milieu de la ligne vermillon de la lèvre supérieure
Labial inférieur (li)	Le milieu de la ligne vermillon de la lèvre inférieure
Base de la narine (bs)	Le point le plus bas de la narine
Haut de la narine (nt)	Le point le plus élevé de la narine

Point orbital supérieur (os)	Le point le plus haut du bord inférieur de chaque sourcil
Pronasal (pr)	Le point médian le plus en avant de la pointe du nez
Sellion (se)	Le point le plus postérieur du contour des tissus mous fronto-nasaux sur la ligne médiane de la base de la racine nasale
Sous-nasal (sn)	Le point médian où la columelle fusionne avec la lèvre supérieure
Sous-spinal (ss)	Le point médian le plus postérieur du philtrum
Sous orbitaire cutané (or')	Le point le plus inférieur de l'image du rebord orbitaire au niveau des tissus mous
Zygion cutané (zy')	Le point le plus latéral de l'arcade zygomatique au niveau des tissus mous
Stomion inférieur (sti)	Le point médian du bord supérieur de la lèvre inférieure
Stomion supérieur (stu)	Le point médian du bord inférieur de la lèvre supérieure
Tragion (t)	Le point le plus concave de l'insertion de la marge supérieure de chaque tragus
Trichion (tr)	Le point situé à la racine des cheveux sur la ligne médiane du front
Gonion cutané (go')	Le point cutané le plus éversé de l'angle de la mandibule
Sous-labial (sl)	Le point médian le plus postérieur du contour des tissus mous labio-mentonniers qui définit la frontière entre la lèvre inférieure et le menton
Pogonion cutané (pog')	Le point médian le plus antérieur du menton
Gnathion cutané (gn')	Le point médian le plus inférieur du contour des tissus mous du menton.
Porion cutané (po')	Le point situé à chaque insertion des hélix dans la cavité conchienne
Superaurale (sa)	Le point le plus élevé du bord libre de chaque oreille
Subaurale (sba)	Le point le plus bas sur le bord libre de chaque lobe d'oreille
Pupille (pp)	Ouverture circulaire noire au centre de l'iris de l'œil
Inter-pupillaire	Le point au milieu du nez au niveau de la ligne bipupillaire

Tableau 6 : Définition des points de référence pour l'analyse des tissus mous basée sur une photographie 3D (source : d'après Plooi et coll 2009).

La déviation des points médians par rapport plan sagittal de référence peut être mesurée. Les différences de distances des points bilatéraux aux plans de référence permettent de quantifier l'asymétrie dans les trois sens de l'espace. Des mesures d'angles peuvent également être effectuées et comparées entre les deux hémifaces.

Cette technique d'analyse a l'avantage d'être pédagogique et simple à réaliser. Un cadre de référence sans données de tomographie a été utilisé dans cette méthode. Ce cadre est applicable aux photographies 3D sans besoin d'examen radiographiques 3D (cone beam CT ou scanner). Seuls les points de repère de la photographie 3D sont utilisés pour définir le cadre de référence. Cependant elle présente de nombreux inconvénients. En effet c'est une méthode très chronophage et non spécifique au diagnostic des asymétries faciales. De plus le plan de référence

sagittal utilisé ne correspond pas forcément au plan de symétrie. Le cadre de référence utilisé est propre à un seul cliché 3D, ne permettant pas l'analyse de deux clichés du même patient par superposition.

- Méthode d'analyse 3D automatique et spécifique aux asymétries faciales de Berssenbrügg *et coll.* (2014) :

Ils proposent une technique d'analyse 3D automatisée des asymétries faciales. Cette technique permet le calcul de l'indice d'asymétrie en plusieurs étapes (Figure 32) :

- Prise de photographie 3D et obtention sur le logiciel de traitement de clichés d'un nuage de points de 8000 à 13000 points.
- Recherche du plan de symétrie sagittal de référence : il est calculé directement par théorème mathématique par le logiciel informatique. Le nuage de points est réfléchi sur un plan miroir par rapport au plan sagittal médian afin de créer une copie en miroir du visage. Les points de la version originale du visage et sa copie en miroir sont appariés grâce à un algorithme itératif du point le plus proche. Un point est créé à équidistance entre deux points appariés. Le plan sagittal médian est remplacé par un autre plan de réflexion passant par tous les points médians entre deux points bilatéraux nouvellement créés. Cette étape est répétée plusieurs fois et pour chaque étape, les asymétries sont au fur et à mesure des étapes temporairement effacées jusqu'à la dernière itération où l'on obtient l'estimation souhaitée du plan de symétrie sagittal de référence.
- L'indice d'asymétrie local est défini et quantifié par la distance au plan de symétrie sagittal de référence du nuage de point d'origine et sa copie en miroir.

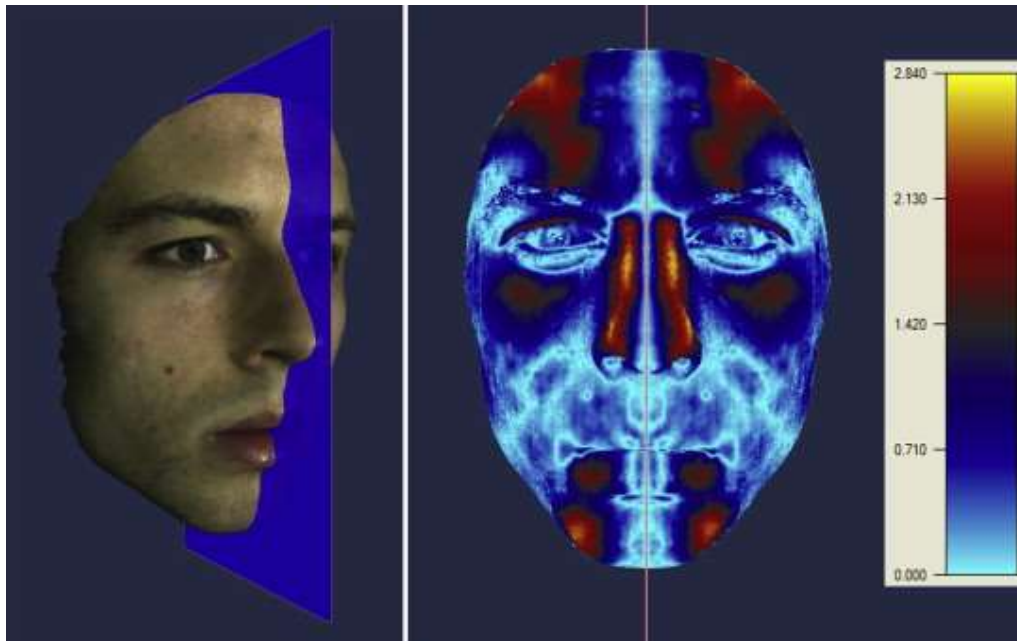


Figure 32 : Les caractéristiques d'asymétrie locale rendues visibles à l'aide d'une échelle colorimétrique (source : Berssenbrügge et coll. 2014).

La figure ci-dessus montre un exemple de visage avec un plan de symétrie sagittal de référence calculé (gauche) ainsi que la vue de face de ce visage avec le plan de symétrie affiché sous la forme d'une ligne orange (droite). Les plans parfaitement symétriques sont de couleur bleu clair et la distance maximale colorée en jaune (ici 2,84mm) (source : Berssenbrügge et coll. 2014).

Cette technique présente l'avantage d'être automatisée donc peu chronophage. Le logiciel calcule un plan de symétrie fiable prenant en compte l'ensemble de la face dans les trois sens de l'espace comme plan sagittal de référence. Le nombre de points de référence est très important permettant une approche globale de l'asymétrie.

Cependant le plan de symétrie étant calculé par ordinateur, il est difficilement applicable en clinique car il n'est pas aligné avec des points de référence anatomiques et ne renseigne pas spécifiquement le praticien sur les structures anatomiques responsables de l'asymétrie (Berssenbrügge et al. 2014).

2.3.4. Superposition de clichés photographiques 3D

Deux clichés peuvent aussi être comparés par superposition des modèles en transparence ou avec une échelle colorimétrique (Swennen et al. 2005; Sigaux et al. 2018). Cette méthode présente plusieurs indications notamment dans le dépistage et

le suivi des pathologies de la voute crânienne chez les jeunes enfants (superposition du cliché du patient et d'un modèle présentant des valeurs quadratiques moyennes) et dans l'évaluation de l'efficacité d'un traitement afin de quantifier les modifications de volumes et leur pérennité (pré et post traitement, avec ou sans chirurgie orthognatique) (Sigaux et al. 2018).

2.3.5. Intérêts en odontologie et perspectives

Les progrès de la stéréophotogrammétrie permettent aujourd'hui une analyse des tissus mous aussi précise qu'avec des techniques de céphalométrie conventionnelle (scanner/ cone beam CT) (Plooj et al. 2009; Incrapera et al. 2010). Les applications cliniques de la stéréophotogrammétrie en odontologie sont multiples. Elle présente un intérêt pédagogique dans la communication scientifique et l'enseignement de l'anatomie et de la chirurgie. De plus, les images sont faciles à anonymiser par suppression des textures. C'est un élément objectif du dossier médical qui permet l'aide au diagnostic et le suivi de l'évolution de certaines pathologies (ex : pathologies de la voute crânienne chez le jeune enfant). Elle sert aussi à évaluer la réussite d'un traitement ou la présence d'une récurrence par comparaison des tissus mous avant et après traitement (Choi 2015). Elle est également un outil de communication au patient très pertinent : elle permet de définir ou préciser sa demande, d'appréhender une éventuelle chirurgie orthognatique en expliquant l'intervention chirurgicale et son objectif esthétique. Les patients sont très demandeurs de morphing (simulation du résultat esthétique post chirurgie) à partir de photographie 3D. Ces simulations manquent de fiabilité à l'heure actuelle en chirurgie orthognatique mais ont déjà très utilisées en rhinoplastie et chirurgie mammaire (Chae et al. 2016; Lekakis et al. 2016). Des guides chirurgicaux sont même créés pour la chirurgie reconstructrice des tissus mous superficiels à partir de photographies 3D (Chen et al. 2015).

Les stéréophotographies sont aujourd'hui intégrées aux radiographies 3D réalisés par cone beam CT en un seul et même cliché (Figure 33).



Figure 33 : Combinaison d'une photographie 3D et d'un cone beam CT sur un même cliché (logiciel Planmeca Proface) (source : <https://henryscheinequipmentcatalog.com/imaging/extraoral-imaging/planmeca-proface-r>).

Diverses méthodes se sont révélées fiables pour l'analyse des tissus mous de la face. Parmi elles, on retrouve la photographie 2D, l'anthropométrie, la céphalométrie 2D (téléradiographies) et 3D (CBCT), le balayage laser de surface et la stéréophotogrammétrie. A l'heure actuelle, la stéréophotogrammétrie est la meilleure méthode pour l'évaluation 3D des dimensions faciales chez les enfants de 0 à 6 ans, les scanners itératifs étant à proscrire à cet âge (Sigaux et al. 2018). La photographie 3D est une alternative valable pour l'analyse faciale en raison de sa capture d'image rapide, ses capacités d'archivage, sa haute résolution et l'absence d'utilisation de rayonnements ionisants (Brons et al. 2012).

Cette technologie a déjà prouvé son intérêt dans l'analyse faciale des patients atteints d'asymétries faciales ou de fentes labio-alvéolo-palatine (Ras et al. 1995a, 1995b, 1996).

A ce jour, l'accès aux appareils photographiques est très aisé. Par exemple, chaque téléphone possède un appareil photographique et des applications smartphones de reconstruction 3D simples existent déjà à partir de clichés 2D ou d'appareils multi-objectifs. L'accès à un matériel spécifique de capture d'images 3D reste cependant encore onéreux. L'étape suivante est la formation des professionnels de santé à ce type d'outils ainsi que l'achat d'un logiciel de lecture et d'analyse d'images 3D. Cette

étape sera sans doute facilitée dans le futur grâce au progrès technologiques, la baisse des coûts des logiciels et l'accès plus aisé aux formations pour les professionnels.

En orthodontie et chirurgie orthognatique, le progrès de cette technologie permettra sûrement la simulation de résultats esthétiques post-chirurgicaux ou encore l'aide à la fabrication de guides chirurgicaux en chirurgie orthognatique.

2.3.6. Limites

La photographie 3D est un outil fiable pour l'analyse clinique de la face mais n'est pas exempt de défauts :

- Les clichés ne sont exploitables et comparables à la seule condition que le patient soit immobile, en position droite et orientée selon le plan de francfort (attention aux postures compensatrices chez les patients atteints d'asymétries faciales) et en occlusion de relation centrée.
- Le transfert, le stockage et le traitement des données peut prendre jusqu'à 30 minutes par patient.
- La maîtrise des logiciels est indispensable.
- Les régions pileuses peuvent produire des artéfacts et altérer la qualité des clichés.
- Les orifices comme le nez, les conduits auditifs ou la cavité buccale sont encore mal évaluées. Le rapport labio-dentaire, par exemple, ne peut être étudié.
- L'utilisation de cette technologie est limitée en pratique quotidienne en cabinet dentaire à cause de son coût financier (entre 10.000 et 30.000 euros).
- Les morphing 3D manquent encore de fiabilité.

Toutes ces limites sont à connaître afin de les anticiper (Plooj et al. 2009; Sigaux et al. 2018).

Une fois ses défauts corrigés et son accessibilité améliorée, cette technologie deviendra un indispensable en cabinet d'orthodontie. Ses avantages par rapport aux autres techniques d'imagerie non irradiante en font une alternative à privilégier dans le diagnostic des asymétries faciales.

3. Examens complémentaires radiographiques

Les examens cliniques et photographiques sont insuffisants pour permettre le diagnostic et apprécier les structures en cause et l'étiologie d'une asymétrie faciale. Le recours aux examens radiographiques est donc indispensable (Besson et al. 2001).

La radiographie est un examen complémentaire indispensable dans l'étude des tissus mous et surtout des tissus durs de la tête et du cou. La radiographie doit se limiter aux clichés nécessaires et présentant un intérêt dans le diagnostic et dans la prise de décision thérapeutique selon les principes ALARA (principe de précaution et d'optimisation lors de la prise de clichés radiographiques)

3.1. Radiographie panoramique dentaire

L'orthopantomogramme est un examen radiographique extra-oral de dépistage indispensable au dossier orthodontique. Il permet de dérouler sur un seul film, au prix d'une faible exposition, l'image des arcades dentaires, d'une articulation temporo-mandibulaire à l'autre (Cavézian et al. 2006). L'orthopantomogramme est utile pour réaliser un premier bilan global de la denture, du parodonte et des structures osseuses avoisinantes. Il permet d'étudier (Boileau 2011) :

- Les sinus et les fosses nasales : rechercher une éventuelle déviation de la cloison nasale ou d'autres signes pouvant évoquer un manque de perméabilité des voies aériennes supérieures.
- Le stade de dentition et la formule dentaire : rechercher une anomalie asymétrique de nombre, de forme ou de position (Cheong et Lo 2011). Une dissymétrie mandibulaire peut être caractérisée par une différence de hauteur entre les apex des molaires et le rebord basilaire entre la droite et la gauche (Salagnac 2016).
- L'état et la morphologie des dents. Une déviation des milieux inter-incisif peut également être mise en évidence.
- Le trajet du nerf alvéolaire inférieur par rapport au bord basilaire pouvant être différent entre la droite et la gauche (Choi 2015; Salagnac 2016).
- Les ATM : rechercher une anomalie de forme des processus articulaires (condyle mandibulaire et fosse glénoïde du temporal) et une asymétrie condylienne. L'hypercondylie est caractérisée par une augmentation de volume du processus condyloire de la mandibule, un col mandibulaire allongé et un

effacement de l'encoche rétro-condylienne. Dans les cas d'hypercondylies sévères, un abaissement du plancher du sinus maxillaire est observé du côté atteint. L'hypocondylie présente des caractéristiques radiographiques inverses (Salagnac 2016).

