



Peut-on prévoir le résultat esthétique d'une chirurgie d'avancée maxillo-mandibulaire dans le traitement du SAHOS ? Proposition d'un modèle de simulation faciale

Kévin Mahoun

► To cite this version:

Kévin Mahoun. Peut-on prévoir le résultat esthétique d'une chirurgie d'avancée maxillo-mandibulaire dans le traitement du SAHOS ? Proposition d'un modèle de simulation faciale. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-03296093

HAL Id: dumas-03296093

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03296093>

Submitted on 22 Jul 2021

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

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



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

UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT - PARIS 7
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE
5, Rue Garancière 75006 PARIS

Année 2019

Thèse N°:
N° attribué par la bibliothèque :

THESE pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR

en Chirurgie Dentaire

présentée et soutenue publiquement le 02/04/2019

par **MAHOUN Kevin**

**PEUT-ON PREVOIR LE RESULTAT ESTHETIQUE D'UNE CHIRURGIE
D'AVANCEE MAXILLO-MANDIBULAIRE DANS LE TRAITEMENT DU
SAHOS ? PROPOSITION D'UN MODELE DE SIMULATION FACIALE**

Directeur de thèse : Docteur GARREC Pascal

J U R Y

Mme la Professeure Ariane BERDAL	Présidente
M. le Docteur Christophe AZEVEDO	Assesseur
Mme la Docteure Muriel de la DURE MOLLA	Assesseur
M. le Docteur Pascal GARREC	Assesseur
Mme la Docteure Sophia HOUARI	Assesseur
Mme la Docteure Nelly PRADELLE	Assesseur
Mme la Docteure Paola SORIA	Assesseur

UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT - PARIS 7

Présidente de l'Université :

Mme la Professeure Christine CLERICI

Doyenne de l'U.F.R. d'Odontologie :

Mme la Professeure Ariane BERDAL

Directrice Générale des Services :

Madame Pascale SAINT-CYR

JURY

Mme la Professeure Ariane BERDAL

Présidente

M. le Docteur Christophe AZEVEDO

Assesseur

Mme la Docteure Muriel de la DURE MOLLA

Assesseur

M. le Docteur Pascal GARREC

Assesseur

Mme la Docteure Sophia HOUARI

Assesseur

Mme la Docteure Nelly PRADELLE

Assesseur

Mme la Docteure Paola SORIA

Assesseur

Mme la Professeure Ariane BERDAL

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Je vous remercie pour l'honneur que vous me faites en acceptant la présidence du jury de cette thèse. Veuillez trouver par ce travail l'expression de mes remerciements les plus sincères et de mon profond respect.

M. le Docteur Christophe AZEVEDO

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en participant au jury de ma thèse. Soyez assurée de ma reconnaissance et de ma plus respectueuse considération.

Mme la Docteure Muriel de la DURE MOLLA

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Habilitation à Diriger des Recherches
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites de participer au jury de cette thèse. Veuillez recevoir toute ma gratitude et mon plus profond respect.

M. le Docteur Pascal GARREC

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Je vous remercie pour votre encadrement, votre pédagogie, votre soutien ainsi que votre disponibilité dans le cadre de la réalisation de mon projet de thèse. Veuillez recevoir mon entière reconnaissance ainsi que mes sincères remerciements.

Mme la Docteure Sophia HOUARI

Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférences des Universités- Praticien Hospitalier

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en participant au jury de ma thèse. Soyez assuré de ma reconnaissance et de ma plus respectueuse considération.

Mme la Docteure Nelly PRADELLE

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en participant au jury de ma thèse. Soyez assuré de ma reconnaissance et de ma plus respectueuse considération.

Mme la Docteure Paola SORIA

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistante Hospitalo-Universitaire

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en participant au jury de ma thèse. Soyez assuré de ma reconnaissance et de ma plus respectueuse considération

Table des matières

1. Introduction : les troubles ventilatoires obstructifs du sommeil.....	4
1.1 Définitions.....	4
1.2. Epidémiologie : prévalence et facteurs de risques	6
1.3. Diagnostic et étiologies du SAHOS.....	8
1.3.1. Evaluation clinique	8
1.3.2. Exploration du sommeil.....	9
1.3.3. Etiologies	10
1.4. Les traitements du SAHOS	16
1.4.1. Mesures hygiéno-diététiques	16
1.4.2. Ventilation par pression positive continue.....	17
1.4.3. Orthèses d'avancée mandibulaire (OAM)	18
1.4.4. Chirurgie ORL et maxillo-faciale	20
1.4.5. Orthopédie dento- faciale.....	24
1.4.6. Autres traitements	24
2. Les différentes techniques de simulation des chirurgies d'avancée maxillo-mandibulaire.	24
2.1. Les simulations 2D	25
2.1.1. Simulations manuelles	26
2.1.2. Simulations Informatisées.....	28
2.2. Simulations 3D	31
2.2.1. Avantages de la simulation 3D	32
2.2.2. Inconvénients de la simulation 3D.....	32
3. Etude clinique d'un modèle de simulation	34
3.1. Objectif	36
3.2. Matériels et méthodes	36
3.3. Analyse statistique	47
3.4. Résultats.....	48
3.4.1. Présentation des tableaux.....	48
3.4.2. Résultat statistique	53
3.5. Discussion	54
3.5.1. Discussion des résultats	54
3.5.2. Critiques de la méthode	60
3.5.3. Avantages de la simulation	60
3.5.4. Inconvénients et limites de la simulation.....	62
4. Conclusion	66
5. Bibliographie	67

6. Annexes	72
6.1. Tableaux des mesures	72

Abréviations

AMM : Avancée Maxillo-Mandibulaire

SAHOS : Syndrome d'Apnée-hypopnée Obstructive du Sommeil

PSG : Polysomnographie

EEG : Electro-encéphalographie

EOG : Electro-oculographie

EMG : Electro-myographie

IAH : Index d'Apnée-Hypopnée

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

HTA : Hyper Tension Arterielle

VPPC : Ventilation par Pression Positive Continue

ORL : Oto-Rhino-Laryngologie

CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

TRP : Téléradiographie de Profil

RCP : Reunion de Concertation Pluridisciplinaire

1. Introduction : les troubles ventilatoires obstructifs du sommeil

1.1 Définitions

L'anatomie des voies aériennes supérieures de l'Homme est complexe. Elles sont constituées des structures rigides : les fosses nasales et la trachée, et d'une structure musculo-membraneuse : le pharynx. Ce dernier est un carrefour des fonctions respiratoires et digestives.

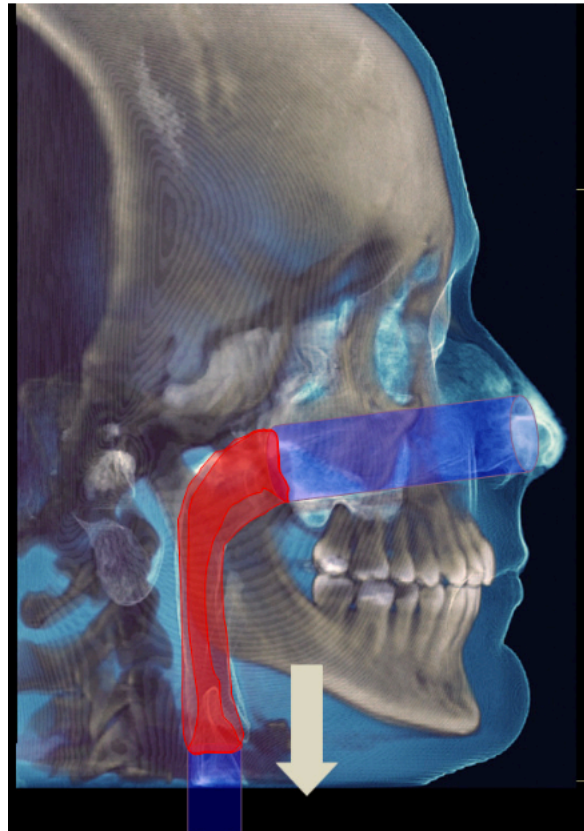


Fig. : Structure musculo-membraneuse du pharynx (rouge) susceptible de se collaber sous l'effet de l'inspiration

Sous l'effet de la dépression créée par l'abaissement du diaphragme durant l'inspiration, les parois du pharynx ont tendance à se resserrer. La perméabilité pharyngienne est conservée par l'activité tonique de muscles dilatateurs du pharynx (muscles tenseurs du voile, genio-glosse et génio-hyoidien). Mais ces compensations sont diminuées au cours du sommeil (Oliven et al. 2008), et quasiment inexistantes pendant le sommeil paradoxal (Jordan et White 2008).

En effet, Le sommeil se décompose en moyenne en 4 à 6 cycles de sommeil selon les individus. Ces cycles durent environ 90 minutes chacun chez l'adulte.

Chaque cycle du sommeil débute par une phase d'endormissement, très vite suivie par un stade de sommeil lent léger puis un stade de sommeil lent profond.

Les cycles de sommeil se concluent par le stade de sommeil paradoxal.

Pendant l'endormissement, la respiration devient plus lente, les muscles se relâchent, la conscience diminue. Durant ce stade de demi-sommeil, les muscles peuvent montrer de petites contractions, souvent avec l'impression de tomber dans le vide.

Viens ensuite le sommeil lent léger (qui représente 50% du temps de sommeil total), durant lequel les activités oculaires et musculaires se réduisent. Il est encore facile de se réveiller à ce moment, un bruit ou une lumière suffisent.

Ceci n'est plus le cas ensuite, pendant le sommeil lent profond. Le dormeur est isolé du monde extérieur, son activité cérébrale se réduit au minimum. Il est difficile de le réveiller durant cette phase. C'est le moment du cycle où l'on récupère le plus de la fatigue physique accumulée. Tout l'organisme est au repos et récupère. Le cerveau émet des ondes lentes et amples. Il représente environ 20-25% du temps de sommeil total.

Puis enfin, l'individu présente simultanément des signes de sommeil très profond et des signes d'éveil. C'est le sommeil paradoxal. L'activité cérébrale est très intense et les yeux présentent des mouvements rapides incessants alors que l'individu est comme paralysé avec des muscles complètement atones. Cette phase favorise alors la survenue d'apnées ou d'hypopnées par obstructions des voies aériennes supérieures.

C'est pendant cette phase, qui représente de 20 à 25% du temps de sommeil total (avec une plus grande amplitude en fin de nuit), que l'individu élabore des rêves.

En cas d'obstruction pharyngée, la désaturation en oxygène oblige l'individu à un micro-réveil, qui seul permet de restaurer l'activité des muscles pharyngiens et rétablir ainsi le flux aérien.

C'est la succession de ces événements respiratoires obstructifs et de ces micro-éveils qui causent une fragmentation du sommeil. Cette dernière se traduit par une somnolence diurne ou le sentiment d'un sommeil non réparateur (Eckert et Malhotra 2008).

De plus, le rétrécissement des voies aériennes supérieures peut modifier la dynamique du flux aérien et créer des turbulences à l'origine de ronflement. En effet, ces turbulences entraînent des vibrations de l'épiglotte, du palais mou et des parois du pharynx, qui causent les ronflements.

La Haute Autorité de Santé (HAS) définit le Syndrome d'Apnées Hypopnées Obstructives du Sommeil (SAHOS) comme tel : « la survenue, durant le sommeil, d'épisodes anormalement fréquents d'obstruction complète ou partielle des voies aériennes supérieures, responsables

d'interruptions (apnées) ou de réductions significatives (hypopnées) de la ventilation, associées à des manifestations cliniques les plus souvent dominées par une somnolence diurne excessive avec parfois des endormissements incoercibles ».

L'apnée est un arrêt complet du débit aérien inspiratoire pendant au moins 10 secondes, et l'hypopnée une diminution d'au moins 50 % du flux respiratoire pendant plus de 10 secondes ou une diminution significative de la ventilation entraînant une désaturation artérielle en oxygène d'au moins 4 %.

Les apnées peuvent être centrales, obstructives ou mixtes.

Les apnées centrales sont dues à un défaut de la commande centrale. Elle entraîne un arrêt de l'activité musculaire respiratoire. Le thorax et l'abdomen sont immobiles, entraînant un arrêt du flux d'air nasal ou buccal pendant au moins 2 cycles respiratoires.

Les apnées obstructives, elles, sont dues à un collapsus des voies aériennes supérieures avec cependant des efforts inspiratoires.

1.2. Epidémiologie : prévalence et facteurs de risques

Les études épidémiologiques sur le SAHOS sont difficiles de réalisation en raison du caractère contraignant de l'enregistrement polysomnographique chez une population témoin. Cet examen est indispensable pour le diagnostic du SAHOS.

L'interprétation des études déjà réalisées est peu évidente en raison des différences de population, d'âge, de prévalence, d'obésité et de définition du SAHOS d'une étude à l'autre.

Aux Etats-Unis, Young (Young et al. 1993) a étudié une population randomisée de 602 employés, hommes et femmes, âgés de 30 à 60 ans avec enregistrement polysomnographique et échelle de somnolence diurne. Il montra que 9 % des femmes et 24 % des hommes présentaient plus de 5 apnées par heure de sommeil.

Selon d'autres études, l'estimation de la prévalence du SAHOS avec pour critères un IAH supérieur à 5 mais associé à une hyper somnolence diurne était de 4 % pour les hommes et de 2 % chez les femmes(Heinzer 2017).

La maladie aurait un caractère progressif. En effet, elle peut se traduire uniquement par des ronflements au début puis se détériorer progressivement. La prévalence du SAHOS d'une population âgée atteint les 11 % (Eikermann et al. 2007) et même 24 % au-delà de l'âge de 60 ans pour une étude française (Fuhrman et al. 2012).

La prévalence augmente en effet avec l'âge pour atteindre un maximum entre 45 et 75 ans

L'installation du SAHOS est favorisée par :

- un excès de tissus mous (Solow et al. 1996)
- des caractères morphologiques associées à une réduction du calibre du pharynx
- une insuffisance de développement squelettique.

Des facteurs de risques ont pu être déterminés :

- sexe masculin
- consommation d'alcool et de tabac (Wetter et al. 1994)
- certaines pathologies endocriniennes telles que l'hypothyroïdie, le diabète non insulino-dépendant (Rosenow et al. 1998), l'acromégalie etc.
- l'obésité

La consommation d'alcool a pour effet d'affaiblir la tonicité et les réponses musculaire, entraînant une initiation ou une aggravation d'un SAHOS.(Chakravorty et al. 2016)

Le tabac lui est un irritant, qui à tendance à entraîner un gonflement du nez et de la gorge, réduisant ainsi le calibre des voies aériennes supérieures. De plus, la nicotine est un stimulant, la cigarette interfère donc aussi sur l'endormissement et contrarie le sommeil (Deleanu et al. 2016).

L'obésité étant un facteur de risque majeur puisqu'une infiltration graisseuse des parois pharyngées réduit le calibre des voies aériennes supérieures, augmentant ainsi sa collapsibilité (Carneiro-Barrera et al. 2019).

Si bien que la surcharge pondérale concerne plus de 70 % des patients apnéiques (McClean et al. 2008).

Par ailleurs, les femmes seraient moins atteintes que les hommes, avec des apnées moins désaturantes, moins nombreuses et plus courtes (Wahner-Roedler et al. 2007).

Ceci est lié à la progestérone qui stimulerait la capacité respiratoire et leur conférerait une protection supplémentaire. On retrouve d'ailleurs une augmentation de la prévalence du SAHOS chez les femmes ménopausées.

Enfin, l'hérédité pourrait expliquer une prévalence plus élevée chez certaines familles, surement en rapport avec une morphologie particulière des voies aériennes et du développement squelettique.

1.3. Diagnostic et étiologies du SAHOS

1.3.1. Evaluation clinique

Plusieurs symptômes sont associés au SAHOS. Ils peuvent se manifester à l'état de réveil, altéré par un sommeil non récupérateur, ou au cours du sommeil, troublé par des événements respiratoires anormaux.

Le diagnostic s'établit sur des critères cliniques avec l'évaluation de la somnolence (échelle d'Epworth (Rosenthal et Dolan 2008)) avant de procéder à un examen polysomnographique en laboratoire de sommeil.

Choisissez dans l'échelle suivante le nombre le plus approprié à chaque situation :

- 0 = ne somnolerait jamais
- 1 = faible chance de s'endormir
- 2 = chance modérée de s'endormir
- 3 = forte chance de s'endormir

Situation	Probabilité de s'endormir			
Assis en train de lire	0	1	2	3
En train de regarder la télévision	0	1	2	3
Assis, inactif, dans un endroit public (au théâtre, en réunion)	0	1	2	3
Comme passager dans une voiture roulant sans arrêt pendant une heure	0	1	2	3
Allongé l'après-midi pour se reposer quand les circonstances le permettent	0	1	2	3
Assis en train de parler à quelqu'un	0	1	2	3
Assis calmement après un déjeuner sans alcool	0	1	2	3
Dans une auto immobilisée quelques minutes dans un encombrement	0	1	2	3

Score =

Score : On admet en général qu'un score supérieur à 10 est le signe d'une somnolence diurne excessive.

Fig. : Questionnaire d'Epworth

Comme nous l'avons dit plus haut, les patients atteints de SAHOS ont un sommeil perturbé, parfois associé à des mouvements anormaux, des excès de somnambulisme ou des cauchemars, des réveils avec sensation d'étouffement, des sueurs nocturnes, ou encore une nycturie ou énurésie.

La réduction du diamètre des voies aériennes supérieures met en vibration les tissus mous pharyngés (uvule palatine, voile) entraînant des ronflements, précédant l'apnée, avant une reprise souvent bruyante de la respiration. Le ronflement peut paraître bénin mais il est le signe d'une étroitesse anormale des voies aériennes dont les répercussions potentielles doivent être évaluées.

La répétition des micro éveils entraîne une fragmentation du sommeil créant le sentiment d'un sommeil non réparateur chez le sujet apnéique. Au réveil, ce dernier peut ressentir des céphalées, une asthénie, une somnolence excessive, une altération de l'humeur, et même des signes de dépression.

Des altérations neurocognitives peuvent également s'installer : trouble de la mémoire, de la concentration, du comportement, détérioration intellectuelle et ralentissement psychomoteur.

1.3.2. Exploration du sommeil

Le diagnostic de SAHOS se confirme à l'aide d'un Enregistrement poly graphique ou polysomnographique (PSG) qui est aujourd'hui réalisé dans la majorité des cas en ambulatoire à domicile, mais aussi en laboratoire d'exploration du sommeil. La PSG mesure l'activité cérébrale, les mouvements oculaires et l'activité musculaire grâce à différents capteurs : électro-encephalographiques (EEG), electro-oculographiques (EOG) et electro-myographiques (EMG) respectivement. Ces capteurs permettent de définir les stades de sommeil.

De plus, des capteurs mécaniques permettent d'enregistrer les différents paramètres respiratoires (ceinture thoracique et abdominale, flux ou débit naso-buccal, oxymétrie).

Ainsi, la PSG permet de mettre en lumière les arrêts (apnées) ou les diminutions (hypopnées) du flux d'air, les efforts respiratoires (différencie apnée obstructive et centrales), ou encore des réactions d'éveil brèves.

L'examen du sommeil permet donc de diagnostiquer les apnées centrales où l'arrêt du débit ventilatoire est la conséquence d'une dysfonction neurologique et se traduit par une absence de commande respiratoire et d'effort respiratoire.

Un microphone est placé en regard de la trachée et recueille les bruits respiratoires et permet d'analyser le ronflement.

L'activité des muscles jambiers et la position du corps sont également analysées pour reconnaître un aspect positionnel aux manifestations respiratoires anormales et/ou permettre de diagnostiquer le syndrome des jambes sans repos, fréquemment associé au SAHOS et relevant d'un traitement particulier.

La PSG indique ainsi un index d'événement respiratoire (apnée/hypopnée) par heure de sommeil : IAH : index d'apnée hypopnée.

Lorsque l'IAH est compris entre 5 et 15/h, le SAHOS est considéré comme léger, entre 15 et 30 il est modéré et au-delà de 30 il est considéré comme sévère.

Le diagnostic de SAHOS est posé si l'AIH est supérieur à 5 et qu'il associe un des symptômes (ronflement, somnolence, ...)

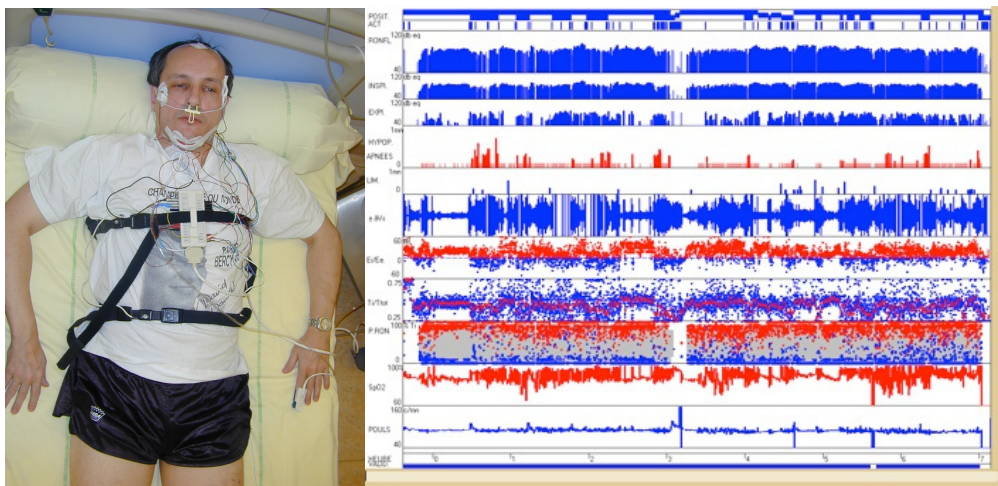


Fig. : Patient passant un PSG (IAH à 80)

Dans certains cas, et face notamment à un SAHOS sévère, le recours à une polygraphie ventilatoire, limitée aux seuls signaux cardio-respiratoires, peut apporter suffisamment d'informations.

1.3.3. Etiologies

La perméabilité des voies aériennes au cours du sommeil dépend de 2 facteurs : les relations de taille entre les voies aériennes et les tissus environnants (excès de tissus mou, insuffisance volumique du cadre squelettique) et l'activité musculaire des voies aériennes supérieures ainsi que leur coordination neuromusculaire.

1.3.3.1. Anomalies de la coordination neuromusculaire

En temps normal, la contraction des muscles dilatateurs du pharynx précède l'activité inspiratoire du diaphragme, permettant de maintenir des voies aériennes supérieures dilatées et stables, avant la diminution de la pression intra lumaire consécutive aux efforts inspiratoires. Ainsi un dysfonctionnement de ce système dilatateur peut entraîner une obstruction ventilatoire. Différents facteurs physiques et chimiques (Blumen et al. 1998) régulent ce système. Chez certains patients apnéiques, ce système dilatateur serait augmenté durant l'éveil, alors que durant le sommeil on observe une diminution de l'amplitude du signal électro-myographique, une réponse altérée au stimuli et un retard de l'activité neuromusculaire. Ces types de dysfonctionnement pourraient être causés par des anomalies neuromusculaires, histologiques, nerveuses centrales, ou encore à un état de fatigue lié à une hyperstimulation diurne.

1.3.3.2. Obstacles ORL

L'exploration d'obstacle ORL nécessite la réalisation d'examens ORL+/- fibroscopie, radiographie du cavum, IRM, téléradiographie de profil.

Ces obstacles peuvent être de différentes natures :

- maladies entraînant épaississement de la muqueuse pharyngée (mucopolysaccharidoses, le syndrome de Prader-Willi, ...)
- obstacles au niveau des fosses nasales et nasopharynx : anomalie du septum nasal, atresie ou sténose choanale, tumeur pharyngée, hypertrophie des végétations adénoïdes, hypertrophie des cornets inférieurs, corps étranger
- obstacles au niveau de la cavité buccale et de l'oropharynx : macroglossie vraie ou relative, hypertrophie des amygdales palatines ou linguales, frein lingual court maintenant la langue en position basse et rétrusive.



Fig. : Exemple d'hypertrophie des amygdales palatines



Fig. : Exemple d'hypertrophie adénoïdienne entraînant une obstruction ventilatoire et une respiration buccale



Fig. : Macroglossie avec indentations des dents mandibulaires en périphérie



Fig. : Frein lingual court

1.3.3.3. Anomalies du squelette cranio faciale

Le développement du squelette facial exerce une influence certaine sur l'installation d'un SAHOS.

D'après l'étude de Hochban (Hochban et Brandenburg 1994), portant sur 400 sujets apnéiques sévères, 40 % présentaient une insuffisance maxillo-mandibulaire.



