



**HAL**  
open science

# Utilité du numérique dans la réalisation d'orthèses d'avancée mandibulaire pour les patients atteints d'apnées du sommeil

Kahina Mekdad

► **To cite this version:**

Kahina Mekdad. Utilité du numérique dans la réalisation d'orthèses d'avancée mandibulaire pour les patients atteints d'apnées du sommeil. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-02097977

**HAL Id: dumas-02097977**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02097977>**

Submitted on 12 Apr 2019

**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



## **AVERTISSEMENT**

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

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

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

## UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

### FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2018

N° 113

#### THÈSE

#### POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 14 décembre 2018

Par

**Kahina MEKDAD**

### **Utilité du numérique dans la réalisation d'orthèses d'avancée mandibulaire pour les patients atteints d'apnées du sommeil**

Dirigée par M. le Docteur Éric Bonte

#### JURY

Mme le Professeur Élisabeth Dursun

M. le Professeur Benjamin Salmon

M. le Docteur Éric Bonte

M. le Docteur Lucien Dupagne

M. le Docteur Gérard Vincent

Président

Assesseur

Assesseur

Assesseur

Invité





## Tableau des enseignants de la Faculté

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1. DÉVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PRÉVENTION	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme DAVIT-BÉAL Mme DURSUN Mme VITAL	M. COURSON Mme JEGAT Mme SMAIL-FAUGERON Mme VANDERZWALM
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE		Mme BENAHMED M. DUNGLAS Mme KAMOUN-GOLDRAT Mme LE NORCY
	PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE	Mme FOLLIGUET M. PIRNAY	Mme GERMA M. TAVERNIER
2. CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE	PARODONTOLOGIE	Mme COLOMBIER Mme GOSSET	M. BIOSSE DUPLAN M. GUEZ
	CHIRURGIE ORALE	M. MAMAN Mme RADOI	Mme EJEIL M. GAULTIER M. HADIDA M. MOREAU M. NGUYEN
	BIOLOGIE ORALE	Mme CHAUSSAIN M. GOGLY Mme SÉGUIER Mme POLIARD	M. ARRETO Mme BARDET (MCF) Mme CHARDIN M. FERRE M. LE MAY
3. RÉHABILITATION ORALE	DENTISTERIE RESTAURATRICE ENDODONTIE	Mme BOUKPESSI Mme CHEMLA	Mme BERÈS Mme BESNAULT M. BONTE Mme COLLIGNON M. DECUP Mme GAUCHER
	PROTHÈSES		M. CHEYLAN M. DAAS M. DOT M. EID Mme FOUILLOUX-PATEY Mme GORIN M. RENAULT M. RIGNON-BRET M. TIRLET M. TRAMBA Mme WULFMAN
	FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIEAUX	M. SALMON	M. ATTAL Mme BENBELAID Mme BENOÎT A LA GUILLAUME (MCF) M. BOUTER M. CHARRIER M. CHERRUAU M. FLEITER Mme FRON CHABOUIS Mme MANGIONE Mme TILOTTA
	PROFESSEURS ÉMÉRITES	M. BÉRENHOLC Mme BRION M. LASFARGUES M. LAUTROU M. LEVY	M. PELLAT M. PIERRISNARD M. SAFFAR Mme WOLIKOW

Mise à jour le 04 septembre 2018



# Remerciements

---

**À Madame le Professeur Élisabeth Dursun**

*Docteur en Chirurgie dentaire*

*Ancien Interne des Hôpitaux*

*Docteur de l'Université Paris 13*

*Habilitée à Diriger des Recherches*

*Professeur des Universités, Faculté de Chirurgie Dentaire Paris Descartes*

*Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris*

Qui me fait l'honneur de présider ce jury de thèse d'exercice.

Je tiens à vous témoigner mon profond respect pour l'enseignement bénéfique que vous nous apportez au sein de la faculté. Veuillez trouver ici l'expression de mes remerciements sincères.





**À Monsieur le Professeur Benjamin Salmon**

*Docteur en Chirurgie dentaire*

*Spécialiste qualifié en Chirurgie orale*

*Docteur de l'Université Paris Descartes*

*Habilité à Diriger des Recherches*

*Professeur des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes*

*Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris*

*Chef de service de l'hôpital Bretonneau*

Qui me fait l'honneur de participer à ce jury de thèse d'exercice.  
Je vous remercie pour l'enseignement que vous m'avez transmis  
au cours de mes stages à l'hôpital Bretonneau. Veuillez trouver ici  
l'expression de ma profonde reconnaissance



**À Monsieur le Docteur Éric Bonte**

*Docteur en Chirurgie dentaire*

*Docteur en Sciences odontologiques*

*Maître de Conférences des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes*

*Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris*

Qui me fait l'honneur de diriger cette thèse d'exercice.  
Je tiens à vous remercier pour votre patience et rigueur qui m'ont  
aidée à réaliser ce travail. Veuillez trouver ici l'assurance de mes  
sentiments les plus respectueux.



**À Monsieur le Docteur Lucien Dupagne**

*Docteur en Chirurgie dentaire*

*Assistant Hospitalo-Universitaire, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris*

Qui me fait l'honneur de participer à ce jury de thèse d'exercice.  
Je vous souhaite le meilleur pour votre carrière professionnelle.  
Veuillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements.



**À Monsieur le Docteur Gérard Vincent,**

*Docteur en Chirurgie dentaire*

Qui me fait l'honneur de participer à ce jury de thèse d'exercice. Je tiens à vous remercier pour votre enseignement sur l'apnée du sommeil à l'hôpital Bretonneau. J'ai passé de bons moments et beaucoup appris grâce à votre sérieux. Veuillez trouver ici la marque de ma profonde reconnaissance.





**À ma Maman,**

*Il n'y a pas de mots pour exprimer tout l'amour que j'ai pour toi. Tu m'as toujours soutenue et tu as toujours cru en moi. Merci d'avoir fait de moi, la jeune femme que je suis devenue. Je t'aime.*

**À mon Papa,**

*Tu es parti bien trop tôt, la vie est tellement injuste. J'en suis sûre que tu dois être fière de moi quand tu me regardes de ton petit nuage. Continue à veiller sur moi. Je t'aimerai toujours.*

**À ma sœur Nawel,**

*Je sais que je pourrai toujours compter sur toi. J'ai passé une merveilleuse enfance à tes côtés, nous avons tellement rigolé, et beaucoup trop crié, comme chien et chat. Je suis si fière de ce que tu es. Malgré la distance, rien ne changera. Je t'aime.*

**À ma sœur Ayléna,**

*Nini, ma petite sœur d'amour. Toujours là pour moi, et de loin mon meilleur public pour mes bêtises. Tu es une fille tellement brillante. Tu as suivi mon chemin, et j'en suis sûre que tu seras une fabuleuse orthodontiste, tu le mérites tellement. Je t'aime.*

*Je vous dédie cette thèse.*

**À Mémé, Pépé, Ava, Habot,** merci pour cette belle enfance et tout l'amour que vous m'avez apportée.

**À mon tonton Boualem,** qui m'a toujours porté conseil dans ce métier, et qui m'a soutenue dans la rédaction de cette thèse.

**À mes amies dentistes, je vous aime tellement,**

*À Barbara, tu es une amie en or, et je sais que je pourrai toujours compter sur toi.*

*À Eugénie, on s'est rencontrées par hasard, comme quoi le destin fait bien les choses. Tellement de souvenirs gravés des Etats-Unis avec toi. Merci de faire partie de ma vie.*

*À Alixe, ma meilleure copine de voyages, tellement de fous rires avec toi. Notre séjour en Corse en restera le plus improbable. J'en rigolerai longtemps.*

*À Sandrella, ma Sandrellou. Tellement de belles années à la fac avec toi, ta douceur et ta sincérité fait de toi une personne merveilleuse. A nos Sap'heure, nos soirées et ce Crit passé ensemble !*

*À Lalita, je suis tellement heureuse de t'avoir dans ma vie. Je sais que tu seras toujours là pour moi. Ne change pas, tu es parfaite.*

*À Lalina, le double de ta sœur, la folie en plus. Je suis heureuse de t'avoir rencontrée. Tu me feras toujours rire avec tes histoires.*

*À Laura, ma meilleure copine de sorties, tu me manqueras quand tu auras déménagé. Sache que je serai toujours là pour toi.*

*À Célia, j'ai passé des années étudiantes merveilleuses à tes côtés. Les cours n'auraient pas été les mêmes sans toi. Les pompoms, les soirées, les WEI, quand je revois les photos j'aimerais tout recommencer à zéro.*

*À Maureen, ma falucharde. Même si tu es loin de moi, sache que je pense toujours à toi. Tu es une fille tellement intelligente, j'ai une grande admiration pour toi.*

*À Marouane, mon binôme. Merci de m'avoir supportée durant ces années à Bretonneau. Je te souhaite le meilleur.*

**À mes amies de P1,**

*À Hulya, tu es une amie si précieuse. Tu as toujours été là dans les meilleurs moments comme dans les plus difficiles. Tu m'as prouvée tellement de fois que je pouvais compter sur toi.*

*À Elodie, ma campagnarde. Toujours loin mais tellement près en même temps. Tu es mon amie la plus fidèle avec le cœur sur la main. Un immense respect pour la personne que tu es. Si belle de l'intérieur que de l'extérieur.*

*A Thibault Conçu, merci de m'avoir donnée toutes les pistes nécessaires à la rédaction de ma thèse et de m'avoir aidée quand j'étais totalement perdue.*

*Au laboratoire Barret, merci d'avoir participé à la finalité de ma thèse et de m'avoir donnée les outils pour pouvoir la réaliser comme il se doit.*

*A Benjamin Lepicq, merci pour votre aide dans la réalisation de ce travail.*

# Table des matières

---

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>4</b>
<b>1: PHYSIOLOGIE DU SOMMEIL</b> .....	<b>5</b>
1.1 FONCTIONS DU SOMMEIL.....	5
1.2 LES FACTEURS INFLUENÇANT LE SOMMEIL.....	6
1.2.1 <i>Les facteurs internes</i> .....	6
1.2.2 <i>Les facteurs externes</i> .....	6
1.3. ANATOMIE DES VOIES AERIENNES SUPERIEURES.....	7
1.4 ORGANISATION DU SOMMEIL.....	9
1.4.1 <i>L'endormissement</i> .....	10
1.4.2 <i>Le sommeil lent léger ou light NREM (non rapid eyes movement)</i> .....	10
1.4.3 <i>Le sommeil lent profond ou deep NREM</i> .....	10
1.4.4 <i>Le sommeil paradoxal ou REM (rapid eyes movement)</i> .....	10
<b>2: SYNDROME D'APNEES OBSTRUCTIVES DU SOMMEIL (SAOS)</b> .....	<b>11</b>
2.1. DEFINITION.....	11
2.2. CLASSIFICATION DES APNEES DU SOMMEIL.....	12
2.2.1 <i>Les apnées obstructives</i> .....	12
2.2.2 <i>Les apnées centrales (&lt;10 %)</i> .....	12
2.2.3 <i>Les apnées mixtes</i> .....	12
2.2.4 <i>Les hypopnées</i> .....	12
2.3 LE DIAGNOSTIC.....	13
2.3.1 <i>L'entretien clinique</i> .....	13
2.3.2 <i>Les échelles</i> .....	14
2.3.3 <i>L'examen clinique</i> .....	17
2.3.4 <i>Les examens complémentaires</i> .....	17
2.4 PHYSIOLOGIE.....	21
2.4.1 <i>La phase de suffocation</i> .....	21
2.4.2 <i>La phase d'alerte</i> .....	21
2.4.3 <i>La phase de réveil</i> .....	21
2.5 LES FACTEURS DE RISQUE.....	22
2.6 LES COMPLICATIONS.....	22
2.7 LES TRAITEMENTS.....	22
2.7.1 <i>Les mesures hygiéno-diététiques</i> .....	23

2.7.2 Le facteur positionnel .....	23
2.7.3 La Ventilation par Pression Positive Continue (VPPC).....	23
2.7.4 L'orthèse d'avancée mandibulaire (OAM) .....	24
2.7.5 La chirurgie ORL.....	25
<b>3 : ORTHESES D'AVANCEE MANDIBULAIRE.....</b>	<b>26</b>
3.1 LES ORTHESES DE PORT IMMEDIAT .....	26
3.2 LES ORTHESES DE PORT DIFFERE .....	28
3.3 LES CONTRE-INDICATIONS AU PORT D'ORTHESES.....	30
<b>4 : LA CFAO.....</b>	<b>31</b>
4.1 L'EMPREINTE OPTIQUE .....	31
4.1.1 CEREC Omnicam de SIRONA .....	31
4.1.2 ITERO element de ALIGN TECHNOLOGY .....	33
4.1.3 TRIOS 3 de 3 shape .....	34
4.1.4 Récapitulatif des différentes caméras .....	35
4.2 LE LOGICIEL DE CAO/CAD (CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR).....	36
4.3 L'UNITE DE FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR (FAO /CAM).....	37
4.3.1 L'usinage.....	37
4.3.2 La méthode additive .....	37
4.4 L'IMPRIMANTE ULTIMAKER 2+ .....	38
<b>5.PROTOCOLE CLINIQUE.....</b>	<b>40</b>
5.1 METHODE CONVENTIONNELLE .....	40
5.2 METHODE NUMERIQUE .....	41
5.3 SCANNER D'EMPREINTES NOBEL PROCERA.....	43
<b>6: CFAO: CHOIX PERTINENT? .....</b>	<b>44</b>
6.1 AVANTAGES ET INCONVENIENTS.....	44
6.1.1 Taux de survie/ esthétique .....	44
6.1.2 Gestion du temps.....	44
6.1.3 Relation patient/ praticien .....	45
6.1.4 Avantages pour le dentiste.....	45
6.1.5 Limites .....	46
6.1.6 Tableau récapitulatif des avantages et les inconvénients de chaque méthode. ....	46
<b>7: CAS CLINIQUES .....</b>	<b>48</b>
7.1 MONSIEUR H.D.....	48
7.1.1 Modèles numériques maxillaire après empreinte optique .....	49
7.1.2 Modèles numériques mandibulaires après empreinte optique .....	50

7.2 MONSIEUR D.L .....	51
7.2.1 Modèles numériques maxillaires après empreintes optiques.....	53
7.2.3 Modèles numériques mandibulaires après empreinte optiques.....	54
7.3 COMPARAISON DES ORTHESES REALISEES PAR LES CAMERAS OPTIQUES ITERO, TRIOS ET PAR METHODE CONVENTIONNELLE POUR LE PATIENT MONSIEUR H.D .....	56
7.3.1 Modèles en plâtre et résine .....	56
7.4 UTILISATION DU SCANNER D'EMPREINTE NOBEL PROCERA .....	59
7.5 COMPARAISON DES MODELES NUMERIQUES APRES SCANNAGE AVEC LE LOGICIEL 3 SHAPE 3D. ....	62
7.5.1 Comparaison TRIOS -ITERO .....	63
7.5.2 Comparaison TRIOS-plâtre .....	64
7.5.3 Comparaison ITERO-plâtre .....	65
<b>DISCUSSION .....</b>	<b>66</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>70</b>
<b>TABLE DES FIGURES .....</b>	<b>74</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX.....</b>	<b>76</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>77</b>

# Introduction

---

Le syndrome d'apnée du sommeil (SAOS) est un problème de santé publique important.<sup>1</sup> En effet entre 3 et 7 % de la population générale<sup>2</sup> serait concernée avec une forte prévalence chez les hommes et les personnes âgées.<sup>3</sup>

Les causes de ce syndrome sont multiples et mal connues. De nombreuses personnes ignorent leur maladie, et ne sont donc pas diagnostiquées. Il en découle des complications pouvant être très importantes telles des problèmes cardiovasculaires ou des accidents vasculaires cérébraux.<sup>4</sup>

Le SAOS est considéré comme l'un des troubles respiratoires du sommeil le plus à risque. Les professionnels de santé et en particulier le chirurgien-dentiste<sup>5</sup> ont donc un rôle à jouer dans le dépistage et le traitement de ce trouble. Aussi bien dans la prévention que dans l'amélioration de la qualité de vie des patients.

La réalisation des orthèses de port différé (orthèse de laboratoire) passait jusqu'à présent par des méthodes traditionnelles d'empreintes. L'arrivée sur le marché de nouveaux outils de numérisation nous a interpellés. Aussi la question se pose de savoir si la prise d'empreintes numériques, directement envoyées au laboratoire (qui peut à l'aide d'une imprimante 3D reconstituer les moulages des arcades dentaires du patient) étaient à ce jour réalisable et intéressante (moins de risque de déformation, rapidité d'exécution et d'envoi, coûts minorés). C'est le but de ce travail.

Celui-ci présentera d'abord des rappels sur la physiologie du sommeil et du SAOS ainsi que sur les traitements par orthèse d'avancée mandibulaire. Ensuite nous ferons réaliser des orthèses par la méthode traditionnelle puis par trois des systèmes numériques disponibles actuellement (ITERO, CEREC, TRIOS) et nous comparerons les résultats (rapidité d'exécution, précision des modèles, surcoût pour le laboratoire...). Pour conclure, la discussion sera ouverte sur la pertinence ou non de la réalisation de ces orthèses aujourd'hui.

---

<sup>1</sup> Sharma et al., « Consensus and evidence-based indian initiative on obstructive sleep apnea guidelines 2014 (first edition) ».

<sup>2</sup> Dong et al., « Weight loss surgery for obstructive sleep apnoea with obesity in adults: a systematic review and meta-analysis protocol ».

<sup>3</sup> Semelka, Wilson, et Floyd, « Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults ».

<sup>4</sup> Culebras, « Sleep apnea and stroke ».

<sup>5</sup> Stradling et Dookun, « The role of the dentist in sleep disorders ».

# 1: Physiologie du sommeil

---

## 1.1 Fonctions du sommeil

Le sommeil a un rôle important pour notre santé, notre bien-être et notre productivité. En effet, nous passons environ 1/3 de notre vie à dormir.<sup>6</sup> La quantité de sommeil diminue et devient plus fragmentée tout au long de notre vie. Comme une bonne alimentation, bien dormir est nécessaire à une santé optimale. Le sommeil, a un rôle tant dans les aspects physiologiques que comportementaux.