- La symétrie des deux héli mandibules : il faut comparer la hauteur et la largeur de la branche montante et des ramis mandibulaires, ainsi que la forme des encoches prégoniaques. Leur asymétrie traduit souvent une latérogathie mandibulaire.
- La présence fortuite ou suspectée d'une pathologie des maxillaires (Choi 2015).

Dans les cas d'asymétries faciales l'orthopantomogramme permet de réaliser un premier bilan radiographique mais surtout de déceler des asymétries mandibulaires postérieures et les anomalies de forme condylienne (Boileau et Treil 2017).

Bien souvent, la radiographie panoramique permet une analyse uniquement morphologique du patient. Lemos *et coll.* (2014) proposent une analyse, métrique et angulaire, comparative entre les côtés gauche et droite, de la mandibule (figure 34). Cette analyse est basée sur 9 points anatomiques de référence (tableau 7) :

- Les points condyliens (Co)
- Les points gonion (Go)
- Les points pogonion (Pg ou Pog)
- Les points fosses ptérygo-maxillaires (PF)
- Le point inter-incisif mandibulaire (IP ou i)
- Le point épine nasale antérieur (ANS)

Le maxillaire est utilisé comme référence de symétrie via le plan sagittal médian. Ce dernier passe par le point ANS et le milieu des points PF. Le maxillaire doit donc être symétrique pour pouvoir réaliser l'ensemble des mesures. Elles sont réalisées grâce au logiciel ImageJ®. La technique pantomographique génère des déformations du cliché qui seront compensées, en partie, par un coefficient de distorsion intégré au logiciel.

La hauteur des ramus (Co-Go) et la longueur des deux héli-mandibules (Go-Pog) sont mesurées en mm. L'angle gonique (Co-Go-Pog) est mesuré en degrés.

La radiographie panoramique dentaire possède cependant des limites. L'orthopantomogramme n'est pas la radiographie de choix dans l'appréciation des asymétries à composante squelettique elle ne permet l'exploration que de deux dimensions de l'espace. La technique pantomographique génère des déformations horizontales et verticales entraînant irrémédiablement un agrandissement variable des dimensions des structures anatomiques. Si la forme générale est conservée, aux déformations dimensionnelles s'ajoutent les superpositions et les projections des structures anatomiques entre elles (exemple : superpositions coronaires, projections sinusiennes, etc.). Les dents apparaissent également plus inclinées et plus courtes lorsqu'elles s'éloignent de la ligne médiane. La radiographie panoramique ne permet pas d'apprécier précisément la situation des dents ectopiques ou incluses.

Pour conclure, la fiabilité la forme et la taille des images générées sont utiles pour un premier bilan radiographique mais manquent de précision pour quantifier les dysmorphoses retrouvées chez les patients atteints d'asymétries faciales. Une analyse métrique de ces clichés permet une mesure approximative de l'asymétrie mandibulaire chez l'enfant. Cependant, d'autres clichés complémentaires seront alors nécessaires, chez l'adolescent et l'adulte, tels que le Cone beam CT ou le scanner cervico-facial afin de caractériser l'asymétrie cranio-faciale (Cavézian et al. 2006).

3.2. Céphalométrie conventionnelle 2D

Ces examens complémentaires permettent de quantifier les dysmorphoses observées et suspectées lors de l'examen clinique. Ils permettent également un suivi objectif de la croissance et des effets du traitement.

3.2.1. Analyse des téléradiographies frontale, de profil et axiale

3.2.1.1. Téléradiographie de profil

La téléradiographie de profil est un cliché utilisé en pratique quotidienne dans le diagnostic et le suivi des dysmorphoses du sens vertical et antéropostérieur.

Le patient est debout ou assis sur un tabouret adaptable, le dos droit. Ce dernier doit rester immobile durant tout le temps d'acquisition sous peine d'avoir un flou cinétique sur le cliché. Les condyles doivent être situés dans les cavités glénoïdes, l'occlusion est donc en relation centrée avec contacts molaires. Les lèvres sont jointes. Le

céphalostat permet de caler la posture céphalique via les conduits auditifs externe dans le sens vertical et transversal ; Une bascule antéropostérieure peut toujours exister c'est pourquoi une cale doit être placée au niveau du nasion afin d'orienter la tête selon le plan de Francfort.

L'étude de la téléradiographie de profil se fait en deux temps : l'observation de la morphologie des structures osseuses et cutanées puis la réalisation d'une analyse céphalométrique (Boileau 2011).

- L'analyse des structures :

Durant cette étape, le praticien recherche d'éventuelles anomalies morphologiques au niveau de la base du crâne, de la voûte crânienne et des vertèbres cervicales. Il estime la croissance résiduelle du patient grâce à l'analyse de Baccetti des vertèbres cervicales. La perméabilité des voies aériennes supérieures et le contact vélo-lingual, la posture linguale, la position de l'os hyoïde sont observés à la recherche de signes évoquant une respiration buccale. L'harmonie du profil cutané est observée ainsi que la relation des lèvres avec les incisives, et les relations labiales au repos. Les caractères structuraux de la mandibule définis par les signes de Bjork permettent de définir le type de croissance (rotation antérieure ou postérieure de la mandibule) (Boileau 2011).

Une téléradiographie de profil ne permet pas d'affirmer la présence d'une dissymétrie squelettique verticale ou antéro-postérieure cependant certains signes peuvent le laisser présager (figure 35) (Boileau et Treil 2017) :

- Dédoublement du contour des dents.
- Double contour au niveau des branches horizontales et montantes de la mandibule.
- Dédoublement du toit des orbites.
- Orientation différentielle des plans d'occlusions droite et gauche (Mercier et al. 2014).

Cependant tous ces signes peuvent être retrouvés en cas de mauvaise posture du patient lors de la prise du cliché, d'où l'importance du respect rigoureux du protocole radiographique.

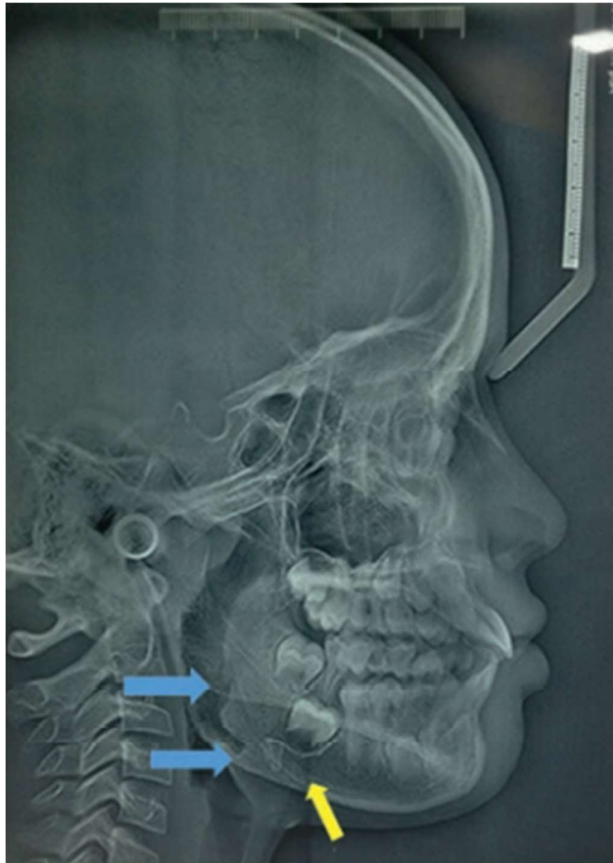


Figure 35 : Dédoublé des contours mandibulaires (flèches bleues) et déplacement du canal dentaire vers le rebord inférieur de la mandibule (flèche jaune) chez un patient atteint d'une hyperplasie condylienne unilatérale (source : Andrade et coll. 2021).

- L'analyse céphalométrique :

Elle se fait pour les deux côtés individuellement dans les cas d'asymétries sévères en raison du dédoublement des structure anatomiques.

Plusieurs analyses céphalométriques structurales et architecturales existent (exemple : Downs, Tweed, Steiner, Ricketts). Les points, plans et lignes de référence de l'analyse céphalométrique sont abordés dans les tableaux 7, 8 et la figure 36. Le tableau 9 reprend les principales mesures de l'analyse.

Point de référence	Description
Points unilatéraux	
Point S	Centre de l'image de la selle turcique
Nasion (Na ou N)	Point le plus antérieur de l'image de la suture fronto-nasale
Epine Nasale Antérieure (ANS)	Point le plus antérieur du prémaxillaire
Epine Nasale Postérieure (PNS)	Point le plus postérieur de l'image du palais secondaire
Point A (de DOWNS)	Point le plus postérieur de l'image de la concavité antérieure du prémaxillaire
Prosthion (Pr)	Point le plus antérieur de l'image des procès alvéolaires supérieurs, entre les deux incisives centrale
Point incisif supérieur (I)	Point le plus occlusal de l'image de l'incisive centrale supérieure
Point incisif inférieur (i)	Point le plus occlusal de l'image des incisives inférieures
Point infradental ou point alvéolaire inférieur (id)	Point le plus antérieur de l'image des procès alvéolaires inférieurs entre les incisives centrales inférieures
Point B (de DOWNS)	Point le plus postérieur de l'image de la concavité antérieure de la symphyse mentonnière
Pogonion (Pog)	Point le plus antérieure de l'image de la symphyse mentonnière
Menton (Me)	Point inférieur de l'image de la symphyse mentonnière
Gnathion (Gn)	Point situé à mi-chemin entre Me-Pog
Ba (basion)	Point inférieur de l'image du basi-occipital (ou point le plus antérieur du foramen magnum)
Porion (Po)	Point supérieur de l'image du Conduit Auditif Externe
GnCC (Gnathion Construit)	Céphalométrique Point situé à l'intersection du plan facial et du plan mandibulaire de DOWNS

Points doubles (bilatéraux)

Orbital (Or)	Point inférieur de l'image du rebord externe de l'orbite
Ptérygoïdien (Pt)	Point d'entrée du canal grand rond dans l'arrière fond de la fosse ptérygo-maxillaire ou point à mi-chemin entre le point supérieur et le point le plus postérieur de l'image de la fente ptérygo-maxillaire
Condyléen (Co)	Point supérieur de l'image du condyle mandibulaire
Gonion (Go)	Point situé à mi-chemin entre la partie postérieure et la partie inférieure de l'angle mandibulaire

Tableau 7 : Points de référence céphalométriques dans l'analyse de profil (source : Document personnel).

Plans et lignes de référence

Plans horizontaux

Plan Horizontal de Francfort (PHF)	Plan passant par les deux porions et l'orbital gauche
Plan bispinal	Relie ENA à ENP; ce plan est à peu près parallèle au PHF
Plan Mandibulaire (de DOWNS)	Passe par Me et tangent dans la région de l'angle mandibulaire
Occlusal	-Selon STEINER : plan bissectant les recouvrements molaires et incisifs - Selon RICKETTS : plan bissectant les recouvrements molaires et canines ou molaire-prémolaire ou molaire-molaire temporaire

Lignes horizontales

Ligne S-Na	Ligne joignant S à Na
Ligne de la base du crâne	Ligne joignant Ba à Na

Plan verticaux

Plan facial	Plan passant par Pog et Na
Plan Ramal	Plan tangent au rebord postérieur du ramus (branche montante de la mandibule)

Lignes verticales

Ligne de Mac Namara	Perpendiculaire au PHF passant par Na
De la denture	Ligne de Pog à A
Ligne d'esthétique (E)	Joint la pointe du nez cutané au pogonion cutané
Axe ptérygoïdien vertical (PtV)	Perpendiculaire au PHF et passant par le point le plus postérieur de l'image de la fente ptérygo-maxillaire
Axe Y de BRODIE (Y)	Joint S à Gn
Axe facial (de RICKETTS)	Joint Pt à GnCC; cette ligne représente comme l'axe Y, l'axe général de la croissance de la face

Tableau 8 : Plans et lignes de référence céphalométriques (source : Document personnel).

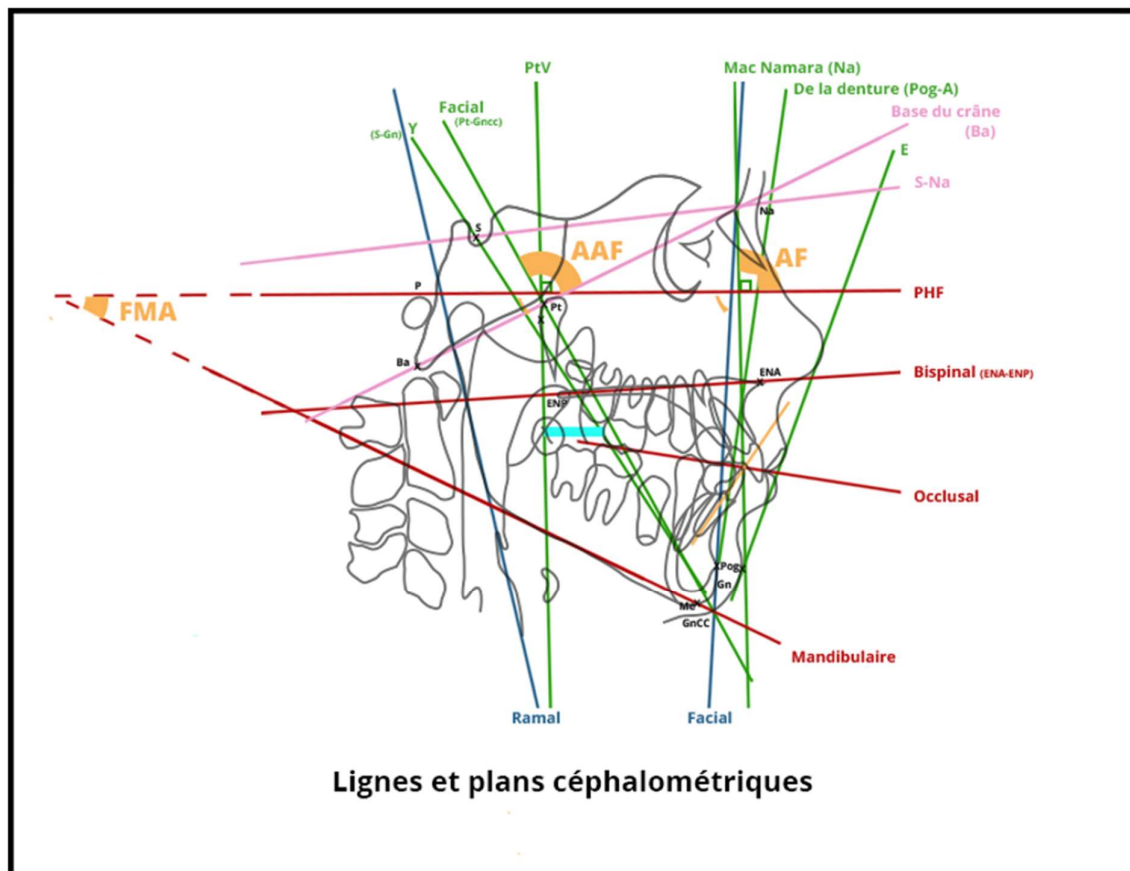


Figure 36 : Lignes et plans céphalométriques (source : <https://www.cecsmo.com/cours/6-traitement/points-lignes-plans>).