Fig. : Téléradiographie montrant une rétrognathie maxillo-mandibulaire associée à un rétrécissement des voies aériennes supérieures

Le diagnostic et l'analyse de ces anomalies sont réalisés sur des téléradiographies de face et de profil pour mettre en évidence des anomalies du sens sagittal, vertical ou transversal.

Pour ce faire, des analyses architecturales (Delaire) ou conventionnelles (Tweed-Merifield, Ricketts, ...) ont été développées.

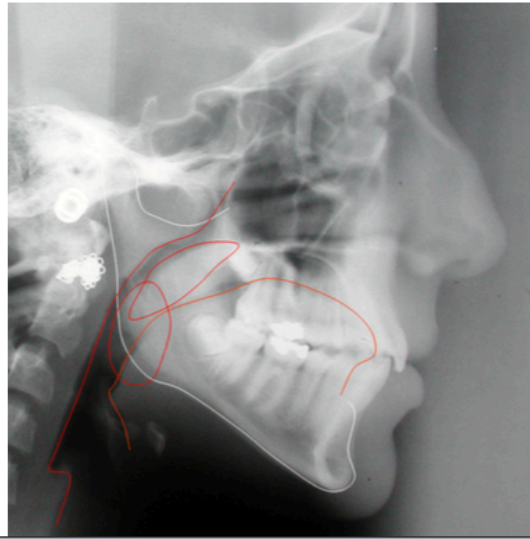


Fig. : Téléradiographie de profil montrant le profil cutané, les amygdales palatines, le voile du palais et les végétations adénoïdes

1.3.3.3.1. Anomalies naso-maxillaire

L'hypo-développement maxillaire (brachymaxillie, endomaxillie) ou son recul par rapport à la base du crane sont associés au SAHOS car ces derniers sont liés aux dimensions des fosses nasales et constituent la paroi antérieure de l'oropharynx (Prachartam et al. 1994).

En effet, en clinique on retrouve souvent une étroitesse palatine associée à une étroitesse de l'orifice piriforme. On observe alors une contraction transversale de l'arcade dentaire associée à un encombrement dentaire et/ou une inversion des relations dentaire dans le sens transversal (linguocclusion).

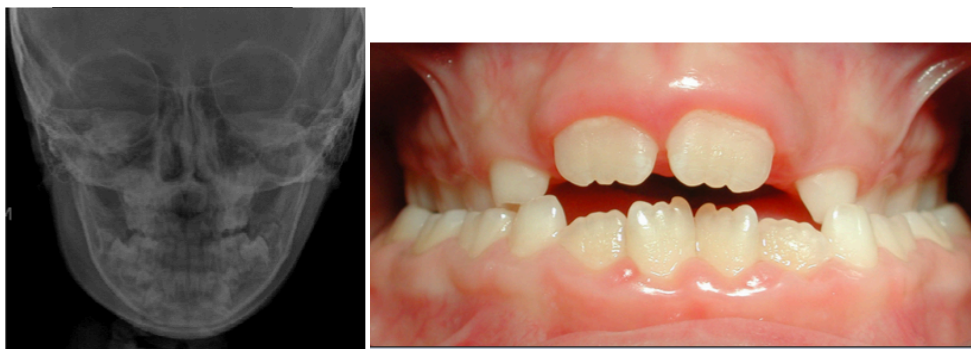


Fig. : Exemple d'endognathie maxillaire en relation avec une étroitesse des fosses nasales

Ceci illustre la théorie des matrices fonctionnelles développée par Moss (Moss-Salentijn 1997). Elle explique que certaines structures du squelette facial s'adaptent à leur fonction, répondant aux pressions et tensions des organes en croissance et des postures musculaires.

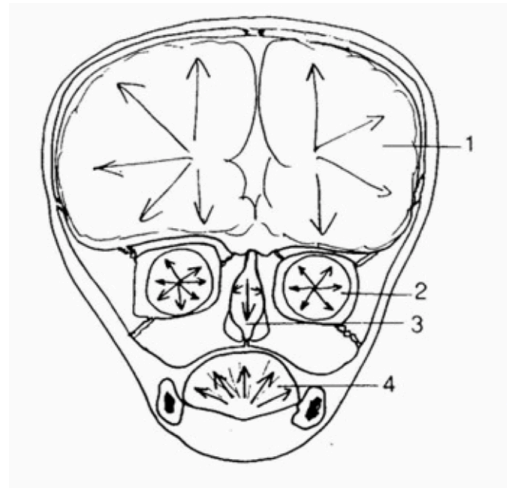


Fig. : Illustration de la théorie des matrices fonctionnelles de Moss

Ainsi la langue joue un rôle morphogénétique. En effet, pendant la croissance la suture médiane maxillaire est distendue et elle est stimulée par la langue dont la position naturelle est haute, plaquée derrière les incisives, au niveau de l'émergence du foramen nasopalatin.

C'est pour cela, qu'en cas d'obstruction nasale chronique, la langue se met en position basse pour permettre une voie de suppléance ventilatoire buccale. La langue ne stimule plus les sutures maxillaires, et ne contrebalance plus les pressions fonctionnelles centripètes de la joue, ce qui contribue à l'élargissement et à la profondeur du palais.

1.3.3.2. Anomalies de la structure basi-cranienne

Les sujets apnéiques présenteraient un angle basi-cranien plus fermé, et une portion antérieure de la base du crane (S-Na) plus courte (Battagel et L'Estrange 1996) ce qui prédisposerait à un recul relatif du maxillaire par rapport aux autres os faciaux.

1.3.3.3. Anomalies mandibulaires

Outre les cas syndromiques ou relevant d'atteintes dégénératives plus générales, certaines anomalies mandibulaires sont responsables de l'installation du SAHOS. Les plus fréquemment retrouvées sont des mandibules reculées, ou réduites (Rivlin et al. 1984).



Fig. : Rétrécissement des voies aériennes lié à une rétromandibulie.

La position de l'os hyoïde est également importante. Il est normalement positionné en regard des vertèbres C3-C4. Des insertions musculaires de la langue y ont leurs origines, c'est pourquoi la position de cet os influe sur le calibre des voies aériennes supérieures. Une position abaissée et caudale, entraînant une position basse et rétrusive de la langue, est décrit dans la littérature chez les patients apnéiques (Jamieson et al. 1986).

1.4. Les traitements du SAHOS

1.4.1. Mesures hygiéno-diététiques

L'obésité ou une surcharge pondérale est observée chez environ deux tiers des sujets apnéiques. On retrouve une corrélation significative entre l'IMC et le nombre d'évènements respiratoires anormaux (Shneerson et Wright 2001). En effet, comme nous l'avons écrit plus haut, ces troubles entraînent une accumulation de tissus adipeux dans les tissus mous oropharyngés, participant ainsi à une réduction du diamètre des voies aériennes (Fritscher et al. 2007).

Une amélioration des symptômes cliniques a été remarqué après une perte de poids (Kansanen et al. 1998), même si l'influence de la réduction pondérale est variable d'un patient à l'autre.

Ainsi certaines mesures hygiéno-diététiques peuvent accompagner les traitements :

- prise en charge spécialisée et collégiale du trouble alimentaire (nutritionniste, chirurgie bariatrique etc.)

- réduction de la consommation d'alcool et autres sédatifs qui aggravent les conséquences du sommeil sur le tonus des muscles dilatateurs pharyngés et les réflexes protecteurs pharyngés
- un traitement positionnel (Skinner et al. 2008) peut également être entrepris, pour favoriser le décubitus latéral pendant le sommeil.

1.4.2. Ventilation par pression positive continue

Un traitement efficace non invasif du SAHOS a été proposé en Australie dès 1981 par C. Sullivan. Il s'agit de la ventilation par pression positive (PPC). Elle consiste en l'application, via un masque nasal, d'une pression positive dans les voies aériennes supérieures réalisant ainsi une attelle pneumatique s'opposant au collapsus pharyngé.

Les contre-indications sont exceptionnelles, mais existent, notamment en cas de brèche méningée ethmoïdale (risque de pneumocéphale) ou en cas de grande laxité de l'épiglotte.

Le niveau de pression nécessaire est variable suivant les sujets et nécessite d'être réglé durant une polysomnographie de titration. Cependant des générateurs à débit auto adaptable ont été développés, réduisant ainsi le recours à cet examen et augmentant l'efficacité du dispositif.

En présence d'un SAHOS sévère, la PPC est le traitement recommandé en première intention (Giles et al. 2006).

Il s'agit d'un traitement efficace (Alajmi et al. 2007) mais suspensif dont l'utilisation est coûteuse et contraignante pour le patient. Malgré sa remarquable efficacité un tiers des patients abandonnent le traitement à terme (Engleman et al. 1994).

Les effets indésirables rapportés sont une gêne physique (sècheresse muqueuse, rhinite, inconfort digestif, ...), sonore et psychologique.



Fig. : Patient avec VPPC

D'autres solutions peuvent être proposées : l'orthèse d'avancée mandibulaire et la chirurgie d'avancée maxillo-mandibulaire pour certains patients sélectionnés.

1.4.3. Orthèses d'avancée mandibulaire (OAM)

L'orthèse d'avancée mandibulaire est une alternative thérapeutique à la PPC. Ce procédé consiste en l'utilisation d'un appareillage dentaire nocturne amovible dont le but est de maintenir le pharynx perméable par une propulsion mandibulaire. Ces orthèses prennent donc un appui dentaire pour forcer l'avancée de la mandibule et du massif lingual, dégageant mécaniquement le carrefour respiratoire. L'efficacité de ces orthèses dépend du degré d'avancée (Kato et al. 2000).

Cependant un certain pourcentage de patients ne répond que partiellement au traitement. L'OAM permet de ramener la fréquence des événements respiratoires à un niveau acceptable dans environ 60 % des cas.

Des mouvements dentaires parasites tels que des versions dentaires, le développement d'infraclusions ou d'occlusion inversées antérieures contre indiquent leur utilisation à long terme (Laborde et al. 2017). Ces effets sont visibles des 6 mois et s'aggravent avec le port soutenu de l'orthèse (Marklund et al. 2001). La survenue de contre-indications d'ordre parodontales ou articulaires est possible et amène le patient à consulter régulièrement son chirurgien-dentiste pour les contrôler.

Néanmoins, les résultats de la littérature montrent que l'OAM reste une alternative efficace bien tolérée pour les patients qui ne supportent pas la PPC et pour lesquels la chirurgie n'est pas indiquée (Bratton et al. 2015).

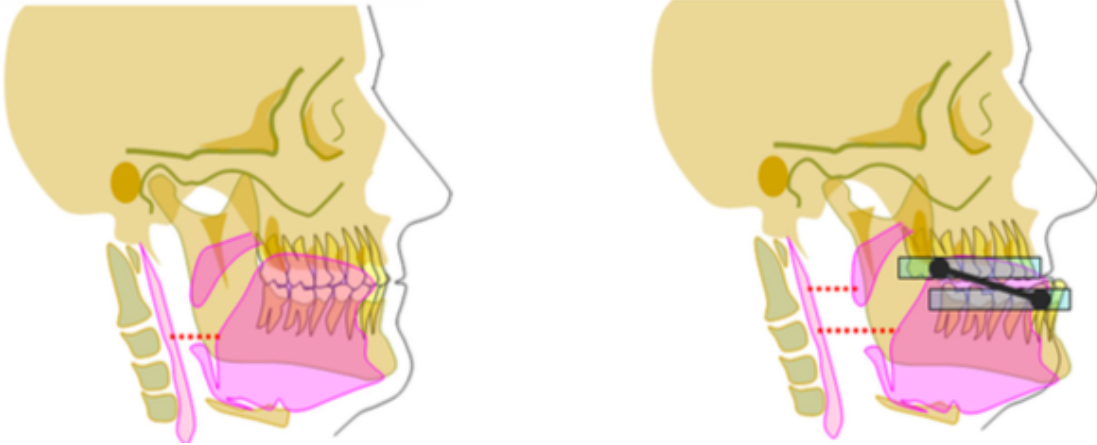


Fig. : Schéma de l'orthèse d'avancée mandibulaire



Fig. : Exemple d'orthèse d'avancée mandibulaire avec barrettes de taille croissante permettant de titrer l'avancée mandibulaire



Fig. : Développement d'une infraclusion postérieure après 18 mois de port d'une OAM

1.4.4. Chirurgie ORL et maxillo-faciale

L'élargissement chirurgical du diamètre des voies aériennes peut être proposée via deux possibilités : la réduction du contenu pharyngé (palais mou, organes lymphoïdes, hyperplasie muqueuse et/ou langue) d'une part, et l'augmentation de son volume par expansion du squelette facial d'autre part.

L'option chirurgicale est proposée lorsqu'un obstacle est observé, ou après échec de la PPC, lorsque l'IAH est supérieur à 30. L'indication n'est posée qu'après un bilan pluridisciplinaire, confirmant la sévérité du SAHOS (Polysomnographie et indice de somnolence d'Epworth significatif) et un examen morphologique complet, comprenant un examen ORL avec nasopharyngoscopie et une analyse céphalométrique.

Chez l'enfant, la première ligne de traitement est l'ablation des végétations et des amygdales, qui constituent la première cause d'obstruction chez l'enfant. Cette intervention permet de traiter efficacement entre 53 et 100 % des cas de SAHOS (Brietzke et Gallagher 2006).

Chez l'adulte, les chirurgies des tissus mous sont de moins en moins indiquées car l'évaluation objective de leur efficacité est faible. En revanche, les interventions sur les bases osseuses sont aujourd'hui reconnues comme efficaces.

Si un certain nombre d'interventions visant à élargir les bases osseuses, comme la distraction transversale ou antéropostérieure, ont été décrites dans le traitement du SAHOS, la chirurgie d'avancée maxillo-mandibulaire (AMM) est celle aujourd'hui la mieux codifiée et avec le taux de succès le plus élevé.

L'AMM bénéficie du plus grand nombre de cas traités, même si le recul thérapeutique sur le traitement du SAHOS à long terme est encore réduit.

L'AMM peut être proposée, chez les patients jeunes (âge inférieur à 60 ans) qui ne présentant pas d'obésité morbide ($IMC < 30 \text{ kg.m}^2$), et présentant un SAHOS sévère après échec de la VPPC et de l'OAM.

La chirurgie d'avancée maxillo-mandibulaire permet de corriger le SAHOS sans appareillage nocturne. Elle consiste en une ostéotomie de Le Fort I d'avancé et une ostéotomie sagittale d'avancée mandibulaire.

Selon la littérature (Li et al. 2000), l'AMM est significativement plus efficace que l'orthèse d'avancée mandibulaire dans les SAHOS modérés à sévères.

Cette avancée maxillo-mandibulaire (AMM) permet une augmentation des voies aériennes supérieures et postérieures par déplacement antérieur des tissus pharyngés fixés au maxillaire, à la mandibule et à l'os hyoïde. Ce résultat n'est obtenu que si l'avancée est conséquente, plus de 10 mm pour la majorité des auteurs.

Cette chirurgie, initiée à Stanford dans les années 90, est la solution chirurgicale qui a le taux de succès le plus élevé. Il a été montré que cette intervention est équivalente à la PPC en terme d'IAH, de résolution des symptômes et d'amélioration de la qualité de vie (Woods et al. 2016). Le principe chirurgical est l'antériorisation des deux maxillaires qui, en élargissant globalement le pharynx, supprime le collapsus pharyngé pendant le sommeil. L'action n'est donc pas spécifique d'un obstacle déterminé mais a une action globale sur le pharynx. Son taux de succès peut aussi être expliqué par la fréquence d'obstacles à plusieurs niveaux chez les patients ayant un SAOS modéré à sévère. L'analyse dynamique par IRM chez des patients opérés a montré que l'augmentation du calibre pharyngé stabilisait le pharynx (Ronchi et al. 2010). Dans une méta-analyse, Holty retrouve sur une population de 627 patients un taux de succès chirurgical

de 86%(Holty et Guilleminault 2010). L'âge jeune, IMC proche de la normale, l'IAH moins élevé et l'importance de l'avancée maxillaire étaient corrélés à une augmentation du taux de succès. L'étude de la qualité de vie montre une amélioration très significative.

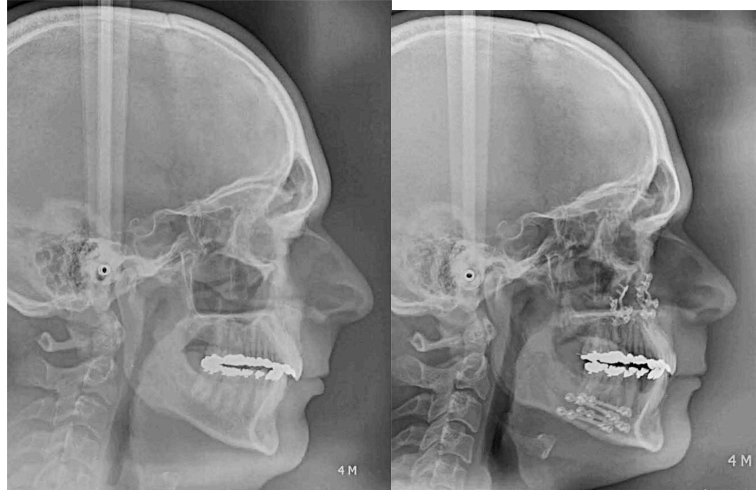
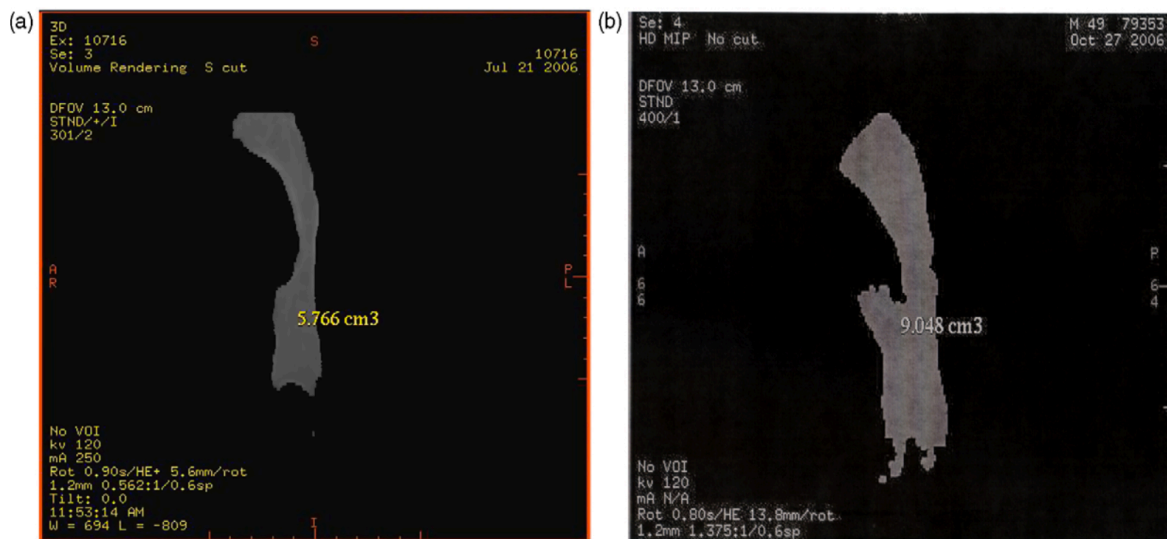
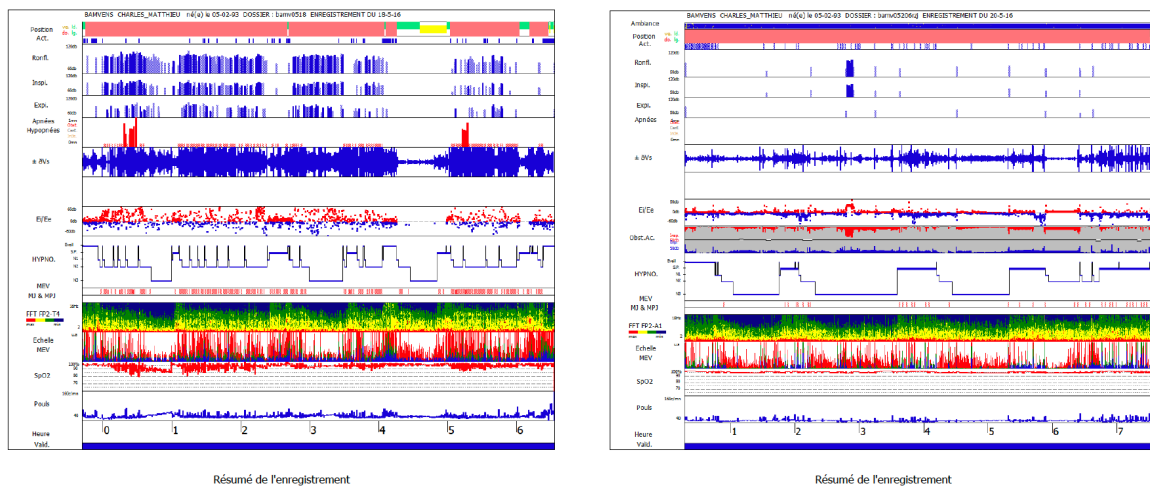


Fig. : Téléradiographies de profil avant/après d'un patient opéré d'une AMM (Dr B. Petelle)



Fig. : Résultat de profil avant/après AMM (Dr B. Petelle)



L'AMM peut être associée à une génioplastie d'avancée, permettant la mise en tension des muscles s'insérant sur la symphyse mentonnière et assure ainsi un résultat fonctionnel et esthétique.

Cette chirurgie peut également s'inscrire dans différents contextes de dysmorphoses squelettiques qu'elle peut dans le même temps corriger et des études récentes en montrant un taux de succès important (Ronchi et al. 2010).

Les modifications faciales consécutives à une AMM sont : une avancée sagittale des joues, lèvres et du menton, ainsi qu'un élargissement transversal de la base du nez et des joues (Gerbino et al. 2014).

1.4.5. Orthopédie dento- faciale

Chez l'enfant, des dispositifs d'orthopédie dento-faciale permettent une expansion du squelette maxillaire et une avancée mandibulaire. Ces deux effets ont un impact bénéfique chez les jeunes patients apnéiques.

1.4.6. Autres traitements

Ces dernières années ont vu se développer des techniques nouvelles de traitement, basées sur la stimulation électrique du nerf hypoglosse (XII) et des muscles dilatateurs du pharynx. En effet, leur contraction permet une ouverture active du pharynx. Cependant, de tels dispositifs sont aujourd'hui encore en cours d'évaluation.

2. Les différentes techniques de simulation des chirurgies d'avancée maxillo-mandibulaire.

La méta-analyse de Holty et Guillemainault sur 624 patients montre une diminution de l'IAH de 63,0 à 9,5 (Holty et Guillemainault 2010) chez les patient SAHOS opérés d'une AMM. Malgré la modification faciale conséquente, 90 % des patients jugent positivement ou inchangé le résultat esthétique final (Li et al. 2001). Quelques patients parlent même d'effet « rajeunissement » (Beranger et al. 2017).

Cependant, un nombre non négligeable se juge moins attractif après la procédure (10 %) (Li et al. 2000).

Comme nous l'avons écrit, les modifications faciales consécutives à une AMM sont : une avancée sagittale des joues, lèvres et du menton, ainsi qu'un élargissement transversal de la base du nez et des joues (Gerbino et al. 2014).

Les modifications faciales réalisées, contrairement à la chirurgie orthognatique, ne sont pas voulues à visée esthétique mais imposées par les impératifs fonctionnels.

Ces avancées conséquentes des bases osseuses, plus importantes que lors d'une chirurgie orthognatique « classique », peuvent donc avoir un retentissement esthétique favorable ou non. Des impacts délétères ont été rapportés, tel qu'un faciès trop protrusif, un aspect bombé de la lèvre supérieure et un élargissement de la base du nez. Ainsi, l'esthétique constitue un défi de taille à relever pour la pleine satisfaction du patient.

L'apparence physique s'imposant comme un critère important dans l'appréciation d'une personne, nombre de patients appréhendent l'impact esthétique de cette chirurgie. Pour pallier à cette appréhension, les chirurgiens ont cherché à simuler le résultat esthétique chirurgical.

Les praticiens ont d'autre part le devoir déontologique d'informer le patient et d'obtenir son consentement éclairé afin qu'il soit le plus conscient possible des conséquences et modifications liées à la chirurgie.

La décision du patient de subir une chirurgie orthognatique repose sur plusieurs besoins et motifs. L'amélioration de l'apparence est une des motivations importantes pour les patients. La motivation pour un traitement affectant l'esthétique du visage est liée à des facteurs psychologiques et sociaux. L'inquiétude des patients avant le traitement semble être une prise de conscience de soi concernant leur image corporelle. Ceux qui choisissent la correction chirurgicale de leur anomalie maxillo-faciale ont tendance à considérer leur déformation dento-faciale comme plus sévère que les patients ayant des problèmes similaires mais qui ont refusé l'option chirurgicale (Bell et al. 1985).