Il affecte la grande majorité des fonctions corporelles, de l'immunité, de la régulation hormonale,<sup>7</sup> du métabolisme, de la mémoire, de la performance et de la thermorégulation. Il prévient aussi les complications cardiovasculaires et réduit le risque de mort précoce.

Le sommeil a d'abord un rôle crucial dans la fonction neurologique.<sup>8</sup> La privation de sommeil aurait un effet immédiat et inévitable sur la déficience cognitive.<sup>9</sup> Le cerveau est l'organe pouvant souffrir le plus de ce manque de sommeil. Cependant, le reste du corps en souffre également, mais il est moins évident car le repos musculaire peut être atteint pendant la veille tranquille.

Le sommeil a aussi un rôle important dans la fonction cellulaire.<sup>10</sup> Si le sommeil a une fonction principale impliquant le cerveau, une telle fonction pourrait être identifiable au niveau cellulaire et il y aurait un prix pour les cellules du cerveau de rester indéfiniment éveillées. En effet, la recherche de la fonction du sommeil a souvent porté sur l'identification des ressources neuronales appauvries pendant l'éveil et restaurées pendant le sommeil. Et aussi sur la présence de radicaux libres neurotoxiques accumulés dans le cerveau pendant l'éveil et éliminés pendant le sommeil.

---

<sup>6</sup> Alger et al., « The role of sleep in human declarative memory consolidation ».

<sup>7</sup> Davies et al., « Effect of sleep deprivation on the human metabolome ».

<sup>8</sup> Rosenzweig, Williams, et Morrell, « The impact of sleep and hypoxia on the brain : potential mechanisms for the effects of obstructive sleep apnea ».

<sup>9</sup> Macey et al., « Brain structural changes in obstructive sleep apnea ».

<sup>10</sup> Gómez-González et al., « Rem sleep loss and recovery regulates blood-brain barrier function ».

## **1.2 Les facteurs influençant le sommeil.**

De nombreux facteurs, internes et externes peuvent influencer la quantité et la qualité du sommeil.<sup>11</sup>

### **1.2.1 Les facteurs internes.**

-L'âge : les besoins en sommeil diminuent avec l'âge.

-L'hérédité : le patrimoine génétique de chacun détermine la durée de sommeil.

-Le stress/l'anxiété.

-Des problèmes psychologiques : la dépression, un traumatisme.

### **1.2.2 Les facteurs externes.**

-L'alimentation : elle doit être suffisante et régulière en calories. Afin de ne pas perturber le sommeil, l'alimentation ne doit pas être trop riche le soir. Un dîner trop lourd ou au contraire trop faible en apports caloriques peut provoquer des troubles du sommeil.

-L'alcool/ le tabac/ les drogues : ils peuvent retarder la structure du sommeil.

-Les relations sociales : elles ont un rôle dans la régulation du stress.

-Les activités : elles permettent de se changer les idées, de se détendre (sport, lecture ...). Les écrans peuvent retarder l'apparition du sommeil.

-Le bruit/ la lumière/ la température : ils ont une influence néfaste sur le sommeil.

-Le confort du lit.

---

<sup>11</sup> Pillar et Lavie, « Obstructive sleep apnea: diagnosis, risk factors, and pathophysiology ».



-La sieste (30min maximum) : elle permet la récupération, l'élimination du stress et la préparation d'une bonne nuit de sommeil.

-Les troubles du sommeil : l'insomnie, le syndrome d'apnée du sommeil, le syndrome des jambes sans repos.

-Des nouvelles habitudes (dormir chez quelqu'un, à l'hôtel...).

-Le décalage horaire

### **1.3. Anatomie des voies aériennes supérieures**

Les voies aériennes supérieures se composent des cavités nasales et du pharynx.<sup>12</sup>

Le pharynx peut être divisé en nasopharynx, oropharynx et hypopharynx.

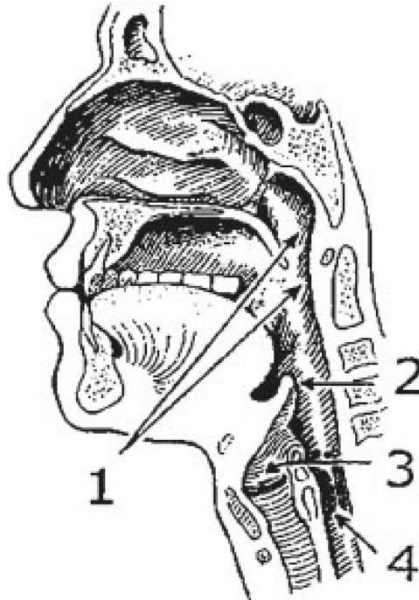
- Le nez est une structure pyramidale composée de deux cavités nasales divisées par un septum. Elles s'ouvrent à l'extérieur par les narines et elles débouchent en arrière dans le pharynx par un orifice, la choane.

- Le pharynx est un long conduit fibromusculaire reliant les cavités nasales au larynx. Le voile du palais, ferme la partie nasale du pharynx tandis que l'épiglotte ferme l'orifice laryngé.

---

<sup>12</sup> Morris, « Functional anatomy of the upper airway ».

Figure 1 : Anatomie des voies aériennes supérieures. (1) Pharynx, (2) Epiglotte, (3) Larynx avec les cordes vocales, (4) Sphincter de l'œsophage.



Source : Jadcherla, Heogan et Shaker, « Physiology and pathophysiology of glottic reflexes and pulmonary aspiration : from neonates to adults »,2010.

Lors de l'inspiration, les muscles dilatateurs du pharynx vont se contracter. L'activité tonique de ces derniers est importante dans le maintien de la perméabilité des VAS. En effet, si on a une diminution de cette activité tonique, on aura une diminution de volume des VAS. Pendant le sommeil, on constate une diminution de l'activité des muscles des voies aériennes supérieures (VAS).

Les muscles dilatateurs des VAS sont le tenseur du voile (nasopharynx), le génio-glosse et génio-hyoïdien (oropharynx) et le cryco-aryténoïde postérieur (hypopharynx).

## 1.4 Organisation du sommeil

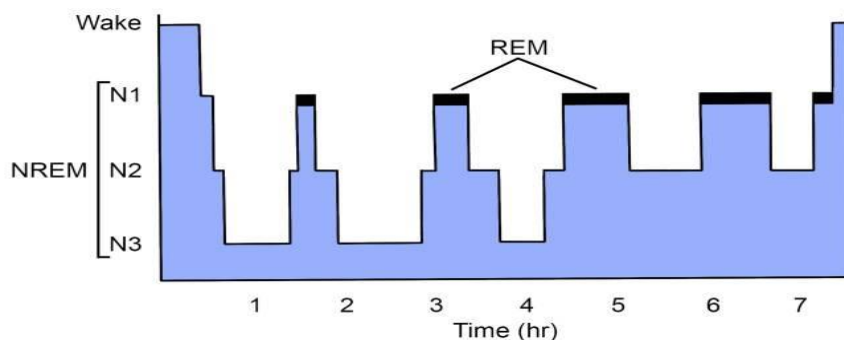
Le sommeil est composé de plusieurs cycles (3 à 5) de 90 à 120 minutes chacun.<sup>13</sup>

Chaque cycle de sommeil est divisé en 4 stades différents<sup>14</sup> :

- l'endormissement
- le sommeil lent léger
- le sommeil lent profond
- le sommeil paradoxal

En début de nuit, on trouvera principalement une plus grande partie de stade lent léger et profond, tandis qu'en fin de nuit on trouvera une majorité de sommeil paradoxal.

Figure 2 : Cycles du sommeil



	Wake	NREM sleep	REM sleep
<b>Psychological features</b>	Varying amounts of alertness and attentiveness	Unconscious, or bland thoughts	Vivid, story-like dreams
<b>Physiological features</b>	Sympathetic tone variable	Sympathetic tone low; roving eye movements in light NREM sleep	Sympathetic tone variable; bursts of fast saccadic eye movements
<b>EEG pattern (5 sec)</b>			
<b>Developmental changes</b>	Short wake bouts in infants and young children	Deep NREM sleep abundant in children, but gradually decreases across adulthood	Abundant in infants, steady levels across adulthood; NREM-REM cycle short in infants

Source : Colten, Altevogt et Research, « Sleep physiology », 2006

<sup>13</sup> Ganz, « Sleep and immune function ».

<sup>14</sup> Colten, Altevogt, et Research, « Sleep physiology ».

### **1.4.1 L'endormissement**

Lors de l'endormissement, le calme s'installe, la respiration ralentit, le corps se relâche, la perception de l'environnement devient de plus en plus confuse. Elle dure environ une dizaine de minutes.

### **1.4.2 Le sommeil lent léger ou light NREM (non rapid eyes movement)**

Lors du sommeil lent léger, les yeux bougent de moins en moins, le rythme cardiaque et la respiration sont de plus en plus lents. Un bruit ou une lumière peut suffire à réveiller le dormeur. Ce stade dure entre 10 et 20 minutes.

### **1.4.3 Le sommeil lent profond ou deep NREM**

Lors du sommeil lent profond, il est difficile de réveiller le dormeur. Il permet la récupération physique accumulée, tout le corps est en repos. L'activité cérébrale y est la plus minimale. Le dormeur ne pourra être réveillé par l'environnement extérieur. Ce stade dure de 30 à 60 minutes.

### **1.4.4 Le sommeil paradoxal ou REM (rapid eyes movement)**

Lors du sommeil paradoxal, le cerveau reprend un niveau d'activité proche de celui de l'éveil mais avec un corps inerte (atonie musculaire). La respiration, le rythme cardiaque deviennent irréguliers. Les yeux se mettent à bouger rapidement. C'est à ce stade où l'on peut se souvenir de nos rêves.<sup>15</sup> A la fin de ce stade, soit le dormeur reprend un nouveau cycle, soit il se réveille. Il dure environ 20 minutes. Il est peu présent en début de nuit, mais sa durée va augmenter progressivement au cours de la nuit.

---

<sup>15</sup> Pillar et Lavie, « Obstructive sleep apnea : diagnosis, risk factors, and pathophysiology ».

## 2: Syndrome d'apnées obstructives du sommeil (SAOS)

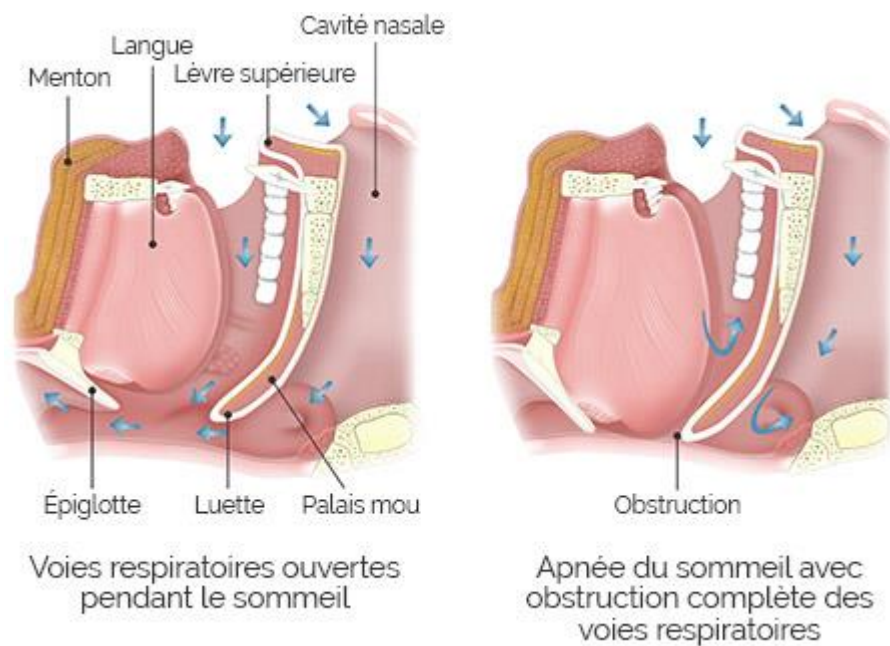
---

### 2.1. Définition

Le SAOS correspond à la survenue de façon répétitive d'obstructions complètes (apnées) ou incomplètes (hypopnées) des voies aériennes supérieures lors du sommeil pendant au moins 10 secondes.<sup>16</sup>

Il s'agit du type le plus fréquent de troubles respiratoires du sommeil.<sup>17</sup>

Figure 3 : Schéma de l'apnée du sommeil



Source : Cherry for life science, « L'apnée du sommeil qu'est-ce que c'est ? », 2018

---

<sup>16</sup> Pillar et Lavie.

<sup>17</sup> Sharma et al., « Consensus and evidence-based indian initiative on obstructive sleep apnea guidelines 2014 (first edition) ».

## **2.2. Classification des apnées du sommeil**

On peut mettre en évidence 3 apnées du sommeil différentes.

### **2.2.1 Les apnées obstructives<sup>18</sup>**

Ce sont les plus fréquentes (90 %). Elles correspondent à une interruption du flux aérien mais avec la persistance de mouvements thoraco-abdominaux.

### **2.2.2 Les apnées centrales (<10 %)<sup>19</sup>**

Elles sont rares<sup>20</sup>. Elles correspondent à une interruption du flux aérien mais avec la disparition de mouvements thoraco-abdominaux. Le cerveau ne va plus signaler au corps qu'il doit inspirer. Elles peuvent survenir lorsque les voies aériennes sont dégagées.

### **2.2.3 Les apnées mixtes**

Elles associent les apnées obstructives et centrales. Elles débutent par un mécanisme central auquel succède un mécanisme obstructif.

### **2.2.4 Les hypopnées**

Elles correspondent à une diminution de l'amplitude respiratoire d'au moins 50 % associée à une chute d'oxygène de plus de 4 %.

---

<sup>18</sup> Kelly et Waite, « The role of the general dentist in the management of obstructive sleep apnea, application of oral appliance therapy, and the indication for surgery ».

<sup>19</sup> McLaren, Bin-Hasan, et Narang, « Diagnosis, management and pathophysiology of central sleep apnea in children ».

<sup>20</sup> Pillar et Lavie, « Obstructive sleep apnea : diagnosis, risk factors, and pathophysiology ».

## 2.3 Le diagnostic

Le diagnostic se fait en s'appuyant sur un entretien clinique, un examen clinique et des examens complémentaires.

### 2.3.1 L'entretien clinique

Un dépistage peut déjà se faire lors de l'entretien clinique. Le praticien mettra en évidence des signes diurnes et nocturnes.<sup>21</sup>Ce sont les signes pouvant être observés par le patient ou ses proches.

#### 2.3.1.1 Signes diurnes

- Céphalées matinales
- Hypersomnolence
- Perte de concentration<sup>22</sup>
- Trouble de la mémoire/ du comportement
- Irritabilité
- Distraction
- Dépression<sup>23</sup>
- Trouble de la libido<sup>24</sup>
- Endormissement au volant

---

<sup>21</sup> Semelka, Wilson, et Floyd, « Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults ».

<sup>22</sup> Macey et al., « Relationship between obstructive sleep apnea severity and sleep, depression and anxiety symptoms in newly-diagnosed patients ».

<sup>23</sup> Pillar et Lavie, « Obstructive sleep apnea : diagnosis, risk factors, and pathophysiology ».

<sup>24</sup> Macey et al., « Relationship between obstructive sleep apnea severity and sleep, depression and anxiety symptoms in newly-diagnosed patients ».

#### 2.3.1.4 Signes nocturnes

- Ronflements
- Apnées nocturnes
- Sueurs nocturnes
- Réveils durant la nuit avec sensation de suffocation<sup>25</sup>
- Agitation pendant le sommeil
- Incontinence nocturne
- Hypersialorrhées

#### 2.3.2 Les échelles

Le praticien pourra être aidé par différentes échelles pour faire le dépistage de SAOS :

##### 2.3.2.1 L'échelle de somnolence d'Epworth :(voir annexe 1)<sup>26</sup>

C'est un questionnaire permettant de mettre en évidence la fatigue durant la journée. C'est l'un des premiers outils de diagnostic utilisé pour l'apnée du sommeil.

Des scores allant de 0 à 3 notent la probabilité de s'endormir :

0=jamais

1=faible

2=modéré

3=élevé

La somme de ces scores va évaluer la somnolence du patient.

Si le score est supérieur à 10, on peut considérer que le patient est atteint de somnolence pathologique.

---

<sup>25</sup> Semelka, Wilson, et Floyd, « Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults ».

<sup>26</sup> Mondal et al., « Relationship between the pittsburgh sleep quality index and the epworth sleepiness scale in a sleep laboratory referral population ».



Cette échelle est évaluée pour 8 situations différentes :

Assis en train de lire

En regardant la télévision

Assis, inactif

Comme passager dans une voiture roulant

Allongé pour se reposer l'après-midi

Assis en train de parler à quelqu'un

Assis calmement après un repas sans alcool

Au volant d'une voiture immobilisée quelques minutes dans un encombrement.

### 2.3.2.2 L'index de qualité du sommeil de Pittsburg PSQI : (voir annexe 2)<sup>27</sup>

C'est un questionnaire comprenant 19 questions d'auto évaluation sur la qualité du sommeil et la vie quotidienne du patient. Ces dernières se combinent pour donner 7 composantes.

Pour chaque composante, les réponses ont un score allant de 0 (pas de difficulté) à 3 (difficulté sévère).

Les 7 composantes s'additionnent pour donner un score allant de 0 (aucune difficulté) à 21 (difficulté majeure)

### 2.3.2.3 L'échelle STOP BANG<sup>2829</sup>

**S** : Snoring

**T** : Tired

**O** : Observed apnea

**P** : Pressure : HTA ou ttt HTA

**B** : BMI > 35 kg/m<sup>2</sup>

---

<sup>27</sup> Mondal et al.

<sup>28</sup> Farney et al., « The stop-bang equivalent model and prediction of severity of obstructive sleep apnea : relation to polysomnographic measurements of the apnea/hypopnea index ».

<sup>29</sup> Semelka, Wilson, et Floyd, « Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults ».