	Normalité	réduit	augmenté
FMA	25°±3°	croissance Md horizontale	croissance Md verticale
GoGn/SN	32°±5°	hypodivergent	face longue
axe Y/NaBa	30°±3°	face courte	face longue
Plan d'occlusion/SN	14°±3°	hypodivergent	hyperdivergent
angle goniale	125°	<116° hypodivergent	>131° hyperdivergent
SNA	82°±2°	rétrognathie maxillaire	prognathie maxillaire
SNB	80±3°	rétrognathie mandibulaire	prognathie mandibulaire
ANB	2°±2°	<2° + SNA ok = promandibulie <2° + SNB ok = rétromaxillie	>4° + SNA ok = rétromandibulie >4° + SNB ok = promaxillie
I/NA	22°±2°	rétroalvéolie maxillaire	proalvéolie maxillaire
i/NB	25°±2°	rétroalvéolie mandibulaire	proalvéolie mandibulaire
I/i	135°±5°	protusion incisive	rétrusion incisive

Tableau 9 : Principales valeurs de références de l'analyse céphalométrique (source : http://odonto.u-bordeaux2.fr/Cours/CSCT_web.publi/web/co/module_CSCT_19.html).

Ces clichés peuvent être comparés entre le début, le cours et la fin du traitement afin d'étudier la croissance maxillo-faciale du patient et les effets du traitement sur celui-ci (Boileau 2011).

Aujourd'hui une coupe native latérale d'imagerie CBCT peut être utilisée comme un cliché obtenu par téléradiographie de profil. L'analyse céphalométrique peut être réalisée de la même manière avec la même précision (Chung et al. 2009)

3.2.1.2. Téléradiographie de face

Le patient doit être positionné de la même manière à ce que les points canthus latéraux soient au même niveau que le sommet des tiges auriculaires du céphalostat. En cas de dissymétrie basale, une seule oreille doit être calée par le céphalostat afin que la ligne bicanthale externe soit une référence horizontale. La mandibule est en ORC. Le placement dans la céphalostat doit être standardisé pour permettre les analyses comparatives entre deux clichés. L'analyse céphalométrique de face permet (Boileau 2011) :

- De caractériser les dissymétries faciales dans le sens transversal et vertical ;
- La détection et le diagnostic différentiel entre endo-alvéolie et endognathie maxillaire ;
- Confirmer la présence d'une posture linguale basse.

Les analyses céphalométrique les plus utilisées sont celles de Ricketts et Grummons (Grummons et Ricketts 2003). Ces deux analyses utilisent les mêmes références anatomiques décrites dans le tableau 10 et la figure 37.

Point de repère anatomique	Définition
Points zygomatiques ZL/ZL	Point médial de la suture fronto-zygomatique droite (ZR) et gauche (ZL)
Points cavité nasale NC/CN	Point le plus externe de la cavité nasale droite (NC) et gauche (CN)
Point épine nasale antérieure ENA	Epine nasale antérieure
Point Crista Galli CG	Processus médian supérieur de l'os ethmoïde
Points jugal droite et jugal gauche JR/JL	Intersection entre la face latérale de la tubérosité maxillaire et le processus zygomatique du maxillaire à droite (JR) et à gauche (JL)
Points premières molaires maxillaires A6/6A	Projection orthogonale du point le plus vestibulaire de la première molaire maxillaire droite (A6) et gauche (6A) sur le plan d'occlusion
Points premières molaires mandibulaires B6/6B	Projection orthogonale du point le plus vestibulaire de la première molaire mandibulaire droite (B6) et gauche (6B) sur le plan d'occlusion
Points canines mandibulaire B3/3B	Pointes cuspidiennes des canines à droite (B3) et à gauche (3B)
Points échancrure pré-angulaire AG/GA (Antegonial tubercule)	Point le plus haut de l'échancrure pré-angulaire droite (AG) et gauche (GA) de la mandibule
Menton Me	Point le plus bas de la symphyse mandibulaire

Tableau 10 : Points de repères anatomiques de l'analyse céphalométrique de face (d'après : Grummons et Ricketts 2003).

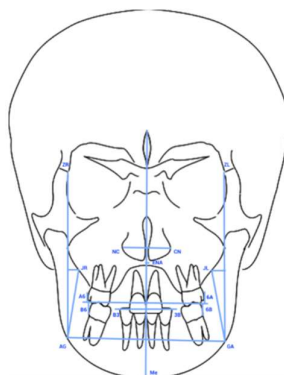


Figure 37 : Points de références anatomiques de l'analyse céphalométrique de face de Ricketts et Grummons (source : Philippides et coll. 2018).

L'analyse de Ricketts à l'avantage de présenter des données chiffrées (Tableau 11) qui peuvent être utilisées pour évaluer le volume des structures anatomiques par rapport à une moyenne et prédire leur croissance (Ricketts 1981). L'analyse de Grummons permet une analyse plus pratique et fonctionnelle des dissymétries faciales. Elle est également plus utilisée dans les logiciels de céphalométrie (Philippides et al. 2018). C'est cette dernière qui sera décrite dans cette partie (Figure 38) (Grummons et Ricketts 2003).

Variable	Moyenne et écart type en mm à 8 ans	Modification avec la croissance en mm/an
Largeur nasale : NC-CN	24,5 2	+0,5
Relation maxillo-mandibulaire transversale à gauche : Distance JL / ZL-GA	10 1	/
Relation maxillo-mandibulaire transversale à droite : Distance JR / ZT-A	10 1	/
Largeur mandibulaire : AG-GA	75 3	+1,25
Symétrie faciale : Distance ENA et Me / plan sagittal médian	0 2	La dissymétrie persiste ou s'aggrave
Largeur de l'arcade au niveau des surfaces vestibulaires des premières molaires permanentes mandibulaires : B6-6B	56 2	Peut diminuer en raison de la dérive mésiale ou demeure inchangée
Largeur intercanine mandibulaire : B3-3B	22,5 2	Les couronnes convergent puis divergent lors de l'éruption des canines
Harmonie de la largeur d'arcade / mâchoires à gauche : Distance 6B / JL-GA	6 2	+0,8
Harmonie de la largeur d'arcade / mâchoires à droite : Distance B6 / JR-AG	6 2	+0,8
Décalage de la médiane incisive mandibulaire	0 1	Augmente en cas de dissymétrie
Rapports molaires transversaux gauches : Distance 6A-6B	1 1	/
Rapports molaires transversaux droits : Distance A6-B6	1 1	/

Table 11 : Analyse céphalométrique de face de Ricketts (Source : Philippides *et coll.* 2018).

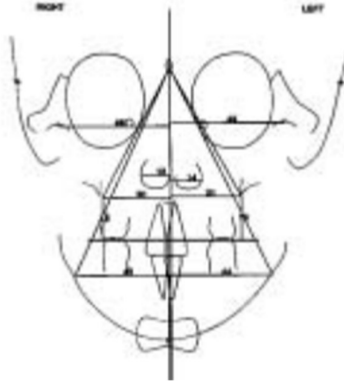


Figure 38 : Analyse céphalométrique de face de Grummons (Ricketts et Grummons 2003).

L'analyse céphalométrique de face simplifiée de Grummons débute par le tracé d'une ligne de référence sagittale médiane (correspondant au plan sagittal médian) passant par les points Crista Galli et ENA et se prolongeant plus bas que le point menton. Le plan d'occlusion est ensuite tracé entre les faces occlusales des molaires maxillaires : Normalement orthogonal à la référence médiane, son angulation est calculée en cas de bascule frontale. Les milieux inter-incisifs sont localisés, leurs décalages respectifs au plan sagittal médian sont évalués. La déviation du point menton à la référence médiane est mesurée, une distance supérieure à 3 mm est considérée comme une dysmorphose. Une droite orthogonale au plan sagittal médian est tracée pour chaque point de référence anatomique bilatéral. La différence de distance des points anatomiques bilatéraux au plan sagittal médian permet de quantifier la dissymétrie dans le sens transversal. La différence de hauteur des points d'intersection des droites issues des structures homologues droites et gauche sur la ligne sagittale médiane permet de quantifier le degré d'asymétrie verticale entre deux points anatomiques bilatéraux (Figures 39 et 40).

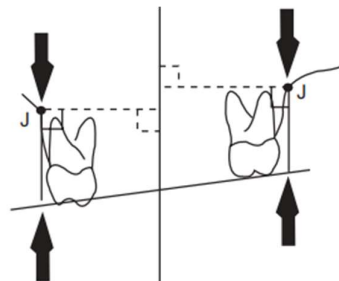


Figure 39 : Inclinaison frontale du plan d'occlusion due à une dissymétrie verticale squelettique du maxillaire, représenté par la différence de hauteur des points JR et JL (source : Grummons et Ricketts 2003).

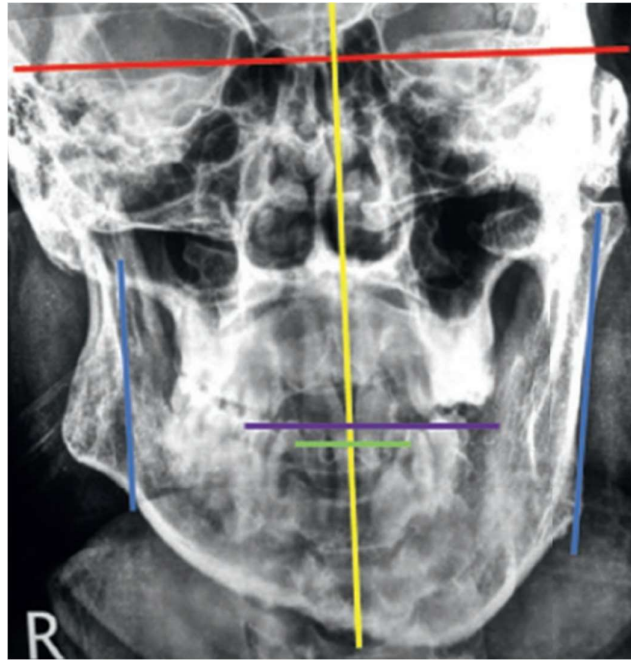


Figure 40 : Exemple d'analyse céphalométrique de Ricketts/Grummons sur une téléradiographie de face chez un patient présentant une dissymétrie cranio-faciale (source : Andrade et coll. 2021).

La dimension transversale du maxillaire est évaluée. Une action orthopédique doit être entreprise en cas d'insuffisance transversale, au risque de développer une latérodéviatation mandibulaire pouvant évoluer en latérogathie. Le praticien étudie également la position verticale des incisives et leur inclinaison axiale (Grummons et Ricketts 2003).

3.2.1.3. Téléradiographie basale

La téléradiographie basale est un examen radiographique permettant l'étude de l'asymétrie faciale squelettique dans le sens antéro-postérieur et transversal.

La tête du patient est en hyperextension callée par un dossier. La mandibule est positionnée en ORC. (Figure 41) (Forsberg et al. 1984). L'incidence axiale de Hirtz ou de Berger sont couramment utilisées lors de la prise de clichés cependant elle peut engendrer des déformations mandibulaires et du plan d'occlusion notamment chez les patients présentant des rotations transversales asymétriques de la mandibule (Deblock et al. 1998).

L'incidence idéale est décrite par un plan d'occlusion parallèle au film radiographique. Pour se faire, le praticien peut s'aider un plan de Fox en plexiglass (ou un autre matériel non-radio-opaque) sur lequel de la pâte de kerr est disposée dans la partie endobuccale et sert à caler la mandibule en ORC. On obtient donc un cliché sans défilement avec la mandibule, à l'échelle 1, en position d'ORC et qui, associé à un occlusogramme, permettra la réalisation d'un mandibulogramme (Ray et al. 1998).

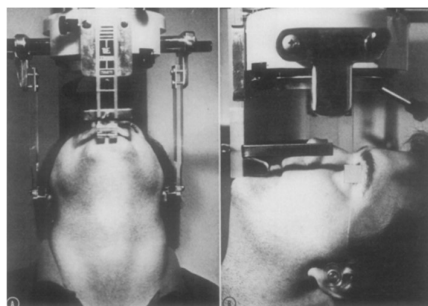


Figure 41 : Patient positionné pour une téléradiographie basale (source : Forsberg et coll. 1984).

L'analyse de la symétrie du crâne, du maxillaire et de la mandibule est étudiée grâce à des axes de références de Fosberg (Forsberg et al. 1984). L'étude céphalométrique s'effectue par des mesures d'angles entre les axes de références et des mesures de distances à partir de points de référence bilatéraux par rapport à l'axe de symétrie (figure 42).

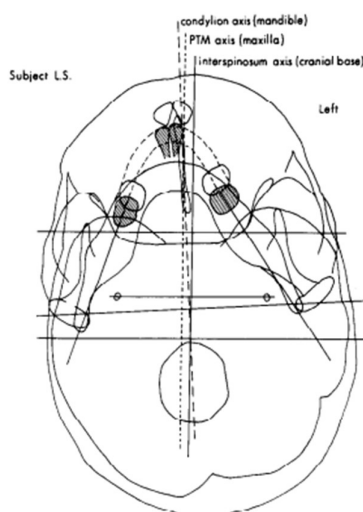


Figure 42 : Analyse céphalométrique axiale d'un patient présentant une rétrognathie mandibulaire, une classe II.1 d'Angle et une asymétrie faciale touchant le maxillaire, la mandibule et la base crânienne (source : Forsberg et coll. 1984)

Cependant cette analyse ne permet pas d'étudier la forme mandibulaire sans déformations (car elle utilise l'incidence de Berger) et ne permet pas non plus de déterminer la localisation précise des dysmorphoses dans le sens transversal (Deblock et coll. 1998)

3.2.2. Mandibulogramme

Le mandibulogramme est un tracé de la mandibule, sur papier calque, à partir d'un cliché céphalométrique sub-axial. Il est ensuite superposé à l'occlusogramme (Partie 2.1.2). Tout comme l'occlusogramme, il peut être réalisé numériquement à partir de clichés de coupes natives de CBCT (Ray et al. 1998).