Les changements majeurs dans l'apparence du visage semblent alors être facilement intégrés dans le concept de soi de l'individu.

L'amélioration de l'apparence est associée à une amélioration de l'adaptation psychosociale (Lazaridou-Terzoudi et al. 2003). La qualité de vie s'est avérée meilleure pour les patients opérés en raison de leur estime de soi et de leur confiance accrue (Esperão et al. 2010).

Les préoccupations sociales et psychologiques, l'amélioration de la fonction, de l'apparence et de l'estime de soi peuvent encourager un patient à poursuivre une intervention chirurgicale. Par conséquent, il est très important que le patient comprenne nos objectifs de traitement. La prédiction du résultat du traitement orthognatique est une partie importante de la planification chirurgicale et du processus de consentement éclairé du patient. La prédiction céphalométrique joue ainsi un rôle important en augmentant la compréhension du patient et l'acceptation du traitement recommandé.

2.1. Les simulations 2D

L'analyse céphalométrique a été effectuée, pendant des décennies, à la main. Le traçage été effectué à l'aide de papier d'acétate collé sur les radiographies.

Actuellement, il existe 2 méthodes d'analyse céphalométrique :

- le traçage manuel et la mesure directe des angles et distances souhaités à l'aide d'un rapporteur et d'une règle
 - la numérisation de la radiographie par ordinateur.
- L'analyse céphalométrique informatisée est plus rapide.

2.1.1. Simulations manuelles

Traditionnellement, les tracés d'acétate étaient utilisés pour simuler les modifications des tissus durs et mous, suite aux chirurgies.

Historiquement, Cohen (Cohen 1965) a décrit la première méthode permettant de déterminer la quantité de mouvement mandibulaire nécessaire pour obtenir une esthétique faciale satisfaisante après une chirurgie. Un tracé du maxillaire, des dents maxillaires, de la mandibule, des dents mandibulaires et du profil des tissus mous était réalisé à partir de la téléradiographie de profil d'origine. Un tracé régional de la face inférieure comprenant uniquement les dents mandibulaires et la mandibule ainsi que le contour des tissus mous de la partie supérieure de la gorge, du menton et de la lèvre inférieure était réalisé et découpé. Cette découpe était déplacée le long du plan d'occlusion en fonction de la quantité de mouvement mandibulaire voulu.

Les modifications des tissus mous étaient ensuite inspectées.

La section découpée était tracée dans une couleur différente de celle du tracé d'origine pour visualiser plus facilement les modifications des tissus mous.

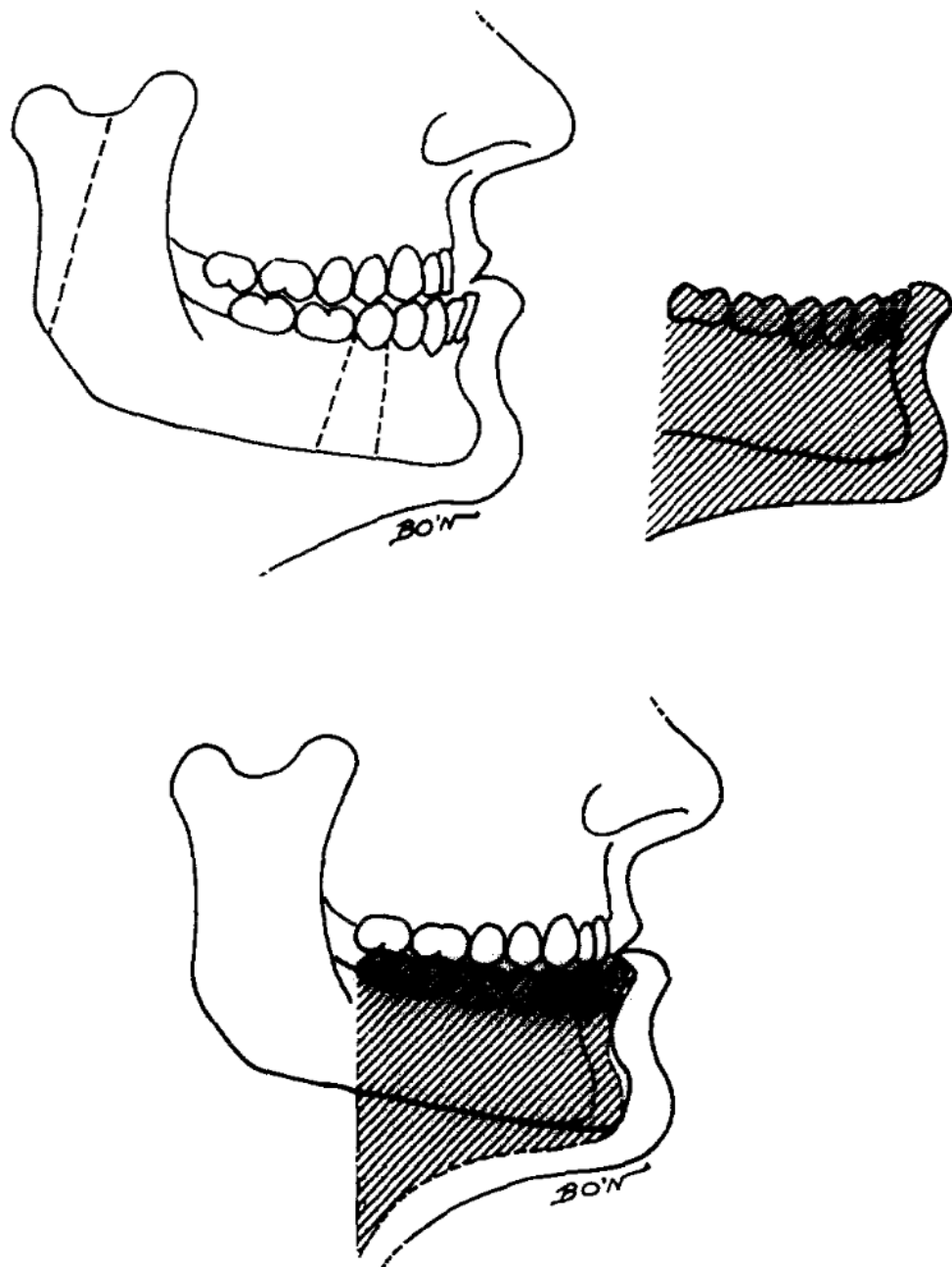


Fig. : Simulation d'une chirurgie de Classe 3 sur tracé de Cohen

Une technique similaire de simulation mandibulaire a ensuite été proposée par McNeill et al. (McNeill et al. 1972). Ce dernier utilisait des moulages dentaires montés en articulateur pour quantifier le mouvement voulu des bases osseuses. Il transposait ensuite ce mouvement sur les téléradiographies de profil.

Henderson (Henderson 1974) propose une procédure différente en 2000. Cet auteur combinait le tracé céphalométrique du patient avec une photo de profil en transparence. L'évaluation des conséquences chirurgicales sur le profil était réalisée en sectionnant le transparent le long des

lignes d'ostéotomie projetées. Cette méthode offrait un avantage car elle permettait au patient de visualiser et de comprendre plus facilement le résultat prédit grâce à la photographie du profil.

Cependant, toutes ces techniques dépendent fortement de l'expérience et de la compétence artistique du clinicien qui élabore le plan de traitement. De plus, les méthodes manuelles prennent beaucoup de temps, et sont tributaires de téléradiographies de qualité (position de tête naturelle, lèvre au repos).

Les modifications d'épaisseur des tissus mous, leur tonicité et la réponse individuelle du patient aux mouvements osseux n'étaient pas prises en compte par ces simulations. Elles introduisaient donc des incertitudes dans la prédiction des tissus mous.

Le « dessin au trait », bien que relativement informatif pour le clinicien, ne fournissait pas au patient une image parlante du résultat proposé.

Enfin, ces tracés étaient difficilement utilisables pour les chirurgies bi-maxillaires.

Ainsi d'autres perspectives ont été développées avec en premier lieu, l'apparition de logiciels informatiques pour une simulation informatisée.

2.1.2. Simulations Informatisées

La planification a évolué progressivement en utilisant des programmes informatiques dédiés à l'analyse céphalométrique 2D des téléradiographies.

Historiquement, le premier programme informatique conçu pour aider au diagnostic, à la planification du traitement et à la prévision du profil des tissus mous postopératoires a été développé par Bhatia et Sowray (Bhatia et Sowray 1984). Le logiciel pouvait collecter, stocker et analyser des données graphiques telles que des téléradiographies et des photographies du visage et des dents. L'opérateur manipulait des graphiques pour tenter différentes procédures chirurgicales possibles et produisait ainsi différents profils. Pour prédire les changements dans les tissus mous, le programme effectuait dans un premier temps un mouvement des tissus mous correspondant au mouvement des tissus durs, avant de modifier la forme des tissus mous selon des algorithmes prédéfinis.

Par exemple, pour la lèvre supérieure et inférieure, les données d'Engel et al (Engel et al. 1979) étaient utilisées pour prédire le profil des tissus mous en cas de chirurgie maxillaire.

Plus tard, Harradine et Burnie (Harradine et Birnie 1985) ont décrit un programme informatique capable de fournir à l'utilisateur des tracés de superposition. La prédiction pouvait être effectuée

après que l'utilisateur eut choisi la procédure chirurgicale et saisi les dimensions verticales et horizontales requises du changement.

Les prédictions des tissus mous étaient effectuées automatiquement en conservant leurs rapports avec les tissus durs.

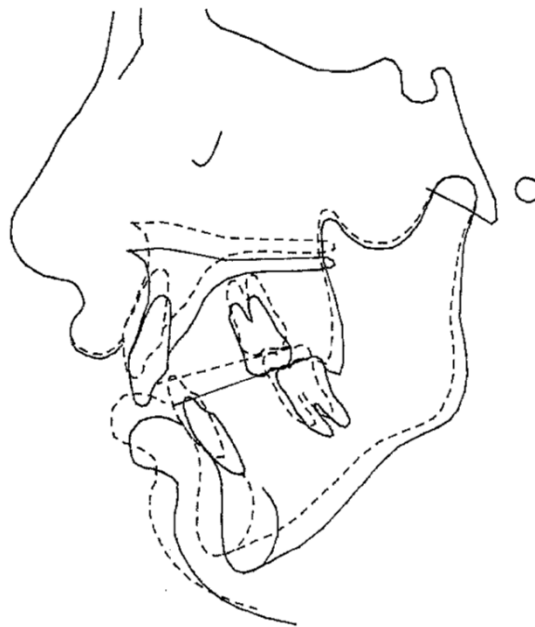


Fig. : simulation d'une chirurgie maxillaire (trait pointillé) selon des dimensions verticales et horizontales choisies en amont

Un autre programme informatisé de planification des chirurgies maxillo-faciales a été mis au point par les frères Walters (Walters et Walters 1986). Une opération était automatiquement suggérée et générée par l'ordinateur selon les analyses céphalométriques. L'ordinateur ajustait ensuite la position des tissus mous en fonction du degré des mouvements osseux, comme suggéré par Freihofer (Freihofer 1984), et produisait ainsi le profil prévu.

Le chirurgien ou le patient avait la possibilité d'accepter ou de rejeter la suggestion de l'ordinateur en partie ou en totalité en modifiant la prédiction esthétique générée par l'ordinateur.

Actuellement, il existe une grande variété de logiciels informatiques céphalométriques pour la prédiction de la chirurgie orthognatique. Ces derniers permettent aux orthodontistes et aux chirurgiens de manipuler rapidement les représentations numériques des tracés de profils et de transformer ensuite le profil selon les chirurgies prévues.

Ainsi, ces logiciels sont capables d'analyser la radiographie, de tracer et de calculer l'analyse pour une variété de résultats chirurgicaux possibles. Cependant, ces simulations sont

imprécises, chronophages (30min) et leur validité dépend grandement de la précision des enregistrements, de l'algorithme spécifique au logiciel, et des spécificités de la population de patients.

De plus, ces simulations donnent des résultats plus esthétiques que la réalité, et des zones posent fréquemment problèmes notamment au niveau de la lèvre supérieure (simulée trop antérieure) et inférieure (simulée trop postérieure)(Kaipatur et Flores-Mir 2009).

De surcroit, la plupart de ces logiciels ne prennent pas en compte l'adaptation des tissus mous aux mouvements effectués.

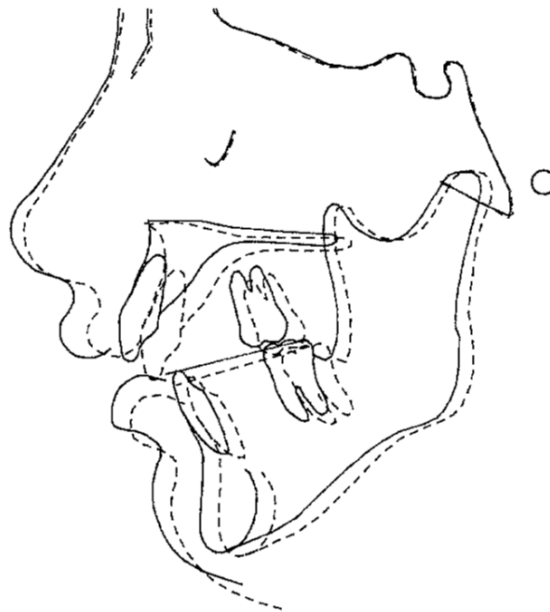


Fig. : Comparaison simulation (tracé pointillé) et résultat postopératoire (tracé plein)

Enfin, toutes ces techniques de simulation 2D exploitant les téléradiographies de profil permettent une prévisualisation de profil uniquement et non de face.

Plus tard, avec les avancées technologiques, des simulations 3D ont vu le jour grâce à l'essor du CBCT et des logiciels de prédiction de mouvement des tissus mous en fonction des mouvements des tissus durs (Turpin 1990).

2.2. Simulations 3D

Récemment, des techniques d'assistance par ordinateur ont intégré la planification chirurgicale 3D à l'aide de logiciels d'analyse céphalométrique 3D des tissus durs et mous.

Ces programmes informatiques de simulation ont plusieurs fonctions :

- segmentation de l'image pour sa conversion en un modèle 3D en identifiant et délimitant les structures anatomiques intéressantes
- analyse céphalométrique 3D
- simulation des ostéotomies, relocalisation des segments osseux selon les mouvements chirurgicaux planifiés, et prédiction des changements au niveau des tissus mous en fonction des mouvements réalisés.(Lin et Lo 2015)

Une fois que l'analyse céphalométrique du modèle numérique 3D est réalisée, une planification préliminaire peut en effet être effectuée par le chirurgien qui va l'utiliser pour simuler la chirurgie dans un environnement 3D grâce à un logiciel dédié (Lin et Lo 2015).

Ce sont ensuite des algorithmes prédéfinis qui permettent de prédire l'adaptation des tissus mous selon les mouvements effectués.

Les logiciels actuels les plus utilisés sont Mimics® (Materialise), SimPlant OMS® (Materialise), Dolphin Imaging® (Dolphin Imaging and Management Solutions) et Maxilim® (Medicim).

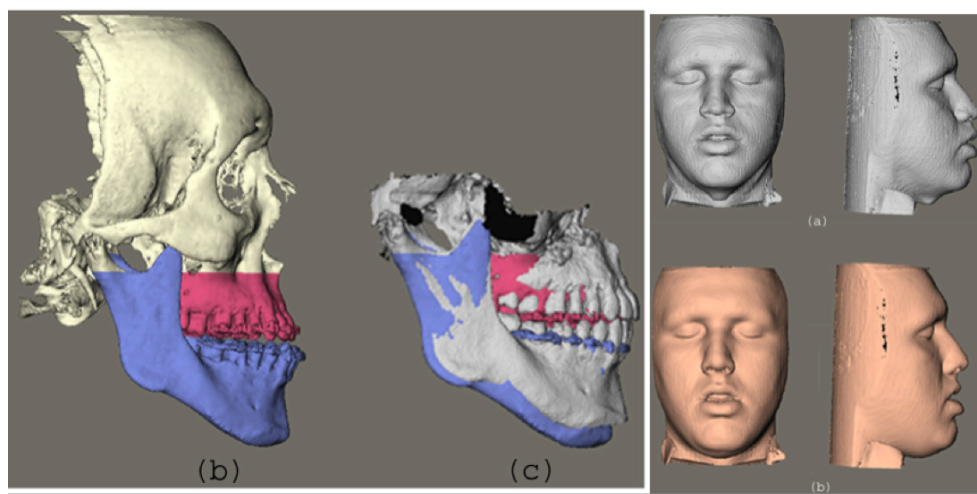


Fig. : Exemple de simulation chirurgicale 3D par le logiciel Maxilim®

A gauche : b) préopératoire c) post-opératoire

A droite : a) résultat post-opératoire b) simulation

2.2.1. Avantages de la simulation 3D

L'apport de la simulation 3D est particulièrement intéressante pour les cas complexes tels que les chirurgies bimaxillaires ou les asymétries faciales. Des études récentes (Ho et al. 2017, Lonic et al. 2016) ont montré que, dans ces cas, le recours à la simulation assistée par ordinateur a conduit à modifier des plans de traitement 2D.

Ces techniques ont été prouvées statistiquement plus prédictibles que les simulations 2D en ce qui concerne les tissus mous (Van Hemelen et al. 2015)26/02/2019 09:52:00.

Enfin, ces simulations 3D permettent de simuler le rendu final aussi bien de face que de profil contrairement aux simulations 2D.

2.2.2. Inconvénients de la simulation 3D

Bien que cette technique a été prouvée statistiquement plus prédictible que les simulations 2D en ce qui concerne les tissus mous, les mouvements des tissus durs modélisés, eux, ne correspondent pas précisément aux mouvements réalisés pendant les chirurgies (Van Hemelen et al. 2015).

Là encore, cette technique donne des résultats non concordant à la réalité (plus de 3mm de différence) au niveau de l'aile du nez, des lèvres supérieure et inférieure, du stomion, et du pogonion (Shafi et al. 2013).

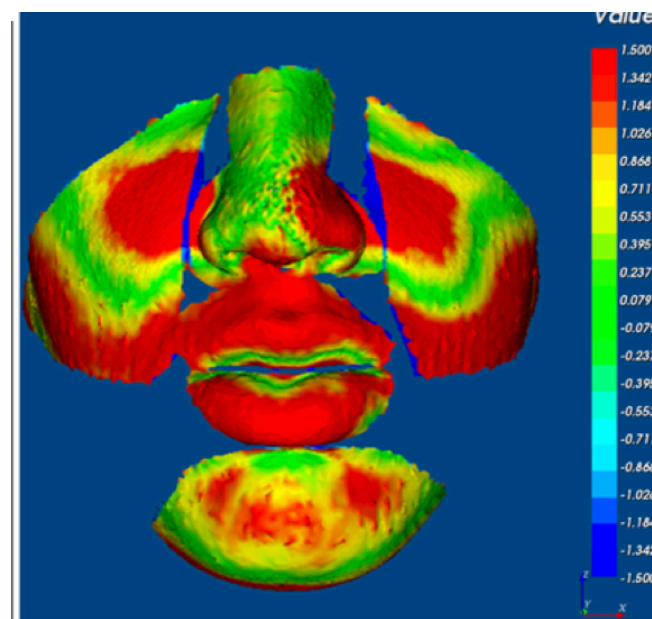


Fig. : Comparaison entre la simulation Maxilim et le resultat postoperatoire. Les zones rouges correspondent à une difference de plus de 3mm

Par ailleurs, ces logiciels 3D ont été développés pour une population caucasienne et ne peuvent donc pas être appliqués à toute une population.

La réalisation d'une simulation 3D telle que nous l'avons décrite est une technique très complexe et chronophage (40min par simulation), qui requiert de l'entraînement pour le praticien.

En effet, les difficultés de compréhension et d'analyse de ces logiciels sont des barrières à leur utilisation quotidienne (Van Hemelen et al. 2015).

Elle nécessite également une prudence accrue vis-à-vis de l'irradiation (Kusnoto 2007).

Enfin, la précision de la simulation 3D diminue avec l'augmentation du nombre de chirurgie, ce qui rend son utilisation délicate pour les chirurgies maxillo-mandibulaire.

Ces logiciels de simulations 3D sont néanmoins prometteurs et ont donc intéressé de nombreuses équipes de recherche ces dernières années et de nombreuses études ont été réalisées.

Une étude systématique (Olate et al. 2017) les reprenant tous, pointe du doigt les nombreux biais et conclut que ces logiciels ne pouvaient pas prédéterminer le mouvement des tissus mous selon le mouvement osseux pour le moment.

Dans un futur proche, ces simulations 3D pourraient être accompagnées d'un scanner laser type stéréo-photo-grammetrie qui permettra de placer précisément tous les points anatomiques et de réaliser des superpositions régionales qui amélioreront les simulations

L'évolution technologique a vu naître la possibilité de simulations tridimensionnelles par ordinateur. Certaines, exploitant le CBCT, sont prometteuses mais présenteraient, en l'état actuel, des biais, une impossibilité d'applications aux tissus mous et un coût trop élevé (Olate et al. 2017).

Une solution simple par autosimulation, a été proposée par les Drs. Boris Petelle et Julia Cohen Levy au sein du GHU Paris EST, UMPC Hopitaux Saint Antoine-Tenon.

3. Etude clinique d'un modèle de simulation

Le principe est de faire propulser le patient pour simuler l'avancée mandibulaire. L'avancée maxillaire est réalisée par le positionnement d'une cire conformée au niveau du secteur incisif maxillaire. Le patient est acteur de sa simulation. Le praticien doit cependant s'assurer du bon positionnement mandibulaire.

Des photos exobuccales du visage de profil sont prises sans et avec la simulation décrite.

Ces photos ont été prises par le même chirurgien à l'hôpital Saint-Antoine (appareil Reflex Canon 450, objectif Macro 60 mm, ouverture à 10 et flash annulaire manuel 1/4). Les patients sont positionnés au repos, orientés selon le plan de Francfort, oreilles visibles devant un fond blanc.



Fig. : Exemple de photographies de profil (pré-opératoire, simulation et postopératoire)

On sensibilise le patient en expliquant la simulation et en lui montrant des résultats similaires chez des patients opérés.

Pour cette simulation, il est utilisé une cire Moyco bleue formée en arc de cercle en aplatissant les bords. Le bourrelet ainsi créé doit être épais de 1cm en antérieur et réduit progressivement en postérieur. Le chirurgien place ensuite ce dernier sur le bord vestibulaire des dents maxillaires, sur lesquelles il dépasse d'1mm en occlusal. Le patient doit alors proglosser la

mandibule et mordre sur le bandeau. Pour finir, il ferme la bouche en laissant ses lèvres au repos.

Le chirurgien reprend alors une photo de profil ainsi simulée en conservant les mêmes repères. Pour plus d'objectivité, ces simulations ont été réalisées avec 2 praticiens : l'un orthodontiste et l'autre chirurgien.



Fig. : Bourrelet de 10mm placé sur les incisives maxillaires

L'auto-simulation présente plusieurs objectifs :

- Sélectionner les patients répondants
- Récuser les indications non favorables
- Informer les patients des modifications attendues
- Conserver une preuve de cette information

Ces objectifs répondent à un cahier des charges : simple, reproductible, peu coûteux, rapide et permettant une comparaison objective. Ce protocole présente donc un intérêt thérapeutique et psychologique pour le traitement du SAHOS par AMM..

Cette étude a été approuvée par la CNIL (Commission nationale de l'informatique et des libertés).

Il s'agit d'une étude comparative monocentrique rétrospective entreprise sur 49 patients suivis au sein du GHU Paris EST, UPMC Hôpitaux Saint Antoine -Tenon par le Dr PETELLE pour leur SAHOS.

3.1. Objectif

L'objectif principal de cette étude a été d'étudier la fiabilité d'un modèle de simulation du profil cutané suite à une chirurgie d'avancée maxillo-mandibulaire dans le cadre d'un traitement du SAHOS.

3.2. Matériels et méthodes

Les critères d'inclusion sont :

- Patient adulte, >18 ans
- indication d'AMM pour leur SAHOS

Les critères d'exclusion sont :

- Dysmorphose syndromique
- Traumatisme facial
- Antécédent de chirurgie maxillo-faciale
- Photo non exploitable (barbe, oreille coupée sur la photo ou cachée par les cheveux, photo prise de biais, position de repos labiale non respectée)
- Suivi non respecté par le patient

Au total 30 patients sont inclus, 27 hommes et 3 femmes d'âge moyen 43 ans, de poids moyen 76kg et d'indice d'apnée hypopnée moyen à 47/h.