**A** : Age > 50 ans

**N** : Neck circumference > 40cm

**G** : Gender male

Cet indice se compose de 8 questions :

- 1) Ronflements ? Ronflez-vous fort (suffisamment fort pour qu'on vous entende à travers une porte fermée ou que votre partenaire vous donne des coups de coude parce que vous ronflez la nuit) ?
- 2) Fatigue ? Vous sentez-vous souvent fatigué(e), épuisé(e) ou somnolent(e) pendant la journée (comme par exemple s'endormir au volant) ?
- 3) Observation ? Quelqu'un a-t-il observé que vous arrêtiez de respirer ou que vous vous étouffiez/suffoquiez pendant votre sommeil ?
- 4) Tension ? Êtes-vous atteint(e) d'hypertension artérielle ou êtes-vous traité(e) pour ce problème ?
- 5) Indice de Masse Corporelle supérieur à 35 kg/m<sup>2</sup> ?
- 6) Age supérieur à 50 ans ?
- 7) Tour de cou important ? (mesuré au niveau de la pomme d'Adam) Pour les hommes, votre tour de cou est-il supérieur ou égal à 43 cm ? Pour les femmes, votre tour de cou est-il supérieur ou égal à 41 cm ?
- 8) Sexe = Masculin ?

Faible risque de SAOS : Réponse « oui » à 0-2 questions

Risque moyen de SAOS : Réponse « oui » à 3-4 questions

Risque élevé de SAOS : Réponse « oui » à 5-8 questions ou

Oui à au moins 2 des 4 premières questions + sexe masculin ou

Oui à au moins 2 des 4 premières questions + IMC > 35 kg/m<sup>2</sup> ou

Oui à au moins 2 des 4 premières questions + tour de cou (43 cm chez l'homme, 41 cm chez la femme)

### 2.3.3 L'examen clinique

Lors de l'examen clinique, on peut mettre en évidence :

- Une cloison nasale déviée
- Des voies respiratoires étroites
- Une hypertrophie amygdalienne ou linguale
- Une rétrognathie ou micrognathie<sup>30</sup>
- Une faiblesse des muscles du pharynx
- Une blessure de la corde vocale
- Une baisse du tonus vocal
- Une rétraction de la langue à l'arrière de la gorge
- Un traumatisme facial entraînant des passages des voies aériennes déformés.

### 2.3.4 Les examens complémentaires

#### 2.3.4.1 L'oxymétrie<sup>31</sup>

Un capteur va être placé au bout d'un doigt pour évaluer les variations du taux d'oxygène dans le sang pouvant se produire lors des apnées du sommeil (la couleur de l'hémoglobine va changer en fonction de la quantité d'oxygène transportée). Ce sont ces variations qui vont permettre de calculer les différents taux d'oxygène. Si le taux d'oxygène est inférieur à 90 %, on parle de désaturation. L'ODI

---

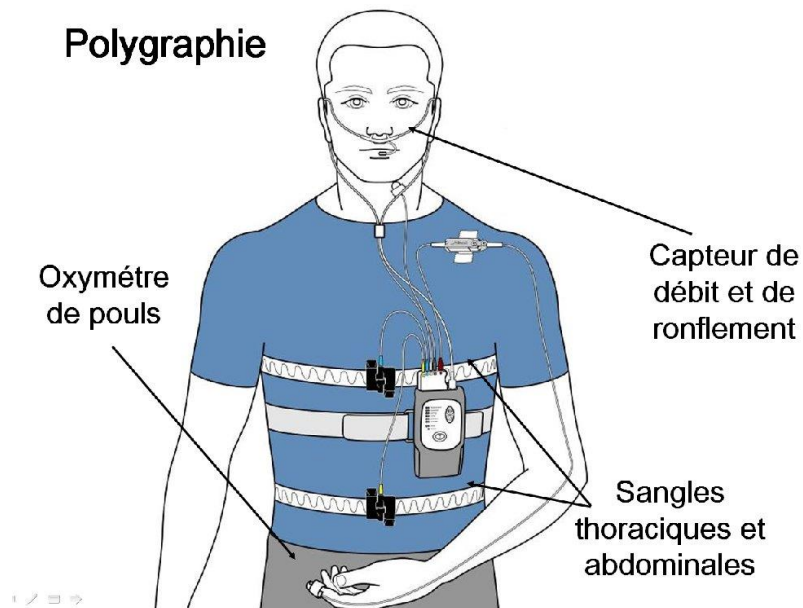
<sup>30</sup> Semelka, Wilson, et Floyd.

<sup>31</sup> Nino et al., « Robust spectral analysis of thoraco-abdominal motion and oxymetry in obstructive sleep apnea ».

(oxygen desaturation index) va mesurer le nombre de désaturations par heure de sommeil. Il est considéré comme normal s'il est inférieur à 5.

#### 2.3.4.2 La polygraphie

Figure 4 : la polygraphie



Source : Fourcade, « Polygraphie ventilatoire nocturne, prescription, mécanisme et interprétation »  
, 2017

Elle permet d'enregistrer les ronflements et la respiration durant la nuit. Par ce biais, elle met en évidence si la respiration est continue ou non.

Elle est réalisée le plus souvent en ambulatoire. Les capteurs sont mis en place par un médecin. Le patient dormira chez lui et remettra l'enregistreur au médecin le lendemain.

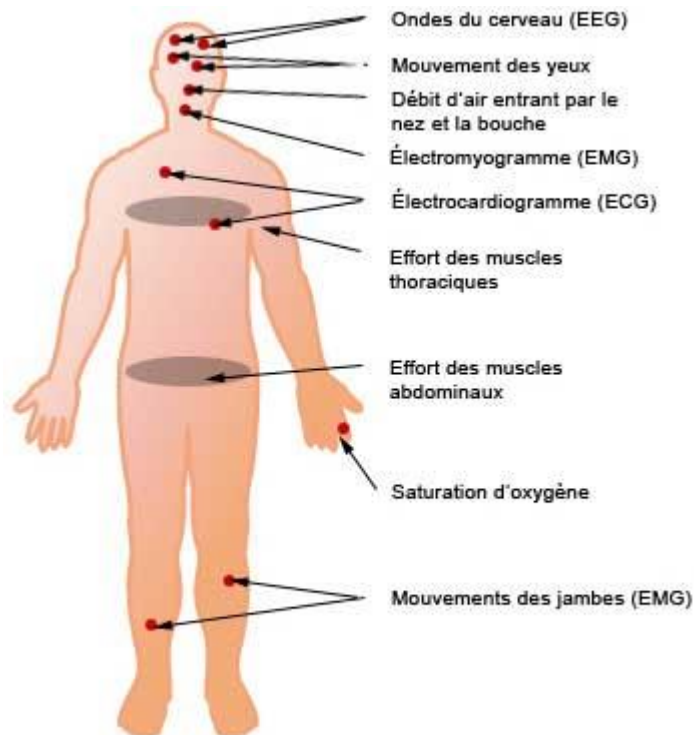
Les capteurs sont constitués de :

- Deux ceintures (thoraciques et abdominales) permettant d'enregistrer les mouvements respiratoires.
- Deux petits embouts narinaux pour capter le flux de l'air.
- Un capteur au niveau du cou pour enregistrer les sons de la respiration et du ronflement.
- Un capteur mis en place sur le doigt pour analyser l'oxygénation du sang.

Cependant, elle ne permet pas de mesurer son impact sur les stades du sommeil du patient. Elle prend en compte le temps d'enregistrement sans tenir compte du temps de sommeil effectif réel.<sup>32</sup> Ce qui risque de minorer l'importance du SAOS et sous évaluer le diagnostic. Pour cela, il existe un examen plus complet : la polysomnographie.

#### 2.3.4.3 La polysomnographie<sup>33</sup>

Figure 5 : Polysomnographie



Source : OSR medical, « polysomnographie », 2007

C'est l'examen de référence, et le plus complet. C'est un examen non invasif et indolore qui enregistre les mêmes variables que la polygraphie, avec en plus un électroencéphalogramme (EEG)

<sup>32</sup> Sharma et al., « Consensus and evidence-based indian initiative on obstructive sleep apnea guidelines 2014 (first edition) ».

<sup>33</sup> Pillar et Lavie, « Obstructive sleep apnea : diagnosis, risk factors, and pathophysiology ».

pour enregistrer la durée de sommeil. Elle est utilisée pour étudier les différents stades de sommeil et la durée totale des périodes d'éveil et le nombre de micro-éveils.

Des électrodes vont être placées sur la tête, le visage, la poitrine et les jambes pour évaluer plusieurs paramètres neurophysiologiques pour déterminer les stades du sommeil. Cet examen permettra d'enregistrer l'activité électrique du cerveau (EEG), l'activité électrique du cœur (ECG), les mouvements des yeux (EOG).

#### 2.3.4.4 L'Index d'apnée/ hypopnée (IAH) <sup>34</sup>

Il correspond au nombre d'apnées/ hypopnées par heure de sommeil.

Le diagnostic de SAOS s'établit donc grâce aux éléments suivants :

- 1) Au moins dix apnées ou hypopnées par heure de sommeil (IAH>10), relevées par les enregistrements polysomnographiques.

- 2) Et une somnolence diurne

Ou au moins deux des signes suivants :

- Des réveils nocturnes répétés

- Une fatigue diurne

- Des sensations d'étouffements lors du sommeil

- Des troubles de la concentration

- Un sommeil non réparateur

Il pourra ainsi être mis en évidence la sévérité du SAOS en fonction de l'IAH et de la somnolence (Epworth) :

IAH léger ( $10 < \text{IAH} < 15$ ),

IAH modéré ( $15 < \text{IAH} < 30$ ),

IAH sévère ( $30 < \text{IAH}$ )

Somnolence légère, modérée, sévère.

C'est le critère le plus sévère qui définit la gravité du SAOS.

---

<sup>34</sup> Semelka, Wilson, et Floyd, « Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults ».

## **2.4 Physiologie**

Le SAOS peut se diviser en 3 phases :

### **2.4.1 La phase de suffocation**

L'apnée obstructive du sommeil se produit lorsque les muscles dilatateurs des voies aériennes supérieures se relâchent.<sup>35</sup> Quand les muscles se détendent, les voies respiratoires rétrécissent et se ferment, rendant la respiration insuffisante. Par ce fait, il y aura une augmentation du taux de dioxyde de carbone dans le sang et une diminution en oxygène d'autant plus importantes que les apnées seront longues.

### **2.4.2 La phase d'alerte**

Le cerveau va ainsi recevoir des signaux de détresse et ordonner un micro-éveil d'urgence nécessaire à la relance de la respiration provoquant ainsi une déstructuration du sommeil.

### **2.4.3 La phase de réveil**

Elle est très courte, et le patient n'en n'a pas conscience. Les muscles dilatateurs du pharynx vont se contracter et libérer ainsi les voies aériennes pour permettre à l'air de passer. Le cycle du sommeil va ainsi être rompu, mais ne sera pas repris là où il a été arrêté. Le dormeur va ainsi redémarrer un nouveau cycle à partir du stade 2 (sommeil lent léger).

---

<sup>35</sup> Chen et al., « Three-dimensional imaging of the upper airway anatomy in obstructive sleep apnea : a systematic review ».

## 2.5 Les facteurs de risque<sup>36</sup>

De nombreux facteurs peuvent favoriser un SAOS, tels que :

L'obésité (surcharge pondérale)<sup>37</sup>

Le sexe masculin<sup>38</sup>

Les femmes ménopausées<sup>39</sup>

La grossesse

Les allergies

L'alcool /le tabac

Les somnifères

## 2.6 Les complications

Le syndrome d'apnée du sommeil augmente le risque de développer une hypertension artérielle<sup>40</sup>(présente dans 50 % des cas), un diabète<sup>41</sup>, une obésité<sup>42</sup>. Elle augmente aussi le risque de maladies cardiovasculaires telles l'insuffisance cardiaque, les troubles du rythme cardiaque, les pathologies coronariennes, et les accidents vasculaires cérébraux.

## 2.7 Les traitements

Le choix du traitement se définit en fonction des symptômes et de la sévérité du syndrome.

---

<sup>36</sup> Culpepper et Roth, « Recognizing and managing obstructive sleep apnea in primary care ».

<sup>37</sup> Dong et al., « Weight loss surgery for obstructive sleep apnoea with obesity in adults : a systematic review and meta-analysis protocol ».

<sup>38</sup> Semelka, Wilson, et Floyd, « Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults ».

<sup>39</sup> Tal et al., « Treatment of insomnia, insomnia symptoms, and obstructive sleep apnea during and after menopause: therapeutic approaches ».

<sup>40</sup> Kansui et al., « Impact of obstructive sleep apnea on long-term blood pressure variability in japanese men: a cross-sectional study of a work-site population ».

<sup>41</sup> Whitaker et al., « Associations between polysomnography and actigraphy-based sleep indices and glycemic control among those with and without type 2 diabetes: the multi-ethnic study of atherosclerosis ».

<sup>42</sup> Jehan et al., « Obesity, obstructive sleep apnea and type 2 diabetes mellitus : epidemiology and pathophysiologic insights ».



### **2.7.1 Les mesures hygiéno-diététiques**

Elles sont recommandées dans tous les cas, quel que soit la gravité du syndrome.

Ces mesures consistent à perdre du poids, pour cela il est conseillé de faire 3 repas par jour de façon équilibrée (bien manger le matin et le midi, manger léger le soir). Et à diminuer le tabac, l'alcool, les drogues, les anxiolytiques qui sont des facteurs aggravants<sup>43</sup>.

### **2.7.2 Le facteur positionnel**

La position latérale va éviter une atonie musculaire qui pourrait entraîner la chute de la mandibule, et ainsi diminuer le passage de l'air.<sup>44</sup>

### **2.7.3 La Ventilation par Pression Positive Continue (VPPC)**

Elle correspond au dispositif de référence pour le traitement des SAOS<sup>45</sup>. Elle est composée d'un petit compresseur portable se plaçant à côté du lit et fournissant une pression positive aux voies aériennes par l'intermédiaire d'un tuyau et d'un masque facial ou nasal<sup>46</sup>. La pression de l'air va ainsi permettre d'écarter les parois pharyngées<sup>47</sup>, pour empêcher l'obstruction des voies aériennes supérieures. Ce réglage de la pression optimale s'appelle la titration.

---

<sup>43</sup> Çörtük et al., « Perioperative evaluation for the patients with obstructive sleep apnea syndrome ».

<sup>44</sup> Semelka, Wilson, et Floyd, « Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults ».

<sup>45</sup> Pillar et Lavie, « Obstructive sleep apnea : diagnosis, risk factors, and pathophysiology ».

<sup>46</sup> Culebras, « Sleep apnea and stroke ».

<sup>47</sup> Semelka, Wilson, et Floyd, « Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults ».

Figure 6 : Dispositif de ventilation positive continue.



Source : Donovan et al, « New developments in the use of positive airway pressure for obstructive sleep apnea »,2015.

#### 2.7.4 L'orthèse d'avancée mandibulaire (OAM)<sup>48 49</sup>

C'est un dispositif dentaire réalisé sur mesure. Il va permettre l'avancée de la mandibule lors du sommeil et ainsi permettre la libération des voies aériennes supérieures, et le passage de l'air dans le pharynx. L'air va donc circuler plus facilement.

Les orthèses doivent être réglables grâce à des réglettes de longueur différente afin de trouver l'avancée permettant de trouver la meilleure efficacité du traitement, c'est la titration de l'orthèse.

---

<sup>48</sup> Sutherland et al., « Oral appliance treatment for obstructive sleep apnea : an update ».

<sup>49</sup> Semelka, Wilson, et Floyd, « Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults ».

## 2.7.5 La chirurgie ORL<sup>50</sup>

### 2.7.5.1 La chirurgie nasale

Elle est mise en place s'il y a une anomalie pouvant gêner la respiration nasale. Elle peut être d'origine muqueuse due à une hypertrophie des cornets inférieurs ou moyens ; ou d'origine architecturale due à une déviation de la cloison nasale ou une fermeture de la valve nasale.

Les techniques chirurgicales pouvant être mises en place sont la turbinectomie, la septoplastie, la rhinoseptoplastie ou une réparation de la valve nasale.

### 2.7.5.2 La chirurgie des tissus mous<sup>51</sup>

L'amygdalectomie, l'adénoïdectomie : ces opérations consistent à retirer les amygdales et les végétations adénoïdes quand elles sont très enflées, car elles peuvent gêner le passage de l'air.

### 2.7.5.3 La chirurgie maxillo-faciale<sup>52</sup>

Elle va permettre d'avancer la mandibule ou le maxillaire vers l'avant chez les patients atteints de rétrognathie importante, pour augmenter le volume des voies aériennes supérieures. Cette chirurgie est pratiquée chez les patients souffrant d'apnées sévères, non résolues par le port d'un appareillage. Un traitement peut être envisagé pour aligner les dents avant la chirurgie.

---

<sup>50</sup> Semelka, Wilson, et Floyd.

<sup>51</sup> Pillar et Lavie, « Obstructive sleep apnea : diagnosis, risk factors, and pathophysiology ».

<sup>52</sup> Galeotti et al., « Prevalence of malocclusion in children with obstructive sleep apnoea ».

### 3 : Orthèses d'avancée mandibulaire

---

Elles peuvent être thermoformables (orthèses de port immédiat) ou réalisées au laboratoire sur des modèles issus d'empreintes des arcades du patient (orthèse de port différé).

Figure 7 : Avant et après port d'orthèse d'avancée mandibulaire



Source : Fourcade, « Orthèse d'avancée mandibulaire : prescription, mécanisme et effets secondaires »

,2018

#### 3.1 Les orthèses de port immédiat

Ces orthèses doivent être bibloc. Elles sont thermoformables, faites de résine molle qui peut être modifiée ; c'est-à-dire qu'elles sont trempées dans l'eau chaude puis placées sur les arcades dentaires jusqu'au refroidissement où elles durcissent.

Elles ne nécessitent pas de prise d'empreinte. Elles peuvent être mises en place chez un chirurgien-dentiste ou chez soi grâce à un guide d'utilisation. La durée de vie de ces gouttières est plutôt faible.