La construction d'un mandibulogramme débute par le tracé mandibulaire et le repérage des points gognion, condyle, coroné, corticales interne et externe du rebord basilaire, les incisives centrales et premières molaires mandibulaires, les points condyles antérieurs (CA), le segment condylion qui joint les points CA droite et gauche

La croix de repère (M,CA) qui est la bissectrice du segment condylion (Figure 43)

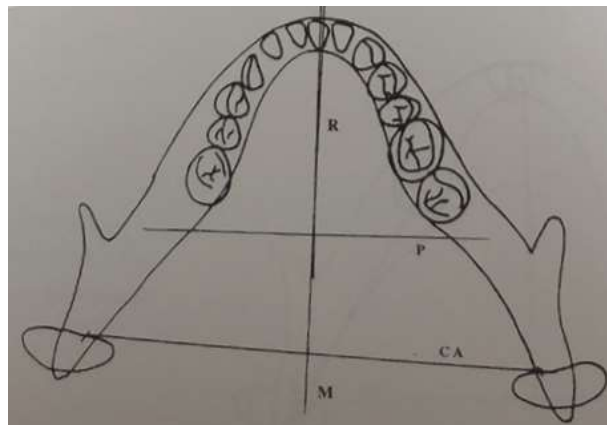


Figure 43: Le mandibulogramme : tracé mandibulaire superposé à un occlusogramme de l'arcade inférieure (source : Ray et coll. 1998).

L'occlusogramme mandibulaire et le mandibulogramme sont superposés grâce aux points de repères que sont les premières molaires et la médiane inter-incisive. Ils permettent ainsi d'étudier la base osseuse et l'arcade mandibulaire ainsi que la base osseuse maxillaire représentée par la ligne R (Figure 43).

L'intérêt du mandibulogramme est multiple :

- Evaluer la position dans l'os mandibulaire de l'arcade dentaire inférieure.
- Effectuer le diagnostic différentiel entre la déviation du milieu inter-incisif d'origine maxillaire et/ou mandibulaire.
- Définir les objectifs orthodontiques et chirurgicaux

L'analyse du mandibulogramme :

Les tracés des deux héli mandibules sont superposés ou mirrorés. Les deux calques se superposent et la ligne M se confond avec la ligne R en l'absence de dissymétrie basale mandibulaire.

Si la mandibule est symétrique et que l'arcade dentaire mandibulaire correspond avec ses rebords basilaires, que l'axe R ne passe pas par le milieu inter-incisif inférieur, il peut s'agir d'une dissymétrie cinétique (ex : une latérodéviation mandibulaire) ou une dissymétrie squelettique maxillaire.

Si l'arcade mandibulaire ne coïncide pas avec ses rebords basilaires, nous sommes donc en présence de compensations alvéolaires de l'arcade inférieure. Ces compensations peuvent être dues à une dissymétrie basale mandibulaire (calques des héli-mandibules non superposables) ou à une dissymétrie basale et/ou dento-alvéolaire d'origine maxillaire (la mandibule est symétrique, les calques des héli-mandibules se superposent).

On superpose ensuite l'occlusogramme maxillaire sur le mandibulogramme :

- Si l'arcade maxillaire symétrique n'est pas coordonnée avec l'ensemble (base et arcade) mandibulaire aussi symétrique, alors il s'agit d'une latérodéviation mandibulaire
- Si les arcades maxillaires et mandibulaires sont coordonnées alors que l'arcade mandibulaire n'est pas coordonnée avec sa base osseuse, alors il existe des compensations alvéolaires dans un contexte de dissymétrie squelettique
- Si les deux arcades ne sont pas coordonnées et l'arcade mandibulaire ne coïncide pas avec ses bases osseuses alors l'ensemble de la denture suit la dissymétrie des bases osseuses. Cette dernière peut être d'origine maxillaire et/ou mandibulaire.

Le mandibulogramme était utile dans la planification chirurgicale impliquant une ostéotomie de type Dalpont-Obwegeser mais son utilité est aujourd'hui dépassée par

les méthodes informatiques de planification chirurgicales tridimensionnelles à partir de clichés Cone Beam CT (Ray et al. 1998). Au besoin, l'analyse céphalométrique d'une coupe native axiale de CBCT et un mandibulogramme numérique permettent de compléter l'analyse céphalométrique tridimensionnelle.

3.2.3. Montage tridimensionnel

La combinaison des téléradiographies de face, de profil et basale donne une indication tridimensionnelle de l'asymétrie faciale (Boileau et Treil 2017).

Le montage tridimensionnel est une méthode de recherche de certains points difficilement localisables sur l'une ou l'autre des trois incidences téléradiographiques. Il révèle aussi les plans d'orientations selon lesquels les différentes radiographies ont été prises (et par conséquent, l'existence ou non de mouvements parasites) (figure 44). Ce montage est par nature approximatif, le résultat de la juxtaposition de clichés est différent selon leurs incidences. De plus, si l'un des clichés est atteint de grandissement, le montage devient impossible et les téléradiographies sont à refaire (Boileau et Treil 2017).

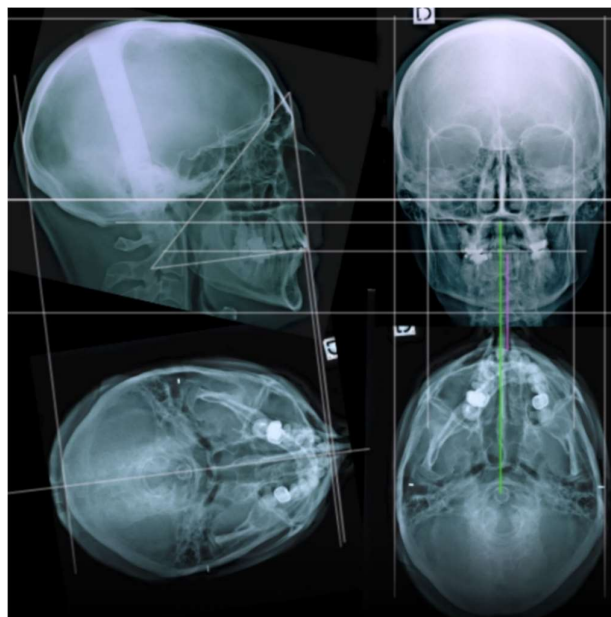


Figure 44 : Montage tridimensionnel (source : <https://www.cranio-facial-universe.com/video/fr/montage-cephalometrique-tridimensionnel-17>).

3.2.4. Limites

La téléradiographie et le montage tridimensionnel présentent des difficultés telles que (Besson et al. 2001; Boileau et Treil 2017) :

- L'orientation délicate des clichés selon des incidences rigoureusement orthogonales entre elles (plans de francfort, incidence axiale de Hirtz/Berger)
- Les plans de références peu adaptés : par exemple on peut orienter les trois clichés selon le plan horizontal de Francfort, or nous avons vu précédemment que ce plan n'est pas toujours le plus adapté pour la prise de clichés chez le patient dissymétrique. Il en va de même pour les incidences axiales de Hirtz et Berger.
- Le centrage aléatoire de la tête lors de la prise du cliché
- L'examen dépend beaucoup de la position du patient
- Le flou cinétique et les mouvements parasites du patient (tangage, roulis, rotation de la tête.
- La projection conique des structures anatomiques asymétriques sur une surface plane provoque un agrandissement et des déformations du cliché, notamment (Deblock et al. 1998; Ray et al. 1998).
- La superposition des structures anatomiques.
- La reproductibilité des clichés est délicate à obtenir.
- Le choix du plan de symétrie et des points de référence parfois source d'approximations
- L'irradiation cervico faciale importante notamment au niveau d'organes radiosensibles comme la thyroïde.

Selon le principe ALARA, en cas de dissymétrie faciale cliniquement évidente, il est préférable de réaliser directement un cliché 3D (sauf pour les enfants de jeune âge) sur lequel on effectuera une analyse céphalométrique tridimensionnelle complétée au besoin d'analyses céphalométriques bidimensionnelles à partir des coupes natives.

3.3. Examen tomодensitométrique et analyse céphalométrique tridimensionnelle.

Les asymétries faciales sont des pathologies complexes intéressantes des trois sens de l'espace. Le caractère bidimensionnel des clichés céphalométriques conventionnels est inapproprié à l'analyse d'un volume et de sa croissance (Faure et al. 2002). L'objectif de cette partie est de décrire la création et l'analyse d'un modèle céphalométrique tridimensionnel permettant l'analyse des dissymétries crânio-faciales.

3.3.1. Indications en ODF

L'utilisation du cône beam en première intention se justifie pour les cas où la radiographie conventionnelle n'est pas en mesure de permettre un diagnostic orthodontique correct des pathologies (De Grauwe et al. 2019). Ainsi, la radiographie tridimensionnelle doit être prescrite en première intention en cas d'asymétrie clairement identifiée lors de l'examen clinique et photographique (Esnault et al. 2016). Il est possible, grâce à un seul cliché cône Beam CT, d'obtenir de multiples reconstructions de plans bidimensionnelles et de vues tridimensionnelles. Les analyses céphalométriques de face, de profil et en vue sub-axiale peuvent donc être réalisées sur un cliché issu d'un CBCT (Treil et al. 2002). Les radiographies bidimensionnelles ne doivent plus être pratiquées en supplément du CBCT (Esnault et al. 2016).

Ce type de radiographie permet au praticien, à l'aide des photographies, de raisonner en 3D (Esnault et al. 2016). Le modèle tridimensionnel permet quant à lui une étude approfondie de la face et des arcades dentaires dans leur ensemble (Treil et al. 2002).

Le caractère encore trop irradiant du CBCT limite son utilisation à des fins de comparaison de clichés. L'évolution technologique ouvre des perspectives en termes de réduction des doses d'irradiation délivrées. Le stockage et le transfert des données ainsi que leur traitement par des logiciels spécifiques est facilité.

3.3.2. Acquisition et traitement des données tomodensitométriques

Les conditions d'acquisitions d'une radiographie tridimensionnelle sont proches de celles d'une radiographie panoramique. La tête est calée au niveau des oreilles dans le céphalostat et orientée selon le plan de Francfort. Le patient peut être installé en position assise, debout ou allongé en fonction du dispositif de capture utilisé. La durée d'acquisition d'un CBCT est supérieure à celle de l'imagerie panoramique. Le

mécanisme de retenue de la tête utilisé est plus important que l'orientation du patient. En effet, l'analyse céphalométrique tridimensionnelle s'affranchit du positionnement de la tête dans le céphalostat (Treil et al. 2002). La production d'image de CBCT se fait en quatre étapes : acquisition, détection d'image, reconstruction d'image et affichage de l'image (Scarfe et Farman 2008). Le traitement des données se fait à l'aide de logiciels d'analyse de clichés céphalométriques tridimensionnels. Les logiciels de la gamme Cepha® sont utilisés dans les analyses 3D de Treil et Faure.

3.3.3. Repères anatomiques

Les repères anatomiques utilisés sont au nombre de quatorze. Il s'agit de repères stables et repartis de manière cohérente dans l'architecture maxillo-faciale. Les repères anatomiques ainsi que les dents sont déterminés sur des coupes tomodensitométriques natives en 2D (Figure 45).

Les huit repères anatomiques décrits par Treil *et coll.* sont présents par paires de chaque cotés (Figure 45) (Treil et al. 2002) :

- Les foramens supra-orbitaires (émergence du nerf du même nom issu du V.1), RSO et LSO.
- Les foramens infra-orbitaires (émergence du nerf du même nom issu du V.2), RIO et LIO.
- Les foramens mentonniers (émergence du nerf du même nom issu du V.3), RM et LM.
- Les têtes des marteaux de l'oreille moyenne (insertion du muscle tenseur du tympan innervé par le nerf trijumeau), RHM et LHM.

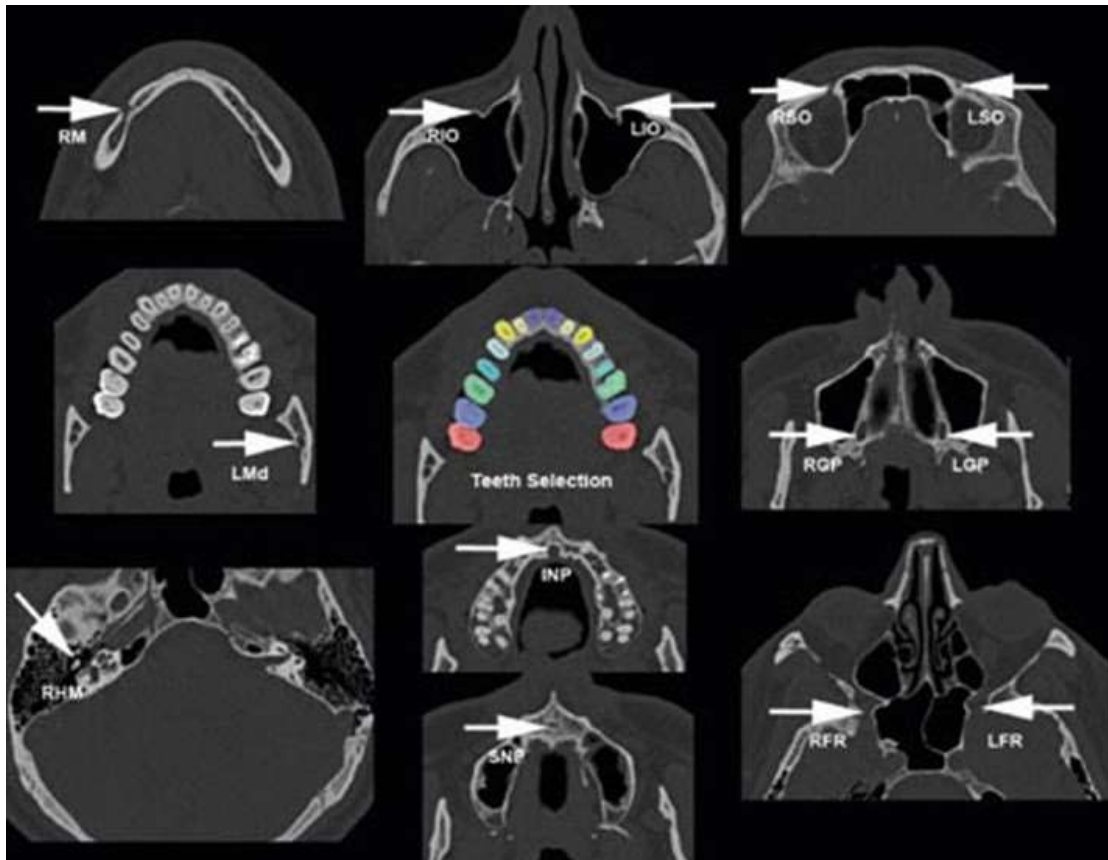


Figure 45 : Coupes tomodensitométriques natives. Sont représentés les quatorze repères anatomiques ainsi que les dents (source : Faure et coll. 2008).