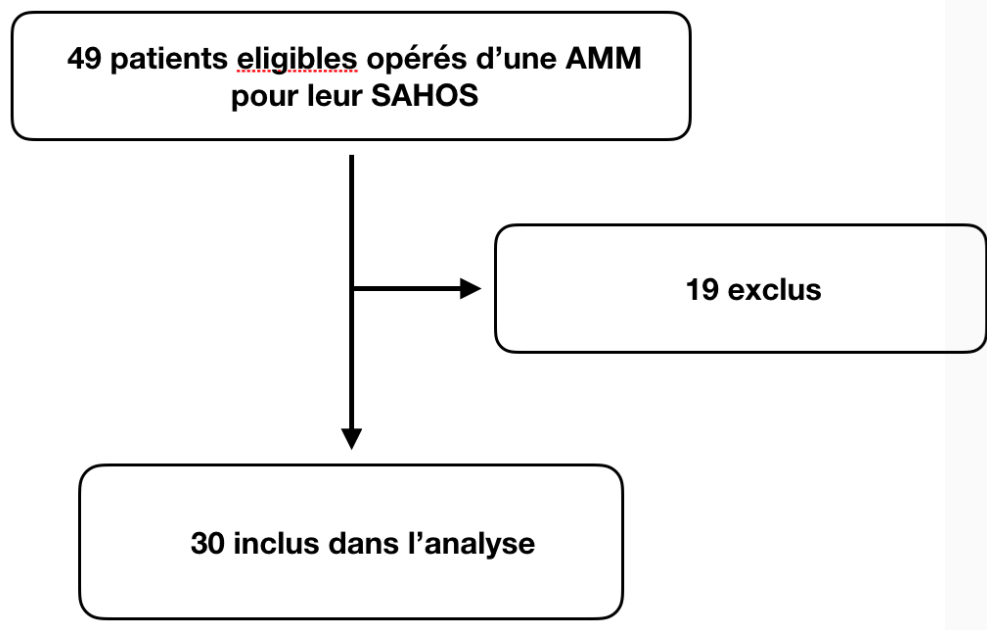


Fig. : Diagramme de flux

Les patients ont été vus une première fois lors de la consultation pluridisciplinaire d'apnée du sommeil composée d'un chirurgien maxillo-facial, un ORL, un médecin du sommeil et un orthodontiste.

Cette Réunion de concertation pluridisciplinaire (RCP) permet une prise en charge globale et optimale de ces patients.

Les malocclusions associées au SAHOS sont fréquentes : Classe II, endognathie, encombrement, etc. Leur correction peut être réalisée conjointement. Une préparation orthodontique permet alors de décompenser les arcades. Ce projet de chirurgie télégnathique devient un projet Ortho-SAHOS, prenant en considération à la fois la problématique orthognathique mais aussi apnéique.

Une analyse céphalométrique a été effectuée dans le but d'analyser les anomalies squelettiques favorisant la pathologie obstructive mais aussi de repérer des prédispositions qui pourront être corrigées lors de la même intervention tout en conservant un profil harmonieux.

Le bilan radiologique comporte : Téléradiographie de profil (TRP), panoramique dentaire, et bilan long cône si nécessaire.

A l'issue de la consultation, on réalise des modèles et des photos pré-opératoire.

Une fois que l'indication de chirurgie d'AMM est proposée, on réalise la simulation.

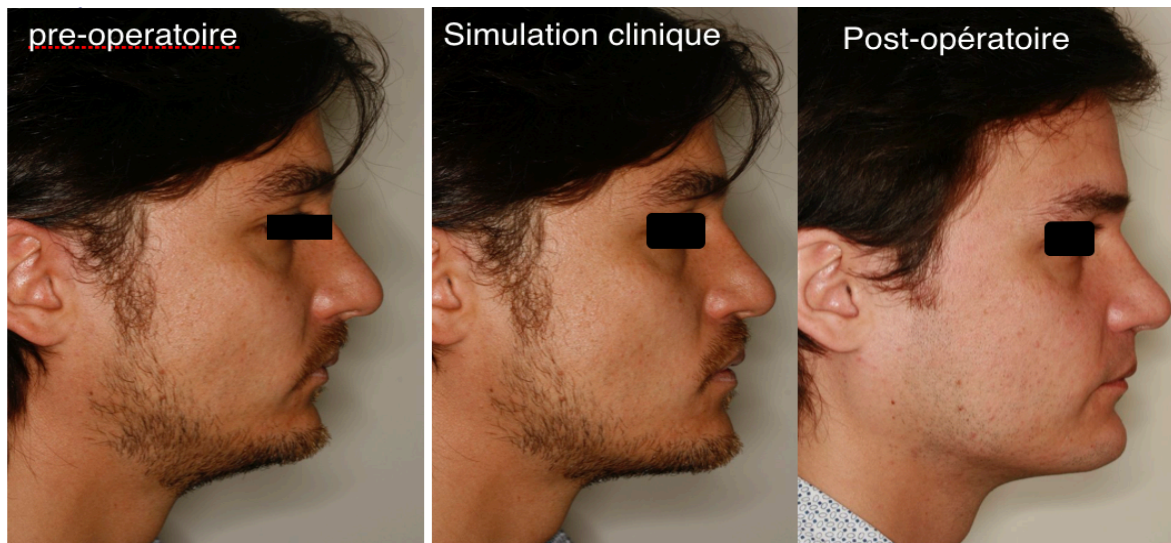


Fig. : Photographies d'un patient en préopératoire, simulation et postopératoire à 1an

La photo post opératoire est réalisée à un an dans les mêmes conditions.

Les patients ont tous été suivis et opérés par la même équipe. L'opération est effectuée sous anesthésie générale.

Au cours de cette opération, il a été effectué un Lefort I d'avancé +/- rotation antihoraire (17) du maxillaire (6,6° en moyenne), et une ostéotomie sagittale des branches montantes de la mandibule pour une avancée mandibulaire (10,6mm en moyenne).

Un patient a nécessité en plus une expansion maxillaire transversale.

7 patients ont bénéficié d'un traitement orthodontique préparatoire avec multi-attaches

2 patients ont également bénéficié d'une genioplastie.

L'ostéosynthèse a été obtenue par mini-plaque avec des vis en titane (Matériel DELTEX).

Après une surveillance en salle de réveil, l'hospitalisation était d'environ 3 jours.

La consultation de contrôle à une semaine comportait un bilan radiologique (Téléradiographie, Panoramique). Le patient est ensuite revu à 1 mois, 3 mois, 6 mois et 1 an.

A 6 mois, un enregistrement du sommeil est fait pour analyser à nouveau l'IAH, et à 1 an, des photos sont prises et le patient remplit un questionnaire de satisfaction (le questionnaire de satisfaction de Finlay)

données initiales

Numero patients	Age (années)	Poids (kg)	IAH/heure
P1	47	72	31
P2	42	65	33
P3	43	80	45
P4	28	58	8
P5	42	72	43
P6	43	76	48
P7	46	69	35
P8	46	87	58
P9	41	80	65
P10	33	77	42
P11	47	76	34
P12	40	75	31
P13	51	76	33
P14	37	73	30,7
P15	32	100	67
P16	42	76	69
P17	41	80	54,3
P18	40	71	42
P19	37	69	75
P20	59	69	78
P21	43	74	37
P22	30	88	100
P23	60	68	58
P24	41	73	37
P25	43	76	50
P26	39	67	67
P27	51	85	31
P28	67	90	57,3
P29	35	88	42
P30	43	77	30
Moyennes	43,1	76,2	47,8

Méthode de mesure

Sur les 3 clichés réalisés (pré-opératoire, simulation, postopératoire), les points utiles à l'analyse céphalométrique ont été positionnés pour chaque patient.

Ci-dessous leur positionnement et leur description :

- Glabelle, point le plus saillant de la partie inférieure du front, souvent au niveau de l'arcade sourcilière.
- Li : point labial inférieur, point situé à la jonction muco-cutanée de la lèvre inférieure.
- Ls : point labial supérieur, point situé à la jonction muco-cutanée de la lèvre supérieure.
- Me : point Menton, point le plus inférieur de la symphyse mandibulaire.
- Ml : point labio-mentonnier, point le plus profond du sillon labio-mentonnier.
- Na : nasion point le plus postérieur de la base du nez
- Nbis : point d'intersection entre le profil cutané et la ligne reliant le trignon et le canthus externe.
- PF : Plan de Francfort, plan passant par le trignon et par le point sous-orbitaire.
- Pg : pogonion cutané, point cutané le plus antérieur du menton.
- Prn : proéminence nasale, point le plus antérieur du nez.
- Sn : point sous-nasal, point définissant la limite entre le nez et la partie cutanée de la lèvre supérieure.
- SnV : plan vertical sous nasal, plan perpendiculaire au plan horizontal postural et passant par Sn.
- So : point sous-orbitaire, point le plus déclive du rebord inférieur de l'orbite.
- Stm : stomion point situé au niveau de l'intersection de la fente interlabiale avec le plan sagittal médian.
- T : trignon, point le plus antérieur de la concavité supratragale de l'oreille.

- Tr : trichion, point correspondant à la limite entre le cuir chevelu et le front.

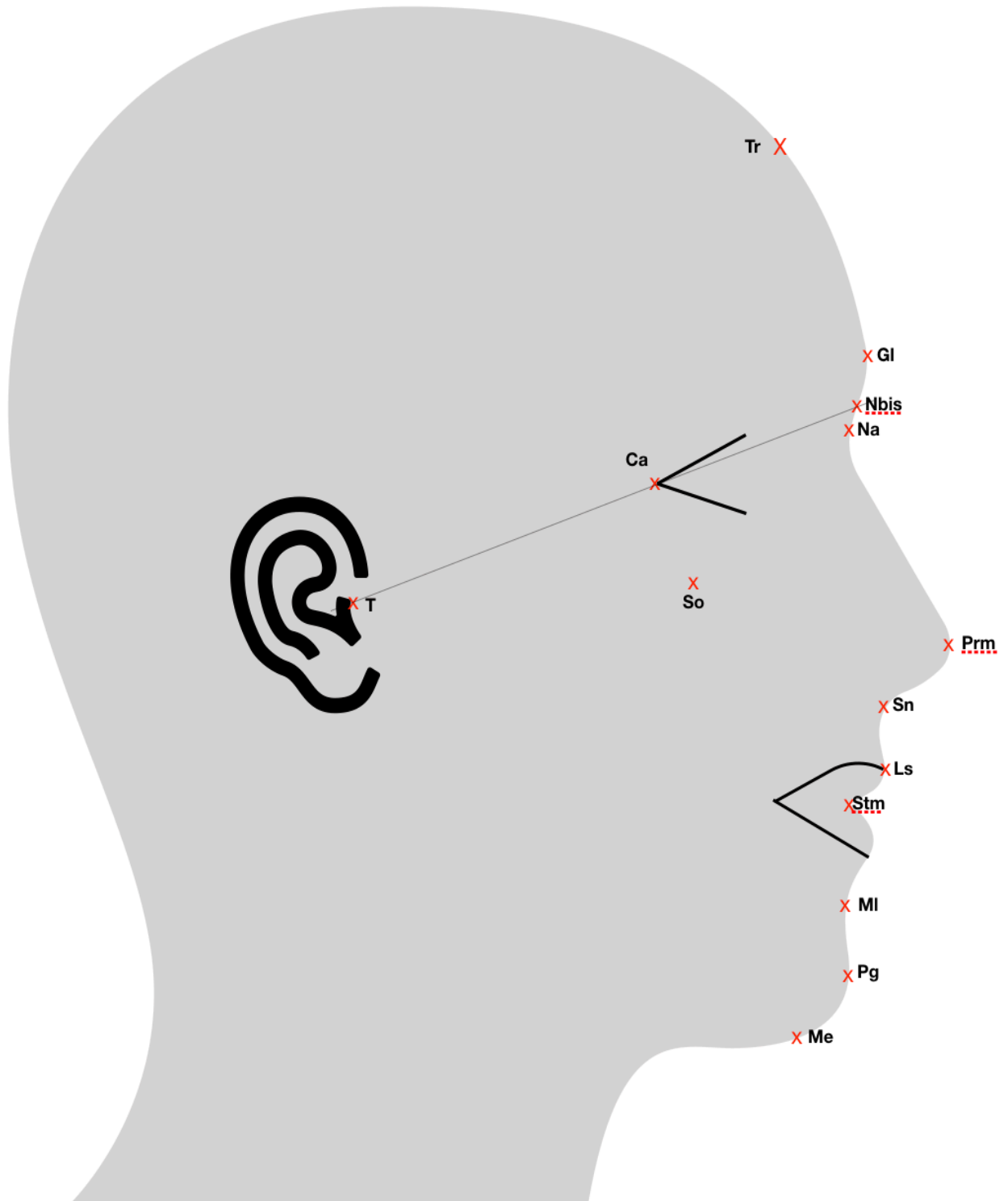


Fig : Positionnement des points sur les tracés de profil

Pour l'analyse céphalométrique, des techniques et normes ont été sélectionnées parmi celles qui intéressent l'étage inférieur de la face et qui prennent en considération des repères cutanés utilisables de profil. Ces analyses sont décrites ci-dessous :

– **Les proportions de Bell**, proportions entre les hauteurs de différents étages du profil cutané. La valeur référence est la hauteur faciale totale (à laquelle est attribuée la valeur référence de 1), séparant les plans passant par le point Gl et le point Me. L'étage supérieur, entre le point Gl et le point Sn, vaut normalement $1/2$; l'étage inférieur, défini entre les points Sn et Me vaut normalement $1/2$. C'est cet étage qui va être analysé dans l'étude. L'étage inférieur est divisé en deux parties : la première étant la longueur de la lèvre supérieure, entre les points Sn et Stm, qui représente normalement $1/3$ de l'étage inférieur, et la deuxième partie, située sous la lèvre inférieure. C'est ce rapport entre SN-Stm et Stm-Me qui va nous permettre de comparer les dimensions verticales des différentes photos.

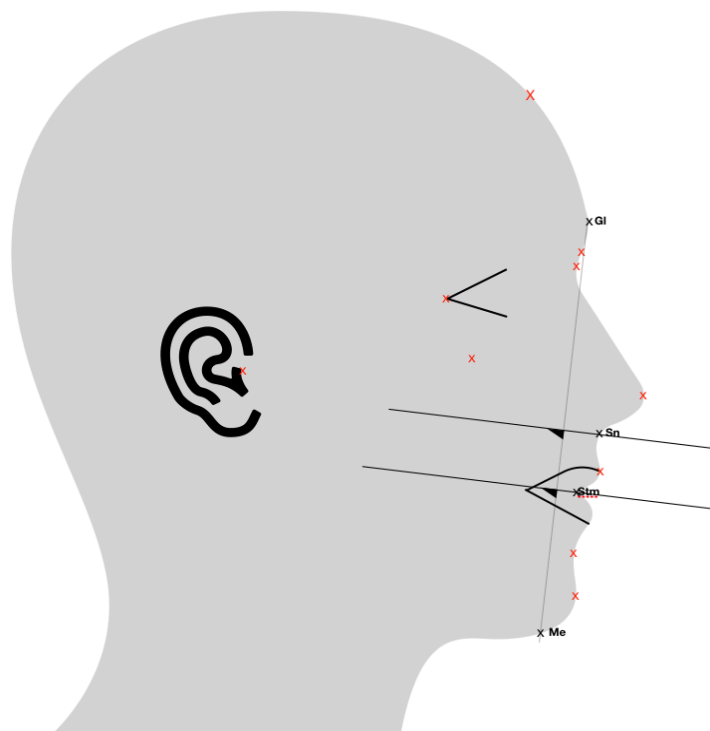


Fig. : Les proportions de l'étage inférieur de Bell

– **Les secteurs d'Achard et Blanc** : S1 ($N=105^{\circ} \pm 3$), S2 ($N=80^{\circ} \pm 3$) et S3 ($N=73^{\circ} \pm 3$).

Ces auteurs utilisent une droite passant par le point T et par le cantus externe ; le prolongement de cette droite va croiser le profil cutané sur un point proche du point Na, que l'on nommera Nbis ; ce dernier sera à l'origine de trois tangentes : la première à la pointe du nez, la deuxième

à la lèvre supérieure et la troisième au menton. Cela donnera naissance à trois secteurs angulaires :

- le secteur 1, entre la tangente au nez et la droite T-Nbis, mesurant $105^{\circ} \pm 3$,
- le secteur 2, entre la tangente à la lèvre supérieure et la droite T-Nbis, avec une norme située à $80^{\circ} \pm 3$,
- le secteur 3, entre la tangente au menton (point pogonion) et la droite T-Nbis ayant pour valeur $73^{\circ} \pm 3$.

C'est la relation entre ces trois valeurs qui est importante. Un profil équilibré, nécessite une proportionnalité entre ces valeurs : si l'une est plus basse, les deux autres doivent l'être aussi, mais de manière proportionnelle ; le profil sera « écrasé », mais équilibré. Il en va de même pour des valeurs plus grandes.

Ces valeurs vont nous permettre de comparer les incidences sur le nez, la lèvre supérieure et le menton.

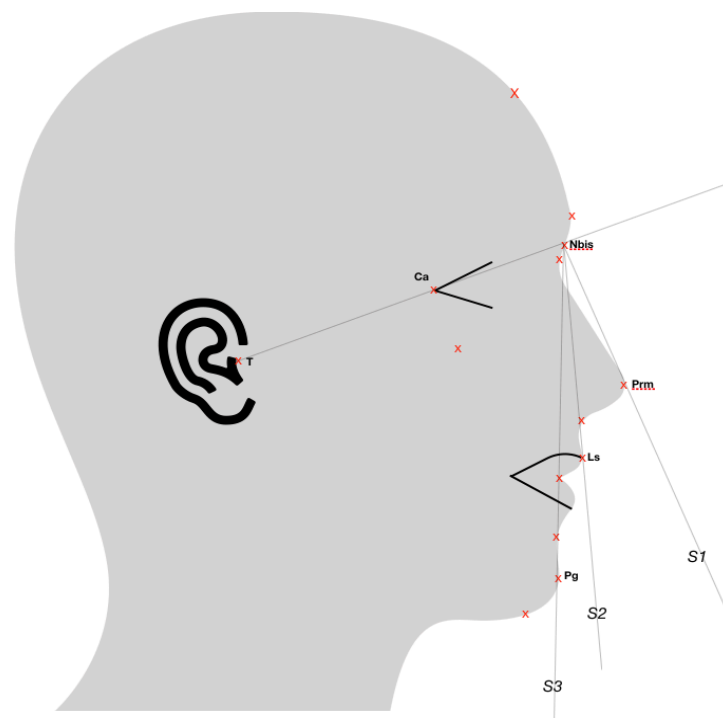


Fig. : Les secteurs S1 S2 S3 d'Achard et Blanc

- **L'angle facial cutané d'Holdaway** ($N=91^{\circ} \pm 7$) : c'est l'angle formé par le plan PF et la ligne Nasion cutané - Pogonion ; il est évalué à $91^{\circ} \pm 7$. Si cette norme est dépassée, il considère le sujet comme prognathe, et si la valeur est inférieure, il sera rétrognathe. Cette valeur va également nous permettre de comparer les positions du menton par rapport au crâne.

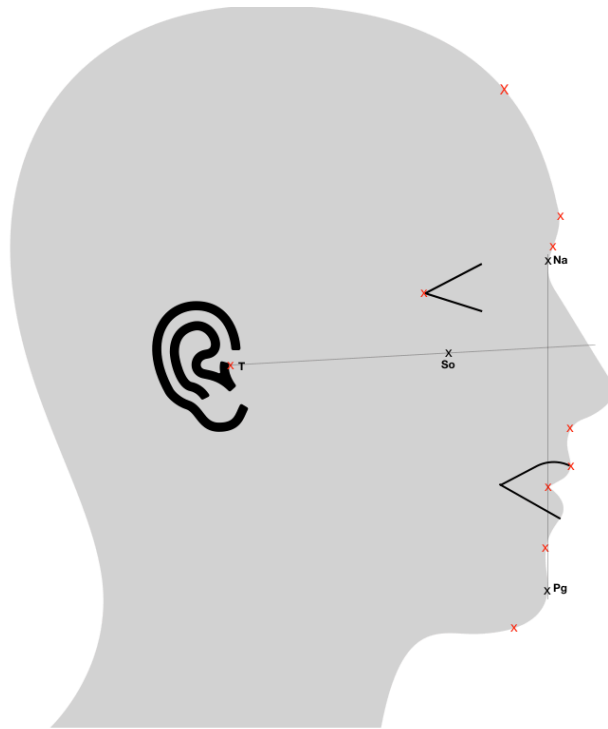


Fig. : Angle facial cutané d'Holdaway

– **La proéminence du nez** (N=14 à 24 mm) : somme de la profondeur du sulcus supérieur et de la mesure de la distance séparant la pointe du nez Prn et la droite de référence perpendiculaire au plan PF et passant par le point Ls. La longueur normale a été fixée entre 14 et 24 mm de manière empirique par Holdaway. Cette valeur renseignera sur les modifications nasales.

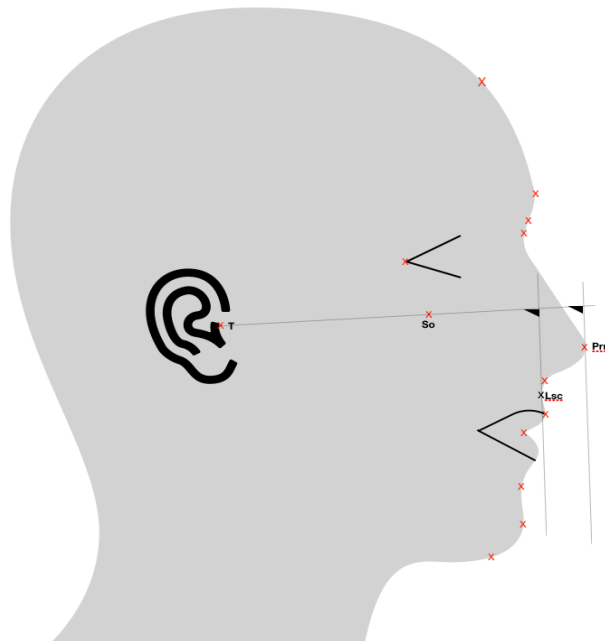


Fig. : La proéminence du nez

– **La profondeur du sulcus de la lèvre supérieure selon Holdaway** (N=3 mm) comme décrit par Holdaway : mesure de la profondeur de la concavité de la lèvre supérieure par rapport à une droite perpendiculaire au plan de Francfort et passant par le point Ls. La valeur idéale est de 3 mm (mais une mesure située entre 1 et 4 mm est jugée comme acceptable).

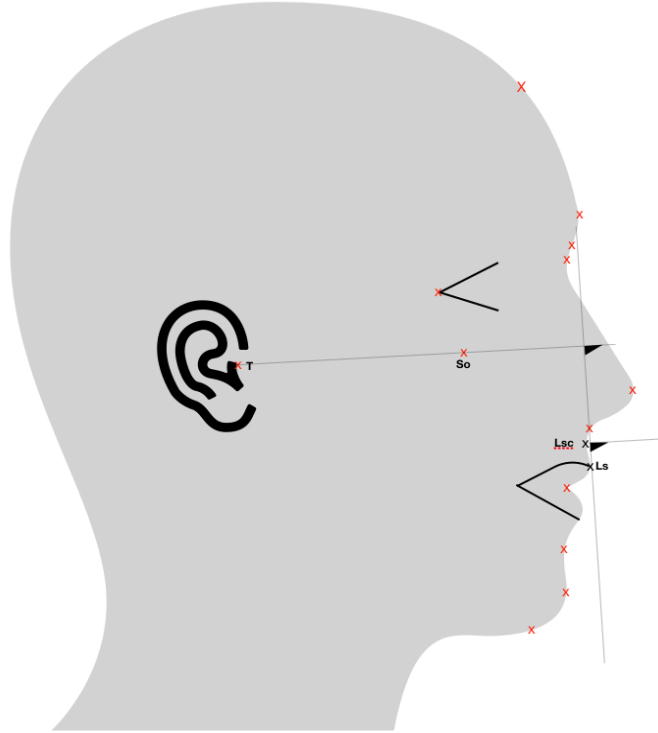


Fig. : Profondeur du sulcus de la lèvre supérieure

– **La profondeur du sulcus de la lèvre inférieure** (N=5 mm) selon Holdaway se mesure entre la ligne tangente au menton (point Pogonion) et à la lèvre supérieure, et le point le plus postérieur du profil cutané, situé entre la jonction muco-cutanée de la lèvre inférieure et le point Pg, ce qui correspond au point Ml. Cette profondeur est d'environ 5 mm et doit suivre l'évolution de la profondeur du sulcus supérieur pour conserver une harmonie faciale complète.