L'orthèse ONIRIS bibloc est actuellement la seule orthèse de port immédiat ayant fait l'objet d'une étude clinique contrôlée et randomisée<sup>53 54</sup>.

Figure 8 : Orthèse ONIRIS de port immédiat



Source : ONIRIS ®, « l'orthèse ONIRIS »,2018

<sup>53</sup> Marty et al., « Snoring and obstructive sleep apnea : objective efficacy and impact of a chairside fabricated mandibular advancement device ».

<sup>54</sup> Pépin et al., « Effect of custom made vs thermoplastic heat-molded mandibular advancement devices (mads) for obstructive sleep apnea (osa) : a randomized non-inferiority trial ».

### 3.2 Les orthèses de port différé

Contrairement aux orthèses de port immédiat, elles doivent être prescrites par un chirurgien-dentiste, un pneumologue ou un ORL. Une empreinte dentaire du patient devra être réalisée pour pouvoir réaliser l'orthèse sur mesure. Elles sont monobloc ou bibloc<sup>55</sup>.

Elles sont faites au laboratoire de prothèse en résine molle, semi-rigide ou dure.

Elles sont cependant plus onéreuses que les orthèses de port immédiat (entre 500 et 900 euros) et nécessitent plusieurs rendez-vous chez le chirurgien-dentiste (empreinte, pose, réglages...).

Il existe actuellement 5 de ces orthèses qui sont prises en charge par la sécurité sociale : les orthèses TALI, NARVAL<sup>56</sup>, SOMNOMED, ORTHOSOM et OPM4J qui en contrepartie offre une garantie étendue.

Figure 9 : Orthèse TALI de port différé



Source : Rocher et al, « les critères de qualité de la médecine dentaire »,2009

<sup>55</sup> Isacson, Fodor, et Sturebrand, « Obstructive sleep apnea treated with custom-made bibloc and monobloc oral appliances : a retrospective comparative study ».

<sup>56</sup> Norrhem et Marklund, « An oral appliance with or without elastic bands to control mouth opening during sleep-a randomized pilot study ».

Figure 10 : Orthèse Narval ORM de port différé



Source : Alliance apnée du sommeil, « L'orthèse Narval<sup>®</sup>ORM ResMed »,

2017

Figure 11 : Orthèse Somnomed de port différé



Source : Somnomed<sup>®</sup>, « Somnodent »,2018

### **3.3 Les contre-indications au port d'orthèses**

Les orthèses sont contre indiquées pour les patients :

- Agés de moins de 18 ans
- Présentant une parodontite avancée avec des dents mobiles
- Présentant une arcade totalement édentée
- Présentant des dents très courtes sans rétentions pour faire tenir l'orthèse
- Présentant une apnée centrale ou des troubles respiratoires sévères autres que le SAOS
- Porteurs de prothèses amovibles complètes

La prise d'empreintes, la coulée des modèles, la réalisation de duplicatas, les inconvénients du transport sont source de complications, que pourraient régler la CFAO



## 4 : La CFAO

---

Le système de CFAO est constitué d'une caméra intraorale, d'une unité de conception (CAO/CAD) et d'une unité de fabrication (FAO/CAM)<sup>57</sup>.

Le chirurgien-dentiste prendra directement une empreinte optique des arcades dentaires du patient.

La conception assistée par ordinateur et la fabrication assistée par ordinateur sont utilisées en chirurgie dentaire depuis le début des années 1980<sup>58</sup>.

### 4.1 L'empreinte optique

Cette empreinte va permettre d'enregistrer les arcades en trois dimensions directement dans la bouche du patient. Elle est couplée à un ordinateur.

La caméra est composée d'un scanner intra oral et d'un écran, pour la plupart intégré dans un boîtier mobile.

#### 4.1.1 CEREC Omnicam de SIRONA

La caméra optique Omnicam correspond à la caméra la plus récente du système CEREC. Une lumière va être émise de la caméra avec un système de balayage pour capter toutes les informations nécessaires. Elle permet la réalisation d'empreinte en couleur sans poudrage. Ainsi, les données analogiques vont être transformées en données numériques qui vont pouvoir être traitées par ordinateur, grâce à un logiciel de modélisation.

---

<sup>57</sup> Miyazaki et al., « A review of dental cad/cam : current status and future perspectives from 20 years of experience ».

<sup>58</sup> Miyazaki et al.

Figure 12 : Caméra optique omniscam CEREC Sirona



Source : Dentsply Sirona®, « CEREC Ac avec omniscam »,2018

Le système CEREC utilise comme système d'acquisition, la méthode de triangulation : cette méthode se base sur le principe de trigonométrie qui permet d'établir un lien entre les mesures des angles des triangles rectangles et les longueurs de leurs côtés. Grâce à cette technique, nous pouvons calculer des mesures grâce à la connaissance d'autres mesures. Le triangle est donc constitué par ses sommets de l'émetteur, de l'objet et du capteur. Des rayons de lumière vont être projetés sur la surface et créer des déformations selon le relief qui sont visibles selon un certain angle.

- Le logiciel CEREC Connect<sup>59</sup>

Ce logiciel va permettre de dessiner en 3 dimensions le modèle virtuel lors de la séance d'empreinte. Il sera par la suite envoyé par internet via la plateforme SIRONA Connect.

---

<sup>59</sup> Nemli, Wolfart, et Reich, « Inlab and cerec connect : virtual contacts in maximum intercuspation compared with original contacts--an in vitro study ».

- SIRONA Connect

Le système CEREC est un système fermé car il va limiter le transfert des données. Seule l’empreinte numérique pourra être exportée au format STL. En effet la conception et la fabrication ne peuvent se faire que par le système mis en place par Sirona et va demander l’acquisition du logiciel Sirona Connect, pour transférer les données.

Puis depuis Sirona Connect, le téléchargement sur l’ordinateur du laboratoire s’effectuera grâce au logiciel InLab (5000euros)<sup>60</sup>. Ce dernier va transformer les données en format STL qui pourront ainsi être lues par tous les systèmes même autres que Sirona.

#### 4.1.2 ITERO element de ALIGN TECHNOLOGY

Figure 13 : Caméra optique ITERO



Source : iTero® Element™ , « Scanner »,2015

Cette technologie a été lancée par la société CADENT en 2007 aux Etats Unis. Elle est arrivée en France en 2010, commercialisée par la société Straumann.

Elle utilise la technique parallèle confocale<sup>61</sup> qui va consister à observer l’objet à enregistrer à travers un objectif tout en faisant varier la distance focale. La distance focale correspondant à la distance pour laquelle l’objet apparaît le plus net. Elle s’utilise ainsi sans poudrage de la préparation.

<sup>60</sup> Nemli, Wolfart, et Reich.

<sup>61</sup> Lee, « Comparison of two intraoral scanners based on three-dimensional surface analysis ».

La caméra optique ITERO est assez volumineuse, elle se tient à pleine main sur le corps de la caméra. Les embouts sont à usage unique.

Pour une empreinte complète, les deux arcades seront enregistrées puis l'enregistrement de l'occlusion en vestibulaire sera effectué. La caméra sera directement posée au contact des dents. L'enregistrement des 2 arcades se fera en 2 minutes pour un opérateur expérimenté.

Un modèle 3D des deux arcades sera présenté à l'écran. Si des zones n'ont pas été correctement enregistrées ou qu'elles ne sont pas acceptables, l'opérateur pourra à tout moment retoucher la préparation, puis scanner la zone qu'il faut retoucher. La zone sera ajoutée sans modifier l'empreinte optique préalable.

Le prix d'achat de la machine ITERO est de 33 600 euros. Le prix correspondant à la machine, la mise à jour du matériel et une formation de 2 jours.

#### 4.1.3 TRIOS 3 de 3 shape

Figure 14 : Caméra optique Trios 3 de 3 Shape.



Source : Dentixx Egypt, « 3Shape Trios® 3 Cart »,2018

La caméra TRIOS a été commercialisée en France en décembre 2012. La préparation ne nécessite pas de poudrage préalable.

La caméra sera légèrement éloignée de la surface à enregistrer avec une liberté de mouvements et de positionnements. L'enregistrement complet des 2 arcades se fera en environ 3-4 minutes pour un opérateur expérimenté. L'embout pourra être passé au stérilisateur.

Les deux arcades seront enregistrées ainsi que l'occlusion en vestibulaire, tout en ayant la possibilité de mettre en pause puis de renumériser en partant d'une autre zone. Il est aussi possible de renumériser des zones spécifiques si l'empreinte initiale n'est pas parfaite, grâce à la visualisation 3D en direct sur l'écran.

Le système TRIOS est compatible avec tout système CFAO ouvert grâce à la boîte de réception TRIOS inbox.

Le système d'acquisition utilisé est la microscopie confocale<sup>62</sup>.

Le prix d'achat de la caméra TRIOS est de 45 000 euros comprenant la mise à jour du logiciel, la maintenance et la formation.

#### 4.1.4 Récapitulatif des différentes caméras

Tableau 1 : Spécificités des caméras optiques Cerec omnicaam, Itero Element, Trios 3

<b><u>Modèle</u></b>	<b><u>Cerec Omnicaam</u></b>	<b><u>Itero element</u></b>	<b><u>Trios 3</u></b>
<b><u>Marque</u></b>	Dentsply Sirona	Align technology	3 Shape
<b><u>Poudrage</u></b>	Non	Non	Non
<b><u>Prise de vue</u></b>	Flux vidéo	Flux vidéo	Flux vidéo
<b><u>Couleur</u></b>	Oui	Oui	Oui
<b><u>Poids caméra</u></b>	313g	470g	340g
<b><u>Dimension caméra</u></b>	228*36*47 mm	132*63*60mm	275*45*20mm
<b><u>Ergonomie</u></b>	Cart ou PC fixe	Cart ou monobloc portatif	Cart ou PC portable

<sup>62</sup> Lee.

<b><u>Interface</u></b>	Clavier+trackball	Ecran tactile	Ecran tactile ou clavier+souris
<b><u>Ouverture système</u></b>	Oui, logiciel Inlab	Oui,export STL/PLY	Oui, export STL/DCM
<b><u>Portail WEB propriétaire (cloud)</u></b>	Oui	Oui, avec correction des empreintes possibles	Oui
<b><u>Temps moyen de scannage des arcades entières</u></b>	Difficulté de réalisation	2-3minutes (opérateur dépendant)	3minutes (opérateur dépendant)
<b><u>Temps du traitement des fichiers</u></b>	2min	Instantané	2min
<b><u>Taille fichier d'une arcade complète</u></b>	80 Mo	25 Mo	2 à 7Mo
<b><u>Hygiène</u></b>	Désinfection par trempage	Embouts à usage unique (75euros les 25)	Embouts autoclaves
<b><u>Prix d'achat</u></b>	43000euros	33600euros	45000euros
<b><u>Licence</u></b>	Non	3960euro/an	1920euros/an
<b><u>Maintenance</u></b>	Gratuite	Incluse avec la licence	Incluse avec la licence
<b><u>Mise à jour</u></b>	Gratuite	Incluse avec la licence	Incluse avec la licence
<b><u>Garantie</u></b>	1an	Incluse avec la licence	1an

Source : Auteur,2018

## 4.2 Le logiciel de CAO/CAD (conception assistée par ordinateur)

Il permet de modéliser sur ordinateur les futurs modèles. Les données en format STL vont ainsi être transférées vers ce logiciel. C'est un format numérique qui permet d'échanger ces données (issu du mot « stéréolithographie »), qui est un format ouvert.

Les données analogiques vont ainsi être transformées en données numériques.

Tous les actes réalisés au laboratoire pourront être reproduits sur le logiciel CAO.

### 4.3 L'unité de fabrication assistée par ordinateur (FAO /CAM)

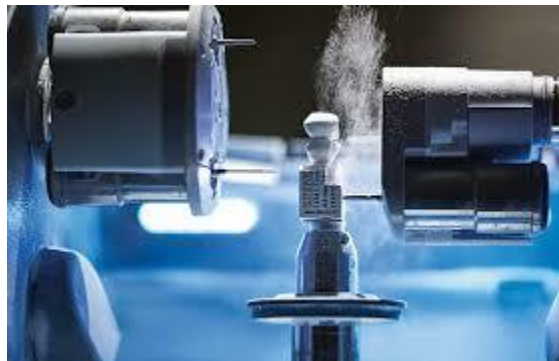
La FAO est un fichier contenant le programme de pilotage. Il va consister à commander les mouvements que devra exécuter la machine-outil à commande numérique pour créer l'élément prothétique.

Il existe deux méthodes différentes : la méthode soustractive (usinage) ou additive.

#### 4.3.1 L'usinage

Il consiste à utiliser un bloc de matériau qui va être taillé grâce à des fraises fixées sur des « bras » robotisés. Cette technique va permettre la soustraction du bloc de matériau.

Figure 15 : Usinage d'un bloc de céramique



Source : Casas., « Zirconne translucide & CFAO directe : une réponse pertinente pour de nombreuses situations cliniques »,2017

#### 4.3.2 La méthode additive

Le fichier FAO va donner les informations à l'imprimante sur les endroits où la matière doit être ajoutée.

Elle consiste à former des fines couches de matière successives pour la formation des éléments. De nombreux matériaux peuvent être utilisés.

C'est la méthode qui va être utilisée pour la formation d'orthèses d'avancée mandibulaire. Les modèles en résine des deux arcades vont pouvoir être créés de cette manière. Cette méthode va donner de meilleurs résultats que l'usinage pour la réalisation des modèles.

Figure 16 : Modèles en résine créés par méthode additive



Source : Formlabs®, « Resin dental model form 2 »,2017.

#### 4.4 L'imprimante Ultimaker 2+

C'est l'imprimante qui sera utilisée pour créer les modèles en résine lors de notre étude, par méthode additive.



Figure 17 : Imprimante 3D Ultimaker 2+.



Source : Ultimaker®, « Imprimante 3D », 2018

Cette imprimante est fabriquée au Pays Bas. Elle mesure 350\*350\* 205mm et a un poids de 12kg. Son prix moyen est de 2299 euros.

Elle possède le logiciel Cura qui permet de transformer un format STL en format Gcode imprimables.

Son volume d'impression est de 223\*223\*205mm. Elle utilise la technologie FFF (fused filament fabrication) à l'aide de filaments de diamètre 2,85mm d'acide polylactique (PLA) à une température de 210°C. La résolution est de 20 microns avec une vitesse d'extrusion de 300mm/s.

## 5. Protocole clinique

---

Le protocole clinique mis en place va permettre de comparer la réalisation d'orthèses occlusales d'avancée mandibulaire de manière conventionnelle (alginate), avec le procédé numérique. Trois caméras numériques vont être comparées, les caméras CEREC Omnicam, ITERO Element, et TRIOS 3. Les orthèses occlusales qui vont ainsi être comparées seront toutes deux confectionnées par le laboratoire TALI.

### 5.1 Méthode conventionnelle

#### 1<sup>ère</sup> étape :

Rendez-vous chez le pneumologue pour un examen polysomnographique pour diagnostiquer son SAOS, et réalisation d'une entente préalable.

#### 2<sup>ème</sup> étape :

Rendez-vous chez le chirurgien-dentiste pour la réalisation du devis et de l'entretien clinique et de l'examen clinique pour enlever toutes contre-indications à la réalisation de l'orthèse.

La demande d'entente préalable est envoyée à la CPAM du patient. Une absence de réponse sous 15 jours vaut acceptation.

#### 3<sup>ème</sup> étape : Réalisation des empreintes au fauteuil

Réalisation de la fiche d'examen clinique avec les mesures demandées par le laboratoire (propulsion maximale active, ouverture maximale ...)

Essai des porte-empreintes

Réalisation du mordus occlusal

Réalisation des empreintes maxillaire et mandibulaire à l'alginate

(Coulée des modèles en plâtre)

#### 4<sup>ème</sup> étape :

Envoi des empreintes ou des modèles en plâtre au laboratoire TALI avec une copie de l'entente préalable, un chèque à l'ordre du laboratoire, et la fiche clinique (mesure de la propulsion maximale active, schéma dentaire...)

#### 5<sup>ème</sup> étape :

Réalisation de l'orthèse occlusale d'avancée mandibulaire par le laboratoire TAL

#### 6<sup>ème</sup> étape :

Livraison de l'orthèse avec la facture et la feuille de soin à remettre au patient pour qu'il puisse être remboursé.

Essai de l'orthèse

Réglages de l'orthèse : vérification et réglage de l'occlusion à l'aide du papier à articulé (au moins 3 contacts occlusaux sont nécessaires), fraisage de l'intrados si le patient ressent une tension au niveau des dents, ...

Réglage de l'avancée mandibulaire à l'aide des barrettes correspondant à au moins 80 % de la propulsion mandibulaire active (PMA).

Règlements des honoraires par le patient

#### 7<sup>ème</sup> étape :

Plusieurs séances d'adaptation (environ 3 ou 4 sur une période de 1 à 3 mois) jusqu'à disparition des signes subjectifs ressentis par le patient.

Nouveaux enregistrements polysomnographiques chez le pneumologue pour vérifier la diminution du nombre d'apnées/hypopnées.

## **5.2 Méthode numérique**

Les deux premières étapes sont identiques à celles de la méthode conventionnelle

#### 3<sup>ème</sup> étape :

Empreinte optique : elle se réalise à 4 mains avec l'utilisation d'un écarteur dentaire et le séchage ou non des zones à enregistrer.

#### 4<sup>ème</sup> étape :

CEREC : Envoi des données soit par la plateforme Sirona Connect si le laboratoire la possède, ou envoi du fichier après transformation en STL via un logiciel Inlab.

Dans notre cas, le fichier en format RST était récupéré sur clé USB puis envoyé au laboratoire de la faculté dentaire de Montrouge qui possède le logiciel Inlab. Puis récupération du fichier STL qui sera envoyé directement au laboratoire TALI.

ITERO, TRIOS 3 : Envoi des données en format STL

Envoi d'une copie de l'entente préalable, un chèque à l'ordre du laboratoire, et la fiche clinique (mesure de la propulsion maximale active, schéma dentaire...)

#### 5<sup>ème</sup> étape :

Réalisation des modèles en résine PLA par méthode additive à l'aide de l'imprimante 3D Ultimaker 2+.