Faure *et coll.* dans, leur étude de 2008, ajoutent six points supplémentaires (également par paires) afin de décrire plus précisément les bases osseuses maxillaires et mandibulaires (Faure et al. 2008) :

- Les foramens grands palatins (émergence du nerf du même nom issu du V.2), RGP et LGP
- Les foramens mandibulaires (émergence du nerf alvéolaire inférieur issu du V.3), RFM et LFM
- Les orifices supérieur et inférieur du canal nasopalatin (par lequel chemine le nerf du même nom issu du V.2), SNP et INP

Tous ces points, positionnés sur les axes trigémínés, sont liés à la croissance neuro-matricielle de la face (Behrents et Johnston 1984). Il en va de même pour les dents, innervées par des branches des nerfs V.2 et V.3.

3.3.4. Le modèle tridimensionnel

L'analyse radiographique tridimensionnelle de Treil *et coll.* de 2002 modifiée par l'analyse de Faure *et coll.* 2008 est la plus utilisée. Elle allie une analyse architecturale et statistique. Elle permet de qualifier et quantifier les asymétries faciales ainsi que de repérer les structures osseuses et/ou dentaires qui sont en cause. Son apport pour faire les diagnostics différentiels est indispensable, par exemple pour rechercher l'origine squelettique ou dentaire d'une rotation d'arcade (Esnault et al. 2016).

Le modèle tridimensionnel utilisé est celui décrit par Treil (2002) et modifié par Faure (2008). Il s'agit d'un modèle de l'architecture 3D du complexe cranio-facio-maxillo-dentaire. Les composantes squelettiques, dentaires et dentoalvéolaires sont définies et étudiées de manière isolées ou dans un ensemble correspondant à la charpente maxillo-faciale.

Le modèle tridimensionnel correspond à une échelle d'éléments anatomiques définis mathématiquement : la dent unitaire, les quatre hémi-arcades, les deux arcades isolées et ensemble, les bases osseuses maxillaires et mandibulaires et la charpente maxillo-faciale. Le modèle tridimensionnel est divisé en trois étages : l'enveloppe globale correspondant à la charpente maxillo-faciale, les bases osseuses maxillaires et mandibulaires et l'étage alvéolodentaire (Treil et al. 2002).

- Charpente maxillo-faciale du modèle tridimensionnel :

Le logiciel construit une charpente maxillo-faciale à partir des 8 points de repères anatomiques cités précédemment par Treil (partie 3.3.3). La charpente se compose de deux pentaèdres opposés et présentant une base commune formée par la tête des deux marteaux et des deux foramens infra-orbitaires (figure 46).

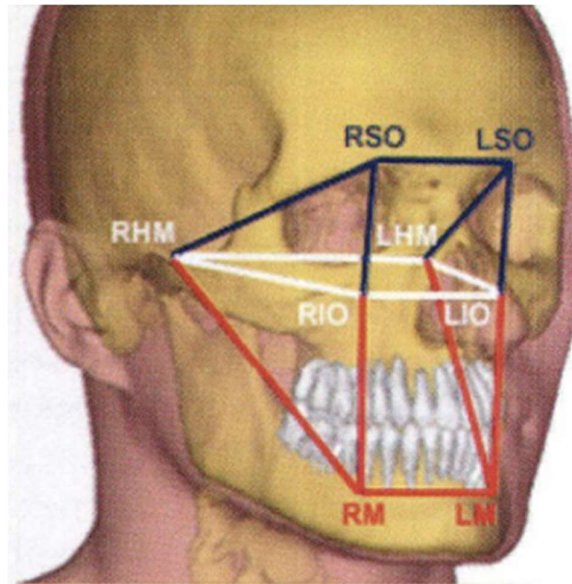


Figure 46 : Charpente maxillo-faciale dont chaque sommet est un point de référence anatomique (Source : Treil et coll. 2002).

Cette base commune est nommée surface horizontale basicrânienne. Cette surface est proche du plan de Francfort et elle est utilisée comme plan de référence horizontale ou plan d'horizontalité dans l'analyse céphalométrique tridimensionnelle. Elle sépare la face en deux étages : l'étage crânial (orbitaire) et l'étage caudal (maxillo-mandibulaire).

La surface verticale faciale est formée par les points des foramens supra-orbitaires, infra-orbitaires et mentonniers.

La surface sagittale médiane est formée par les points médians entre les points RSO et LSO, RIO et LIO, RM et LM, RHM et LHM.

Ces trois surfaces ont peu de chances d'être coplanaires. Un logiciel calcule, par la méthode des moindres carrés, des plans moyens correspondants aux surfaces aplanies. On obtient donc trois surfaces (horizontale basicrânienne, verticale faciale, sagittale médiane) et trois plans moyens correspondants (horizontal, vertical et sagittal médian).

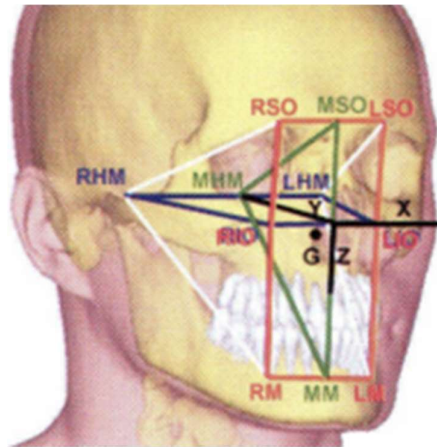


Figure 47 : Les trois surfaces de la charpente maxillo-faciale (source : Treil et coll. 2002).

Afin d'apprécier l'orientation des éléments dentaires et osseux les uns par rapport aux autres Treil *et coll.* utilisent un repère tridimensionnel orthonormé et invariant (Figure 47 : en rouge la surface verticale faciale, en bleu la surface horizontale basicrânienne, en vert la surface sagittale médiane. En noir, les trois axes X, Y et Z du repère orthonormé direct et G : le centre géométrique de la charpente maxillo-faciale).

Le repère tridimensionnel est décrit ci-dessous :

- Première direction (x) : droite joignant les deux foramens infra-orbitaires
- Deuxième direction (y) : perpendiculaire à la première direction, passant par le milieu des deux points des têtes des marteaux.
- Troisième direction (z) : perpendiculaire aux deux autres directions, passant par leur point d'intersection.

Afin d'évaluer la symétrie des surfaces verticale faciale et horizontale basicrânienne par rapport au plan sagittal, Treil *et coll.* utilisent des axes médians. Les axes médians sont au nombre de 4 par surfaces et divisent ces dernières.

La surface faciale verticale est divisée par deux axes verticaux progressant du milieu des foramens infra-orbitaires aux milieux, respectivement, des foramens supra-orbitaires et des foramens mentonniers. Elle est également divisée par deux axes horizontaux passant par le point milieu des foramens infra-orbitaires jusqu'au points foramens infra-orbitaires droits et gauches. La surface horizontale basicrânienne est divisée par quatre axes passant par le milieu de la surface et le milieu de chacun des quatre côtés (Treil et al. 2002).

La symétrie de la charpente maxillo-faciale est quantifiée par des mesures de différents paramètres dans le repère orthonormé tridimensionnel. Ces paramètres sont :

- La distance entre les points de repères anatomiques bilatéraux. Ceci permet le calcul de la hauteur, la largeur, la profondeur de la charpente.
 - Les angles non projetés entre les plans moyens, ainsi qu'entre les axes médians
 - Les angles projetés entre les axes médians et les plans moyens ou entre les axes médians et le repère tridimensionnel.
 - Les surfaces de la charpente maxillo-faciale et des plans moyens (figure 47)
 - La situation du centre géométrique de la charpente maxillo-faciale G
-
- Composante squelettique basale

L'analyse des bases maxillaire et mandibulaire est décrite par Faure (Figure 48). Le maxillaire est défini par les points RGP, LGP, INP, SNP et la mandibule par les points RFM, LFM, RM, LM. Un centre de gravité respectif à chaque base osseuse est défini : GBM et GBm.

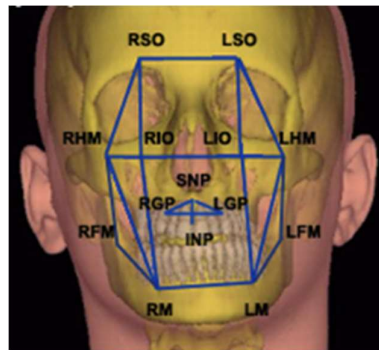


Figure 48 : Les quatorze points trigéminaux de l'analyse de Faure (source : Faure et coll. 2008).

On peut réaliser des mesures d'angles et de distances des points analogues par rapport aux plans moyens et étudier la situation des centres de gravité par rapport à la surface sagittale médiane. L'analyse des bases osseuse de Faure est surtout intéressante dans l'étude des compensations verticales linéaires ou angulaires (Faure et al. 2008).

- Composante alvéolodentaire

Les dents, groupes de dents, héli-arcades, arcades complètes isolées ou assemblées sont caractérisées par leurs axes d'inertie, qui sont des outils mathématiques, calculés par le logiciel à partir de coupes tomodensitométriques natives. Une dent est définie par trois axes d'inertie orthogonaux dont le principal correspond à son axe corono-radulaire (figure 49, 50 et 51) (Treil et al. 2002; Faure et al. 2008).

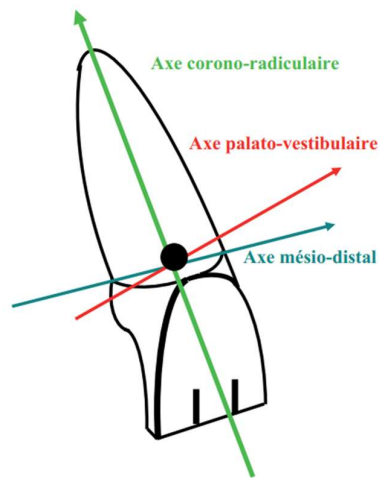


Figure 49 : Les trois axes d'inertie de la dent numéro 11 représentées par les flèches de couleurs (source : Faure et coll. 2008).

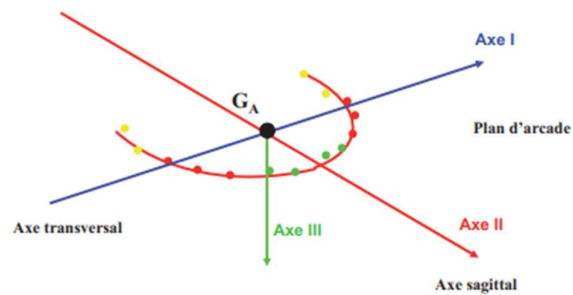


Figure 50 : Schéma représentant la courbe de régression, le centre de gravité G_A , et les trois axes d'inertie de l'arcade dentaire (source : Faure et coll. 2008).

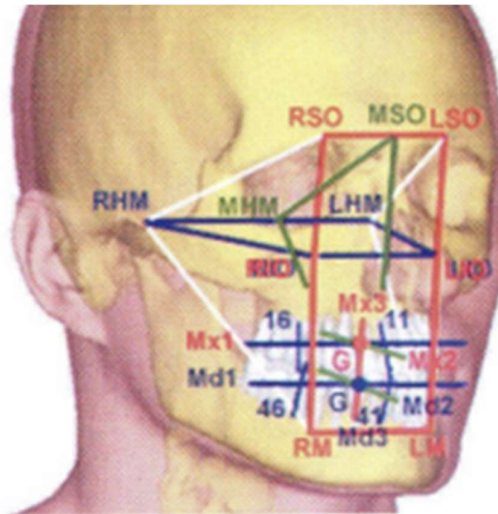


Figure 51 : Axes d'inerties et centres de gravités (Logiciel C2000 Cepha) (Source : Treil et coll. 2002).

La figure 51, ci-dessus, représente sur l'étage alvéolo-dentaire, les axes d'inertie des arcades maxillaire (Mx), et mandibulaire (Md) : en bleu les axes principaux transversaux (Mx1 et Md1) ; en vert les axes secondaires ventro-dorsaux (Mx2 et Md2) ; en rouge les axes tertiaires verticaux (Mx3 et Md3) ; En bleu les axes d'inertie principaux des dents 11, 16, 41 et 46. G rouge représente le centre de gravité de l'arcade maxillaire et G bleu le centre de gravité de l'arcade mandibulaire.

L'asymétrie des arcades (maxillaire et mandibulaire) et des héli-arcades (droite et gauche) est quantifiée par des mesures :

- De distance entre le centre de gravité de chaque arcade ou héli-arcade au repère orthonormé tridimensionnel.
- De valeurs d'angles des axes d'inertie des arcades ou héli-arcades par couple de deux. Ces angles peuvent aussi être projetés sur les plans moyen ou sur le repère tridimensionnel.
- De volume de chaque dent, arcade ou héli-arcade.
- De courbes d'arcades calculées à partir du centre de gravité des dents. Les courbes des deux arcades peuvent être projetées sur le plan horizontal basicrânien pour être comparées dans ce plan (de même sorte qu'un occlusogramme).
- Des angles dentaires correspondant au torque et au tipping. Les termes de torque et de tipping, définissent habituellement l'inclinaison et l'angulation de la face vestibulaire de la dent ; Ici on utilise l'axe corono-radulaire de la dent.

- Rapport entre la composante alvéolo-dentaire et osseuse :

Le rapport entre ces deux composantes est défini par la situation du centre de gravité de chaque arcade par rapport au plan sagittal ou au repère tridimensionnel. Il peut également être apprécié par la valeur des angles des axes d'inertie des arcades et les axes médians projetés ou non sur les plans du repère tridimensionnel (Treil et al. 2002).

3.3.5. Le modèle tridimensionnel idéal

Le modèle tridimensionnel idéal est à même de définir la normalité. Il est symétrique et équilibré. Le pathologique est, par opposition, défini par les dissymétries et un déséquilibre du modèle tridimensionnel au niveau de sa composante osseuse, alvéolo-dentaire ou au niveau du rapport entre les deux.

La notion d'équilibre est ajoutée à l'analyse comme aide pour situer la frontière entre normal et pathologique dans les cas de dissymétries. L'équilibre correspond à la stabilité du système trigéminal et donc de la charpente maxillo-faciale. Il s'agit de la résultante d'une croissance harmonieuse, induite et dirigée par le système trigéminal. Un patient peut être dissymétrique et équilibré (Tilly 2006).

La charpente maxillo-faciale est considérée comme symétrique si les valeurs, droites et gauches, de tous ses paramètres sont équivalentes. Les angles entre les axes médians doivent être orthogonaux entre eux. La charpente maxillo-faciale est équilibrée si son centre de gravité G est situé dans le plan sagittal et si ses plans moyens sont orthogonaux entre eux.