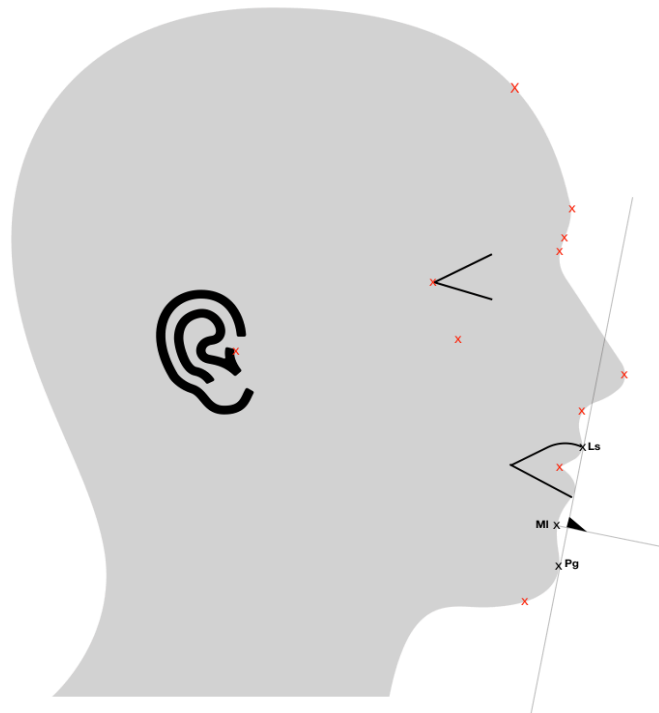


Fig. : Profondeur du sulcus de la lèvre inférieure

– La distance séparant les lèvres inférieure et supérieure de la ligne E de Ricketts (4 mm $\pm$ 3) ou ligne esthétique, tangente au nez et au menton.

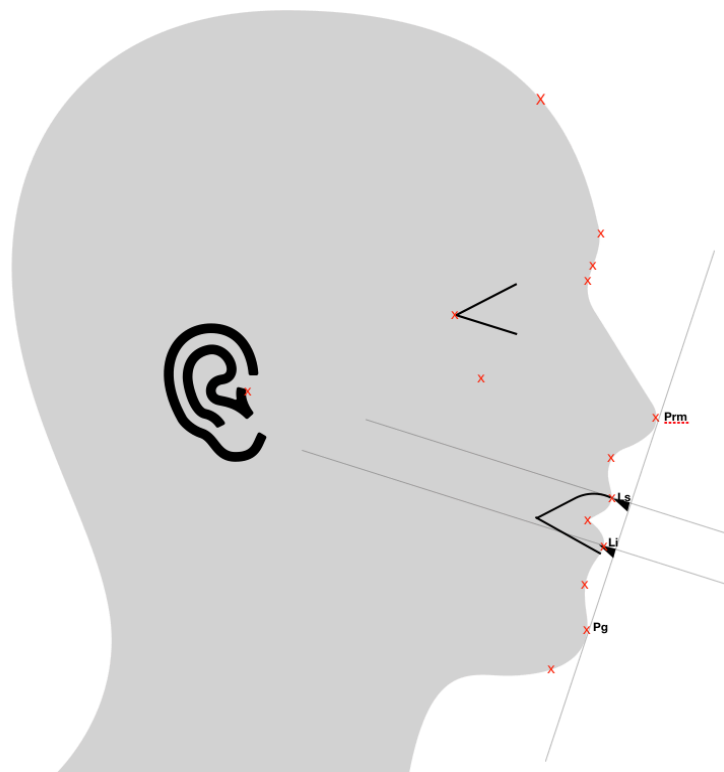


Fig.: Lignes de Ricketts

Ces 2 mesures renseigneront les impacts labiaux.

Afin de simplifier les mesures, les angles et distances ont été mesurés à partir du logiciel Geogebra (Javascript).

Pour les mesures en mm, on a choisi de prendre comme échelle la plus grande diagonale de l'oreille.

Les mesures ont été arrondies à la 4ème décimale.

Les mesures ont été relevées en aveugle par un praticien qui ignorait le protocole et les actes chirurgicaux.

3.3. Analyse statistique

10 tableaux sont créés pour les 10 mesures à relever (angle d'Holdaway, proportion de Bell, SI SII SIII de Achard et Blanc, Ricketts supérieur et inférieur, sulcus supérieur et inférieur et proéminence du nez).

Chaque tableau comprend 30 lignes correspondant aux 30 patients sélectionnés pour l'étude et 3 colonnes correspondant aux mesures prises sur les 3 photos : pré-opératoire, simulation et post-opératoire (Cf Annexes).

L'objectif est de rechercher s'il existe ou non une différence significative entre simulation et postopératoire et ainsi prouver la fiabilité de la simulation. Aussi, pour les comparer, on évaluera les modifications avec comme référence le pré-opératoire.

Etant donné le nombre de groupes (supérieurs à 2) et le nombre d'individus (supérieurs à 20) avec une répartition gaussienne (respect de la loi normale) et l'absence de mesures répétées, le test Anova (one Way) s'est imposé et a été retenu. Ce test comparatif des variances a été suivi du post-test de Tukey qui est la référence pour les comparaisons 2 à 2 sortie d'Anova. Les analyses ont été réalisées avec le programme GraphPad Prism version 6.

3.4. Résultats

3.4.1. Présentation des tableaux

Afin d'apprécier la répartition des mesures et les comparer, nous avons utilisé des nuages de points.

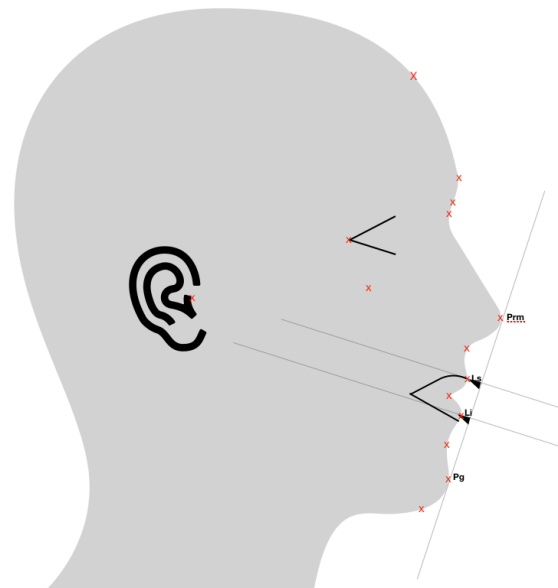
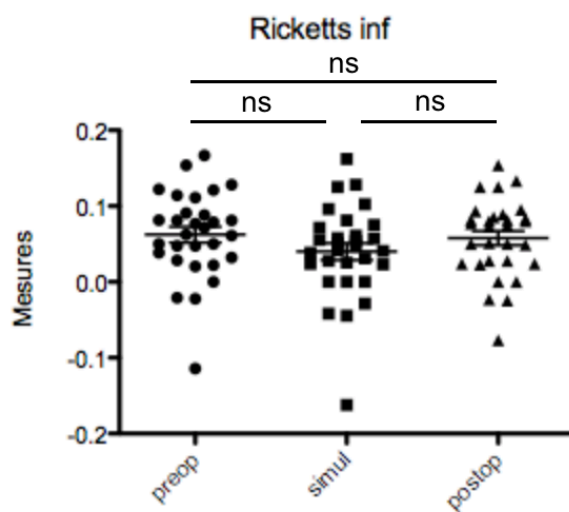
ns : non significatif

* : significatif à $p < 0,05$

** : significatif à $p < 0,01$

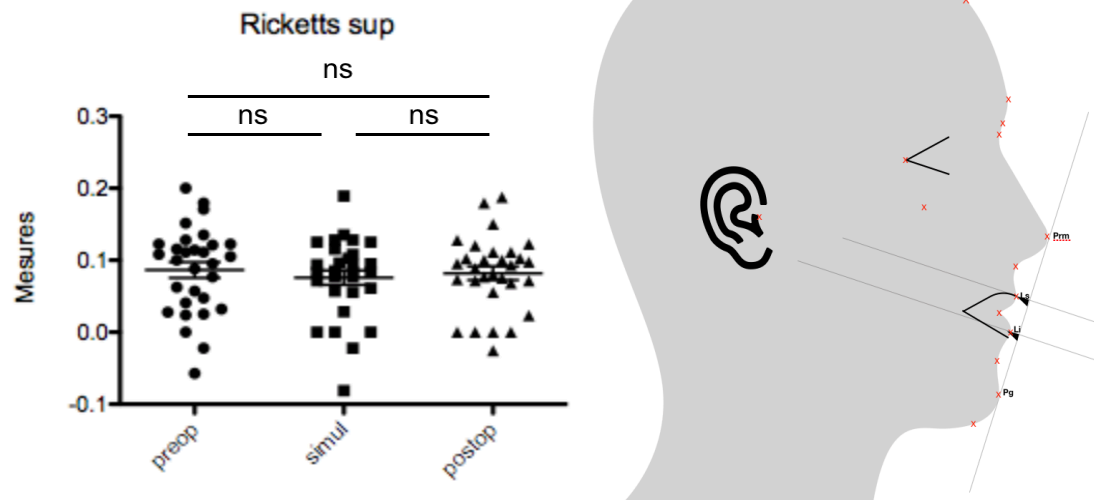
*** : significatif à $p < 0,001$

3.4.1.1. Ricketts inférieur



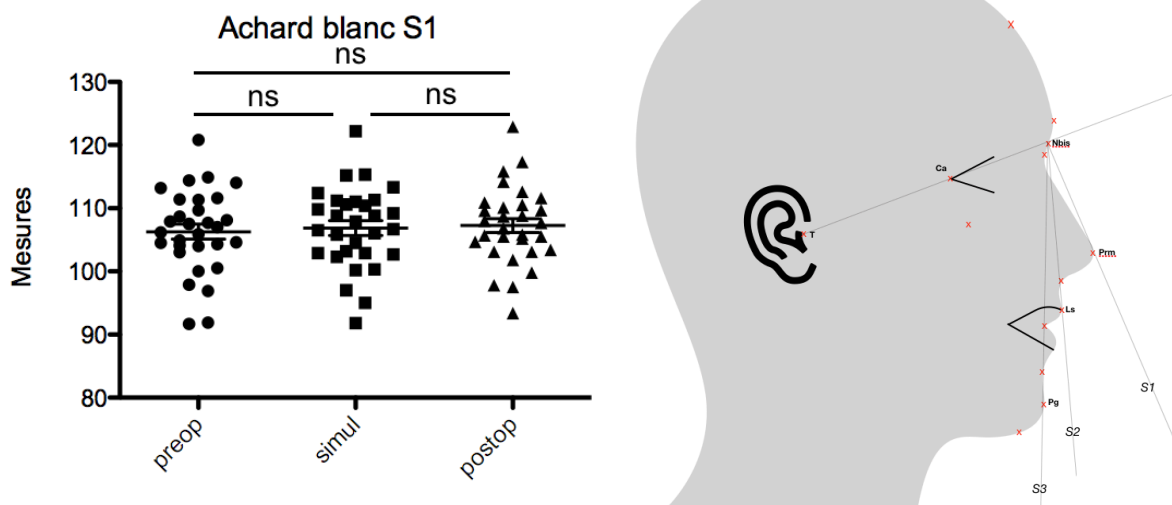
Cette mesure ne montre aucune différence significative entre les 3 données. La mesure de Ricketts inférieur a donc un intérêt limité.

3.4.1.2. Ricketts supérieur



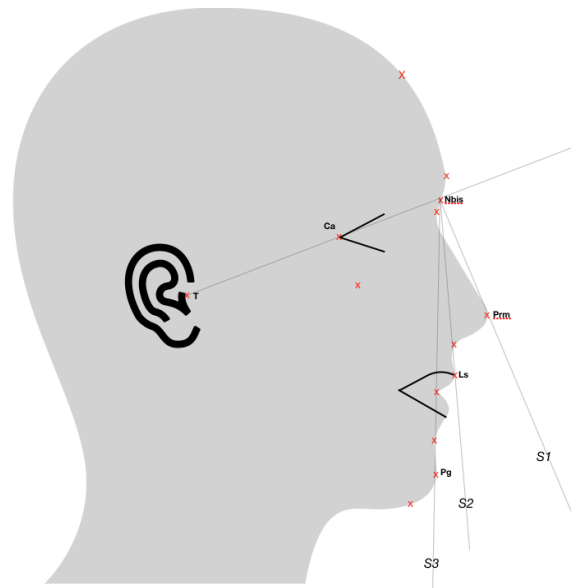
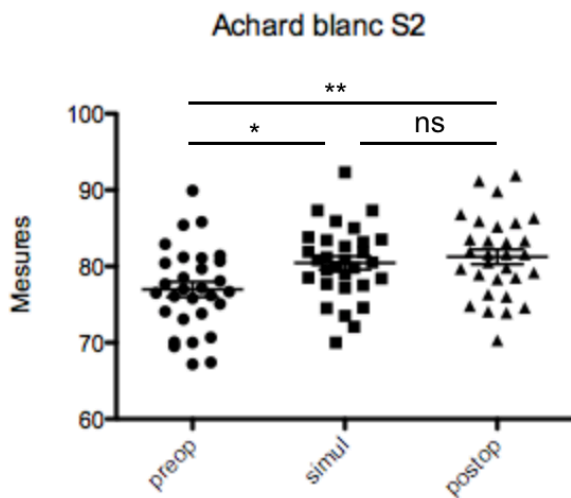
Cette mesure ne montre pas de différence significative entre simulation et post opératoire. La mesure de Ricketts supérieur à donc un intérêt limité.

3.4.1.3. Achard Blanc S1



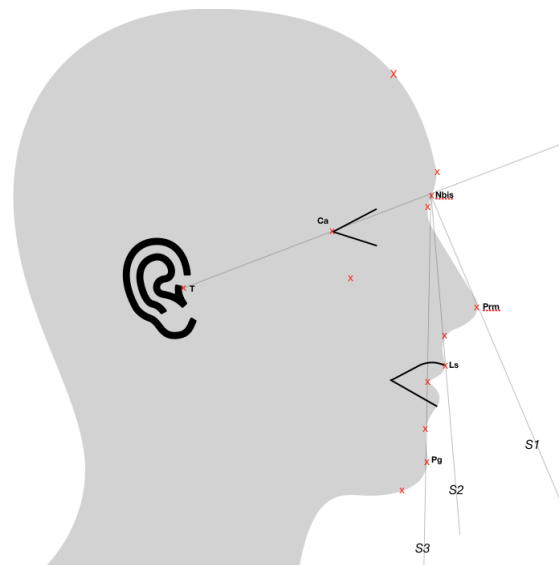
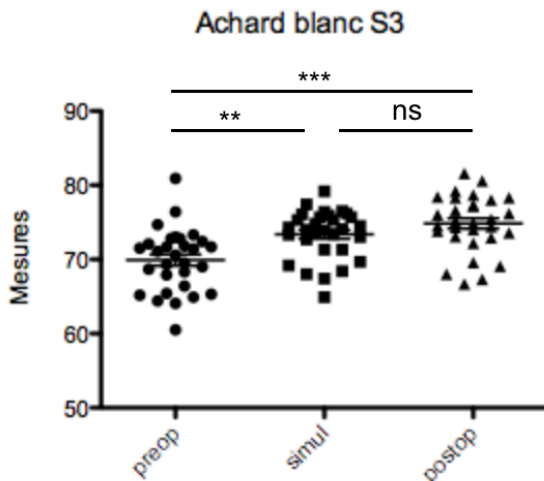
Cette mesure ne montre aucune différence significative entre les 3 données. La mesure d'Achard et Blanc S1 à donc un intérêt limité.

3.4.1.4. Achard Blanc S2



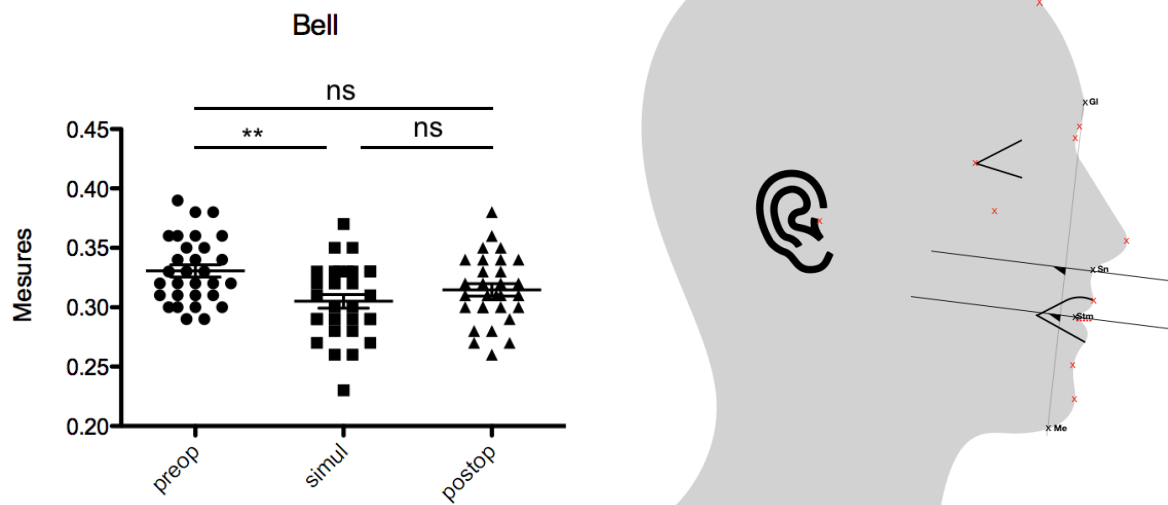
Cette mesure ne montre pas de différence significative entre simulation et post opératoire alors qu'il y a des différences significatives entre pré-opératoire et simulation et entre pré-opératoire et postopératoire.

3.4.1.5. Achard Blanc S3



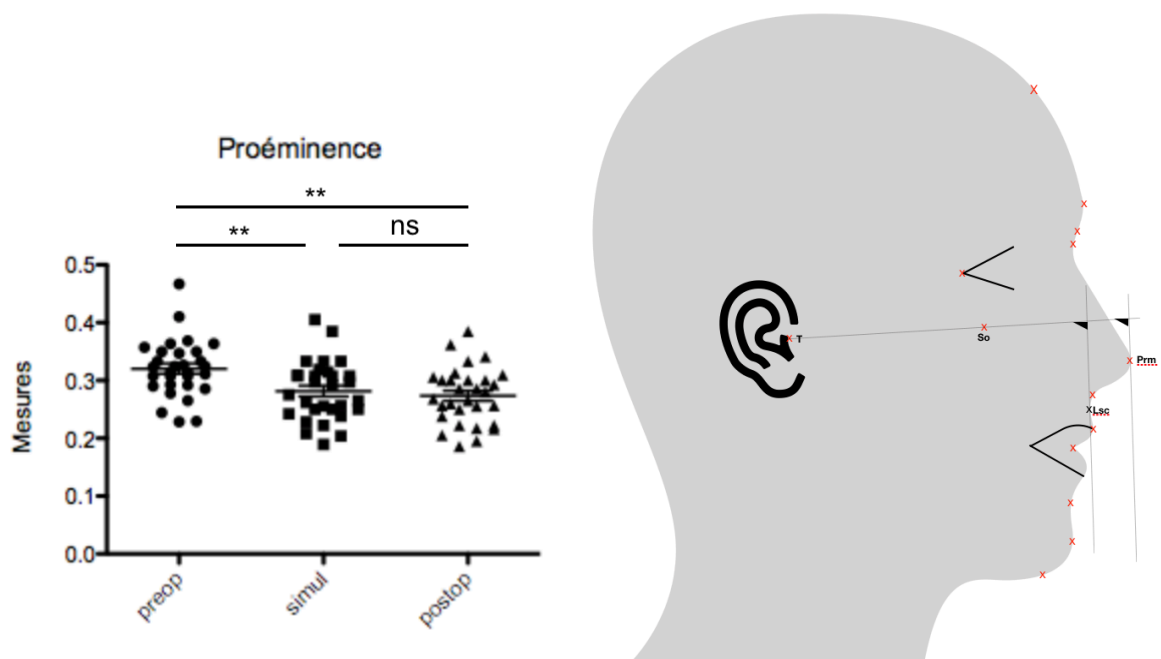
Cette mesure ne montre pas de différence significative entre simulation et post opératoire alors qu'il y a des différences significatives entre pré-opératoire et simulation et entre pré-opératoire et postopératoire.

3.4.1.6. Proportion de l'étage inférieur de Bell



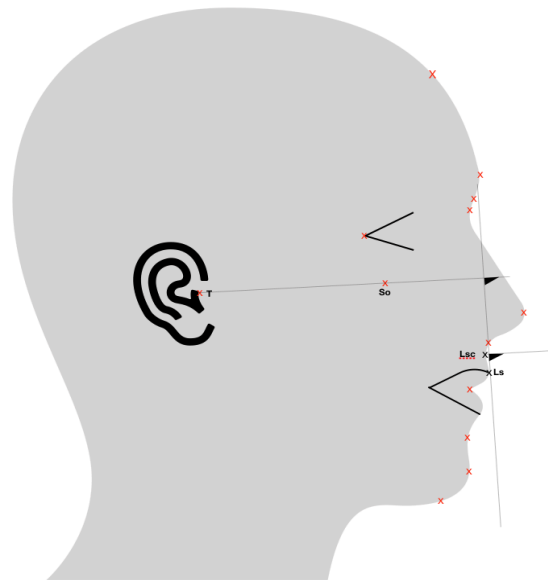
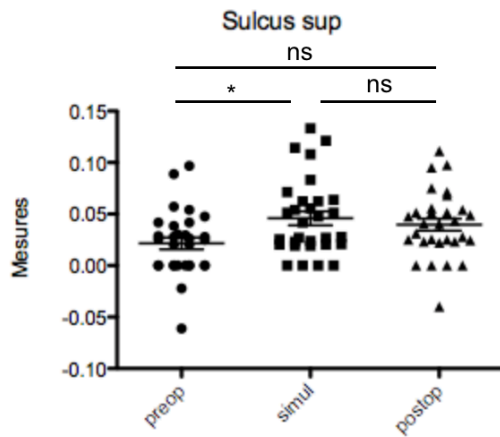
Cette mesure ne montre pas de différence significative entre simulation et post opératoire. Mais pas de différence significative entre pré-opératoire et post-opératoire non plus. En revanche, nous observons des différences significatives entre pré-opératoire et simulation.

3.4.1.7. Proéminence du nez



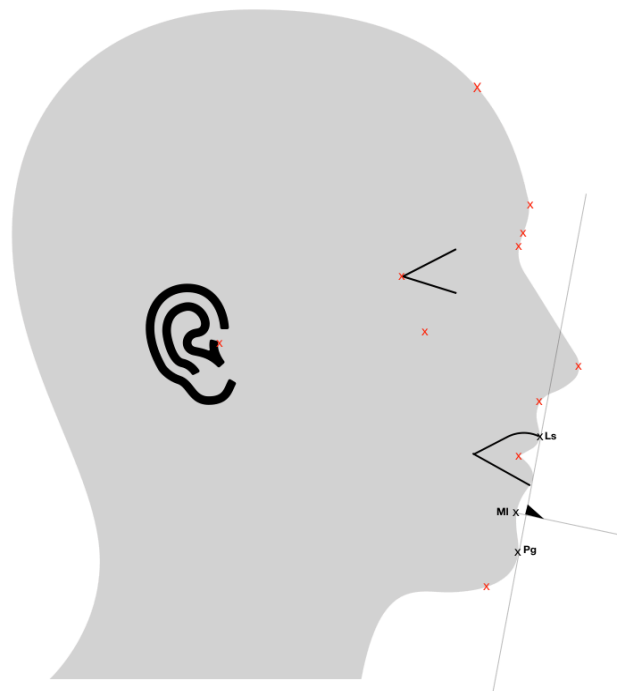
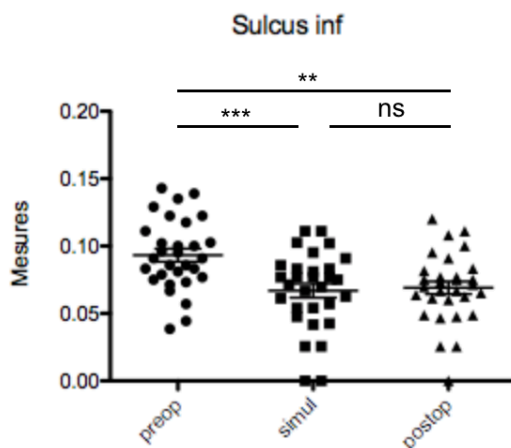
Cette mesure ne montre pas de différence significative entre simulation et post opératoire alors qu'il y a des différences significatives entre pré-opératoire et simulation et entre pré-opératoire et postopératoire.