Empreintes à l'alginate sur les modèles en résine

Réalisation de modèles en plâtre identiques aux modèles en résine.

Réalisation des orthèses avec la méthode conventionnelle sur ces modèles en plâtre.

#### 6<sup>ème</sup> étape (identique à la méthode conventionnelle) :

Livraison de l'orthèse avec la facture et la feuille de soin à remettre au patient pour qu'il puisse être remboursé.

Essai de l'orthèse

Réglages de l'orthèse : vérification et réglage de l'occlusion à l'aide de papier articulé (au moins 3 contacts occlusaux sont nécessaires), fraisage de l'intrados si le patient ressent une tension au niveau des dents, ...

Réglage de l'avancée mandibulaire à l'aide des barrettes correspondant à au moins 80 % de la propulsion mandibulaire active (PMA).

Règlements des honoraires par le patient

#### 7<sup>ème</sup> étape (identique à la méthode conventionnelle) :

Plusieurs séances d'adaptation (environ 3 ou 4 sur une période de 1 à 3 mois) jusqu'à disparition des signes subjectifs ressentis par le patient.

Nouveaux enregistrements polysomnographiques chez le pneumologue pour vérifier la diminution du nombre d'apnées/hypopnées.

### 5.3 Scanner d'empreintes NOBEL PROCERA

Une comparaison de ces différentes orthèses va donc être réalisée.

L'orthèse fabriquée par méthode traditionnelle va être comparée aux orthèses fabriquées par méthode CFAO. Cette orthèse sera l'orthèse témoin et validée par le patient en bouche.

Pour cela, les modèles sortis par méthode conventionnelle et par méthode numérique vont être scannés grâce à un scanner d'empreinte NOBEL PROCERA qui a une précision de 5 microns. Ils seront ensuite comparés grâce au logiciel 3 Shape 3D. Les modèles pourront donc être superposés pour comparer la distance entre les points.

En effet, la comparaison se fera avec les modèles et non avec les orthèses en elle-même, le scanner d'empreinte n'étant pas assez précis et ne pouvant pas enregistrer l'intrados et l'extrados en même temps.

Figure 18 : Scanner d'empreinte Nobel Procera



Source : Nobel®, « NobelProcera dental CAD/CAM system »,2016

## 6: CFAO: choix pertinent?

---

### 6.1 Avantages et inconvénients

#### 6.1.1 Taux de survie/ esthétique

L’empreinte optique reste stable et ne pourra subir de déformations et d’altérations. Elle est enregistrée dans les logiciels de stockage Cloud. Le stockage des empreintes numériques est illimité dans le temps.

Contrairement aux empreintes à l’alginate qui peuvent être perdues lors des transports ou au laboratoire, et au stockage des modèles en plâtre qui est volumineux.

#### 6.1.2 Gestion du temps

Le dentiste n’aura plus à :

- Trouver la bonne taille de porte empreinte
- Réaliser un mélange homogène de l’alginate
- Recommencer l’empreinte si réflexes nauséux, bulles, tirages, manques de matériau
- Désinfecter les empreintes
- Emballer, (couler) et envoyer l’empreinte

Le prothésiste n’aura plus à envoyer un coursier.

La transmission avec le laboratoire est plus rapide et la communication plus aisée via les plateformes. Les arcades du patient vont apparaître directement sur l’écran, on va pouvoir mettre en évidence la qualité des modèles. Les vérifications/modifications pourront être réalisées directement au fauteuil. Le degré de précision en sera donc meilleur.

Cependant, lors de l’étape prothétique le prothésiste mettra 30 à 45min de plus pour réaliser les orthèses par méthode numérique. En effet, l’imprimante 3D va créer un modèle en résine, puis le prothésiste va faire une empreinte à l’alginate sur ces derniers pour créer des modèles en plâtre. La

résine des modèles étant thermoformable et engendrant des déformations, les orthèses seront créées sur des modèles en plâtre. En effet, pour créer les orthèses, est utilisé le procédé de thermoformage. Il consiste à chauffer des films ou des plaques ayant pour propriétés de se former à chaud, sans perdre de leurs qualités physiques, une fois refroidis. Sont thermoformables des polymères capables de s'étirer, sans se déchirer sous l'effet conjugué de la chaleur et d'une contrainte positive ou négative<sup>63</sup>.

### **6.1.3 Relation patient/ praticien**

- On a une facilité d'utilisation<sup>64</sup>
- Rapide et confortable
- Une hygiène maximale
- Pas de réflexe nauséux
- Pas de matériau en bouche, pas de perte empreinte
- Pas de goût désagréable de matériau
- Une diminution du nombre de rendez-vous grâce à des reprises moins nombreuses si perte de matériaux, problèmes de déformations, ...

### **6.1.4 Avantages pour le dentiste**

- Une rapidité de prise d'empreinte
- Pas de bulles d'air, de déformations, d'où une réduction des reprises d'empreintes
- Une occlusion améliorée
- Une empreinte numérique de haute précision
- Une absence de matériau d'empreinte
- Une amélioration de la précision et des résultats cliniques
- Une diminution des coûts liés aux matériaux et à l'expédition
- Une meilleure communication avec le laboratoire
- Du confort
- Une optimisation du flux d'informations entre le prothésiste, le patient et le dentiste

---

<sup>63</sup> Amoric, *Gouttières thermoformées orthopédiques et orthodontiques*.

<sup>64</sup> Burzynski et al., « Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions : time and patient satisfaction ».

- Une visualisation en temps réel, en 3D et en couleur de l’empreinte
- Une possibilité de retouches si défaut visible à l’écran

### 6.1.5 Limites

- Une ouverture buccale insuffisante pour faire passer la caméra
- Des zones difficiles d’accès
- La précision et la fidélité des empreintes diminuent pour les arcades complètes

### 6.1.6 Tableau récapitulatif des avantages et des inconvénients de chaque méthode.

Tableau 2 : Avantage et inconvénients de la prise d’empreinte avec l’alginate et les caméras optiques CEREC, ITERO et TRIOS 3.

	<u>Alginate</u>	<u>ITERO</u>	<u>Trios 3</u>	<u>CEREC</u>
<u>Empreintes arcades complètes</u>	OUI	OUI	OUI	NON
<u>Portes empreintes</u>	OUI	NON	NON	NON
<u>Risque de réflexes nauséeux</u>	OUI	NON	NON	NON
<u>Risque de bulles, tirages...</u>	OUI	NON	NON	NON
<u>Désinfection des empreintes</u>	OUI	NON	NON	NON
<u>Coursier pour le retrait de l’empreinte</u>	OUI	NON	NON	NON
<u>Étapes au laboratoire</u>	Modèles en plâtre +réalisaion de l’orthèse	Modèles en résine+empreinte alginate+modèles en plâtre+ réalisation de l’orthèse	Modèles en résine+empreinte alginate+modèles en plâtre+ réalisation de l’orthèse	_____
<u>Durée au fauteuil</u>	15min	2 min	3-4min	_____



<u>(Taille du porte empreinte, empreinte, mordu, désinfection...)</u>				
<u>Durée au laboratoire de prothèse</u>	Environ 30min	Environ une heure	Environ une heure	_____
<u>Coût de réalisation au laboratoire</u>	Environ 100 euros	Environ 120 euros (+coût de la machine, du logiciel...)	Environ 120 euros (+coût de la machine, du logiciel...)	_____

Source : Auteur, 2018

## 7: Cas cliniques

---

### 7.1 Monsieur H.D

28 ans

Bonne santé générale

Classe I d'Angle

Aucun problème d'apnée du sommeil

Patient test pour vérifier la possible mise en œuvre de cette étude comparative.

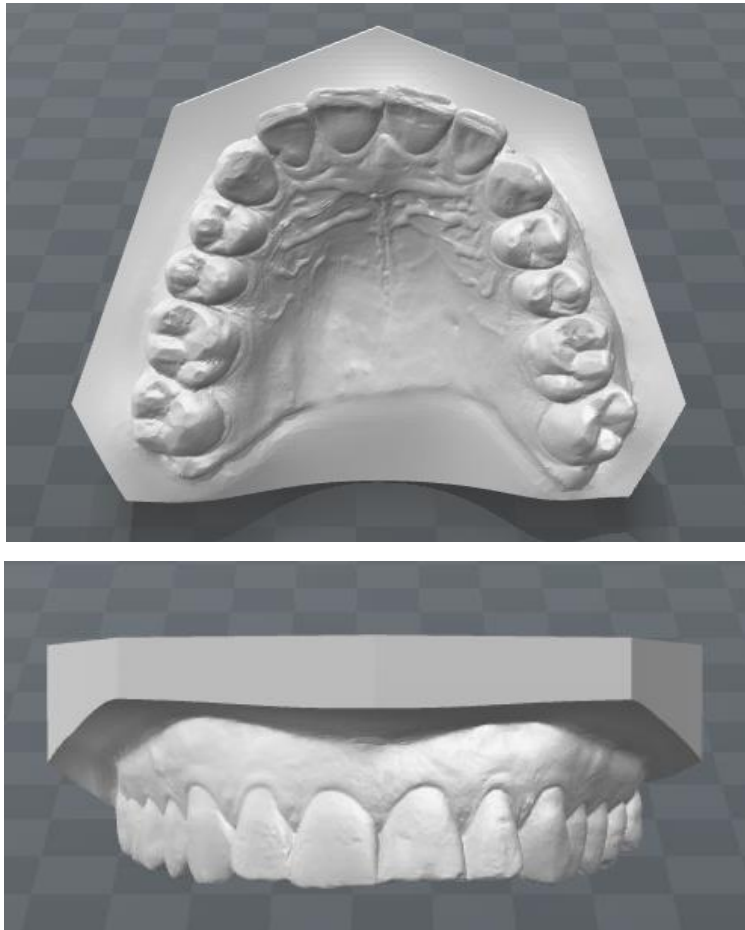
Figure 19 : Vue exobuccale de Monsieur H.D



Source : Conçu., 2018

### 7.1.1 Modèles numériques maxillaire après empreinte optique

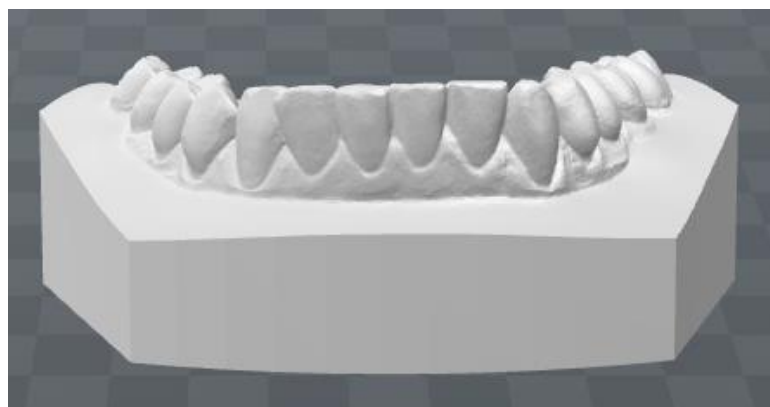
Figure 20 : Modèles numériques maxillaires après empreinte optique



Source : Lepicq , laboratoire de prothèse, 2017

### 7.1.2 Modèles numériques mandibulaires après empreinte optique

Figure 21 : Modèles numériques mandibulaires après empreinte optique



Source : Lopicq , laboratoire de prothèse,2017

## 7.2 Monsieur D.L

18 ans

Taille : 183cm, poids : 55kg

Ouverture buccale : 5,4cm

Absence des dents 26 et 46

PMA=10mm

Classe III d'Angle

22/11/2012 : Polysomnographie nocturne

Antécédents : épiglottite avec replis ary-épiglottiques très serrés

Ronflements : oui

Nombre d'apnées/hypopnées par heure de sommeil (IAH) : 73/heure

Index de désaturations : 77/heure

Traitement par Pression Positive Continue

17/06/2013 : Polysomnographie nocturne enregistrée sur une période de 7h53min.

Epiglotte opérée en mars 2013

Arrêt du traitement par Pression Positive Continue car le patient se sent mieux

Nombre d'apnées/hypopnées par heure de sommeil (IAH) : 15/heure

Index de désaturations : 10/heure

Nombre de micro éveils : 29/heure

Ronflements : 615/heure représentant 258min du temps total d'enregistrement

Le patient a eu une spectaculaire amélioration des évènements respiratoires après l'intervention de l'épiglotte. La persistance de ronflements et de troubles respiratoires obstructifs ont permis d'envisager la mise en place d'une orthèse d'avancée mandibulaire.

Propulsion demandée pour l'orthèse=8mm

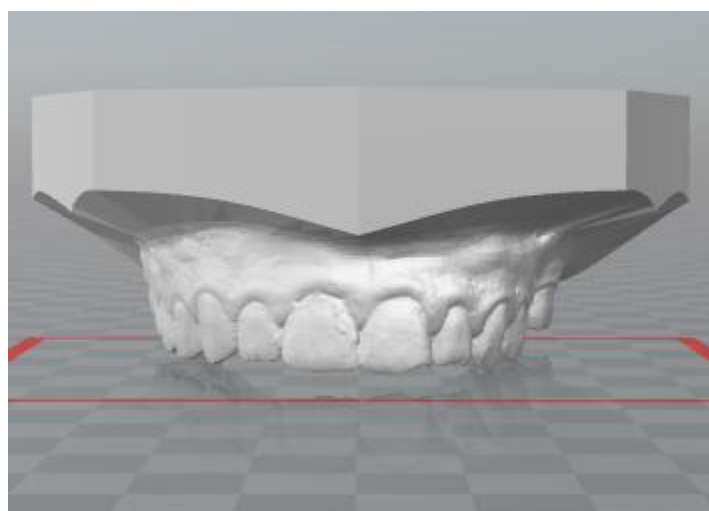
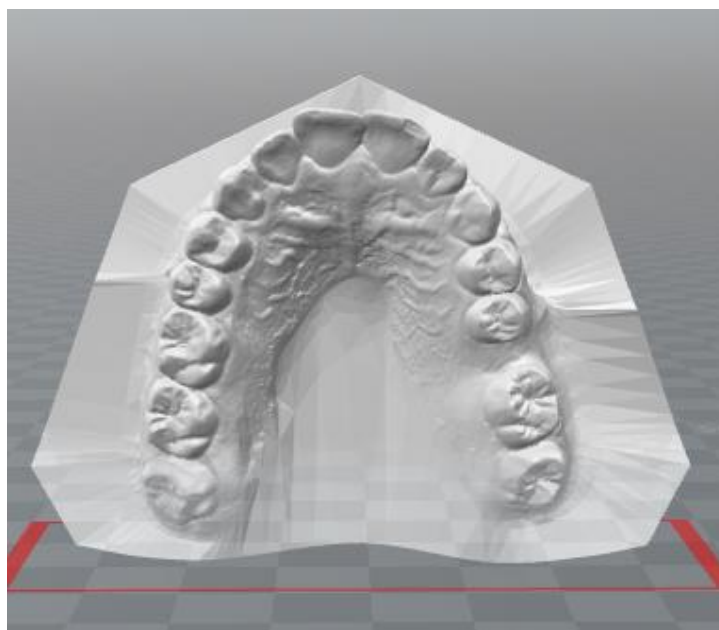
Figure 22 : Vue exobuccale de Monsieur D.L



Source : Auteur., 2018

### 7.2.1 Modèles numériques maxillaires après empreintes optiques.

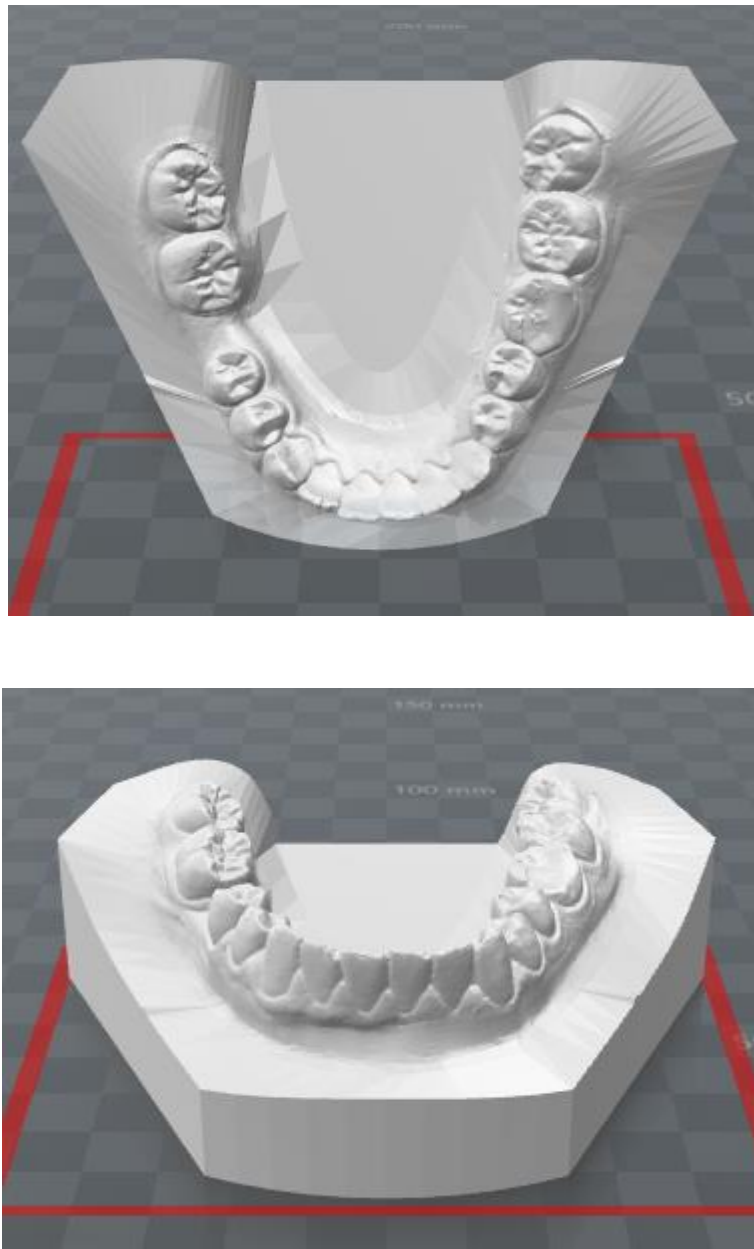
Figure 23 : Modèles numériques maxillaires après empreintes optiques



Source : Lopicq , laboratoire de prothèse,2017

### 7.2.3 Modèles numériques mandibulaires après empreinte optique

Figure 24 : Modèles numériques mandibulaires après empreinte optique



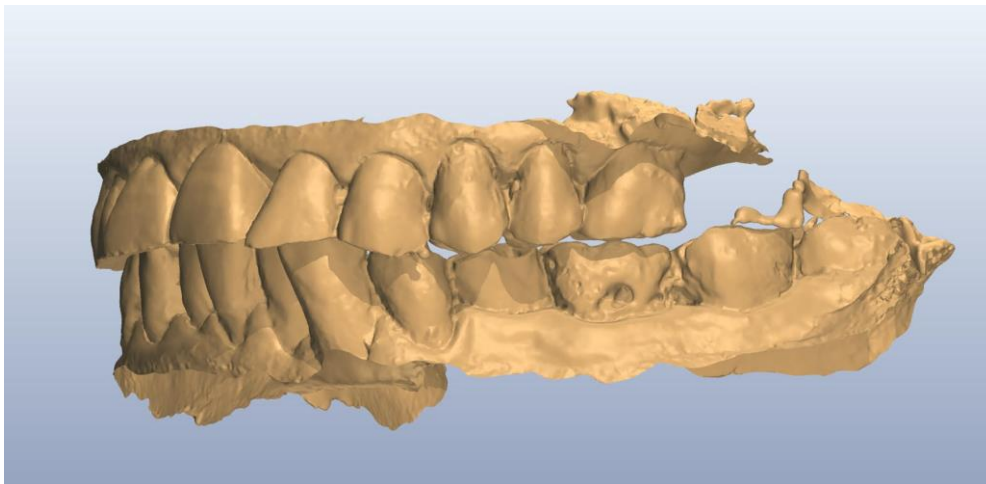
Source : Lopicq, laboratoire de prothèse, 2017



CEREC : Il y a une difficulté dans la prise d’empreinte d’arcades complètes. De nombreuses zones n’ont pas été enregistrées. Il y a nécessité de sécher les zones à enregistrer, ce qui demande une difficulté supplémentaire. Les zones ont dû être repassées plusieurs fois, malheureusement sans résultat concluant. Nous avons donc abandonné cette technique.