Chaque arcade dentaire est symétrique si le torque et le tipping des dents correspondantes droites et gauches ont les mêmes valeurs. Des valeurs d'angles identiques des axes d'inertie des héli-arcades droite et gauche par rapport aux axes d'inertie de l'arcade concordante. Les arcades dentaires sont considérées comme équilibrées si les valeurs d'angles des axes d'inerties de chaque arcade et des deux arcades ensembles sont identiques. Le centre de gravité de chaque arcade isolée et des deux arcades ensembles sont situées sur un même axe vertical. Les courbes d'arcades, projetées sur le plan horizontal moyen de la charpente, doivent se superposer (figure 52).

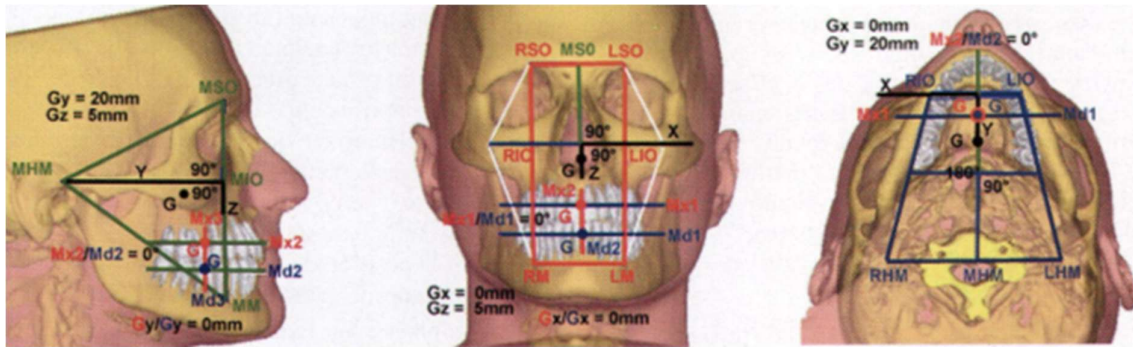


Figure 52 : Modèle de normalité idéal en vue sagittale, frontale et sub-axiale (Source Treil et coll. 2002).

L'équilibre des rapports entre les composantes osseuses et alvéolo-dentaires est caractérisé par le parallélisme entre les plans horizontaux, verticaux et sagittaux des arcades maxillaire et mandibulaire (déterminés par les axes d'inerties des arcades) et les plans moyens de la charpente maxillo-faciale. Les centres de gravité de chaque arcade isolée et des deux arcades ensemble sont dans le plan sagittal (Treil et al. 2002).

3.3.6. Déterminer le pathologique

Le modèle tridimensionnel a pour but de qualifier et quantifier les dissymétries faciales. Le deuxième objectif de l'analyse du modèles est de localiser la dissymétrie issue de la composante squelettique et la dissymétrie d'origine alvéolo-dentaire. La reconnaissance de la responsabilité de l'une ou des deux composantes permet d'établir des schéma thérapeutiques orthodontiques, chirurgicaux ou combinés dans le but d'un retour à un état de normalité clinique équilibré et symétrique (Faure et al. 2008).

Toutes les mesures d'angles citées ci-dessous doivent être considérées au signe près.

- Les dissymétries de la charpente maxillo-faciale :

Les déformations des surfaces sagittales médiane, horizontale basi-crânienne, vertico-faciale se font dans les 3 dimensions de l'espace (Faure et al. 2002). La classification de Faure décrit (a) les asymétries transversales, (b) les asymétries antéro-postérieures et (c) les asymétries verticales (Figure 53).

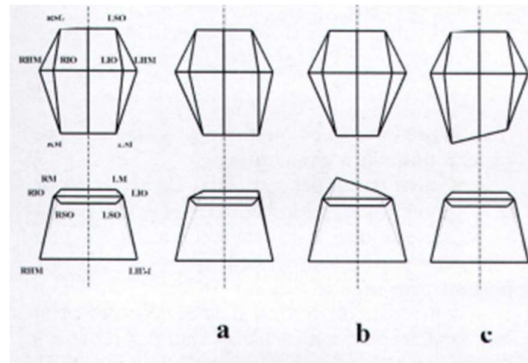


Figure 53 : Asymétries de la charpente maxillo-faciale de Treil dans les trois dimensions de l'espace (source : Faure et coll. 2002).

Les dysmorphoses sont caractérisées par la fusion des déformations de chacune des trois dimensions. On résume les déséquilibres de la charpente maxillo-faciale en 3 catégories :

- Les déformations qui intéressent les surfaces horizontale et verticale correspondant aux dysmorphoses crânio-faciales.
- Les déformations intéressant les étages orbitaire et maxillo-mandibulaire au niveau de la surface vertico-frontale sont qualifiées de dysmorphoses orbito-faciales.
- Les déformations n'intéressant que l'étage maxillo-mandibulaire (ou étage caudal) au niveau de la surface vertico-faciale correspondent aux dysmorphoses faciales inférieures.

- Dissymétries des arcades dentaires :

Les notions d'équilibre et de symétrie du sens vertical des arcades sont relativement similaires. On parlera ci-dessous de dissymétrie pour qualifier les problèmes intra-arcades et de déséquilibres pour les problèmes inter-arcades.

Les déséquilibres inter-arcades se caractérisent par :

- Des axes d'inerties des arcades maxillaires et mandibulaires non parallèles
- Des axes d'inerties de l'ensemble des deux arcades affectées par des bascules ou des déplacements
- Le centre de gravité des arcades est affecté au niveau des axes x et y du repère tridimensionnel de la charpente.

Le degré de déséquilibre entre les deux arcades est donc quantifié par la mesure du déplacement des centres de gravité de chaque arcade et par la mesure des angles entre les axes d'inerties de ces deux arcades. De plus, la projection des courbes d'arcades sur le plan horizontal de la charpente permet de délimiter une surface. Cette dernière peut être calculée afin de quantifier le déséquilibre entre les deux arcades dans le sens horizontal.

Les dissymétries intra-arcades sont appréciées à l'échelle des dents et des hémis-arcades. Une dissymétrie à l'échelle dentaire s'évalue grâce aux différences de valeurs d'angles de torque et de tipping des dents analogues droites et gauches. Une dissymétrie à l'échelle des hémis-arcades est appréciée par la différence de valeur d'angle entre les axes d'inertie de l'hémi-arcade et les axes d'inertie de l'arcade complète correspondante (Treil et al. 2002).

- Déséquilibre dissymétrique entre les composantes alvéolo-dentaires et osseuses :

La perte de l'équilibre entre ces deux composantes se caractérise par l'absence de parallélisme entre les plans horizontaux, verticaux et sagittaux des arcades maxillaire et mandibulaire (déterminés par les axes d'inerties des arcades) et les plans moyens de la charpente maxillo-faciale. De plus, le positionnement des centres de gravité des deux arcades isolées et ensembles se situent en dehors du plan sagittal de la charpente.

Pour résumer, la symétrie maxillo-faciale est quantifiée par la comparaison des valeurs d'angles, de distances, de surfaces et de volumes des différentes composantes droites et gauches homologues du modèle tridimensionnel. On pourrait ainsi simplement différencier le normal du pathologique par comparaison du modèle de l'individu au modèle tridimensionnel idéal. Cependant, les outils mathématiques et des méthodes statistiques à disposition sont utilisées comme aide au diagnostic : leur objectif réside dans la quantification de la dissymétrie en vue de sa correction et non pas dans le but de déterminer ce qui relève du pathologique ou non. L'emploi de ces méthodes reste réservé à la recherche de haut niveau car la symétrie clinique tolère certains écarts (généralement des écarts de distance de deux à cinq millimètres et d'angles de deux à trois degrés). L'état d'équilibre et de symétrie est propre à chaque individu (Treil et al. 2009).

La norme est finalement définie par la demande du patient et la compréhension globale, anatomique et fonctionnelle, du praticien.

3.3.7. Prédiction de croissance

La croissance est un processus continu d'équilibre évoluant dans les trois sens de l'espace. Le suivi de la forme et des dimensions du modèle tridimensionnel permet d'étudier et de modéliser la croissance. Le modèle tridimensionnel évolue de manière équilibrée avec la croissance, ceci est dû aux points de repère situés sur les axes trigéminaux. Au niveau de la charpente maxillo-faciale, les distances entre les pointes de référence augmentent, cependant les valeurs d'angles restent constantes. La croissance donc est relativement prévisible (Treil et al. 2002).

La comparaison de deux clichés d'un même individu à deux temps différents permet, par superposition, d'évaluer la croissance maxillo-faciale (Faure et al. 2008). La croissance mandibulaire peut être analysée par des superpositions mandibulaires grâce à des repères précis : les deux foramens mandibulaires, les deux foramens mentonniers, les apex des racines des premières molaires et le canal mandibulaire au-dessous ces dernières (Asaria et Lagravère 2018).

3.3.8. Limites de l'analyse tridimensionnelle

Cette analyse n'est pas couramment utilisée en pratique courante car elle est très irradiante pour le patient, en particulier chez l'enfant. L'analyse céphalométrique 3D est chronophage pour le praticien. Le niveau de preuve limité des études sur la recherche sur la céphalométrie 3D nécessite des nouvelles études récentes. Ceci afin d'améliorer l'exactitude du diagnostic et offrir plus de preuves concrètes sur les avantages de la céphalométrie 3D dans la planification des traitements orthodontiques et chirurgicaux (Pittayapat et al. 2014).

3.3.9. Classification et diagnostic des asymétries faciales

3.3.9.1. Classifications des asymétries

Peu de classifications existent pour décrire l'ensemble des formes cliniques que peut prendre cette pathologie. Deux sont décrites ci-dessous : celles de Wackenheim (1972) est relativement ancienne et présente une description globale de la forme céphalique ; Celle de Baek *et coll.* (2012) est plus récente et adaptée aux techniques d'imagerie mais ne traite que de l'asymétrie basale osseuse du maxillaire et de la mandibule (Tilly 2006).

Wackenheim classifie les asymétries faciales en 6 catégories :

- Type 1 : asymétrie de la région orbito-oculaire.
- Type 2 : hypoplasie de toute une hémiface.
- Type 3 : scoliose cranio-faciale
- Type 4 : hypoplasie fronto-orbitaire unilatérale
- Type 5 : asymétrie cranio-faciale croisée
- Type 6 : hypoplasie sous orbitaire de la face

Baek et collaborateurs classifient en quatre groupes les asymétries squelettiques maxillo-mandibulaires (figure 54) :

- Groupe 1 (A) : Latérogathie mandibulaire causée par un antécédent de latérodéviations mandibulaires
- Groupe 2 (B) : asymétrie mandibulaire présentant une différence significative entre la hauteur de la branche droite et gauche avec une déviation de menton vers le côté court
- Groupe 3 (C) : asymétrie atypique, déviation du menton, prééminence de l'angle/gonion du côté le plus large et inclinaison maxillaire inversée
- Groupe 4 (D) : déviation et inclinaison sévère du maxillaire, différences de hauteur ramales mandibulaires et une déviation de menton vers le côté court

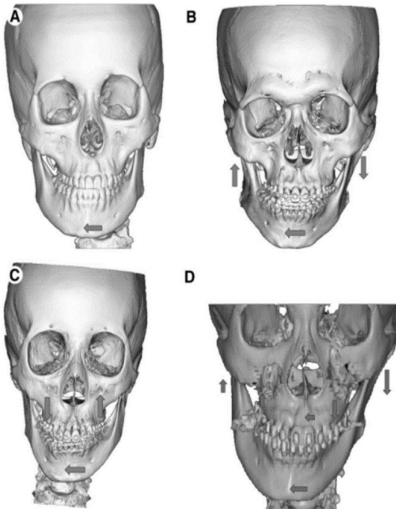


Figure 54 : Classification des asymétries faciales de Baek et coll. 2012 (source : Baek et coll. 2012).

Ces classifications traitent de la forme clinique anatomique que peut prendre une asymétrie faciale mais omettent l'aspect fonctionnel, musculaire, dentaire et articulaire de ces pathologies. Ainsi nous caractérisons les asymétries par un diagnostic complet décrit ci-dessous.

3.3.9.2. Diagnostic morphologique

À la suite de tous les examens sus-décrits, l'asymétrie peut être caractérisée. Le diagnostic doit être hiérarchisé et être déduit de l'ensemble des examens cliniques et complémentaires réalisés. Il débute par la prise en compte des risques médicaux et des limitations liées à la condition générale du patient.

- Diagnostic basal squelettique :

Il comprend l'évaluation de la classe squelettique, la divergence faciale. On caractérise l'asymétrie par le diagnostic de toute discordance transversale entre les deux arcades (exemple : insuffisance transversale maxillaire) et par la dissymétrie osseuse basale quantifiée par les examens radiographiques.

On peut citer quelques exemples :

- Latérogénie (déviation latérale du menton),
- Latérodéviations mandibulaires,
- Latéropositionnement mandibulaire,

- Latérogнатhie mandibulaire (peut être due à une anomalie de forme ou de volume de l'os mandibulaire ; ou liée à une asymétrie basicrânienne entraînant une implantation asymétrique de la mandibule),
- Endognathie maxillaire,
- Bascule du plan d'occlusion d'origine basale,
- Hauteurs différentielles des branches montantes mandibulaires,
- Rotation maxillaire et/ou mandibulaire autour de l'axe céphalo-caudal,
- Hyper/hypo condylie (Boileau 2011; Esnault et al. 2016; Salagnac 2016).

- Diagnostic occlusal et dento-alvéolaire :

L'occlusion statique est quantifiée en millimètres dans les trois dimensions de l'espace par le surplomb, le recouvrement, la classe d'Angle et la déviation des médianes entre elles et par rapport au plan de symétrie. L'occlusion dynamique est qualifiée par la présence, ou non, d'interférences ou de prématurités occlusales et d'éventuels troubles de la cinétique mandibulaire.

Les paramètres dento-alvéolaires tels que l'importance des courbes de compensation ainsi que les inclinaisons, différences de hauteur, anomalies de torque, de tipping et compensations alvéolaires doivent être caractérisées (Boileau 2011; Esnault et al. 2016).

- Diagnostic dentaire et parodontal :

Ce diagnostic évalue le risque carieux individuel et l'état parodontal. Il permet une synthèse de l'examen des arcades dentaires : rotation d'arcade d'origine alvéolaire, présence d'une dysharmonie dent-arcade par excès ou par défaut, d'une dysharmonie dento-dentaire localisée ou globale, agénésie, extraction dentaire asymétrique ou toute autre anomalie dentaire de nombre, de forme, de morphologie, de situation surtout si celles-ci sont asymétriques.

3.3.9.3. Diagnostic fonctionnel

Il s'agit d'un diagnostic de dysfonctions ou de para-fonctions décrits dans la partie 1.5.

3.3.9.4. Diagnostic de DAM

Diagnostic d'une éventuelle DAM musculaire ou articulaire. Le praticien effectue un premier bilan décrit dans les parties 1.6 et 1.7 qui peut être complété en cas de pathologie complexe par un protocole DC/TDM au besoin.