3.4.1.8. Profondeur du sulcus supérieur



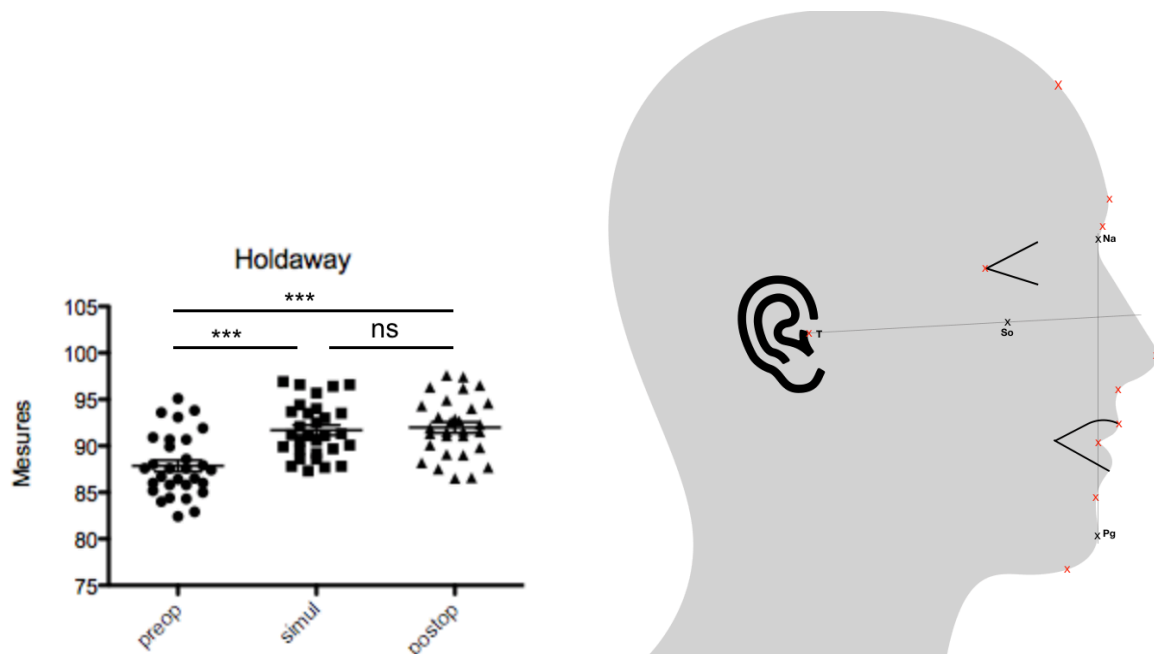
Cette mesure ne montre pas de différence significative entre simulation et post opératoire. Mais pas de différence significative entre pré-opératoire et post-opératoire non plus. En revanche, nous observons des différences significatives entre pré-opératoire et simulation.

3.4.1.9. Profondeur du sulcus inférieur



Cette mesure ne montre pas de différence significative entre simulation et post opératoire alors qu'il y a des différences significatives entre pré-opératoire et simulation et entre pré-opératoire et postopératoire.

3.4.1.10. L'angle facial d'Holdaway



Cette mesure ne montre pas de différence significative entre simulation et post opératoire alors qu'il y a des différences significatives entre pré-opératoire et simulation et entre pré-opératoire et postopératoire.

3.4.2. Résultat statistique

Les mesures Holdaway, Achard S2, Achard S3, Proéminence du nez et profondeur du Sulcus inférieur, montrent des différences significatives entre les données pré-opératoires et postopératoires, entre les données pré-opératoires et simulations et pas de différence significative entre les données simulations et postopératoires. Ces mesures répondent donc à nos attentes.

En revanche, on trouve une différence significative entre pré-opératoire et simulation dans les proportions de l'étage inférieur de Bell et la profondeur du sulcus supérieur sans pour autant en trouver entre pré-opératoire et postopératoire. Dans les deux cas, la simulation surévalue les changements entraînés par la chirurgie, renseignant néanmoins sur la bonne tendance de la correction apportée.

Les mesures Achard S1, Ricketts supérieur et Ricketts inférieur ne montrent aucune différence significative entre les données pré-opératoires, simulations et postopératoires.

3.5. Discussion

3.5.1. Discussion des résultats

Les chirurgies d'avancée maxillo-mandibulaires entraînent des modifications des tissus mous de face et de profil : aplatissement et épatement du nez, diminution de l'angle nasolabiale, avancée de la lèvre supérieure et inférieure, diminution du sillon labio-mentonnier et projection en avant du menton. L'autosimulation est proposée pour prévisualiser les conséquences sur la face de cette chirurgie.

L'objectif de cette étude préliminaire est de tenter de montrer la fiabilité de cette simulation. Ainsi nous voulions trouver une différence significative entre les mesures pré-opératoire/postopératoire, et entre pré-opératoire/simulation mais pas de différence significative entre les mesures simulation/postopératoire.

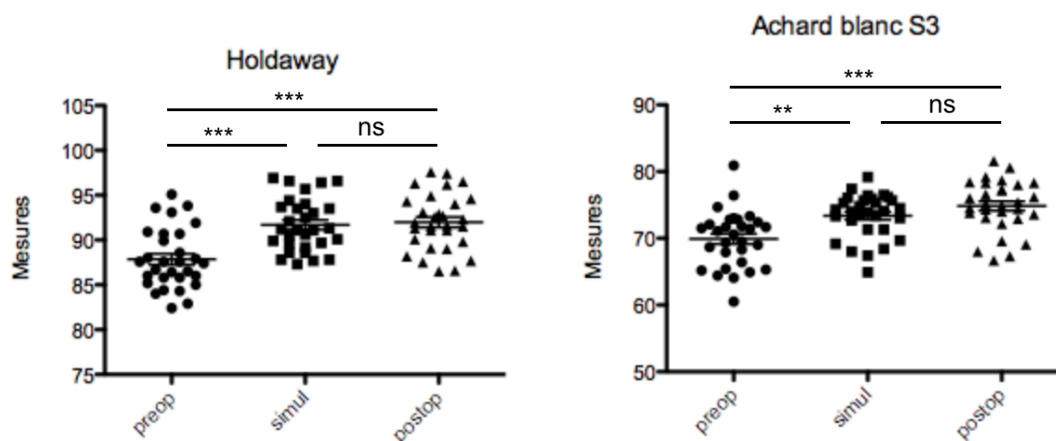
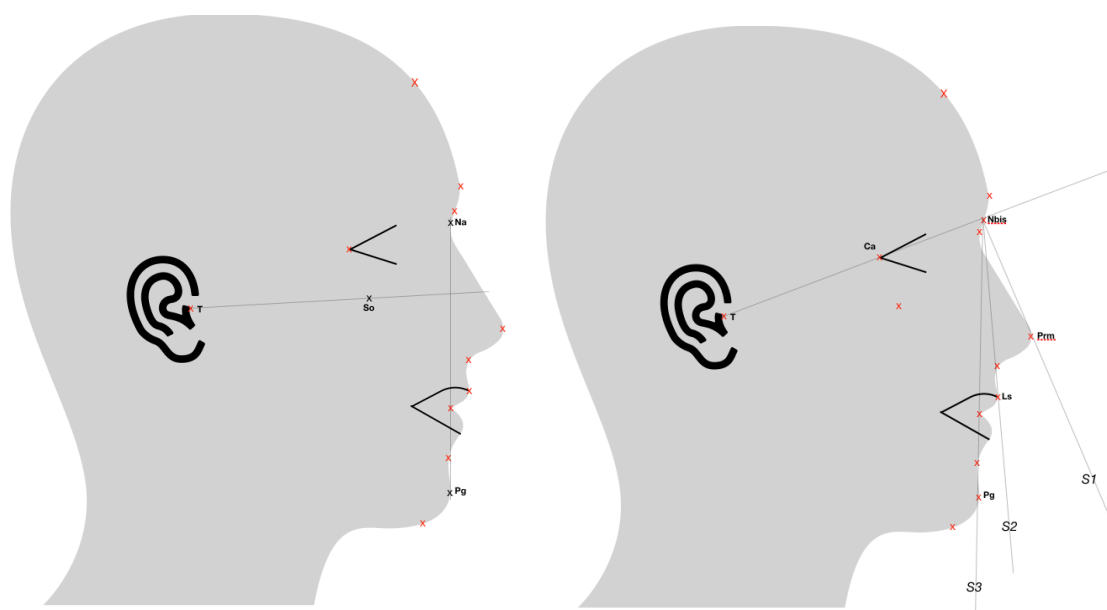
Les mesures Holdaway, Achard S3, Achard S2, Proéminence du nez et profondeur du Sulcus inférieur, répondent à nos attentes significativement. Ces valeurs indiquent la projection du menton (Holdaway et Achard S3), la position de la lèvre supérieure (Achard S2), l'aplatissement du nez (proéminence du nez) et l'importance du sillon labio-mentonnier (profondeur du sulcus inférieur). Les dernières études sur la simulation 3D montrent des différences supérieures à 3 mm pour l'aile du nez, la lèvre supérieure, le stomion, la lèvre inférieur et le pogonion.

3.5.1.1. Angle de Holdaway et Achard S3

L'angle Holdaway semble montrer que la simulation permet de prévisualiser la position antéro-postérieure du pogonion. En effet, la simulation et la chirurgie n'ont pas de répercussion sur le plan de francfort et le nasion cutané. Le point pogonion est donc significativement modifié dans les mêmes rapports dans la simulation et dans la chirurgie.

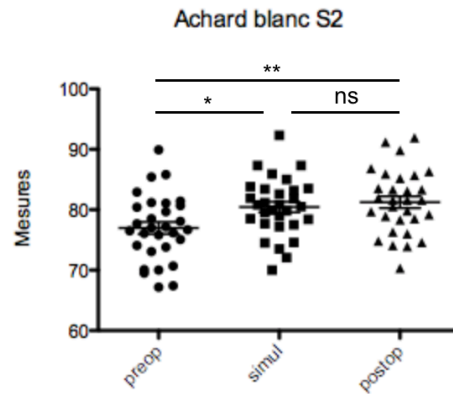
L'analyse de l'angle Achard S3 conforte ce résultat. Le tragion et le cantus externe ne sont pas modifiés. Ainsi le fait d'avoir des résultats différents significativement entre pré-opératoire et postopératoire et pré-opératoire et simulé alors qu'on n'a pas de différence significative entre simulé et postopératoire pour cet angle traduit un déplacement de la tangente au menton sans différence significative entre la simulation et la chirurgie.

Ainsi le résultat postopératoire semble être prédictible par la simulation quant au positionnement de la mandibule dans le sens Antéro-postérieur.



3.5.1.2. Angle Achard S2

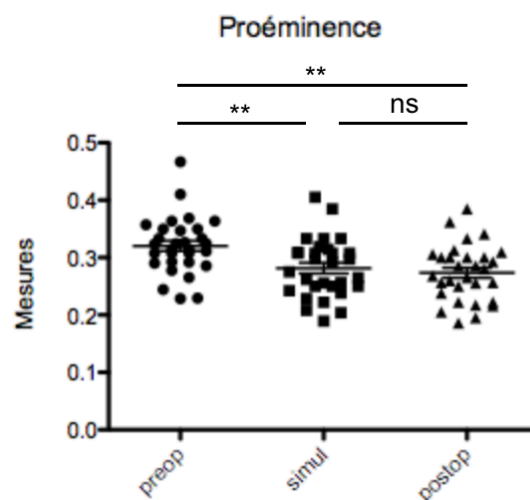
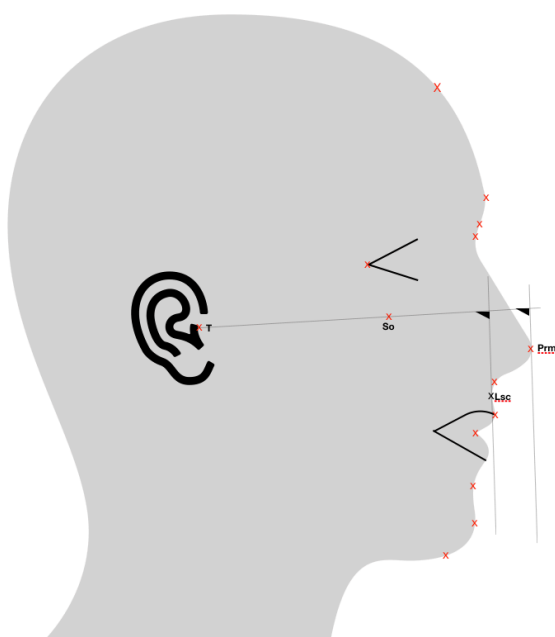
Les mesures de l'angle Achard S2 montrent également la bonne predictibilité de la simulation pour la position de la lèvre supérieure. Là encore, le tracion et le point cantus externe n'ont en aucun cas été modifiés, on peut déduire qu'il n'y a pas de différence significative entre la position de la lèvre supérieure dans la simulation et dans le résultat postopératoire.



3.5.1.3. Proéminence du nez

L'aplatissement du nez de la simulation, lui aussi semble être fidèle au résultat post chirurgical. En effet, la proéminence du nez est significativement diminuée dans les deux cas et aucune différence significative n'est montrée entre ces deux valeurs. Cette mesure est importante car l'épatement du nez est une inquiétude répandue chez les patients traités par une avancée maxillaire.

Les effets d'une chirurgie de Lefort 1 par avancée maxillaire sur le nez ont déjà été étudiés dans la littérature et les conséquences connues sont : une diminution de l'angle naso-labial, un élargissement de la base du nez mais sans augmentation significative du volume du nez (Louis et al. 2001) (Rosen 1988) (van Loon et al. 2015). Ainsi, on peut redouter un aplatissement du nez qui est objectivé sans différence significative dans la simulation et le résultat postopératoire.



3.5.1.4. Profondeur des sulcus supérieur et inférieur

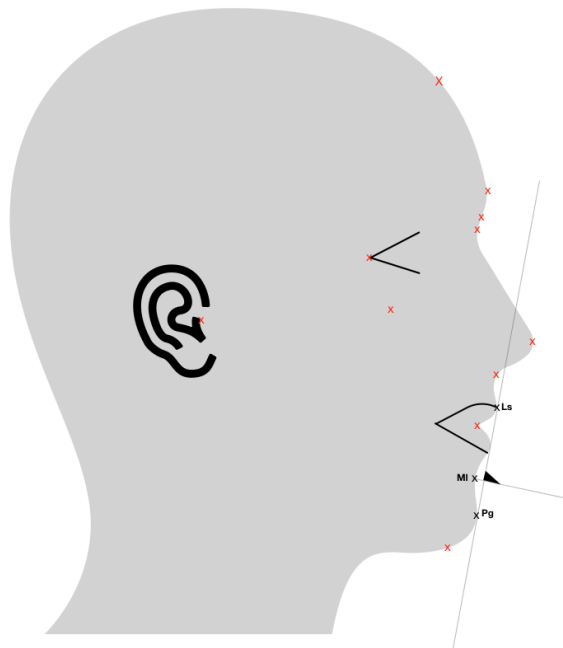


Fig. : Sulcus inférieur

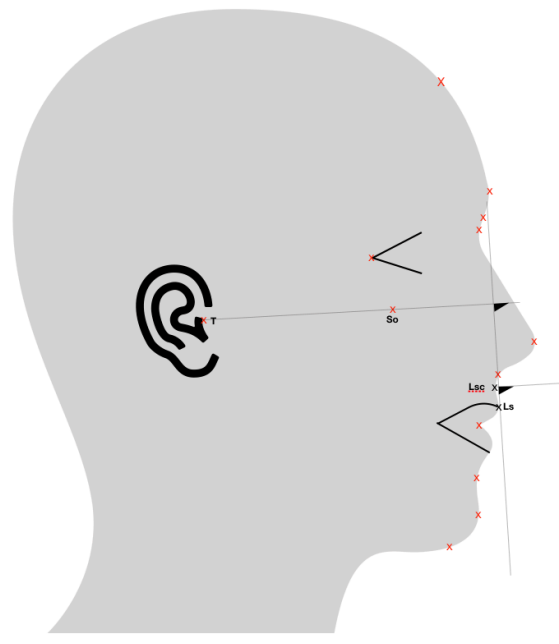
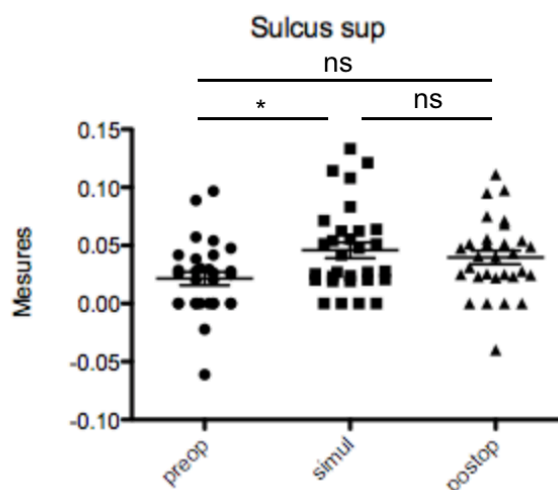


Fig. : Sulcus supérieur

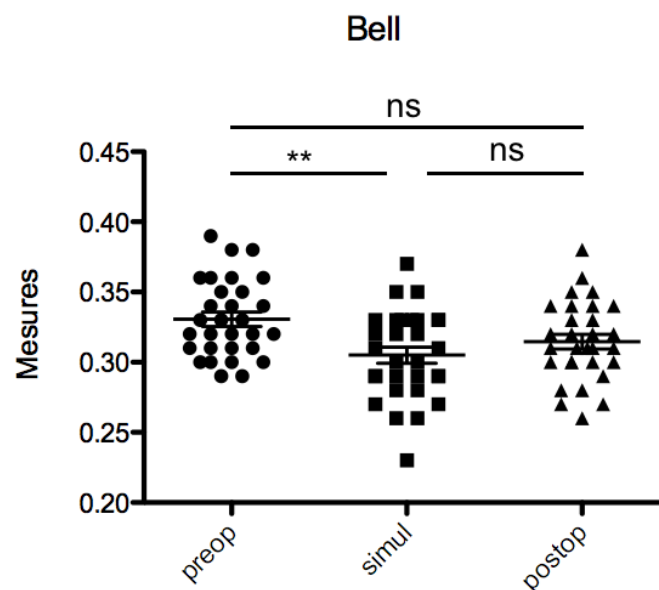
La profondeur du sulcus inférieur est diminuée par l'avancée mandibulaire (Uppada et al. 2014). L'avancée mandibulaire corrige la rétrognathie mandibulaire et équilibre les rapports osseux et labiaux, réduisant ainsi la profondeur du sulcus inférieur. Là encore, la simulation ne semble pas montrer de différence avec la réalité en postopératoire. Cependant, il est difficile d'affirmer la predictibilité sur cette mesure étant donné le manque de précision sur une mesure si petite par rapport à la mise à l'échelle.



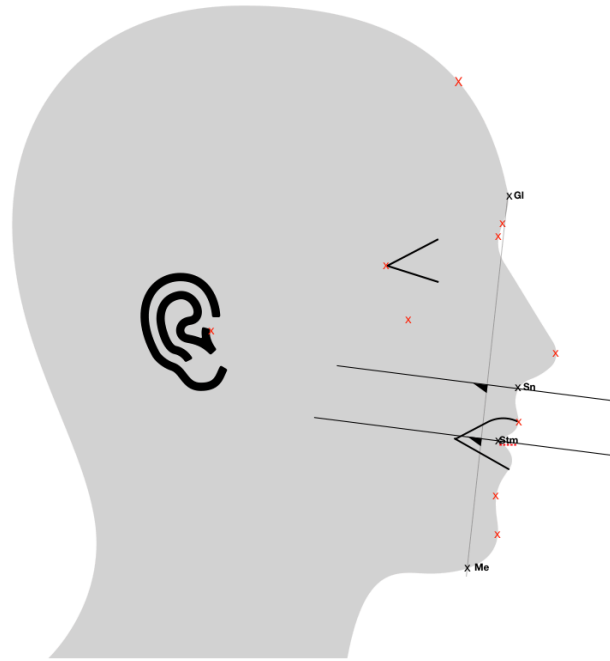
En revanche, le test statistique montre que la simulation exagère la profondeur du sulcus supérieur. En effet il n'existe pas de différence significative entre pré-opératoire et postopératoire alors qu'il en existe entre pré-opératoire et simulation. La profondeur du sulcus

est donc surévaluée dans la simulation. Cependant cette dernière renseigne sur la tendance des modifications apportées. Ceci était prévisible étant donné que pour la simulation, on appose simplement une surépaisseur au niveau de la lèvre supérieure qui permet d'avancer uniquement la lèvre supérieure et non l'ensemble du maxillaire. Cela entraîne automatiquement une lèvre plus proéminente et donc un sulcus plus profond dans la simulation que dans la réalité pré-opératoire comme postopératoire.

3.5.1.5. Proportions faciales de Bell



De même pour les proportions faciales de Bell, la simulation ne répond pas aux attentes. On trouve une différence significative entre pré-opératoire et simulation alors qu'il n'y en a pas entre pré-opératoire et postopératoire. Le rapport SN-STM/STM-Me est exagérément diminué dans la simulation, traduisant une augmentation de la dimension verticale par abaissement de la mandibule. Ce constat était attendu car le patient propulse sur un bourrelet lors de la simulation, ce qui entraîne une augmentation de la distance STM-Me. On retrouve donc un rapport SN-STM/STM-Me diminué et donc un rapport des proportions de Bell faussé.



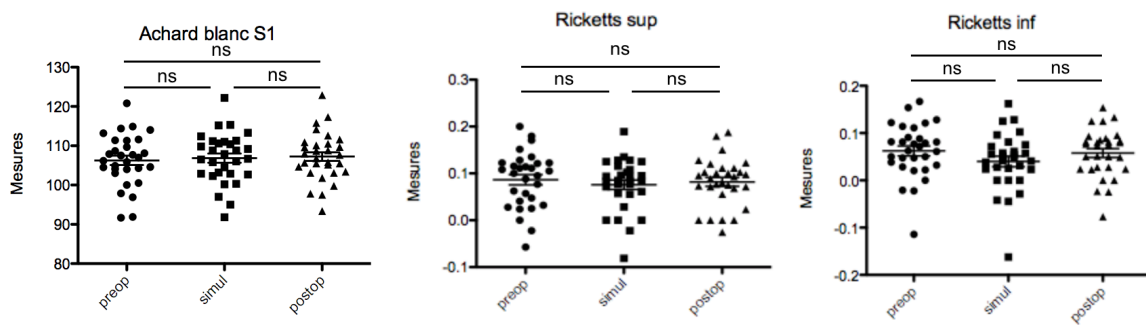
3.5.1.6. Achard S1, Ricketts supérieur et inférieur

Les mesures Achard S1, Ricketts supérieur et Ricketts inférieur ne montrent aucune différence significative entre les valeurs pré-opératoire simulation et postopératoire.

Ce résultat était attendu pour l'angle Achard S1. En effet, ni la chirurgie ni la simulation n'a d'impact sur les os nasaux qui déterminent cet angle. Cependant, la chirurgie de Lefort 1 peut entraîner une projection de la pointe du nez (van Loon et al. 2015), et, selon la forme du nez pré-opératoire, modifier la tangente au nez et augmenter l'angle S1. On remarque tout de même une légère augmentation des moyennes de S1 dans la simulation et en postopératoire par rapport à la moyenne en pré-opératoire mais sans pour autant être significatif. Il faudrait plus de patients, classés selon leur forme du nez, pour tirer des conclusions.

En revanche, ces résultats n'étaient pas attendus pour les mesures de Ricketts supérieur et inférieur, mais cela peut s'expliquer par différentes raisons :

- L'avancée maxillaire, même si on a montré précédemment qu'elle ne modifie pas l'angle Achard S1 car ce dernier prend la tangente du nez, peut modifier la pointe du nez en la projetant vers l'avant (van Loon et al. 2015). Ainsi une avancée maxillaire et mandibulaire modifie les deux repères utilisés par Ricketts (tangente pointe du nez et pogonion) ce qui rend les mesures obsolètes.
- Les mesures en mm de si petite distance manquent de précision étant donné la mise à l'échelle effectuée et les méthodes de mesures.



3.5.2. Critiques de la méthode

La simulation étant réalisée de manière standardisée (bourelet de 10mm chez tous les patients), sans tenir compte des caractéristiques individuelles de chaque patient et de l'avancée chirurgicale prévue, elle n'est pas individualisée. La précision est donc relative.

La prise de photographies n'est pas réalisée de façon standardisée selon un protocole reproductible et peut donc laisser la place à certaines imprécisions pendant la prise de vue. De même, le choix de l'échelle en prenant la plus grande diagonale de l'oreille nous fait perdre en précision.