De plus Le système CEREC est fermé, il y a donc nécessité d’avoir toute la chaîne CFAO chez SIRONA ou se procurer le logiciel INLAB.

Figure 25 : Empreinte numérique d’arcades complètes réalisées avec la caméra optique OMNICAM de SIRONA



Source : Conçu, 2017

L’empreinte optique manque de détails, nous allons donc nous concentrer sur la comparaison des modèles numériques ITERO et TRIOS 3, et des modèles par méthode conventionnelle.

ITERO et TRIOS : Facilité dans la réalisation des empreintes numériques.

### 7.3 Comparaison des orthèses réalisées par les caméras optiques ITERO, TRIOS et par méthode conventionnelle pour le patient Monsieur H.D.

#### 7.3.1 Modèles en plâtre et résine

Figure 26 : Modèles en plâtre du patient H.D



Source : Lepicq, laboratoire de prothèse, 2017

Figure 27 : Modèles en résine TRIOS 3 du patient H.D



Source : Lopicq, laboratoire de prothèse, 2017

Figure 28 : Modèles en résine ITERO du patient H.D



Source : Lopicq., laboratoire de prothèse,2017

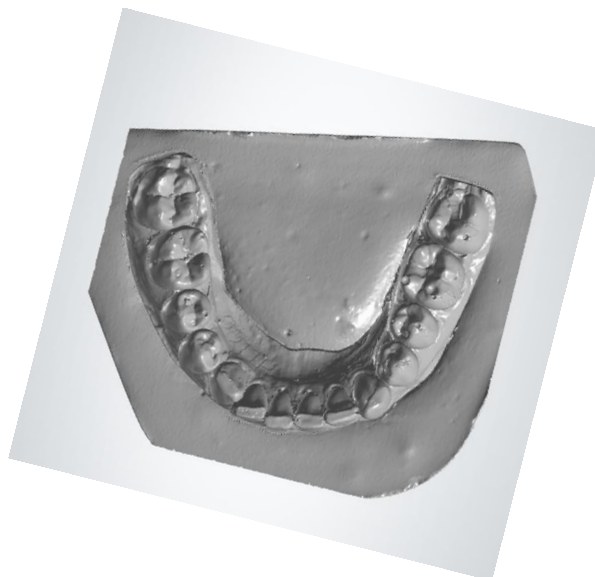
## 7.4 Utilisation du scanner d'empreinte NOBEL PROCERA

Figure 29 : Modèle maxillaire en plâtre du patient H.D après scannage



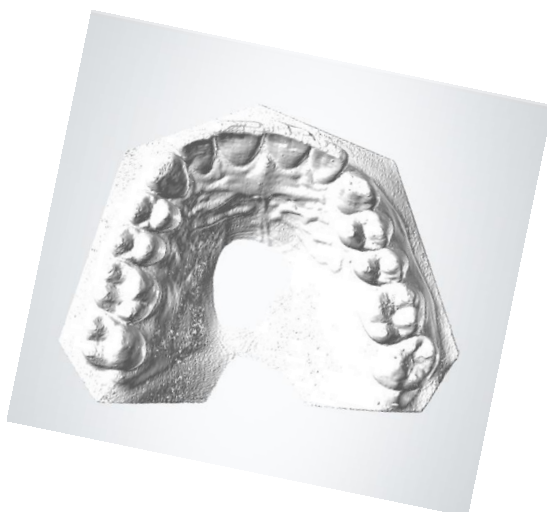
Source : Barret, laboratoire de prothèse, 2018

Figure 30 : Modèle mandibulaire en plâtre du patient H.D après scannage



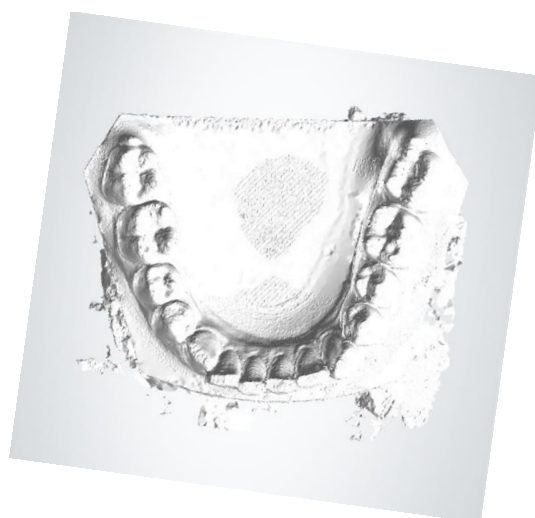
Source : Barret, laboratoire de prothèse, 2018

Figure 31 : Modèle maxillaire TRIOS 3 du patient H.D. après scannage



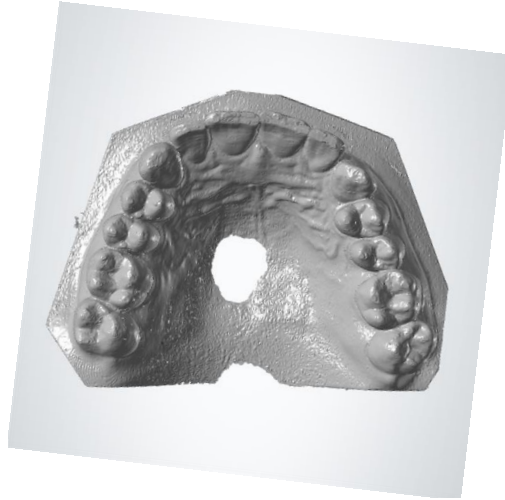
Source : Barret., laboratoire de prothèse,2018

Figure 32 : Modèle mandibulaire TRIOS 3 du patient H.D. après scannage



Source : Barret, laboratoire de prothèse,2018

Figure 33 : Modèle maxillaire ITERO du patient H.D après scannage



Source : Barret., laboratoire de prothèse, 2018

Figure 34 : Modèle mandibulaire ITERO du patient H.D. après scannage



Source : Barret., laboratoire de prothèse, 2018

## 7.5 Comparaison des modèles numériques après scannage avec le logiciel 3 SHAPE 3D.

Le logiciel 3 SHAPE 3D<sup>65</sup> va permettre de comparer les scans des modèles en résine et du modèle en plâtre obtenus avec le scanner d'empreintes NOBEL PROCERA. Ces derniers vont être comparés au moyen d'une analyse de surface tridimensionnelle par cartographie des couleurs. L'enregistrement a impliqué la sélection de trois points correspondants sur chacun des scans pour les superposer. Les écarts moyens entre les scans en tous les points des surfaces ont ensuite été comparés.

Echelle des couleurs pour mettre en évidence les distances en mm entre les mêmes points des différents modèles :

Bleu:0,01mm

Turquoise:0,02mm

Vert clair :0,04mm

Vert foncé: 0,05mm

Jaune:0,06mm

Orange : 0,08mm

Rose : 0,09mm

Rouge :0,10mm

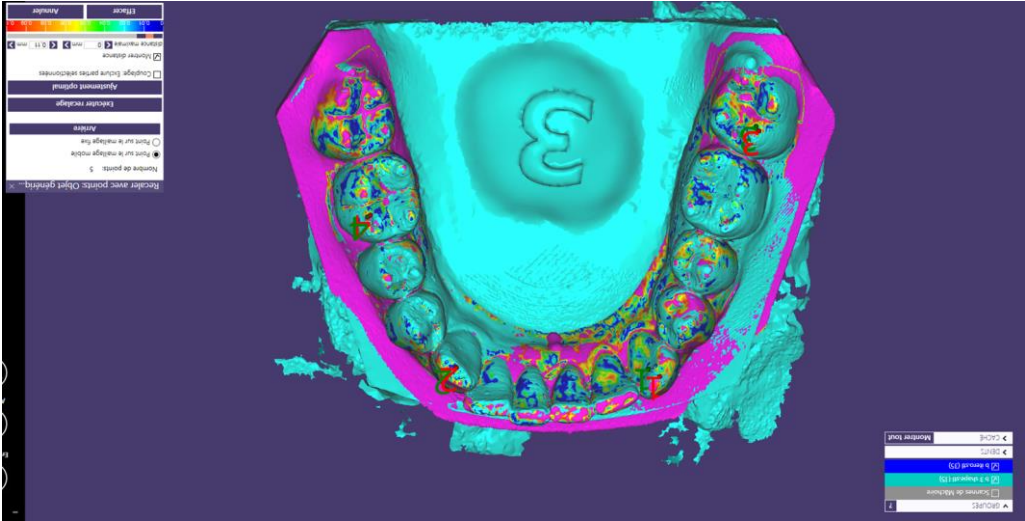
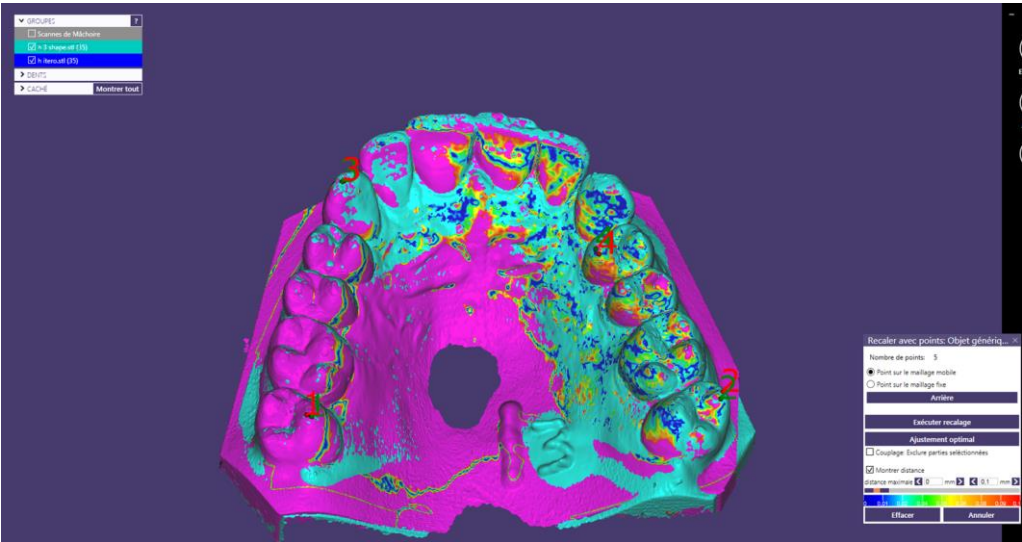
---

<sup>65</sup> Lee, « Comparison of two intraoral scanners based on three-dimensional surface analysis ».



7.5.1 Comparaison TRIOS -ITERO

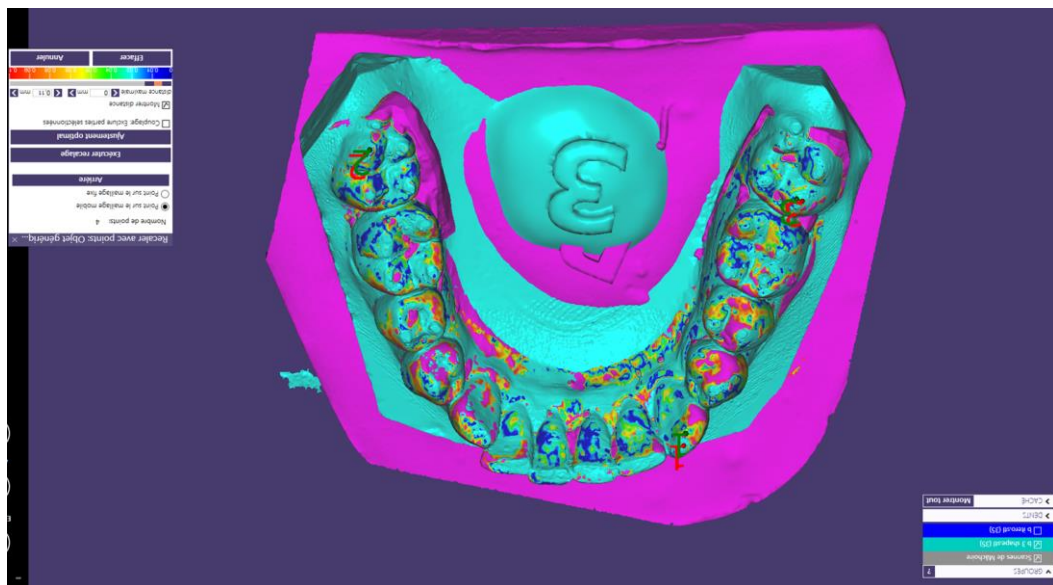
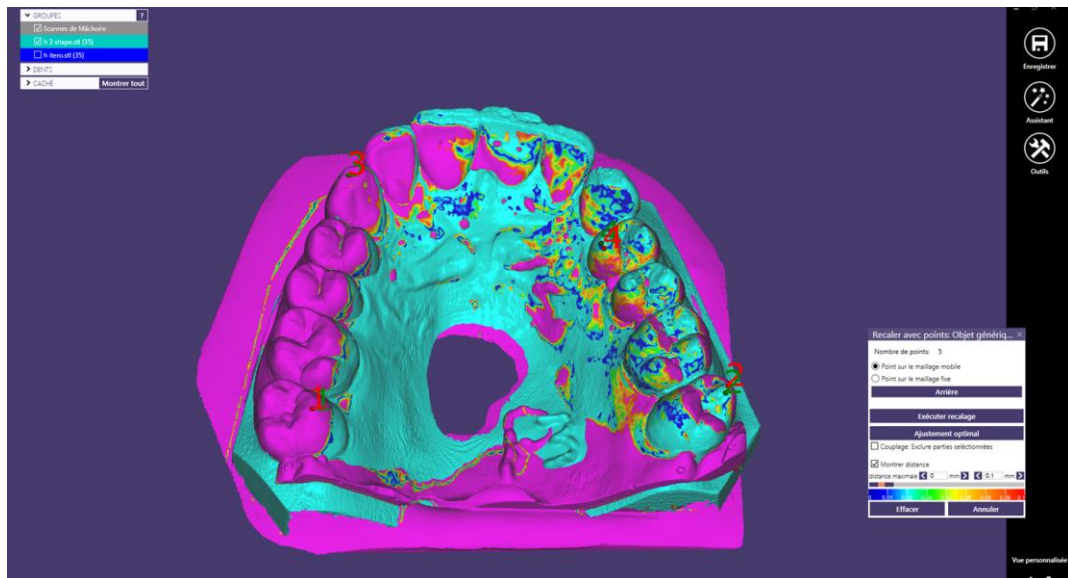
Figure 35 : Comparaison des modèles numériques Trios et Itero du patient H.D. après scannage avec 3shape 3D