3.3.9.5. Diagnostic étiologique

Il peut être héréditaire, congénital, de développement (lié à la fonction ou des anomalies dentaires le plus souvent) ou acquis. Les différentes étiologies sont citées en partie 1.1.

Conclusion

Les asymétries faciales correspondent à des variations cliniquement significatives entre les deux hémifaces droite et gauche, qui préoccupent le patient et qui peuvent être quantifiées par le praticien. Ce dernier doit être en mesure de déterminer avec précision les zones anatomiques et les fonctions affectées par l'asymétrie. L'examen clinique et radiographique doit être mené avec attention pour ne pas éluder une dysmorphose. Une erreur diagnostique peut mener à une perte de chance pour le patient, et peut placer le praticien dans une situation délicate. Une asymétrie, qu'elle soit morphologique, fonctionnelle, ou associée à une pathologie des ATM, peut devenir un véritable défi si elle n'est remarquée qu'en cours de traitement. La symétrie doit être une priorité dès le début du traitement. La différence entre le normal et le pathologique doit se faire grâce à deux raisonnements : statistique et morphologique. L'issue de ce diagnostic permet d'évaluer la difficulté, de planifier et de fixer les objectifs du traitement le plus adapté au patient. Les nouvelles technologies doivent accompagner le praticien dans sa tâche et permettre d'améliorer sa communication avec le patient. Enfin la prise en charge orthodontique doit s'inscrire dans un contexte de compréhension globale du corps et de la psychologie du patient afin d'assurer la bonne conduite du traitement et la pérennité des résultats de ce dernier.

Table des matières :

1. Examen clinique spécifique aux asymétries faciales	15
1.1. Définitions.....	16
1.2. Anamnèse, demandes du patient et profil psychologique.....	17
1.2.1. Anamnèse.....	18
1.2.2. Demandes du patient et profil psychologique	18
1.3. Evaluation posturale.....	22
1.3.1. Evaluation de la posture.....	22
1.3.2. Relations entre malocclusions et posture	25
1.3.3. Conséquence sur le choix de traitement et indication des traitements occluso- posturaux	27
1.4. Examen clinique exo et endobuccal	28
1.4.1. Examen exobuccal.....	28
1.4.2. Examen endobuccal.....	34
1.5. Examen fonctionnel.....	38
1.5.1. Respiration.....	38
1.5.2. Déglutition	41
1.5.3. Phonation.....	42
1.5.4. Mastication.....	42
1.5.5. Parafonctions	45
1.6. Analyse de l'activité musculaire.....	45
1.6.1. Rappels anatomiques.....	46
1.6.2. Notion de symétrie fonctionnelle	46
1.6.3. Inspection et palpation musculaire	47
1.6.4. Examens complémentaires spécifiques.....	47
1.6.5. Activité musculaire chez le sujet asymétrique.....	48
1.7. Diagnostic des dysfonctions de l'appareil manducateur	49
1.7.1. Rappels anatomiques.....	49
1.7.2. Examen clinique des DAM	51
1.7.3. Diagnostic des DAM.....	52
2. Examens complémentaires non radiographiques	56
2.1. Moulages d'étude et montage sur articulateur	56
2.1.1. Le rôle des moulages d'étude	56
2.1.2. Occlusogramme et analyse métrique des moulages d'étude.....	56
2.1.3. Apport de l'articulateur semi-adaptable et de l'arc facial de transfert.....	59
2.2. Photographie 2D	62
2.2.1. Protocole photographique	62

2.2.2.	Analyse photogrammétrique 2D	65
2.3.	Stéréophotogrammétrie ou photographie 3D.....	70
2.3.1.	Définition	71
2.3.2.	Méthodes d'acquisition.....	72
2.3.3.	Lecture des images et analyse 3D	72
2.3.4.	Superposition de clichés photographiques 3D.....	77
2.3.5.	Intérêts en odontologie et perspectives	78
2.3.6.	Limites.....	80
3.	Examens complémentaires radiographiques	81
3.1.	Radiographie panoramique dentaire	81
3.2.	Céphalométrie conventionnelle 2D.....	84
3.2.1.	Analyse des téléradiographies frontale, de profil et axiale	84
3.2.2.	Mandibulogramme	96
3.2.3.	Montage tridimensionnel	98
3.2.4.	Limites.....	98
3.3.	Examen tomодensitométrique et analyse céphalométrique tridimensionnelle.	99
3.3.1.	Indications en ODF	100
3.3.2.	Acquisition et traitement des données tomодensitométriques	100
3.3.3.	Repères anatomiques	101
3.3.4.	Le modèle tridimensionnel.....	103
3.3.5.	Le modèle tridimensionnel idéal	109
3.3.6.	Déterminer le pathologique	110
3.3.7.	Prédiction de croissance	113
3.3.8.	Limites de l'analyse tridimensionnelle	113
3.3.9.	Classification et diagnostic des asymétries faciales	114

Références bibliographiques :

- AACD. photographic documentation and evaluation in cosmetic dentistry. A guide to accreditation photography [Internet]. Monona: American academy of cosmetic dentistry; 2009. Disponible sur:
[https://aacd.com/proxy/files/Students%20and%20Faculty/AACD_2013_Photo_Guide\(1\).pdf](https://aacd.com/proxy/files/Students%20and%20Faculty/AACD_2013_Photo_Guide(1).pdf)
- Alanko OME, Svedström-Oristo AL, Tuomisto MT. Patients' perceptions of orthognathic treatment, well-being, and psychological or psychiatric status: a systematic review. *Acta Odontol Scand.* 1 sept 2010;68(5):249-60.
- Alouini O, Farmakis I, Marçon JL. Bilan photographique en orthodontie. Dans *EMC - Odontologie*. 2007 : [Article 23-460-D-15].
- Andrade N, Mathai P, Aggarwal N. Facial Asymmetry. Dans : Bonanthaya K, Paneerselvam E, Manuel S, Kumar VV, Rai A. *Oral and maxillofacial Surgery for the clinician*. Singapour : Springer 2021. p. 1549-76.
- Arnaud E, Marchac D, Renier D. Diagnostic d'une asymétrie faciale et crânio-faciale. *Ann Chir Plast Esthét.* 1 janv 2001;46(5):410-23.
- Arzul L, Corre P, Khonsari RH, Mercier JM, Piot B. Hypertrophie asymétrique des muscles masticateurs. *Ann Chir Plast Esthét.* 1 juin 2012;57(3):286-91.
- Asaria I, Lagravère MO. Évaluation par imagerie tridimensionnelle des modifications du canal mandibulaire. *Int Orthod.* 1 déc 2018;16(4):712-32.
- Baeumlin A, Hermer S, Subtil F, Bebeille-Chauty S. Quels sont les facteurs associés aux latéromandibulies? Une étude cas-témoins. *Orthod Fr.* sept 2020;91(Issue 3):225-38.
- Bally F. Fonctions, dysfonctions, parafonctions : comment faciliter le développement harmonieux des structures faciales ? *Rev Odonto Stomatol.* sept 2018;(47):196-210.
- Bapelle M, Dubromez J, Savoldelli C, Tillier Y, Ehrmann E. Modjaw® device: Analysis of mandibular kinematics recorded for a group of asymptomatic subjects. *CRANIO®* 2021 [online ahead of print]. DOI : 10.1080/08869634.2021.2000790
- Behrents RG, Johnston LE. The influence of the trigeminal nerve on facial growth and development. *Am J Orthod.* mars 1984;85(3):199-206.
- Ben-Bassat Y, Yitschaky M, Kaplan L, Brin I. Occlusal patterns in patients with idiopathic scoliosis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1 nov 2006;130(5):629-33.
- Bengel W. *Mastering Digital Dental Photography*. London: Quintessence Publishing Co Ltd; 2006. xiv- 394 pages.
- Berssenbrügge P, Berlin NF, Kebeck G, Runte C, Jung S, Kleinheinz J, et coll. 2D and 3D analysis methods of facial asymmetry in comparison. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 1 sept 2014;42(6):e327-34.
- Besson A, Leger JL, Doual A. Etudes des dissymétries crânio-faciales en tomodynamométrie. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol & Odontol.* 2001 ; 43(2) : 68-73.

- Bocquet E, Moreau A, Danguy M, Danguy C. Détection et thérapeutique des troubles temporo-mandibulaires en orthodontie. *Orthod Fr.* mars 2010;81(1):65-83.
- Boileau MJ. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte. Tome 1, Principes et moyens thérapeutiques. Bordeaux. Issy-Les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2011. 280p.
- Boileau MJ. Chapitre 15 : Analyse de l'activité musculaire propre à l'asymétrie. Dans : Saulue P, Palla S, Michelotti A, Laluque JF. *Asymétrie et Fonction*. Berlin : Quintessence publishing ; 2017. p. 123-30.
- Boileau MJ, Treil J. Chapitre 4 : Examen clinique de la dysmorphose. Dans : Saulue P, Palla S, Michelotti A, Laluque JF. *Asymétrie et Fonction*. Berlin : Quintessence publishing ; 2017. p. 23-30.
- Brons S, van Beusichem ME, Bronkhorst EM, Draaisma J, Bergé SJ, Maal TJ, et coll. Methods to quantify soft-tissue based facial growth and treatment outcomes in children: a systematic review. *PloS One.* 2012;7(8):e41898.
- Cai M, Brown EC, Hatt A, Cheng S, Bilston LE. Effect of head and jaw position on respiratory-related motion of the genioglossus. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1 avr 2016;120(7):758-65.
- Cauhepe J, Fieux J, Bouvet JM. Deglutition and malocclusion. *Rev Stomatol.* oct 1953;54(10):905-12.
- Cavézian R, Pasquet G, Bel G, Baller G. Imagerie dento-maxillaire. Approche radio-clinique. 3e édition. Paris ; Masson ; 2006. XIX-370p.
- Chae MP, Rozen WM, Spychal RT, Hunter-Smith DJ. Breast volumetric analysis for aesthetic planning in breast reconstruction: a literature review of techniques. *Gland Surg.* avr 2016;5(2):212-26.
- Chen ZC, Albdour MN, Lizardo JA, Chen YA, Chen PKT. Precision of three-dimensional stereo-photogrammetry (3dMD™) in anthropometry of the auricle and its application in microtia reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 1 mai 2015;68(5):622-31.
- Cheong YW, Lo LJ. Facial asymmetry: etiology, evaluation, and management. *Chang Gung Med J.* juill 2011;34(4):341-51.
- Choi K. Analysis of Facial Asymmetry. *Arch Craniofacial Surg.* 1 avr 2015 ; 16(1): 1–10
- Chung RR, Lagravère M, Flores-Mir C, Heo G, Carey J, Major P. Analyse comparative des valeurs céphalométriques de céphalogrammes latéraux générés par CBCT versus céphalogrammes latéraux conventionnels. *Int Orthod.* 2009 ; 7(4) : 308-21.
- Courson F. Chapitre 2 : Orthopédie dento-faciale en dentures temporaire et mixte. Dans : Courson F. *Interception précoce des malocclusions*. Paris. Editions CDP. 2021. 302p
- Cousson PY, Woda A. Chapitre 18 : Evaluation de la mastication. Dans : Saulue P, Palla S, Michelotti A, Laluque JF. *Asymétrie et Fonction*. Berlin : Quintessence publishing ; 2017. p. 153-9.
- Darthez A. Chapitre 17 : Evaluation posturale. Dans : Saulue P, Palla S, Michelotti A, Laluque JF. *Asymétrie et Fonction*. Berlin : Quintessence publishing ; 2017. p. 145-52.

- D'Attilio M, Caputi S, Epifania E, Festa F, Tecco S. Evaluation of Cervical Posture of Children in Skeletal Class I, II, and III. *Cranio J Craniomandib Pract.* 1 juill 2005a;23(3):219-28.
- D'Attilio M, Filippi MR, Femminella B, Festa F, Tecco S. The influence of an experimentally-induced malocclusion on vertebral alignment in rats: a controlled pilot study. *Cranio J Craniomandib Pract.* avr 2005b;23(2):119-29.
- De Bodman C, Zambelli PY, Dayer R. Scoliose idiopathique de l'adolescent : critères diagnostiques et prise en charge. *Rev Med Suisse.* 2017;13(422-6).
- De Grauwe A, Ayaz I, Shujaat S, Dimitrov S, Gbadegbegnon L, Vande Vannet B, et coll. CBCT in orthodontics: a systematic review on justification of CBCT in a paediatric population prior to orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 8 août 2019;41(4):381-9.
- Deblock L, Groshens-Royer G, Counot-Nouque C. La déviation des médianes incisives et les examens téléradiographiques. *Rev Orthop Dento-Faciale.* 1 sept 1998;32(3):407-27.
- Delaire J. Les signes téléradiographiques de la respiration buccale. *Bulletin de l'union national pour l'intérêt de L'orthopédie dento-faciale.* 2008;(35):4-19.
- Demjaha G, Kapusevska B, Pejkovska-Shahpaska B. Bruxism Unconscious Oral Habit in Everyday Life. *Open Access Maced J Med Sci.* 15 mars 2019;7(5):876-81.
- Diouf JS, Touré B, Ndiaye M, Badiane A, Diop-Bâ K, Ngom PI, et coll. Corrélations entre les mensurations photogrammétriques sagittales de profil des tissus mous et celles des arcades dentaires. *Orthod Fr.* 1 déc 2015;86(4):303-11.
- Esnault O, Dang T, Marinetti A, Joseph G. La collaboration orthodontico-chirurgicale dans les asymétries faciales. Makaremi M, El Okeily M, éditeurs. *Rev Orthop Dento-Faciale.* avr 2016;50(2):141-65.
- Faure J, Marshal-Sixou C, Dah-Jouonzo H, Oueiss A, Baron P. Analyse céphalométrique tridimensionnelle à 14 points : compensations des dysmorphies maxillo-faciales. *Orthod Fr.* 1 déc 2008a;79(4):251-61.
- Faure J, Oueiss A, Marchal-Sixou C, Braga J, Treil J. Céphalométrie tridimensionnelle : applications en clinique et en recherche. *Orthod Fr.* mars 2008b;79(1):13-30.
- Faure J, Treil J, Borianne P, Casteigt J, Baron P. Céphalométrie tridimensionnelle en orthopédie dento-faciale Les possibilités actuelles du logiciel Cépha 3dt. *Orthod Fr.* 1 mars 2002;73(1):19-37.
- Festa F, Tecco S, Dolci M, Ciufolo F, Meo SD, Filippi MR, et coll. Relationship Between Cervical Lordosis and Facial Morphology in Caucasian Women with a Skeletal Class II Malocclusion: A Cross-Sectional Study. *CRANIO®.* avr 2003;21(2):121-9.
- Forsberg CT, Burstone CJ, Hanley KJ. Diagnosis and treatment planning of skeletal asymmetry with the submental-vertical radiograph. *Am J Orthod.* mars 1984;85(3):224-37.
- Fougeront N. Examen clinique fonctionnel de l'appareil manducateur. Dans : Saulue P, Palla S, Michelotti A, Laluque JF. *Asymétrie et Fonction*, chapitre 16. Berlin : Quintessence publishing ; 2017. p. 131-41.