De plus, bien que les mesures aient été prises en aveugle (les mesures sont faites par une tierce personne n'ayant pas connaissance du but de l'étude), il aurait fallu s'entraîner à positionner les points et prendre plusieurs examinateurs.

Enfin, 7 des patients ont bénéficié d'un traitement orthodontique et 3 ont eu des extractions de prémolaires et nous ne disposons pas des objectifs de ces derniers qui ont pu avoir un impact sur le profil des patients.

De même, 2 patients ont bénéficié d'une genioplastie. Cette dernière biaise la comparaison entre la simulation et le résultat post chirurgical.

3.5.3. Avantages de la simulation

Cette simulation présente de nombreux avantages. Son coût est très réduit et son interprétation est immédiate.

Cette simulation paraît simple comparée aux simulations 3D sur CBCT qui nécessitent des formations supplémentaires et prennent environ 40 minutes par patient. L'auto-simulation est aussi assez reproductible si le patient est coopérant

Elle présente des intérêts pour les praticiens, que ce soit le chirurgien ou l'orthodontiste.

Pour le chirurgien, elle permet de lui indiquer les cas défavorables à une chirurgie d'avancée. Ces patients montrent un profil trop protractif sur la simulation, et nécessitent une réévaluation du plan de traitement. Dans ces cas le chirurgien peut ajouter une chirurgie de l'épine nasale antérieure et de l'orifice piriforme, effectuer une rotation horaire du maxillaire, ou effectuer une genioplastie.

Par ailleurs la simulation peut aussi amener à une réévaluation du plan de traitement de l'orthodontiste. En effet, les relations intimes entre les lèvres et les incisives permettent à l'orthodontiste de corriger un faciès protractif, en extrayant des dents (des prémolaires le plus souvent) ou encore en renforçant l'ancrage postérieure par des ancrages osseux temporaires (minivis, mini plaque) pour permettre un recul antérieur.

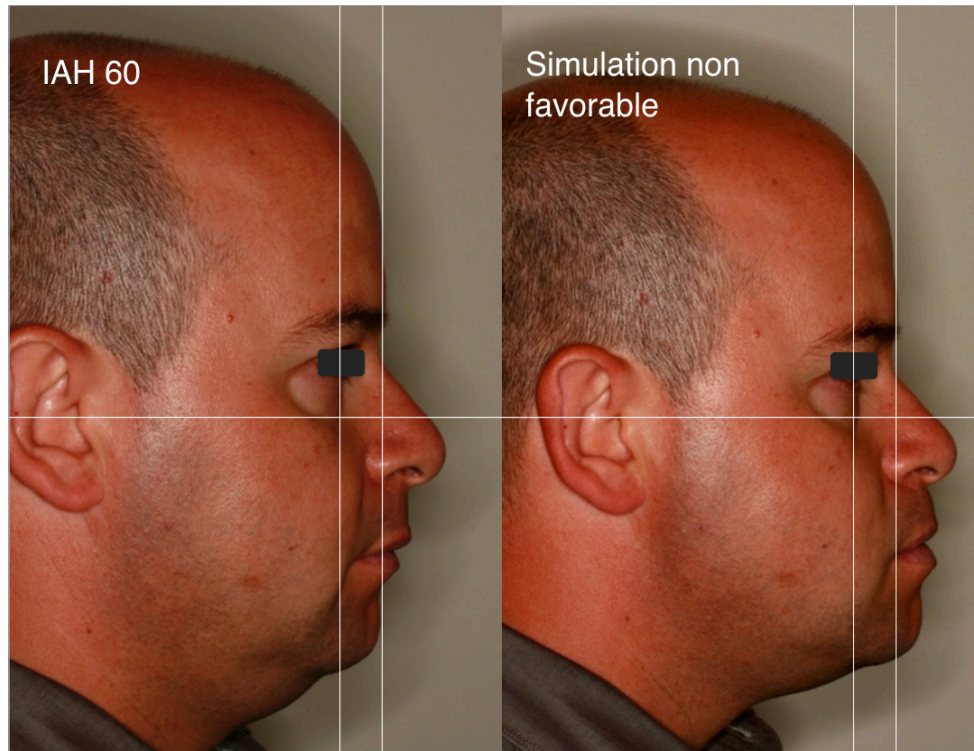


Fig. : Simulation montrant un cas défavorable à une AMM classique et amène à réévaluer le plan de traitement

Dans certain cas, la simulation permet de guider le chirurgien dans l'avancée à réaliser afin d'impacter le moins possible le profil. Il doit trouver le bon équilibre entre une avancée suffisante pour traiter le SAHOS (minimum de 10 mm) et une avancée trop importante qui aurait des conséquences négatives sur le profil.

La simulation peut également être utile d'un point de vue médico-légale. En effet, le médecin a une obligation d'information vis-à-vis de son patient. Le médecin doit lui présenter les possibilités de réussite et d'échec de l'intervention proposée en prenant en considération les conditions particulières du patient. De plus il doit informer des conséquences négatives potentielles qui peuvent résulter de l'intervention. Cette obligation d'information du chirurgien permet au patient de prendre une décision éclairée et en toute connaissance de cause quant aux traitements et aux soins qui lui sont offerts. En ce sens, la photo de la simulation, aide à présenter la chirurgie et ses effets potentiels.

Enfin, les praticiens recommandent au patient de venir avec un accompagnant proche pour visualiser la simulation et aider à la prise de décision.

Cette photo, gardée dans le dossier, permet donc de fournir une preuve de l'information délivrée au patient.

Le patient peut ainsi avoir une idée du résultat final. La simulation sert d'illustration à l'explication de la chirurgie, et aide ainsi à la compréhension de l'acte opératoire et de ses objectifs. Cette simulation contribue ainsi à une prise en charge réussie.

3.5.4. Inconvénients et limites de la simulation

Cette simulation peut être impossible à réaliser dans certaines dysmorphoses. En effet, les excès verticaux antérieurs tels que la béance nécessitant une chirurgie de rotation horaire maxillaire ou antihoraire mandibulaire et ne peuvent être simulés par cette technique.

Ainsi les chirurgies nécessitant des rotations maxillaires, autorotations mandibulaires, et même les génioplasties, contre-indiquent l'utilisation de cette simulation qui sera alors inutilisable.

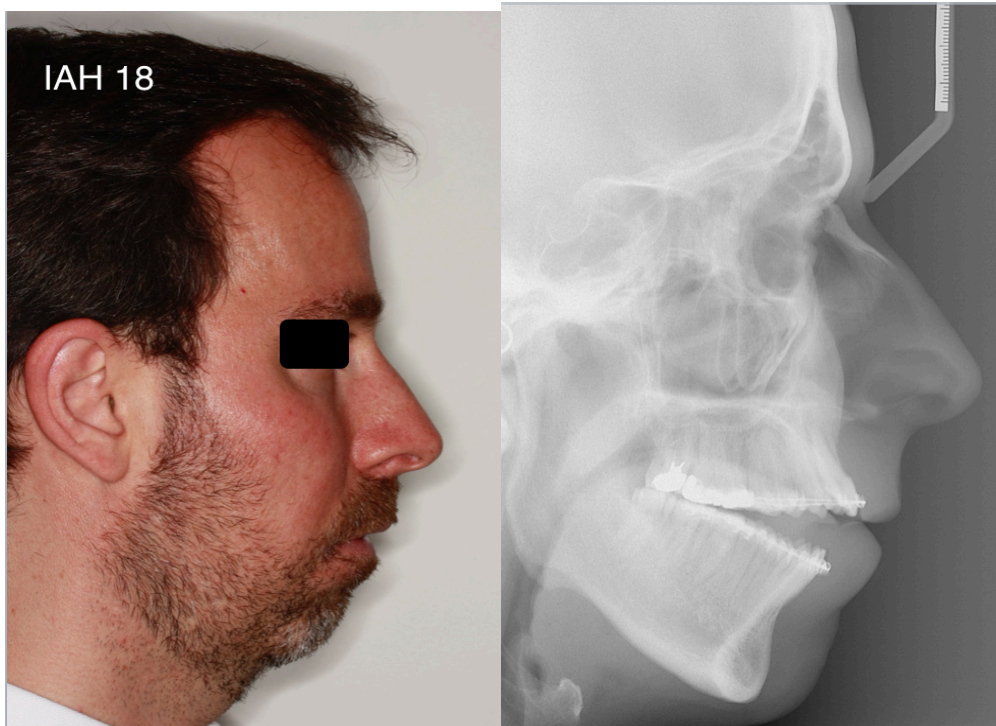


Fig. : Patient avec béance squelettique, rendant impossible la simulation

Par ailleurs, cette simulation donne une idée du résultat final d'un visage figé. Elle ne peut pas prédire la dynamique musculaire et ses impacts sur l'expression du visage une fois le patient opéré.

De plus, cette simulation est testée uniquement sur des photos de profil. Compte tenu de l'importance des nombreux plis faciaux, qui risquent de s'effacer sous la pression du bourrelet, des études sont nécessaires pour tester également sa fiabilité sur les photos de face.

Ainsi certaines des modifications nasales et faciales générées par l'AMM sont occultées, car elles se manifestent essentiellement de face (étalement narinaire et élargissement de la base, diminution des sillons nasogéniens, élargissement des joues).



Fig. : Photographie de face avant/après montrant l'épatement du nez

La coopération du patient joue un rôle important dans la réalisation de la simulation. Le patient doit être capable de proglisser selon les indications des praticiens, de maintenir ensuite la position mandibulaire tout en fermant la bouche au repos. Cette manœuvre peut être compliquée à réaliser chez certains patients qui ne parviennent pas à l'accomplir.

Enfin, cette simulation, en plus d'être patient-dépendante, elle est également praticien-dépendante. L'appréciation du proglissement et la qualité des photos sont subjectives, et varient d'un praticien à l'autre. La prise de photo peut être accompagnée d'accessoires aidant le positionnement horizontal du patient. En effet, un céphalostat ou même une paire de lunettes aiguillent le praticien pour un bon positionnement de la tête du patient.



Fig. : Patient avant et après chirurgie avec le cephalostat qui permet de maintenir l'axe de la tête

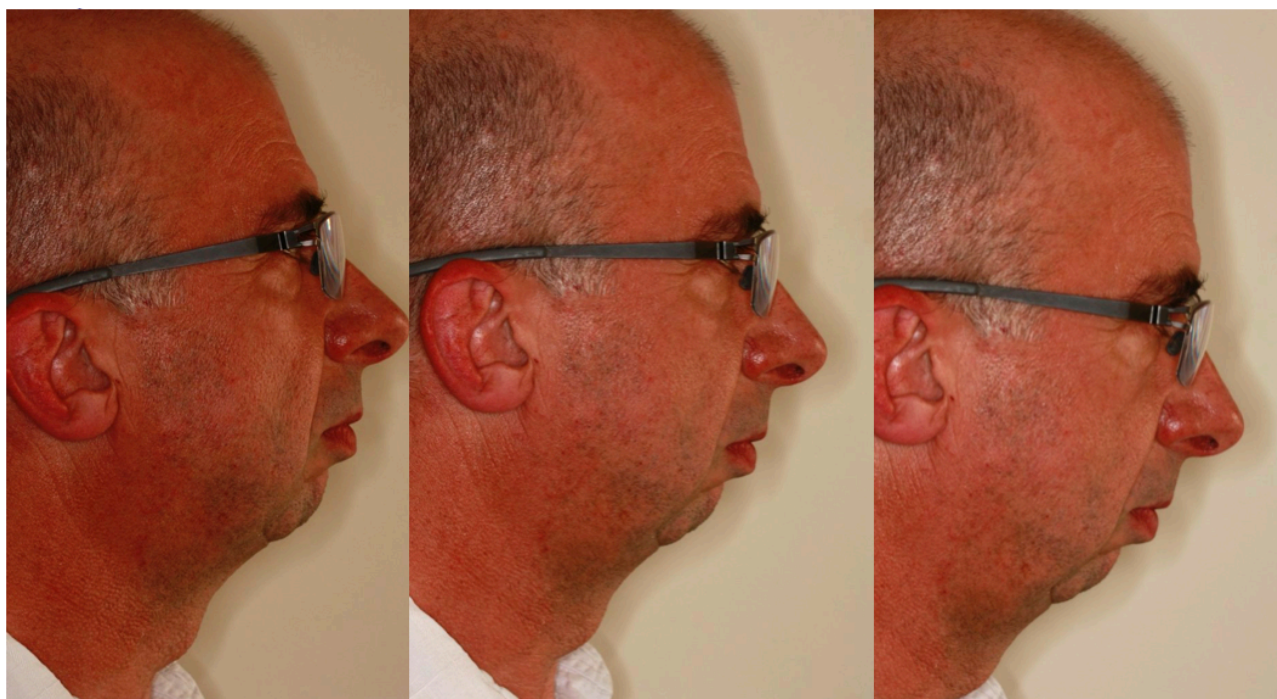


Fig. : Aide possible des lunettes dans l'orientation du patient

4. Conclusion

In fine, l'AMM est un traitement efficace de l'apnée du sommeil chez l'adulte mais elle entraîne des modifications faciales importantes. Des simulations 2D et 3D ont donc été proposées par l'équipe soignante mais leur utilisation quotidienne est freinée par leur complexité.

Cette étude montre que la position de la mandibule, de la lèvre supérieure, la profondeur du sulcus inférieure et l'aplatissement du nez de profil peuvent être correctement prédit à l'aide de l'autosimulation développé par les Drs Petelle et Cohen-Levy. En revanche, la simulation induit une augmentation exagérée de l'étage inférieur et de la profondeur du sulcus supérieur non conforme au résultat post-opératoire.

Cette simulation présente un intérêt par sa simplicité et sa relative validité, mais elle ne peut être utilisée pour tous les patients candidats à une AMM. Elle est utile et bien perçue par le patient et son entourage qui peuvent mieux matérialiser les modifications du visage.

Cette technique va permettre de conforter le chirurgien dans son devoir d'obligation de moyen dans l'information de la transformation prévisible. Elle peut aussi être une aide à la décision et conduire à modifier la proposition chirurgicale si le résultat prévisible n'était pas acceptable.

Sur le plan médico-légal, il est impératif de prévenir les patients qu'elle constitue un guide et une aide, non pas le résultat final.

Cette technique dont les premiers résultats apparaissent prometteurs nécessiterait pour sa validation la réalisation d'une étude prenant en compte d'autres paramètres (vue de face, plus d'angles) en utilisant plusieurs examinateurs, plusieurs opérateurs sur un échantillons plus large.

5. Bibliographie

1. Akpinar, Meltem Esen, M. Mazhar Celikoyar, Aytug Altundag, et Ismail Kocak. « The Comparison of Cephalometric Characteristics in Nonobese Obstructive Sleep Apnea Subjects and Primary Snorers Cephalometric Measures in Nonobese OSA and Primary Snorers ». *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology: Official Journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): Affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery* 268, n° 7 (juillet 2011): 1053-59.
2. al, Alajmi M., et. « Impact of Continuous Positive Airway Pressure Therapy on Blood Pressure in Patients with Obstructive Sleep Apnea Hypopnea: A Meta-Analysis of Rando... - PubMed - NCBI ». Consulté le 27 août 2018.
3. al, Lyberg T., et. « Cephalometric Analysis in Patients with Obstructive Sleep Apnoea Syndrome: II. Soft Tissue Morphology. - PubMed - NCBI ». Consulté le 27 août 2018.
4. al, Pae EK, et. « A Cephalometric and Electromyographic Study of Upper Airway Structures in the Upright and Supine Positions. - PubMed - NCBI ». Consulté le 27 août 2018
5. Alajmi, M., A. T. Mulgrew, J. Fox, W. Davidson, M. Schulzer, E. Mak, C. F. Ryan, J. Fleetham, P. Choi, et N. T. Ayas. « Impact of Continuous Positive Airway Pressure Therapy on Blood Pressure in Patients with Obstructive Sleep Apnea Hypopnea: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials ». *Lung* 185, n° 2 (avril 2007): 67-72.
6. Alajmi M, Mulgrew AT, Fox J, Davidson W, Schulzer M, Mak E, Ryan CF, Fleetham J, Choi P, Ayas NT. « Impact of Continuous Positive Airway Pressure Therapy on Blood Pressure in Patients with Obstructive Sleep Apnea Hypopnea: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials ». *Lung* 185, n° 2 (avril 2007): 67-72.
7. Battagel, J. M., et P. R. L'Estrange. « The Cephalometric Morphology of Patients with Obstructive Sleep Apnoea (OSA) ». *European Journal of Orthodontics* 18, n° 6 (décembre 1996): 557-69.
8. Bell, R., H. A. Kiyak, D. R. Joondeph, R. W. McNeill, et T. R. Wallen. « Perceptions of Facial Profile and Their Influence on the Decision to Undergo Orthognathic Surgery ». *American Journal of Orthodontics* 88, n° 4 (octobre 1985): 323-32.
9. Beranger, Thibaut, Emilie Garreau, Joël Ferri, et Gwenael Raoul. « Morphological Impact on Patients of Maxillomandibular Advancement Surgery for the Treatment of Obstructive Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome ». *International Orthodontics* 15, n° 1 (mars 2017): 40-53.
10. Bhatia, S. N., et J. H. Sowray. « A Computer-Aided Design for Orthognathic Surgery ». *The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery* 22, n° 4 (août 1984): 237-53.
11. Blumen, M., F. Chabolle, E. Rabischong, P. Rabischong, et B. Frachet. « [Dilator muscles of the pharynx and their implication in the sleep apnea syndrome of obstructive type. Review of the literature] ». *Annales D'oto-Laryngologie Et De Chirurgie Cervico Faciale: Bulletin De La Societe D'oto-Laryngologie Des Hopitaux De Paris* 115, no 2 (mai 1998): 73-84.
12. Bratton, Daniel J., Thomas Gaisl, Christian Schlatzer, et Malcolm Kohler. « Comparison of the Effects of Continuous Positive Airway Pressure and Mandibular Advancement Devices on Sleepiness in Patients with Obstructive Sleep Apnoea: A Network Meta-Analysis ». *The Lancet. Respiratory Medicine* 3, no 11 (novembre 2015): 869- 78.
13. Brietzke, Scott E., et Daniel Gallagher. « The Effectiveness of Tonsillectomy and Adenoidectomy in the Treatment of Pediatric Obstructive Sleep Apnea/Hypopnea Syndrome: A Meta-Analysis ». *Otolaryngology--Head and Neck Surgery: Official*

- Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 134, n° 6 (juin 2006): 979-84.
14. Cohen, M. I. « MANDIBULAR PROGNATHISM ». *American Journal of Orthodontics* 51 (mai 1965): 368-79.
 15. De Dieuleveult, T., I. Wagner, P. Meulien, B. Fleury, C. Hausser-Hawn, et F. Chabolle. « [Retrospective cephalometric analysis for surgically treated obstructive sleep apnea: therapeutic deductions] ». *Annales D'oto-Laryngologie Et De Chirurgie Cervico Faciale: Bulletin De La Societe D'oto-Laryngologie Des Hopitaux De Paris* 117, n° 6 (décembre 2000): 339-48.
 16. DP, Jordan AS and White. « Pharyngeal Motor Control and the Pathogenesis of Obstructive Sleep Apnea. - PubMed - NCBI ». Consulté le 27 août 2018.
 17. Eckert, Danny J., et Atul Malhotra. « Pathophysiology of Adult Obstructive Sleep Apnea ». *Proceedings of the American Thoracic Society* 5, n° 2 (15 février 2008): 144-53.
 18. Eikermann, Matthias, Amy S. Jordan, Nancy L. Chamberlin, Shiva Gautam, Andrew Wellman, Yu-Lun Lo, David P. White, et Atul Malhotra. « The Influence of Aging on Pharyngeal Collapsibility during Sleep ». *Chest* 131, n° 6 (juin 2007): 1702-9.
 19. Engel, G. A., R. E. Quan, et S. J. Chaconas. « Soft-Tissue Change as a Result of Maxillary Surgery. A Preliminary Study ». *American Journal of Orthodontics* 75, n° 3 (mars 1979): 291-300.
 20. Engleman, H. M., S. E. Martin, et N. J. Douglas. « Compliance with CPAP Therapy in Patients with the Sleep Apnoea/Hypopnoea Syndrome ». *Thorax* 49, n° 3 (mars 1994): 263-66.
 21. Esperão, Priscila Tayah Garcia, Branca Heloísa de Oliveira, Marco Antônio de Oliveira Almeida, H. Asuman Kiyak, et José Augusto Mendes Miguel. « Oral Health-Related Quality of Life in Orthognathic Surgery Patients ». *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics* 137, n° 6 (juin 2010): 790-95.
 22. Freihofer, H. P. « Latitude and Limitation of Midface Movements ». *The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery* 22, n° 6 (décembre 1984): 393-413.
 23. Fritscher, Leandro Genehr, Cláudio Cora Mottin, Simone Canani, et José Miguel Chatkin. « Obesity and Obstructive Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome: The Impact of Bariatric Surgery ». *Obesity Surgery* 17, n° 1 (janvier 2007): 95-99.
 24. Fuhrman, Claire, Bernard Fleury, Xuân-Lan Nguyễn, et Marie-Christine Delmas. « Symptoms of Sleep Apnea Syndrome: High Prevalence and Underdiagnosis in the French Population ». *Sleep Medicine* 13, n° 7 (août 2012): 852-58.
 25. Gerbino, Giovanni, Francesca Antonella Bianchi, Laura Verzé, et Guglielmo Ramieri. « Soft Tissue Changes after Maxillo-Mandibular Advancement in OSAS Patients: A Three-Dimensional Study ». *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 42, n° 1 (janvier 2014): 66-72.
 26. Giles, T. L., T. J. Lasserson, B. H. Smith, J. White, J. Wright, et C. J. Cates. « Continuous Positive Airways Pressure for Obstructive Sleep Apnoea in Adults ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, n° 3 (19 juillet 2006): CD001106.
 27. Harradine, N. W., et D. J. Birnie. « Computerized Prediction of the Results of Orthognathic Surgery ». *Journal of Maxillofacial Surgery* 13, n° 6 (décembre 1985): 245-49.
 28. Heinzer, Raphaël. « [Epidemiology, risk factors and phenotypes of sleep breathing

- disorders] ». *Presse Medicale (Paris, France: 1983)* 46, n° 4 (avril 2017): 388-94.
29. Henderson, D. « The Assessment and Management of Bony Deformities of the Middle and Lower Face ». *British Journal of Plastic Surgery* 27, n° 3 (juillet 1974): 287-96.
 30. Ho, Cheng-Ting, Hsiu-Hsia Lin, Eric J. W. Liou, et Lun-Jou Lo. « Three-Dimensional Surgical Simulation Improves the Planning for Correction of Facial Prognathism and Asymmetry: A Qualitative and Quantitative Study ». *Scientific Reports* 7 (10 2017): 40423.
 31. Hochban, W., et U. Brandenburg. « Morphology of the Viscerocranium in Obstructive Sleep Apnoea Syndrome--Cephalometric Evaluation of 400 Patients ». *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 22, n° 4 (août 1994): 205-13.
 32. Holty, Jon-Erik C., et Christian Guilleminault. « Maxillomandibular Advancement for the Treatment of Obstructive Sleep Apnea: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *Sleep Medicine Reviews* 14, n° 5 (octobre 2010): 287-97.
 33. Jamieson, A., C. Guilleminault, M. Partinen, et M. A. Quera-Salva. « Obstructive Sleep Apneic Patients Have Craniomandibular Abnormalities ». *Sleep* 9, n° 4 (décembre 1986): 469-77.
 34. Jamieson A, Guilleminault C, Partinen M, Quera-salva MA. « Obstructive Sleep Apneic Patients Have Craniomandibular Abnormalities ». *Sleep* 9, n° 4 (décembre 1986): 469-77.
 35. Jordan, Amy S., et David P. White. « Pharyngeal motor control and the pathogenesis of obstructive sleep apnea ». *Respiratory Physiology & Neurobiology* 160, n° 1 (1 janvier 2008): 1-7.
 36. Kaipatur, Neelambar R., et Carlos Flores-Mir. « Accuracy of Computer Programs in Predicting Orthognathic Surgery Soft Tissue Response ». *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 67, n° 4 (avril 2009): 751-59.
 37. Kansanen, M., E. Vanninen, A. Tuunainen, P. Pesonen, V. Tuononen, J. Hartikainen, H. Mussalo, et M. Uusitupa. « The Effect of a Very Low-Calorie Diet-Induced Weight Loss on the Severity of Obstructive Sleep Apnoea and Autonomic Nervous Function in Obese Patients with Obstructive Sleep Apnoea Syndrome ». *Clinical Physiology (Oxford, England)* 18, n° 4 (juillet 1998): 377-85.
 38. Kato, J., S. Isono, A. Tanaka, T. Watanabe, D. Araki, H. Tanzawa, et T. Nishino. « Dose-Dependent Effects of Mandibular Advancement on Pharyngeal Mechanics and Nocturnal Oxygenation in Patients with Sleep-Disordered Breathing ». *Chest* 117, n° 4 (avril 2000): 1065-72.
 39. Kubota, Yukiko, Hideaki Nakayama, Toshinori Takada, Naho Matsuyama, Kunihiro Sakai, Hirohisa Yoshizawa, Masami Nakamata, et al. « Facial Axis Angle as a Risk Factor for Obstructive Sleep Apnea ». *Internal Medicine (Tokyo, Japan)* 44, n° 8 (août 2005): 805-10.
 40. Lazaridou-Terzoudi, Theodora, H. Asuman Kiyak, Rod Moore, Athanasios E. Athanasiou, et Birte Melsen. « Long-Term Assessment of Psychologic Outcomes of Orthognathic Surgery ». *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 61, n° 5 (mai 2003): 545-52.
 41. Li, K. K., R. W. Riley, N. B. Powell, et C. Guilleminault. « Maxillomandibular Advancement for Persistent Obstructive Sleep Apnea after Phase I Surgery in Patients without Maxillomandibular Deficiency ». *The Laryngoscope* 110, n° 10 Pt 1 (octobre 2000): 1684-88.