Source : Barret., laboratoire de prothèse, 2018

## 7.5.2 Comparaison TRIOS-plâtre

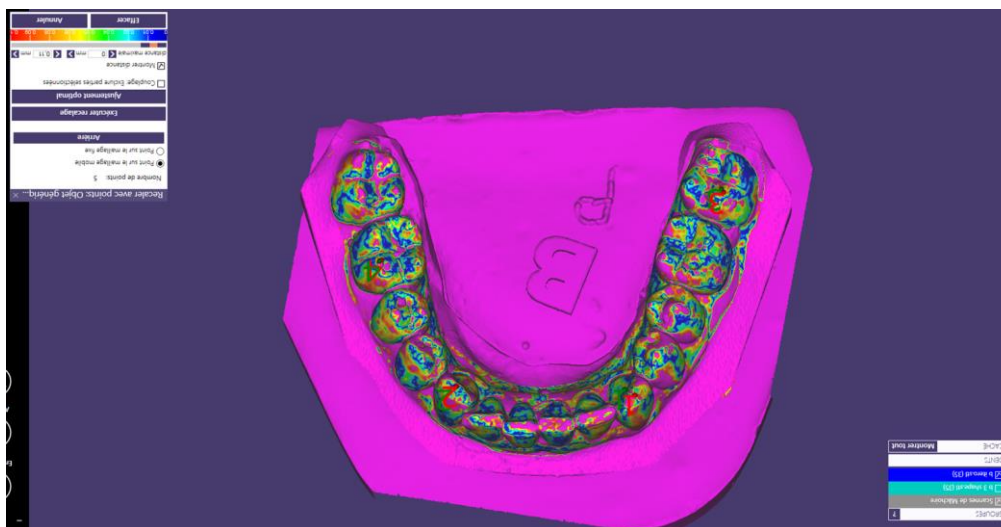
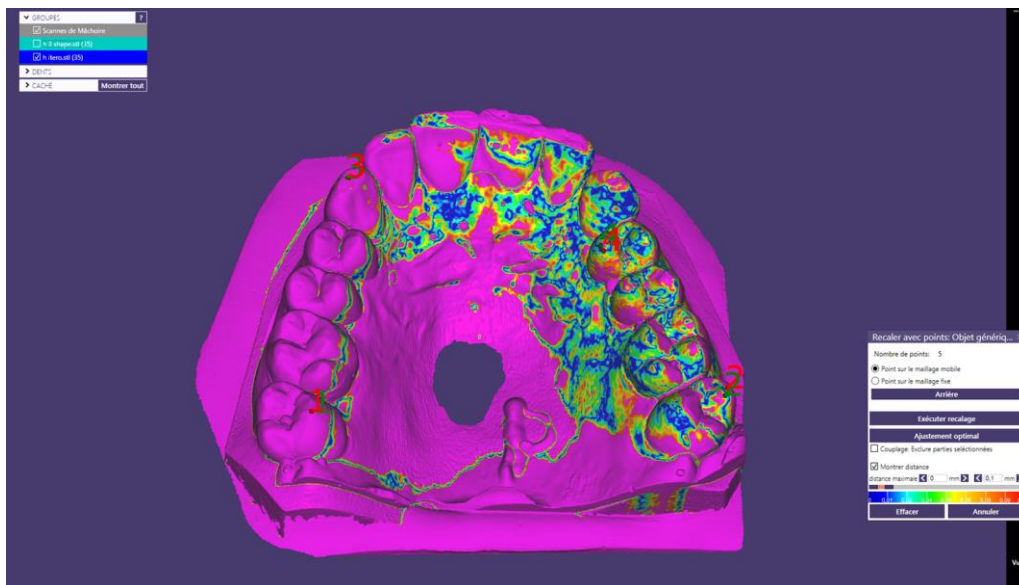
Figure 36 : Comparaison des modèles numériques en plâtre et Trios du patient H.D. après scannage avec 3shape 3D



Source : Barret., laboratoire de prothèse, 2018

### 7.5.3 Comparaison ITERO-plâtre

Figure 37 : Comparaison des modèles numériques en plâtre et Itero du patient H.D. après scannage avec 3shape 3D



Source : Barret, laboratoire de prothèse, 2018

## Discussion

---

Tout comme le passage au « zéro papier » dans les services administratifs, l'évolution vers le tout numérique en odontologie est inéluctable. L'objet de notre travail était d'évaluer l'intérêt d'une empreinte optique versus une empreinte conventionnelle en comparant la qualité des modèles en résine sortis par CFAO et du modèle en plâtre après une empreinte à l'alginat.

De nombreux chercheurs ont suggéré ce qu'ils considéraient être une différence cliniquement significative dans l'article de Lee, Kyung-Min<sup>66</sup>. D'après Hirogaki et al.<sup>67</sup>, la précision des modèles d'études devrait être d'environ 0,30 mm, tandis que Schirmer et Wiltshire<sup>68</sup> ont indiqué qu'une différence de mesure inférieure à 0,20 mm était cliniquement acceptable et pour Bell et al.<sup>69</sup>, une différence de mesure inférieure à 0,27 mm était cliniquement non significative.

La comparaison de l'exactitude (justesse et précision) des empreintes numériques de l'ensemble de l'arcade à celle des empreintes conventionnelles du modèle in vitro montre que l'impression numérique est similaire à celle de l'impression conventionnelle<sup>70</sup>.

Les compétences techniques de l'examineur en matière de balayage intra-oral peuvent également influencer sur la précision. Des conditions intra-buccales telles que la salive, la respiration, les mouvements de la langue et un espace buccal limité peuvent également contribuer à des erreurs de numérisation. Il existe peu de recherches sur la comparaison des scanners ITERO et TRIOS pour un scanner in vivo et complet.<sup>71</sup> Pour les sextants, la justesse et la précision sont plus élevées avec le scanner TRIOS qu'avec le scanner ITERO. Bien que Renne et al.<sup>72</sup> aient rapporté que la précision du balayage d'arcades complètes soit plus élevée dans ITERO que dans TRIOS ; en ce qui concerne le temps de balayage, TRIOS s'est avéré avoir le meilleur équilibre entre vitesse et précision. Bien qu'il n'y ait pas eu de différences statistiquement significatives entre les deux scanners dans leur étude, certains écarts peuvent survenir dans les zones postérieures, en particulier dans la mandibule.

---

<sup>66</sup> Lee.

<sup>67</sup> Hirogaki et al., « Complete 3-d reconstruction of dental cast shape using perceptual grouping ».

<sup>68</sup> Schirmer et Wiltshire, « Manual and computer-aided space analysis : a comparative study ».

<sup>69</sup> Bell, Ayoub, et Siebert, « Assessment of the accuracy of a three-dimensional imaging system for archiving dental study models ».

<sup>70</sup> Ender et Mehl, « Full arch scans ».

<sup>71</sup> Lee, « Comparison of two intraoral scanners based on three-dimensional surface analysis ».

<sup>72</sup> Renne et al., « Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners : an in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons ».

Les patients montrent une préférence accrue pour les empreintes numériques par rapport aux empreintes classiques à l'alginat. De plus, le temps requis pour obtenir une empreinte numérique est comparable à l'empreinte conventionnelle<sup>73</sup>.

A partir de notre étude préliminaire et la difficulté de mise en œuvre (rappels des patients, absence aux rendez-vous d'empreintes, perte des empreintes par le prothésiste, difficulté de rencontres avec les fournisseurs d'empreintes optiques...), le choix s'est porté sur l'étude d'un seul patient.

Les orthèses créées ont toutes été fabriquées finalement sur des modèles en plâtre, les gouttières étant rigides et thermoformables. Ce qui a engendré quelques biais, à cause de la multiplication des empreintes et modèles.

A ce jour, l'orthopédie dento faciale (ODF) arrive à pallier ce problème grâce à l'utilisation de matériaux plus performants en utilisant la technologie SLA (stéréolithographie) qui repose sur la photopolymérisation par un laser d'une résine liquide pour créer des modèles. Sur ces dernières seront directement fabriquées des gouttières par thermoformage sous vide. Par exemple, la société Invisalign utilise le matériau à haut niveau d'élasticité Smart Track. Cela sans passer par une étape supplémentaire de modèle en plâtre.

A cela s'ajoute aussi la création de prothèses amovibles complètes directement à l'aide de fraiseuses commandées par un logiciel de FAO. En effet, dans l'article de Han et al<sup>74</sup>, les prothèses amovibles vont être fabriquées avec des plaques de résine acrylique. Néanmoins, les prothèses complètes présentent des défauts locaux, des écarts entre certaines dents et les bases. De plus, la précision de l'instrument d'usinage est affectée par l'usinage de longue durée, qui génère trop de chaleur.

Dans l'étude de Jagger and al<sup>75</sup>, l'objectif est de mesurer la précision de l'adaptation de la résine PMMA (polyméthacrylate de méthyl) thermoformée sur les modèles en plâtre. Pour cela, l'ajustement des feuilles de résine a été examiné en les remplaçant sur les modèles. L'espace entre les limites de la prothèse et le plâtre a été mesurée par un comparateur optique NIKON®. Le retrait de polymérisation peut entraîner des contraintes internes qui peuvent provoquer des imprécisions dimensionnelles. De plus, la différence de coefficient de dilatation thermique de la résine acrylique et du modèle en plâtre peut aggraver ce rétrécissement en provoquant une contrainte élastique interne dans la résine durcie. Cependant, les résultats de l'étude montrent que le PMMA peut produire des orthèses qui s'adaptent avec précision aux modèles avec un retrait linéaire inférieur à 1 %.

---

<sup>73</sup> Burzynski et al., « Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions : time and patient satisfaction ».

<sup>74</sup> Han et al., « Design and fabrication of complete dentures using cad/cam technology ».

<sup>75</sup> Jagger et al., « Accuracy of adaptation of thermoformed poly (methyl methacrylate) ».

Ces résultats devront être confirmés par d'autres études à plus grande échelle et pourquoi pas par la comparaison des orthèses en elles-mêmes grâce à un scanner d'empreintes plus performant.

## Conclusion

---

Depuis 1970, la CFAO ne cesse de progresser et devient un outil de plus en plus utilisé par les dentistes et les prothésistes.<sup>76</sup> La CFAO permet ainsi de supprimer le facteur humain et des étapes intermédiaires (désinfection des empreintes, coulée des modèles, envoi par un coursier...). Dans de nombreuses situations, elle permettrait de diminuer le temps clinique, de gagner en précision et d'augmenter le confort du patient.

Pourtant son utilisation peut porter à débat quand il s'agit d'empreintes de grande étendue et la réalisation d'orthèses. En effet, la précision des orthèses après méthode conventionnelle et numérique est très similaire. Mais les matériaux ne sont pas encore à la pointe de la technologie pour créer des orthèses directement sur les modèles en résine (thermoformage). Lors de la création d'orthèses par CFAO, on constate une augmentation du temps et du coût de fabrication. La CFAO reste donc utile pour les situations complexes utilisant des matériaux de haute performance. Son évolution constante pourra par la suite pallier ces problèmes<sup>77</sup>.

Avec le développement continu de la technologie d'empreinte numérique, nous verrons probablement l'élimination de la prise d'empreinte conventionnelle dans un proche avenir<sup>78</sup>. Et par la suite, la conception des orthèses directement à partir de l'empreinte numérique fera sûrement partie de notre quotidien.

---

<sup>76</sup> Miyazaki et al., « A review of dental cad/cam : current status and future perspectives from 20 years of experience ».

<sup>77</sup> Han et al., « Design and fabrication of complete dentures using cad/cam technology ».

<sup>78</sup> Lee, « Comparison of two intraoral scanners based on three-dimensional surface analysis ».

## Bibliographie

---

- Alger, S. E., A. M. Chambers, T. Cunningham, et J. D. Payne. « The role of sleep in human declarative memory consolidation ». *Current topics in behavioral neurosciences* 25 (2015): 269-306. [https://doi.org/10.1007/7854\\_2014\\_341](https://doi.org/10.1007/7854_2014_341).
- Amoric, M. *Gouttières thermoformées orthopédiques et orthodontiques*. 3e éd. Paris : Editions SID-groupe EDP sciences, 2010.
- Bell, A., A. F. Ayoub, et P. Siebert. « Assessment of the accuracy of a three-dimensional imaging system for archiving dental study models ». *Journal of orthodontics* 30, n° 3 (2003): 219-23. <https://doi.org/10.1093/ortho/30.3.219>.
- Burzynski, J. A., A. R. Firestone, F. M. Beck, H. W. Fields, et T. Deguchi. « Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions : time and patient satisfaction ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 153, n° 4 (2018): 534-41. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.08.017>.
- Chen, H., G. Aarab, M. H. T. de Ruyter, J. de Lange, F. Lobbezoo, et P. F. van der Stelt. « Three-dimensional imaging of the upper airway anatomy in obstructive sleep apnea : a systematic review ». *Sleep medicine* 21 (2016): 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.01.022>.
- Colten, H. R., B. M. Altevogt, et Institute of Medicine (US) Committee on Sleep Medicine and Research. « Sleep physiology ». In *Sleep disorders and sleep deprivation: an unmet public health problem.*, 33-54. Washington: National Academies Press, 2006. [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK19960/pdf/Bookshelf\\_NBK19960.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK19960/pdf/Bookshelf_NBK19960.pdf).
- Çörtük, M., K. Kiraz, A. Sönmezler, et S. Akyol. « Perioperative evaluation for the patients with obstructive sleep apnea syndrome ». *Tuberkuloz ve toraks* 63, n° 1 (2015): 53-59.
- Culebras, A. « Sleep apnea and stroke ». *Current neurology and neuroscience reports* 15, n° 1 (2015): 503. <https://doi.org/10.1007/s11910-014-0503-3>.
- Culpepper, L., et T. Roth. « Recognizing and managing obstructive sleep apnea in primary care ». *Primary care companion to the journal of clinical psychiatry* 11, n° 6 (2009): 330-38. <https://doi.org/10.4088/PCC.08m00725>.
- Davies, S. K., J. E. Ang, V. L. Revell, B. Holmes, Anuska Mann, F. P. Robertson, N. Cui, et al. « Effect of sleep deprivation on the human metabolome ». *Proceedings of the national academy of sciences of the united states of america* 111, n° 29 (2014): 10761-66. <https://doi.org/10.1073/pnas.1402663111>.
- Dong, Z., B. Y. Hong, A. M. Yu, J. Cathey, S. M. S. Islam, et C. Wang. « Weight loss surgery for obstructive sleep apnoea with obesity in adults : a systematic review and meta-analysis protocol ». *BMJ Open* 8, n° 8 (2018): e020876. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-020876>.
- Ender, A., et A. Mehl. « Full arch scans: conventional versus digital impressions--an in-vitro study ». *International journal of computerized dentistry* 14, n° 1 (2011): 11-21.
- Farney, R. J., B. S. Walker, R. M. Farney, G. L. Snow, et J. M. Walker. « The stop-bang equivalent model and prediction of severity of obstructive sleep apnea: relation to polysomnographic measurements of the apnea/hypopnea index ». *Journal of clinical sleep medicine* 7, n° 5 (2011): 459-65. <https://doi.org/10.5664/JCSM.1306>.
- Galeotti, A., P. Festa, V. Viarani, V. D'Antò, E. Sitzia, S. Piga, et M. Pavone. « Prevalence of malocclusion in children with obstructive sleep apnoea ». *Orthodontics & craniofacial research*, 2018. <https://doi.org/10.1111/ocr.12242>.



- Ganz, F. D. « Sleep and immune function ». *Critical care nurse* 32, n° 2 (2012): e19-25. <https://doi.org/10.4037/ccn2012689>.
- Gómez-González, B., G. Hurtado-Alvarado, E. Esqueda-León, R. Santana-Miranda, J. Á Rojas-Zamorano, et J. Velázquez-Moctezuma. « Rem sleep loss and recovery regulates blood-brain barrier function ». *Current neurovascular research* 10, n° 3 (2013): 197-207.
- Han, W., Y. Li, Y. Zhang, Y. Lv, Ying Zhang, P. Hu, H. Liu, Z. Ma, et Y. Shen. « Design and fabrication of complete dentures using cad/cam technology ». *Medicine* 96, n° 1 (2017): e5435. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000005435>.
- Hirogaki, Y., T. Sohamura, H. Satoh, J. Takahashi, et K. Takada. « Complete 3D reconstruction of dental cast shape using perceptual grouping ». *IEEE transactions on medical imaging* 20, n° 10 (2001): 1093-1101. <https://doi.org/10.1109/42.959306>.
- Isacsson, G., C. Fodor, et M. Sturebrand. « Obstructive sleep apnea treated with custom-made bibloc and monobloc oral appliances : a retrospective comparative study ». *Sleep & Breathing = Schlaf & Atmung* 21, n° 1 (2017): 93-100. <https://doi.org/10.1007/s11325-016-1377-1>.
- Jagger, R. G., P. J. Milward, D. C. Jagger, et R. W. Vowles. « Accuracy of adaptation of thermoformed poly(methyl methacrylate) ». *Journal of oral rehabilitation* 30, n° 4 (2003): 364-68.
- Jehan, S., A. K. Myers, F. Zizi, S. R. Pandi-Perumal, Girardin J. L., et S. I. McFarlane. « Obesity, obstructive sleep apnea and type 2 diabetes mellitus : epidemiology and pathophysiologic insights ». *Sleep medicine and disorders* 2, n° 3 (2018): 52-58.
- Kansui, Y., K. Matsumura, Y. Morinaga, M. Inoue, S. Sakata, E. Oishi, K. Goto, et al. « Impact of obstructive sleep apnea on long-term blood pressure variability in japanese men : a cross-sectional study of a work-site population ». *Hypertension research*, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41440-018-0096-3>.
- Kelly, S. E., et P. D. Waite. « The role of the general dentist in the management of obstructive sleep apnea, application of oral appliance therapy, and the indication for surgery ». *General dentistry* 61, n° 7 (2013): 30-37.
- Lee, K. M. « Comparison of two intraoral scanners based on three-dimensional surface analysis ». *Progress in orthodontics* 19, n° 1 (2018): 6. <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0205-5>.
- Macey, P. M., R. Kumar, M. A. Woo, E. M. Valladares, F. L. Yan-Go, et R. M. Harper. « Brain structural changes in obstructive sleep apnea ». *Sleep* 31, n° 7 (2008): 967-77.
- Macey, P. M., M. A. Woo, R. Kumar, R. L. Cross, et R. M. Harper. « Relationship between obstructive sleep apnea severity and sleep, depression and anxiety symptoms in newly-diagnosed patients ». *PLoS ONE* 5, n° 4 (2010). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010211>.
- Marty, M., O. Lacaze, C. D. Arreto, L. Pierrisnard, F. Bour, F. Chéliout-Héraud, et G. Simonneau. « Snoring and obstructive sleep apnea : objective efficacy and impact of a chairside fabricated mandibular advancement device ». *Journal of prosthodontics* 26, n° 5 (2017): 381-86. <https://doi.org/10.1111/jopr.12401>.
- McLaren, A. T., S. Bin-Hasan, et I. Narang. « Diagnosis, management and pathophysiology of central sleep apnea in children ». *Paediatric respiratory reviews*, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2018.07.005>.
- Miyazaki, T., Y. Hotta, J. Kunii, S. Kuriyama, et Y. Tamaki. « A review of dental cad/cam : current status and future perspectives from 20 years of experience ». *Dental materials journal* 28, n° 1 (2009): 44-56.
- Mondal, P., J. A Gjevre, R. M Taylor-Gjevre, et H. J Lim. « Relationship between the pittsburgh sleep quality index and the epworth sleepiness scale in a sleep laboratory referral population ». *Nature and Science of Sleep* 5 (2013): 15-21. <https://doi.org/10.2147/NSS.S40608>.