- Fricain JC. Limitation de l'ouverture buccale et pathologie des ATM. Chirurgie orale - 2ème édition - référentiel internat, chapitre 6, item 55. 2019. p. 458-72.
- Grummons D, Ricketts R. Frontal cephalometrics: practical applications, part 1. World J Orthod. Volume 4, issue 4, 2003; p297-316.
- Guerci A. Normalité, norme, normativité. Anthropologie physique des corps-autres. Boëtsch G, Hervé C, Rozenberg JJ, Coprs normalisé, corps stigmatisé, corps racialisé . De Boeck Supérieur; 2007, p 57-75.
- Hannachi S, Halwani C, Dallel I, Blouza I, Khattech M. Treatment of obstructive sleep apnea syndrome in children: The contribution of orthodontics. J. TUN ORL. Numéro 44. Oct 2020. p12-17.
- Helsing E, McWilliam J, Reigo T, Spangfort F. The relationship between craniofacial morphology, head posture and spinal curvature in 8, 11 and 15-year-old children. Eur J Orthod. 9 nov 1987;(4):254-64.
- Hooda S, Souza MD. Evaluation of Facial Asymmetry Using Digital Photographs with Computer Aided Analysis. J Indian Prosthodont Soc. mars 2012;12(1):8-15.
- Huggare J, Pirttiniemi P, Serlo W. Head posture and dentofacial morphology in subjects treated for scoliosis. Proc Finn Dent Soc Suom Hammaslaakariseuran Toim. 1991;87(1):151-8.
- Incrapera AK, Kau CH, English JD, McGrory K, Sarver DM. Soft tissue images from cephalograms compared with those from a 3D surface acquisition system. Angle Orthod. janv 2010;80(1):58-64.
- Kapandji A. La tête. In: Anatomie fonctionnelle - Tête et Rachis, chapitre 6. Maloine. 2019. p. 276-316.
- Lekakis G, Claes P, Iii GSH, Hellings PW. Three-Dimensional Surface Imaging and the Continuous Evolution of Preoperative and Postoperative Assessment in Rhinoplasty. Facial Plast Surg. févr 2016;32(1):88-94.
- Lemos AD, Katz CRT, Heimer MV, Rosenblatt A. Mandibular asymmetry: a proposal of radiographic analysis with public domain software. Dent Press J Orthod. juin 2014;19(3):52-8.
- Manière Ezvan A. Pratique de l'articulateur en ODF. Orthlieb JD, Schittly J, Brocard D, Manière Ezvan A. Occlusodontie pratique. Editions CDP. Paris; 2000. p. 165-72.
- Marchal A, Deblock L, Ray B. Intérêts des occlusogrammes dans les cas dissymétriques. Rev Orthopédie Dento-Faciale. 1 sept 1998;32(3):429-38.
- Marcotte MR. The use of the occlusogram in planning orthodontic treatment. Am J Orthod. juin 1976;69(6):655-67.
- Mercier JM, Perrin JP, Longis J, Arzul L, Corre P. Les asymétries faciales à composante squelettique. Rev Stomatol Chir Maxillo-Faciale Chir Orale. 1 sept 2014;115(4):219-28.
- Olmos SR. Functional Anatomy and TM Pathology. Academy of Dental Therapeutics and Stomatology. 2007. 15p.

- Orthlieb JD, Ré JP, Jeany M, Giraudeau A. Articulation temporo-mandibulaire, occlusion et bruxisme. *Rev Stomatol Chir Maxillo-Faciale Chir Orale*. 1 sept 2016;117(4):207-11.
- Palla S. Conclusions et perspectives. Saulue P, Palla S, Michelotti A, Lалуque JF. *Asymétrie et Fonction*, chapitre 28. Quintessence publishing; 2017. p. 217-24.
- Philippides N, Bonomi-Dunoyer H, Wagner D, Bolender Y, Lefebvre F. Les analyses céphalométriques en réseau, état des lieux avant informatisation. Faculté de chirurgie dentaire de Strasbourg 2018. 85p.
- Phillips C, Bennett ME, Broder HL. Dentofacial disharmony: Psychological status of patients seeking treatment consultation. *Angle Orthod*. déc 1998;68(6):547-56.
- Phillips C, Broder HL, Bennett ME. Dentofacial disharmony: Motivations for seeking treatment. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 1997;12(1):7-15.
- Pionchon P, Saulue P. La demande du patient. Saulue P, Palla S, Michelotti A, Lалуque JF. *Asymétrie et Fonction*, Chapitre 3. Quintessence publishing; 2017. p. 17-22.
- Pittayapat P, Limchaichana-Bolstad N, Willems G, Jacobs R. Three-dimensional cephalometric analysis in orthodontics: a systematic review. *Orthod Craniofac Res*. mai 2014;17(2):69-91.
- Plooi J, Swennen GRJ, Rangel FA, Maal TJJ, Schutyser FAC, Bronkhorst EM, et al. Evaluation of reproducibility and reliability of 3D soft tissue analysis using 3D stereophotogrammetry. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1 mars 2009;38(3):267-73.
- Quast A, Santander P, Witt D, Damm A, Moser N, Schliephake H, et al. Traditional face-bow transfer versus three-dimensional virtual reconstruction in orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. mars 2019;48(3):347-54.
- Rabischong P. Les asymétries : les point de vue de la rééducation fonctionnelle. Saulue P, Palla S, Michelotti A, Lалуque JF. *Asymétrie et Fonction*, chapitre 2. Quintessence publishing; 2017. p. 9-16.
- Radke J. Applying Technology to TMD Diagnosis. *Open J Adv Dent Technol Tech*. 1 oct 2018;1(1):37.
- Rakosi T, Jonas I, Graber TM. *Orthodontic diagnosis*. Thieme Medical Publishers. 1993. 272p.
- Ras F, Habets LL, van Ginkel FC, Prah-Andersen B. Longitudinal study on three-dimensional changes of facial asymmetry in children between 4 to 12 years of age with unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc*. nov 1995a;32(6):463-8.
- Ras F, Habets LL, van Ginkel FC, Prah-Andersen B. Method for quantifying facial asymmetry in three dimensions using stereophotogrammetry. *Angle Orthod*. 1995b;65(3):233-9.
- Ras F, Habets LL, van Ginkel FC, Prah-Andersen B. Quantification of facial morphology using stereophotogrammetry--demonstration of a new concept. *J Dent*. sept 1996;24(5):369-74.

- Ray B, Deblock L, Marchal A, Tosi-Ambert L. Le mandibulogramme : un nouvel examen complémentaire dans le diagnostic et le traitement des dissymétries. Rev Orthopédie Dento-Faciale. 1 sept 1998;32(3):441-52.
- Regragui S, Dakka A, Regragui F, Bouklouz A, Zaoui F. Calcul de la dysharmonie dentomaxillaire (DDM) : quelle méthode de mesure ? mars 2010;8(1):64-77.
- Ricketts RM. Perspectives in the clinical application of cephalometrics. The first fifty years. Angle Orthod. avr 1981;51(2):115-50.
- Ricketts RM, Bench RW, Hilgers JJ, Schulhof R. An overview of computerized cephalometrics. Am J Orthod. janv 1972;61(1):1-28.
- Ritleng O, Mascarelli L. Examen clinique de la face en orthopédie dentofaciale. Medecine Buccale 2017;12(3):1. 15p.
- Rowan-Legg A. Ankyloglossia and breastfeeding. Paediatr Child Health. mai 2015;20(4):209-13.
- Saccucci M, Tettamanti L, Mummolo S, Polimeni A, Festa F, Tecco S. Scoliosis and dental occlusion: a review of the literature. Scoliosis. 29 juill 2011;6:15.
- Salagnac JM. Développement normal et pathologique de la mandibule. Dédutions pratiques en orthopédie maxillo-dento-faciale. Orthod Fr. 1 sept 2016;87(3):273-94.
- Saulue P. Approches thérapeutiques des asymétries avec symptômes de DAM. Saulue P, Palla S, Michelotti A, Laluque JF. Asymétrie et Fonction, section IV. Quintessence publishing; 2017a. p. 161-2.
- Saulue P. Approches thérapeutiques des asymétries fonctionnelles. Saulue P, Palla S, Michelotti A, Laluque JF. Asymétrie et Fonction, section II. Quintessence publishing; 2017b. p. 37-8.
- Saulue P. Les particularités de l'asymétrie. Saulue P, Palla S, Michelotti A, Laluque JF. Asymétrie et Fonction, section I. Quintessence publishing; 2017c. p. 1-2.
- Saulue P, Palla S, Laluque JF, Michelotti A, Manière Ezvan A, Fougeront N. Eléments de prise de décision thérapeutique en cas d'asymétrie. 2e partie : les asymétries avec symptômes de DTM. Rev D'Orthopédie Dento-Faciale. sept 2021;55(3). p321-349.
- Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? Dent Clin North Am. oct 2008;52(4):707-30.
- Sette A, Laborde G, Dodds M, Maille G, Margossian P. Analyse biométrique des symétries/asymétries faciales. Stratégie prothétique. 2014;14:7.
- Sigaux N, Ganry L, Mojallal A, Breton P, Bouletreau P. Photographie 3D en chirurgie de la face : principes, intérêts et perspectives. Ann Chir Plast Esthét. 1 févr 2018;63(1):62-8.
- Soyoye OA, Otuyemi OD, Kolawole KA, Ayoola OO. Relation entre l'épaisseur du masséter et la morphologie maxillofaciale chez les patients avant traitement orthodontique. Int Orthod. 1 déc 2018;16(4):698-711.

- Srivastava D, Singh H, Mishra S, Sharma P, Kapoor P, Chandra L. Facial asymmetry revisited: Part I- diagnosis and treatment planning. *J Oral Biol Craniofacial Res.* 2018;8(1):7-14.
- SUBTELNY JD. Oral Respiration: Facial Maldevelopment And Corrective Dentofacial Orthopedics. *Angle Orthod.* 1 juill 1980;50(3):147-64.
- Swennen G, Schutyser F, Lemaitre A, Malevez C, De Mey A. Accuracy and reliability of 3-D CT versus 3-D stereo photogrammetry based facial soft tissue analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg - INT J ORAL MAXILLOFAC SURG.* 31 déc 2005;34:73-73.
- Takano-Yamamoto T, Kuroda S. Diagnostic et traitement de patients adultes présentant une asymétrie faciale - Traduit par Mme et M. Rocca. *Orthod Fr.* 1 sept 2009;80(3):313-29.
- Thornhill R, Gangestad SW. Human facial beauty. *Hum Nat.* 1 sept 1993;4(3):237-69.
- Tilly S. analyse céphalométrique des dissymétries faciales. Unité de formation et de recherche d'odontologie. Université de Nantes; 2006.
- Treil J, Braga J, Aït Ameer A. Modélisation 3D du viscéro-crâne. Applications en orthodontie et chirurgie orthognatique. *J Radiol.* 1 mai 2009;90(5, Part 2):634-41.
- Treil J, Faure J, Braga J, Casteigt J, Borianne P. Imagerie et céphalométrie tridimensionnelles des asymétries cranio-faciales. *Orthod Fr.* 1 juin 2002;73(2):179-97.
- Vidal D. Équilibre sagittal : étude statistique sur les relations entre les variables morphologiques et posturales de la tête, du rachis, du bassin et des fémurs. Faculté d'odontologie de Bordeaux 2; 2011.
- Woda A, D'incau E. Normes et normalité. Saulue P, Palla S, Michelotti A, Laluque JF. *Asymétrie et Fonction*, chapitre 1. Quintessence publishing; 2017. p. 3-8.
- Zaidel DW, Deblieck C. Attractiveness of natural faces compared to computer constructed perfectly symmetrical faces. *Int J Neurosci.* avr 2007;117(4):423-31.

Vu la demande du doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine sur le rapport du jury

Président : C. STRAZIELLE - Professeur des universités

Membre du jury : K. YASUKAWA- Maître de conférences des universités (Co-directeur de thèse)

Membre du jury : M. HERNANDEZ- Maître de conférences des universités

Membre du jury : A. BAUDET - Maître de conférences des universités

Membre invité : M. SENG - Docteur en chirurgie dentaire (Co-directrice de thèse)

La présidente de l'université de Lorraine autorise

Monsieur Max BOUNET

Né à NANCY (Meurthe-et-Moselle) le 8 juin 1996,

À soutenir et imprimer sa thèse en vue d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire intitulée :

« CARACTÉRISER LES ASYMÉTRIES FACIALES : UNE DÉMARCHÉ DIAGNOSTIQUE SYSTÉMATIQUE EN ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE »

Nancy, le 16 janvier 2023

N ° autorisation : 12851 C



La présidente de l'université de Lorraine Université de Lorraine - 34 cours Léopold •
BP 25233 • 54052 Nancy Cedex- France Tél: +33 (0)3.72.74.00.00

BOUNET Max – Caractériser les asymétries faciales : une démarche diagnostique systématique en orthopédie dento-faciale

Nancy 2023 : 133 pages. 54 figures. 11 tableaux.

Th. : Chir.-Dent. : Nancy 2023

Mots-clefs :

- Asymétrie faciale
- Diagnostic orthodontique
- Orthodontie fonctionnelle
- Photogrammétrie
- Céphalométrie

Résumé :

Le rôle dans de la symétrie est envisagée dans une large perspective (par exemple l'art, l'évolution, les interactions sociales, la sélection naturelle et sexuelle) depuis plusieurs années. Les sociétés occidentales sont exigeantes vis-à-vis des critères esthétiques et de la notion de qualité de vie. Les traitements orthodontiques entrent dans cette logique esthétique et fonctionnelle. Ainsi, l'orthodontiste doit disposer de réponses adaptées à chaque patient. Une démarche diagnostique bien menée, dans un contexte délicat d'asymétrie faciale, est un facteur indispensable à la bonne conduite d'un traitement.

Ce travail présente un arsenal de méthodes diagnostiques permettant de caractériser les asymétries crânio-faciales et surtout une approche fonctionnaliste et orientée vers les besoins sus et sous-jacents du patient. L'ensemble des examens cliniques et complémentaires permettant à l'orthodontiste de prendre les décisions thérapeutiques adéquates dans les cas d'asymétries faciales sont abordés. L'utilisation des nouvelles technologies a été mis en avant comme aide au diagnostic et comme outil de communication entre praticiens lors de traitements pluridisciplinaires.

Jury :

<u>Président</u> :	Pr. Catherine STRAZIELLE
<u>Membres</u> :	Dr. Alexandre BAUDET Dr. Magali HERNANDEZ
<u>Co-directrice de thèse</u> :	Dr. Marilyne SENG
<u>Directeur de thèse</u> :	Dr. Kazutoyo YASUKAWA

Adresse de l'auteur :

Max BOUNET
21 Boulevard Voltaire, 01000 Bourg-en-Bresse