42. Li KK « Patient's Perception of the Facial Appearance after Maxillomandibular Advancement for Obstructive Sleep Apnea Syndrome ». *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 59, n° 4 (avril 2001): 377-80; discussion 380-381.
43. Li, Kasey K., Robert W. Riley, Nelson B. Powell, et Christian Guilleminault. « Maxillomandibular Advancement for Persistent Obstructive Sleep Apnea after Phase I Surgery in Patients without Maxillomandibular Deficiency. 2000 ». *The Laryngoscope* 125, n° 6 (juin 2015): 1278.
44. Lin, Hsiu-Hsia, et Lun-Jou Lo. « Three-Dimensional Computer-Assisted Surgical Simulation and Intraoperative Navigation in Orthognathic Surgery: A Literature Review ». *Journal of the Formosan Medical Association = Taiwan Yi Zhi* 114, n° 4 (avril 2015): 300-307.
45. Lonc, Daniel, Betty Chien-Jung Pai, Kazuaki Yamaguchi, Peerasak Chortrakarnkij, Hsiu-Hsia Lin, et Lun-Jou Lo. « Computer-Assisted Orthognathic Surgery for Patients with Cleft Lip/Palate: From Traditional Planning to Three-Dimensional Surgical Simulation ». *PloS One* 11, n° 3 (2016): e0152014.
46. Lowe, A. A., J. D. Santamaria, J. A. Fleetham, et C. Price. « Facial Morphology and Obstructive Sleep Apnea ». *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics* 90, n° 6 (décembre 1986): 484-91.
47. Lyberg, T., O. Krogstad, et G. Djupesland. « Cephalometric Analysis in Patients with Obstructive Sleep Apnoea Syndrome: II. Soft Tissue Morphology ». *The Journal of Laryngology and Otology* 103, n° 3 (mars 1989): 293-97.
48. Marklund, M., K. A. Franklin, et M. Persson. « Orthodontic Side-Effects of Mandibular Advancement Devices during Treatment of Snoring and Sleep Apnoea ». *European Journal of Orthodontics* 23, n° 2 (avril 2001): 135-44.
49. McClean, K. M., F. Kee, I. S. Young, et J. S. Elborn. « Obesity and the Lung: 1. Epidemiology ». *Thorax* 63, n° 7 (juillet 2008): 649-54.
50. McNeill, R. W., W. R. Proffit, et R. P. White. « Cephalometric Prediction for Orthodontic Surgery ». *The Angle Orthodontist* 42, n° 2 (avril 1972): 154-64.
51. Moss-Salentijn, L. « Melvin L. Moss and the Functional Matrix ». *Journal of Dental Research* 76, n° 12 (décembre 1997): 1814-17.
52. Oliven, A., E. Aspandiarov, I. Gankin, L. Gaitini, et N. Tov. « Collapsibility of the Relaxed Pharynx and Risk of Sleep Apnoea ». *The European Respiratory Journal* 32, n° 5 (novembre 2008): 1309-15.
53. Pirilä-Parkkinen, Kirsi, Heikki Löppönen, Peter Nieminen, Uolevi Tolonen, Eija Pääkkö, et Pertti Pirttiniemi. « Validity of Upper Airway Assessment in Children: A Clinical, Cephalometric, and MRI Study ». *The Angle Orthodontist* 81, n° 3 (mai 2011): 433-39.
54. Poirrier, Anne-Lise, Sylvie Pire, Sylviane Raskin, Michel Limme, et Robert Poirrier. « Contribution of Postero-Anterior Cephalometry in Obstructive Sleep Apnea ». *The Laryngoscope* 122, n° 10 (octobre 2012): 2350-54.
55. Prachartam, N., M. G. Hans, K. P. Strohl, et S. Redline. « Upright and Supine Cephalometric Evaluation of Obstructive Sleep Apnea Syndrome and Snoring Subjects ». *The Angle Orthodontist* 64, n° 1 (1994): 63-73.
56. Rivlin, J., V. Hoffstein, J. Kalbfleisch, W. McNicholas, N. Zamel, et A. C. Bryan. « Upper Airway Morphology in Patients with Idiopathic Obstructive Sleep Apnea ». *The American Review of Respiratory Disease* 129, n° 3 (mars 1984): 355-60.

57. Ronchi, P., G. Novelli, L. Colombo, S. Valsecchi, A. Oldani, M. Zucconi, et A. Paddeu. « Effectiveness of Maxillo-Mandibular Advancement in Obstructive Sleep Apnea Patients with and without Skeletal Anomalies ». *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 39, n° 6 (juin 2010): 541-47.
58. Rosenow, F., V. McCarthy, et A. C. Caruso. « Sleep Apnoea in Endocrine Diseases ». *Journal of Sleep Research* 7, n° 1 (mars 1998): 3-11.
59. Rosenthal, Leon D., et Diana C. Dolan. « The Epworth Sleepiness Scale in the Identification of Obstructive Sleep Apnea ». *The Journal of Nervous and Mental Disease* 196, n° 5 (mai 2008): 429-31.
60. Seeholzer, H., et R. Walker. « [Orthodontic and oral surgical treatment planning by computer, for example, the Dentofacial Planners (1)] ». *Die Quintessenz* 42, n° 1 (janvier 1991): 59-67.
61. Shafi, M. I., A. Ayoub, X. Ju, et B. Khambay. « The Accuracy of Three-Dimensional Prediction Planning for the Surgical Correction of Facial Deformities Using Maxilim ». *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 42, n° 7 (juillet 2013): 801-6.
62. Shneerson, J., et J. Wright. « Lifestyle Modification for Obstructive Sleep Apnoea ». *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, n° 1 (2001): CD002875.
63. Skinner, Margot A., Ruth N. Kingshott, Sue Filsell, et D. Robin Taylor. « Efficacy of the “tennis Ball Technique” versus NCPAP in the Management of Position-Dependent Obstructive Sleep Apnoea Syndrome ». *Respirology (Carlton, Vic.)* 13, n° 5 (septembre 2008): 708-15.
64. Solow, B., S. Skov, J. Ovesen, P. W. Norup, et G. Wildschjødtz. « Airway Dimensions and Head Posture in Obstructive Sleep Apnoea ». *European Journal of Orthodontics* 18, n° 6 (décembre 1996): 571-79.
65. Sullivan, C. E., F. G. Issa, M. Berthon-Jones, et L. Eves. « Reversal of Obstructive Sleep Apnoea by Continuous Positive Airway Pressure Applied through the Nares ». *Lancet (London, England)* 1, n° 8225 (18 avril 1981): 862-65.
66. Van Hemelen, Geert, Maarten Van Genechten, Lieven Renier, Maria Desmedt, Elric Verbruggen, et Nasser Nadjmi. « Three-Dimensional Virtual Planning in Orthognathic Surgery Enhances the Accuracy of Soft Tissue Prediction ». *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 43, n° 6 (juillet 2015): 918-25.
67. Wahner-Roedler, Dietlind L., Eric J. Olson, Sujata Narayanan, Richa Sood, Andrew C. Hanson, Laura L. Loehrer, et Amit Sood. « Gender-Specific Differences in a Patient Population with Obstructive Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome ». *Gender Medicine* 4, n° 4 (décembre 2007): 329-38.
68. Walters, H., et D. H. Walters. « Computerised Planning of Maxillo-Facial Osteotomies: The Program and Its Clinical Applications ». *The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery* 24, n° 3 (juin 1986): 178-89.
69. Wetter, D. W., T. B. Young, T. R. Bidwell, M. S. Badr, et M. Palta. « Smoking as a Risk Factor for Sleep-Disordered Breathing ». *Archives of Internal Medicine* 154, n° 19 (10 octobre 1994): 2219-24.
70. Young, T., M. Palta, J. Dempsey, J. Skatrud, S. Weber, et S. Badr. « The Occurrence of Sleep-Disordered Breathing among Middle-Aged Adults ». *The New England Journal of Medicine* 328, n° 17 (29 avril 1993): 1230-35.

6. Annexes

6.1. Tableaux des mesures

sulcus_inf			
	preop	simul	postop
P01	0,0857	0,0833	0,0698
P02	0,1176	0,0952	0,0833
P03	0,0811	0,0541	0,0732
P04	0,075	0,0256	0,0638
P05	0,1	0,0811	0,0769
P06	0,1	0,0769	0,075
P07	0,0769	0,0541	0,0256
P08	0,0789	0,0256	0,0488
P09	0,1351	0,1026	0,0625
P10	0,1389	0,0833	0,1081
P11	0,0952	0,0714	0,0612
P12	0,1111	0,1111	0,1
P13	0,0732	0,0769	0,0769
P14	0,129	0,0909	0,1111
P15	0,0667	0,0667	0,0488
P16	0,0833	0,0417	0,0465
p17	0,0909	0,1111	0,0909
P18	0,0444	0,0426	0,0476
P19	0,1026	0,0857	0,0667
P20	0,0857	0,0571	0,0952
P21	0,0909	0,075	0,075
P22	0,1224	0,102	0,06
P23	0,0714	0,0476	0,0652
P24	0,0385	0	0
P25	0,0571	0	0,0256
P26	0,1429	0,0769	0,12
P27	0,1224	0,0698	0,075
P28	0,102	0,0612	0,0816
P29	0,0962	0,0769	0,0667
P30	0,0833	0,0625	0,0714

sulcus_sup			
	preop	simul	postop
P01	0	0,0208	0,0233
P02	0,0294	0,0714	0,0278
P03	0	0,027	0,0244
P04	0,025	0	0
P05	0	0,027	0,0256
P06	0	0,0192	0
P07	0,0256	0,0541	0,0513
P08	0,0263	0,0513	0,0488
P09	0,0541	0,0256	0,0312
P10	0,0278	0,0278	0,0541
P11	0	0,0238	0,0408
P12	0,0278	0,0833	0,075
P13	0	0,0513	0,0513
P14	0,0968	0,1212	0,1111
P15	0,0889	0,1333	0,0976
P16	0,0417	0,0625	0,0233
p17	0	0,0556	0,0682
P18	-0,0222	0,0638	0,0476
P19	0	0	0
P20	0,0286	0,1143	0,0952
P21	0,0303	0	0,025
P22	-0,0612	0,0204	-0,04
P23	0	0,0476	0,0435
P24	0,0385	0,0625	0,0556
P25	0,0571	0,1081	0,0513
P26	0,0476	0	0,04
P27	0,0204	0,0233	0,025
P28	0,0204	0,0204	0
P29	0	0,0192	0,0222
P30	0,0417	0,0417	0,0714

holdaway			
	preop	simul	postop
P01	84	87,7	86,5
P02	86	90,6	92,9
P03	86	88,6	90,1
P04	82,9	87,3	88,2
P05	86,4	89,6	91,9
P06	85	89,7	87,5
P07	93,8	93,5	91,6
P08	87,6	91,1	94,3
P09	95,1	92,1	97,6
P10	87,6	94	89
P11	90,7	93	91,5
P12	93,1	91,2	93,1
P13	90,7	95,7	94,9
P14	93,6	96,9	96,3
P15	91,9	96,6	94
P16	87,6	89,9	91,1
p17	85,8	87,8	86,6
P18	84,3	90,1	89,8
P19	84,4	91,1	91,1
P20	85,2	89,2	89,1
P21	88	96,6	92,3
P22	86,7	92,5	92,7
P23	82,4	87,8	87,7
P24	88,6	94,4	96,5
P25	86,5	91,3	91,3
P26	90,9	96,4	97,4
P27	87,4	93,7	91,5
P28	85,8	90,5	92,6
P29	87,9	88,6	94,6
P30	89,9	93,5	96,2

ricketts_sup

	preop	simul	postop
P01	0,1143	0,125	0,093
P02	0,0882	0,0714	0,1111
P03	0,1351	0,1081	0,0732
P04	0,025	0,1026	0,1277
P05	0,2	0,1892	0,1795
P06	0,1	0,0769	0,075
P07	0,1795	0,1351	0,0769
P08	0,1053	0,0769	0,0976
P09	0,1081	0,1282	0,1875
P10	0,0278	0,0833	0
P11	0,0952	0,0952	0,102
P12	0,1111	0,0833	0,1
P13	0,1707	0,1282	0,1026
P14	0,0323	0	0
P15	-0,0222	-0,0222	0
P16	0	0	0,0233
p17	0,1212	0,0556	0,0682
P18	0,1111	0,0851	0,0952
P19	0,1282	0,0571	0,1111
P20	0,0571	0,0286	0,0714
P21	0,1515	0,125	0,15
P22	0,1224	0,0612	0,12
P23	0,0238	0	0
P24	0,0769	0,0938	0,0556
P25	-0,0571	-0,0811	-0,0256
P26	0,0476	0,1154	0,08
P27	0,0408	0,093	0,1
P28	0,1224	0,0816	0,1224
P29	0,1154	0,0962	0,0889
P30	0,0625	0,0833	0,0714

ricketts_inf

	preop	simul	postop
P01	0,1143	0,125	0,093
P02	0,0882	0,0476	0,0833
P03	0,0811	0,0541	0,0488
P04	0,05	0,0513	0,0851
P05	0,1667	0,1622	0,1538
P06	0,05	0,0577	0,05
P07	0,1282	0,0811	0,0513
P08	0,0789	0,0256	0,0732
P09	0,0811	0,1282	0,125
P10	0	0	0
P11	0,0714	0,0714	0,0816
P12	0,1111	0,0556	0,075
P13	0,122	0,1026	0,0769
P14	0,0323	0	0,0278
P15	-0,0222	-0,0444	-0,0244
P16	-0,0208	-0,0417	-0,0233
p17	0,0909	0,0278	0,0227
P18	0,0222	0	0,0238
P19	0,0769	0,0571	0,0889
P20	0,0286	-0,0286	0,0238
P21	0,1212	0,075	0,125
P22	0,0816	0,0408	0,08
P23	0,0476	0,0238	0
P24	0,0385	0,0312	0,0278
P25	-0,1143	-0,1622	-0,0769
P26	0,0476	0,0385	0,08
P27	0,0204	0,0233	0,05
P28	0,0612	0,0612	0,0816
P29	0,1538	0,0962	0,1333
P30	0,0625	0,0417	0,0952

bell

	preop	simul	postop
P01	0,35	0,33	0,33
P02	0,34	0,26	0,27
P03	0,3	0,32	0,3
P04	0,39	0,33	0,38
P05	0,32	0,29	0,32
P06	0,36	0,35	0,36
P07	0,33	0,29	0,32
P08	0,32	0,27	0,28
P09	0,3	0,35	0,31
P10	0,34	0,31	0,31
P11	0,38	0,37	0,35
P12	0,3	0,29	0,3
P13	0,31	0,32	0,33
P14	0,3	0,29	0,3
P15	0,31	0,3	0,31
P16	0,32	0,27	0,3
p17	0,32	0,33	0,28
P18	0,31	0,29	0,27
P19	0,32	0,33	0,32
P20	0,33	0,3	0,31
P21	0,29	0,26	0,29
P22	0,31	0,28	0,34
P23	0,36	0,33	0,35
P24	0,29	0,23	0,26
P25	0,36	0,29	0,3
P26	0,36	0,32	0,34
P27	0,38	0,33	0,32
P28	0,35	0,33	0,34
P29	0,33	0,31	0,31
P30	0,34	0,28	0,34

achard_blanc_SI

	preop	simul	postop
P01	91,7	91,8	93,4
P02	100	100,2	104,7
P03	97,9	97	97,5
P04	104,6	102,9	103,4
P05	105,9	107,9	108,7
P06	108,7	109,2	110,9
P07	107,5	106	105,2
P08	108,1	109,8	112,6
P09	114	108,8	110,1
P10	104,5	106,7	103,1
P11	111,3	112,4	110,5
P12	104,1	103,2	105,5
P13	107,7	105,8	105,7
P14	120,8	122,2	122,9
P15	111,4	111,2	109,6
P16	100,5	102,7	101,8
p17	103	102,9	103,1
P18	96,9	100,3	99,8
P19	111,6	110,4	114,2
P20	91,9	95	97,8
P21	106,2	108,8	106,8
P22	107	111,3	105,8
P23	109,7	113,3	109,7
P24	114,4	115,2	117,3
P25	107,9	106,5	108,8
P26	114,9	115,3	115,8
P27	113,2	111	111,6
P28	104,3	110,6	108
P29	104,9	104,5	107,7
P30	104	102,3	105,5

achard_blanc_SII

	preop	simul	postop
P01	67,2	70	70,3
P02	73,8	78,4	78,9
P03	70	73,5	76
P04	76,5	74,6	73,9
P05	69,5	74,5	76,3
P06	77,7	81,8	79,7
P07	75,1	77,2	81,6
P08	80,4	83,2	85,2
P09	85,4	79,9	81,6
P10	81,1	81,9	85,7
P11	76,1	78,9	80,5
P12	78,1	80,5	83,3
P13	74,1	79,8	81,9
P14	89,9	92,3	91,9
P15	85,8	87,3	91,2
P16	79,7	83,4	83,5
p17	70,1	79,5	74,1
P18	70,7	77,5	79,2
P19	77,2	83,5	83,3
P20	67,4	72,1	74,8
P21	77	80,8	78,5
P22	73,1	83,8	74,6
P23	78,5	85,9	85,9
P24	80,7	85	89,8
P25	82,9	87,3	86,8
P26	81,2	82,6	86,3
P27	81,4	80,8	79,8
P28	75,8	81,2	78,3
P29	76,2	77,7	83,1
P30	76,7	78,5	81,6

achard_blanc_SIII

	preop	simul	postop
P01	64,1	67,4	66,7
P02	66,4	71,3	73,6
P03	65,2	68,4	69,6
P04	64,9	68	69,1
P05	65,4	69,2	72,2
P06	71,7	75,3	73,8
P07	71,8	73,9	74,8
P08	72,8	74	78,3
P09	80,9	76,1	80,6
P10	69,3	72,7	74,3
P11	70,6	74,1	75,2
P12	73,3	73,4	78
P13	72,8	76,4	76,6
P14	76,4	79,2	78,4
P15	74,7	76,2	79,2
P16	69,5	73,5	76
p17	65,3	73	67,3
P18	64,4	69,7	72,9
P19	72,1	75,9	78,7
P20	60,5	64,9	68
P21	72,4	77,4	76,2
P22	68,7	74,5	73,1
P23	67,9	74,8	74,4
P24	73	76,5	81,6
P25	68,3	71,3	75,4
P26	69	75,7	77,2
P27	71,4	75,7	74,5
P28	71,1	75,3	74
P29	71,7	73,3	78,3
P30	71,5	74,3	77,3

proeminence

	preop	simul	postop
P01	0,3143	0,2917	0,2558
P02	0,3235	0,2619	0,3056
P03	0,3243	0,2973	0,2683
P04	0,35	0,3846	0,3617
P05	0,4667	0,4054	0,3846
P06	0,35	0,3077	0,3
P07	0,3077	0,2973	0,2564
P08	0,3684	0,3077	0,2927
P09	0,3243	0,3333	0,3125
P10	0,2778	0,25	0,2162
P11	0,3571	0,3095	0,2857
P12	0,3333	0,3333	0,3
P13	0,2927	0,2564	0,2564
P14	0,2903	0,2424	0,25
P15	0,2444	0,2222	0,1951
P16	0,2292	0,2083	0,186
p17	0,3636	0,3333	0,3409
P18	0,3111	0,3191	0,2857
P19	0,4103	0,2286	0,3333
P20	0,3143	0,3143	0,3095
P21	0,3636	0,275	0,3
P22	0,3469	0,2041	0,26
P23	0,2857	0,2381	0,2174
P24	0,3077	0,25	0,2222
P25	0,2286	0,1892	0,2051
P26	0,3333	0,3077	0,28
P27	0,2653	0,2558	0,3
P28	0,3265	0,2653	0,2653
P29	0,3077	0,3077	0,2222
P30	0,2917	0,25	0,2381

**Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être
considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ni
improbation de la Faculté de Chirurgie Dentaire**

MAHOUN Kevin Peut-on prévoir le résultat esthétique d'une chirurgie d'avancée maxillo-mandibulaire dans le traitement du SAHOS? Proposition d'un modèle de simulation faciale. 2019. 75 p. : ill., graph., tabl. Ref. Biblio. : 66-70

Sous la direction du Dr GARREC Pascal

Th : Chir Dent. Paris 7 : 2019

Résumé :

Le syndrome d'apnées-hypopnées obstructives du sommeil (SAHOS) est une succession d'apnées et d'hypopnées au cours du sommeil, par collapsus complet ou incomplet des voies aériennes supérieures. Il est considéré comme un problème de santé majeure pouvant entraîner des conséquences cardio-métaboliques graves.

Le traitement de référence à l'heure actuelle est la ventilation en pression positive continue, mais il souffre d'une faible tolérance par les patients. L'arsenal thérapeutique propose deux alternatives reconnues, que sont l'orthèse d'avancée mandibulaire et la chirurgie d'avancée maxillo-mandibulaire. Néanmoins, ces avancées conséquentes des bases osseuses, plus importantes que dans la chirurgie orthognatique, peuvent avoir un retentissement négatif sur la morphologie et l'équilibre facial. Des impacts délétères ont été rapportés, tel qu'un faciès trop protrusif, un aspect bombé de la lèvre supérieure et un élargissement de la base du nez. Ainsi, dans le cadre du traitement de SAHOS, où la chirurgie bi-maxillaire s'impose comme un élément important de l'arsenal thérapeutique, les chirurgiens ont cherché à simuler cette chirurgie. Certaines de ses simulations exploitant les technologies 3D sont prometteuses. Cependant, une revue systématique, écrit par Mommaerts en 2017, conclut que les biais sont trop important et que ces simulations ne peuvent pas être appliquées pour déterminer les modifications des tissus mous. De nouvelles perspectives sont aujourd'hui explorées. Parmi elles, l'auto-simulation, où le patient est acteur de sa simulation. Cette technique a été développée par l'équipe du Dr Petelle de l'Hôpital Saint Antoine Tenon. Ils utilisent un bandeau de cire d'1cm d'épaisseur, qu'ils positionnent sur les faces vestibulaires des incisives maxillaire. Le patient doit alors propulser dessus. Une photo de profil est ainsi prise. On a réalisé une étude rétrospective (approuvée par le CNIL) pour analyser la fiabilité de cette simulation. On dispose de photographies de profil préopératoires, simulées et postopératoires à 1 ans pour 30 patients, qu'on a comparé entre elles. 10 mesures ont été choisies pour comparer ces 3 photos entre elle pour chaque patient. Pour ce faire, nous avons réalisé un test Anova, car les groupes étaient supérieurs à 25. On a ensuite utilisé un post-test de Tukey pour la comparaison 2 à 2. Les résultats montrent une fiabilité de la simulation pour : la position antéro-postérieure de la lèvre supérieur, la position antéro-postérieur du menton, l'importance de la profondeur du sillon labio-mentonnier, et l'aplatissement du nez. Cependant elle aggrave l'augmentation de la dimension verticale et l'approfondissement du sulcus supérieur

Discipline : Orthopédie-dento-faciale

Titre en anglais : Can we predict the outcome of a Bimaxillary surgery for the treatment of the OSA ?
Proposition of a new model of facial prediction.

Mots- clés : Syndrome d'apnée hypopnée obstructive du sommeil, simulation (FMESH), chirurgie, avancée maxillo-mandibulaire (FMESH), Autosimulation

Mots- clés en anglais : sleep disorder, maxillo-mandibular surgery, simulation