- Morris, I. R. « Functional anatomy of the upper airway ». *Emergency medicine clinics of north america* 6, n° 4 (1988): 639-69.
- Nemli, S. K., S. Wolfart, et S. Reich. « Inlab and cerec connect : virtual contacts in maximum intercuspation compared with original contacts--an in vitro study ». *International journal of computerized dentistry* 15, n° 1 (2012): 23-31.
- Nino, C. L., C. E. Rodriguez-Martinez, M. J. Gutierrez, R. Singareddi, et G. Nino. « Robust spectral analysis of thoraco-abdominal motion and oxymetry in obstructive sleep apnea ». *Conference proceedings : ... annual international conference of the ieee engineering in medicine and biology society. IEEE engineering in medicine and biology society. annual conference 2013* (2013): 2906-10. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6610148>.
- Norrhem, N., et M. Marklund. « An oral appliance with or without elastic bands to control mouth opening during sleep-a randomized pilot study ». *Sleep & breathing = schlaf & atmung* 20, n° 3 (2016): 929-38. <https://doi.org/10.1007/s11325-016-1312-5>.
- Pépin, J.L., N. Raymond, O. Lacaze, N. Aisenberg, J. Forcioli, E. Bonte, A. Bourdin, et al. « Effect of custom made vs thermoplastic heat-molded mandibular advancement devices (mads) for obstructive sleep apnea (osa): a randomized non-inferiority trial ». *B109. treatment options in sleep disordered breathing : adherence and health outcomes, 2018, A4405-A4405*. [https://doi.org/10.1164/ajrccm-conference.2018.197.1\\_MeetingAbstracts.A4405](https://doi.org/10.1164/ajrccm-conference.2018.197.1_MeetingAbstracts.A4405).
- Pillar, G., et P. Lavie. « Obstructive sleep apnea : diagnosis, risk factors, and pathophysiology ». *Handbook of clinical neurology* 98 (2011): 383-99. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52006-7.00025-3>.
- Renne, W., M. Ludlow, J. Fryml, Z. Schurch, A. Mennito, R. Kessler, et A. Lauer. « Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners : an in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons ». *Journal of prosthetic dentistry* 118, n° 1 (2017): 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.024>.
- Rosenzweig, I., S. C. R. Williams, et M. J. Morrell. « The impact of sleep and hypoxia on the brain : potential mechanisms for the effects of obstructive sleep apnea ». *Current opinion in pulmonary medicine* 20, n° 6 (2014): 565-71. <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000000099>.
- Schirmer, U. R., et W. A. Wiltshire. « Manual and computer-aided space analysis : a comparative study ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 112, n° 6 (1997): 676-80.
- Semelka, M., J. Wilson, et R. Floyd. « Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults ». *American family physician* 94, n° 5 (2016): 355-60.
- Sharma, S. K., V. M. Katoch, A. Mohan, T. Kadiravan, A. Elavarasi, R. Ragesh, N. Nischal, et al. « Consensus and evidence-based indian initiative on obstructive sleep apnea guidelines 2014 (first edition) ». *Lung india* 32, n° 4 (2015): 422-34. <https://doi.org/10.4103/0970-2113.159677>.
- Stradling, J., et R. Dookun. « The role of the dentist in sleep disorders ». *Dental update* 38, n° 2 (2011): 136; author reply 136.
- Sutherland, K., O. M. Vanderveken, H. Tsuda, M. Marklund, F. Gagnadoux, C. A. Kushida, et P. A. Cistulli. « Oral appliance treatment for obstructive sleep apnea : an update ». *Journal of clinical sleep medicine* 10, n° 2 (2014): 215-27. <https://doi.org/10.5664/jcsm.3460>.
- Tal, J. Z., S. A. Suh, C. L. Dowdle, et S. Nowakowski. « Treatment of insomnia, insomnia symptoms, and obstructive sleep apnea during and after menopause : therapeutic approaches ». *Current*

*psychiatry reviews* 11, n° 1 (2015): 63-83.  
<https://doi.org/10.2174/1573400510666140929194848>.

Whitaker, K. M., P. L. Lutsey, R. P. Ogilvie, J. S. Pankow, A. Bertoni, E. D. Michos, N. Punjabi, et S. Redline. « Associations between polysomnography and actigraphy-based sleep indices and glycemic control among those with and without type 2 diabetes : the multi-ethnic study of atherosclerosis ». *Sleep*, 2018. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsy172>.

## Table des figures

---

Figure 1 : Anatomie des voies aériennes supérieures. (1) Pharynx, (2) Epiglotte, (3) Larynx avec les cordes vocales, (4) Sphincter de l'œsophage.....	8
Figure 2 : Cycles du sommeil .....	9
Figure 3 : Schéma de l'apnée du sommeil.....	11
Figure 4 : la polygraphie .....	18
Figure 5 : Polysomnographie.....	19
Figure 6 : Dispositif de ventilation positive continue.....	24
Figure 7 : Avant et après port d'orthèse d'avancée mandibulaire .....	26
Figure 8 : Orthèse ONIRIS de port immédiat.....	27
Figure 9 : Orthèse TALI de port différé.....	28
Figure 10 : Orthèse Narval ORM de port différé .....	29
Figure 11 : Orthèse Somnomed de port différé .....	29
Figure 12 : Caméra optique omnicam CEREC Sirona.....	32
Figure 13 : Caméra optique ITERO .....	33
Figure 14 : Caméra optique Trios 3 de 3 Shape.....	34
Figure 15 : Usinage d'un bloc de céramique .....	37
Figure 16 : Modèles en résine créés par méthode additive.....	38
Figure 17 : Imprimante 3D Ultimaker 2+.....	39
Figure 18 : Scanner d'empreinte Nobel Procera .....	43
Figure 19 : Vue exobuccale de Monsieur H.D .....	48
Figure 20 : Modèles numériques maxillaires après empreinte optique .....	49
Figure 21 : Modèles numériques mandibulaires après empreinte optique .....	50
Figure 22 : Vue exobuccale de Monsieur D.L.....	52
Figure 23 : Modèles numériques maxillaires après empreintes optiques .....	53
Figure 24 : Modèles numériques mandibulaires après empreinte optiques.....	54
Figure 25 : Empreinte numérique d'arcades complètes réalisées avec la caméra optique OMNICAM de SIRONA .....	55
Figure 26 : Modèles en plâtre du patient H.D.....	56
Figure 27 : Modèles en résine TRIOS 3 du patient H.D .....	57
Figure 28 : Modèles en résine ITERO du patient H.D.....	58
Figure 29 : Modèle maxillaire en plâtre du patient H.D après scannage .....	59

Figure 30 : Modèle mandibulaire en plâtre du patient H.D après scannage .....	59
Figure 31 : Modèle maxillaire TRIOS 3 du patient H.D. après scannage .....	60
Figure 32 : Modèle mandibulaire TRIOS 3 du patient H.D. après scannage .....	60
Figure 33 : Modèle maxillaire ITERO du patient H.D après scannage .....	61
Figure 34 : Modèle mandibulaire ITERO du patient H.D. après scannage .....	61
Figure 35 : Comparaison des modèles numériques Trios et Itero du patient H.D. après scannage avec 3shape 3D.....	63
Figure 36 : Comparaison des modèles numériques en plâtre et Trios du patient H.D. après scannage avec 3shape 3D.....	64
Figure 37 : Comparaison des modèles numériques en plâtre et Itero du patient H.D. après scannage avec 3shape 3D.....	65

## Table des tableaux

---

Tableau 1 : Spécificités des caméras optiques Cerec omnicaam, Itero Element, Trios 3 .....	35
Tableau 2 : Avantage et inconvénients de la prise d’empreinte avec l’alginate et les caméras optiques CEREC, ITERO et TRIOS 3. ....	46

# Annexes

## Annexe 1 : Echelle de somnolence d'Epworth

### **Échelle de Somnolence d'Epworth**

Johns MW (Sleep 1991; 14:540-5) «A new method for measuring day time sleepiness : The Epworth Sleepiness Scale.Sleep».

**La somnolence est la propension plus ou moins irrésistible à s'endormir si l'on est pas stimulé.**

*(Nb. Ce sentiment est très distinct de la sensation de fatigue qui parfois oblige à se reposer).*

Le questionnaire suivant, qui sert à évaluer la somnolence subjective, est corrélé avec les résultats objectifs recueillis par les enregistrements du sommeil.

Prénom : .....	Nom : .....	Date de naissance:.....
Date du test : .....	Ronflement? ..... oui ..... Non.....	

**Vous arrive-t-il de somnoler ou de vous endormir (dans la journée) dans les situations suivantes :**

*Même si vous ne vous êtes pas trouvé récemment dans l'une de ces situations, essayez d'imaginer comment vous réagiriez et quelles seraient vos chances d'assoupissement.*

notez **0** : si *c'est exclu*. «Il ne m'arrive jamais de somnoler: **aucune** chance,  
notez **1** : si *ce n'est pas impossible*. «Il y a un petit risque»: **faible** chance,  
notez **2** : si *c'est probable*. «Il pourrait m'arriver de somnoler»: chance **moyenne**,  
notez **3** : si *c'est systématique*. «Je somnolerais à chaque fois»: **forte** chance.

- |  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| - Pendant que vous êtes occuper à lire un document .....   | 0 | 1 | 2 | 3 |
| - Devant la télévision ou au cinéma .....  | 0 | 1 | 2 | 3 |
| - Assis inactif dans un lieu public (salle d'attente, théâtre, cours, congrès ...)   | 0 | 1 | 2 | 3 |
| - Passager, depuis au moins une heure sans interruptions, d'une voiture ou d'un transport en commun (train, bus, avion, métro ...) | 0 | 1 | 2 | 3 |
| - Allongé pour une sieste, lorsque les circonstances le permettent .....   | 0 | 1 | 2 | 3 |
| - En position assise au cours d'une conversation (ou au téléphone) avec un proche.....   | 0 | 1 | 2 | 3 |
| - Tranquillement assis à table à la fin d'un repas sans alcool .....   | 0 | 1 | 2 | 3 |
| - Au volant d'une voiture immobilisée depuis quelques minutes dans un embouteillage .....  | 0 | 1 | 2 | 3 |

Total ( de 0 à 24) :

- **En dessous de 8: vous n'avez pas de dette de sommeil.**

- **De 9 à 14: vous avez un déficit de sommeil, revoyez vos habitudes.**

- **Si le total est supérieur à 15: vous présentez des signes de somnolence diurne excessive. Consultez votre médecin pour déterminer si vous êtes atteint d'un trouble du sommeil. Si non, pensez à changer vos habitudes.**

NB. Ce questionnaire aide à mesurer votre niveau général de somnolence, il n'établit pas un diagnostic. Apportez le à votre médecin pour discuter avec lui des causes et des conséquences de ce handicap dans votre vie.

Source : Johns, « Sleepiness in different situations seasured by the epworth sleepiness scale »,1994

## Calcul du score global au PSQI

Le **PSQI** comprend **19 questions d'auto-évaluation** et **5 questions posées au conjoint ou compagnon de chambre** (s'il en est un). Seules les questions d'auto-évaluation sont incluses dans le score. Les 19 questions d'auto-évaluation se combinent pour donner **7 "composantes" du score global**, chaque composante recevant un score de 0 à 3.

Dans tous les cas, un score de 0 indique qu'il n'y a aucune difficulté tandis qu'un score de 3 indique l'existence de difficultés sévères. Les 7 composantes du score s'additionnent pour donner un score global allant de **0 à 21 points**, 0 voulant dire qu'il n'y a **aucune difficulté**, et 21 indiquant au contraire des **difficultés majeures**.

### Composante 1 : Qualité subjective du sommeil

↳ Examinez la **question 6**, et attribuez un score :  
Très bonne = **0**    Assez bonne = **1**    Assez mauvaise = **2**    Très mauvaise = **3**

**Score de la composante 1 = .....**

### Composante 2 : Latence du sommeil

↳ Examinez la **question 2**, et attribuez un score :  
≤ 15 mn = **0**    16-30 mn = **1**    31-60 mn = **2**    > 60 mn = **3**

**Score de la question 2 = .....**

↳ Examinez la **question 5a**, et attribuez un score :  
Pas au cours du dernier mois = **0**    Moins d'1 fois par semaine = **1**    1 ou 2 fois par semaine = **2**    3 ou 4 fois par semaine = **3**

**Score de la question 5a = .....**

↳ Additionnez les scores des questions 2 et 5a, et attribuez le score de la composante 2 :

Somme de 0 = **0**    Somme de 1-2 = **1**    Somme de 3-4 = **2**    Somme de 5-6 = **3**

**Score de la composante 2 = .....**

### Composante 3 : Durée du sommeil

↳ Examinez la **question 4**, et attribuez un score :  
> 7 h = **0**    6-7 h = **1**    5-6 h = **2**    < 5 h = **3**

**Score de la composante 3 = .....**



#### **Composante 4 : Efficacité habituelle du sommeil**

- ↳ Indiquez le nombre d'heures de sommeil (**question 4**) : .....
  - ↳ Calculez le nombre d'heures passées au lit :
    - Heure du lever (**question 3**) : .....
    - Heure du coucher (**question 1**) : .....
    - Nombre d'heures passées au lit : .....
  - ↳ Calculez l'efficacité du sommeil : (Nb heures sommeil/Nb heures au lit) x 100 =  
Efficacité habituelle (en %) ⇒ (...../.....) x 100 = ..... %
  - ↳ Attribuez le score de la composante 4 :
    - > 85% = 0    75-84% = 1    65-74% = 2    < 65% = 3
- Score de la composante 4 = .....**

#### **Composante 5 : Troubles du sommeil**

- ↳ Examinez les **questions 5b à 5j**, et attribuez des scores à chaque question :

Pas au cours	Moins d'1 fois	1 ou 2 fois	3 ou 4 fois
du dernier mois = 0	par semaine = 1	par semaine = 2	par semaine = 3
  - Score de la question 5b = ..... 5c = ..... 5d = ..... 5e = ..... 5f = .....  
5g = ..... 5h = ..... 5i = ..... 5j = .....**
  - ↳ Additionnez les scores des questions 5b à 5j, et attribuez le score de la composante 5 :  
Somme de 0 = 0    Somme de 1-9 = 1    Somme de 10-18 = 2    Somme de 19-27 = 3
- Score de la composante 5 = .....**

#### **Composante 6 : Utilisation d'un médicament du sommeil**

- ↳ Examinez la **question 7**, et attribuez un score :

Pas au cours	Moins d'1 fois	1 ou 2 fois	3 ou 4 fois
du dernier mois = 0	par semaine = 1	par semaine = 2	par semaine = 3
- Score de la composante 6 = .....**

**Composante 7 : Mauvaise forme durant la journée**

↳ Examinez la **question 8**, et attribuez un score :

Pas au cours du dernier mois = <b>0</b>	Moins d'1 fois par semaine = <b>1</b>	1 ou 2 fois par semaine = <b>2</b>	3 ou 4 fois par semaine = <b>3</b>
--	--	---------------------------------------	---------------------------------------

**Score de la question 8 = .....**

↳ Examinez la **question 9**, et attribuez un score :

Pas du tout un problème = <b>0</b>	Seulement un tout petit problème = <b>1</b>	Un certain problème = <b>2</b>	Un très gros problème = <b>3</b>
---------------------------------------	--	-----------------------------------	-------------------------------------

**Score de la question 9 = .....**

↳ Additionnez les scores des questions 8 et 9, et attribuez le score de la composante 7 :

Somme de 0 = <b>0</b>	Somme de 1-2 = <b>1</b>	Somme de 3-4 = <b>2</b>	Somme de 5-6 = <b>3</b>
-----------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

**Score de la composante 7 = .....**

**Score global au PSQI**

↳ Additionnez les scores des 7 composantes : .....

Source : Elbaz, examen

Vu, le Directeur de thèse

Vu, le Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire  
de l'Université Paris Descartes

Docteur Éric BONTE

Professeur Louis MAMAN

Vu, le Président de l'Université Paris Descartes  
Professeur Frédéric DARDEL  
Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Louis MAMAN



# **Utilité du numérique dans la réalisation d'orthèses d'avancée mandibulaire pour les patients atteints d'apnées du sommeil**

## **Résumé :**

L'objet de cette thèse est d'évaluer l'intérêt d'une chaîne numérique dans la réalisation d'orthèses d'avancée mandibulaire pour les patients atteints d'apnée du sommeil. Des rappels sur la physiologie du sommeil et du syndrome d'apnées obstructives du sommeil (SAOS) ainsi que sur les traitements par orthèse d'avancée mandibulaire seront d'abord présentés. Ensuite, un laboratoire de prothèses réalisera des orthèses par la méthode traditionnelle et par trois des systèmes numériques disponibles actuellement (ITERO, CEREC, TRIOS). Nous évaluerons les résultats avec les critères suivants : rapidité d'exécution, précision des modèles, surcoût pour le laboratoire.... Pour cela, les modèles réalisés par méthode numérique et par méthode conventionnelle seront comparés à l'aide du logiciel 3shape 3D. La discussion traitera de la pertinence ou non de la réalisation de ces orthèses par méthode numérique.

## **Discipline :**

Occlusodontologie

## **Mots clés fMesh et Rameau :**

Avancement mandibulaire -- Dissertations universitaires ; Conception assistée par ordinateur -- Dissertations universitaires ; CFAO, Systèmes de -- Thèses et écrits académiques ; Syndrome des apnées du sommeil -- Thèses et écrits académiques

Université Paris Descartes  
Faculté de Chirurgie dentaire  
1, rue Maurice Arnoux  
92120 Montrouge