

**UNIVERSITE DE LILLE
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année de soutenance : 2022

N°:

**THESE POUR LE
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 14 décembre 2022

Par Myriam HOUMALI

Née le 27 juillet 1998 à Croix, France

**Impact d'une perturbation de l'occlusion sur la posture :
étude préliminaire**

JURY

Président : Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Assesseurs : Madame le Docteur Mathilde Savignat

Monsieur le Docteur Thibault Becavin

Monsieur le Docteur Maxime Bedez

Président de l'Université	:	Pr. R. Bordet
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	:	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	:	M. DROPSIT
Responsable de la Scolarité	:	G. DUPONT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

K.AGOSSA	Parodontologie
P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DELFOSSE	Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S Odontologie Pédiatrique
E. DEVEAUX	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Responsable du Département de Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable du Département d' Orthopédie Dento-Faciale
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
C. LEFEVRE	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Responsable du Département d' Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Prothèses

Table des matières

Partie 1 : OCCLUSION ET POSTURE : DEFINITION	14
1. La posture	14
1.1. Définition	14
1.2. Le système tonique postural.....	15
1.2.1. L'homme est en permanence déséquilibré.....	15
1.2.2 Le système postural	16
1.2.3 Les ajustements posturaux	18
2. L'appareil manducateur	19
2.1. L'articulation temporo mandibulaire	19
2.2. L'occlusion dentaire.....	19
2.3. La position physiologique de repos mandibulaire	20
2.4. Anomalies de l'occlusion	21
2.5. Proprioception de l'appareil manducateur.....	23
3. Occlusion et posture	25
4. Moyens d'études de la posture (21)	26
4.1. Plateforme de posturographie	26
4.2. Systemes de baropodometrie	26
4.3. Plateforme de force	27
4.4. Appareils d'electromyographie.....	28
4.5. Système opto-électronique.....	29
Partie 2 : ETUDE PRELIMINAIRE	30
1. Introduction	30
2. Matériel et méthode	31
2.1. Population étudiée	31
2.2. Perturbateur de l'occlusion.....	32
2.3. Techniques de capture du mouvement	33
2.4. Tâches demandées	38
2.5. Traitement des données	40

3. Résultats	41
4. Discussion.....	42
4.1. Biais de recrutement	42
4.2. Biais méthodologique	43
4.2.1. Le paradigme de la double tache	43
4.2.2. L'intérêt de la cale occlusale	44
4.3. Force de l'étude.....	46
4.4. Multiplicité des méthodologies.....	47
4.4.1. Exemple de la plateforme stabilométrique	47
5. Conclusion.....	49
BIBLIOGRAPHIE.....	50
Table des illustrations.....	54
Table des tableaux.....	54
ANNEXE	55

Introduction

Les dysfonctions temporo-mandibulaires (DTM) sont un problème de santé publique affectant approximativement 5 à 12 % de la population générale des pays industrialisés. (1)

De nombreuses études suggèrent que les DTM peuvent être influencées par la présence d'anomalies occlusales. « Articulations temporo-mandibulaires et occlusion dentaire sont mariées pour le meilleur et parfois pour le pire »(2).

Les troubles temporo-mandibulaires sont considérés comme multifactoriels et se caractérisent par des douleurs et des altérations fonctionnelles du système stomatognathique. Aujourd'hui, le modèle étiopathogénique retenu des DTM est représenté comme une combinaison de trois axes :

- Un axe biomécanique qui comprend la structure de l'ATM et l'occlusion,
- Un axe biopsychosocial,
- Un axe biologique dans lequel on retrouve le terrain du patient dont ses pathologies générales.

Les connaissances scientifiques sur l'appareil manducateur et son fonctionnement ne cessent d'évoluer, ce qui nous permet de mieux en appréhender les pathologies qui en découlent et leur traitement.

Néanmoins une zone d'ombre persiste et est sujette à controverse dans la littérature scientifique. A ce jour le lien entre posture et occlusion n'a pas été déterminé malgré les innombrables études que l'on retrouve dans la littérature scientifique. Étant donné le faible niveau de preuve de ces nombreuses études, il n'a pas été prouvé qu'une malocclusion entraîne une problématique de posture et vice versa.

Les connaissances du lien entre occlusion et posture sont déterminantes dans la réflexion sur un protocole de prise en charge pluridisciplinaire des DTM mais aussi dans la réflexion sur la prise en charge dentaire de problèmes posturaux.

Le but de ce travail est de tout d'abord définir ce que sont la posture et l'occlusion pour ensuite, à travers une étude préliminaire tenter de déterminer s'il existe un lien entre ces deux derniers.

Partie 1 : OCCLUSION ET POSTURE : DEFINITION

1. La posture

1.1. Définition

Le terme posture signifie la position du corps dans l'espace ; elle a pour rôle de maintenir le corps en équilibre lors de mouvements dynamiques ainsi qu'en statique.

La posture est un ensemble d'interactions entre le système musculo squelettique et les voies afférentes et efférentes du système nerveux central dont le rôle est de garder le corps dans un équilibre musculosquelettique.

Elle a également pour rôle de protéger les structures de soutien du corps contre les blessures et les déformations progressives.

La posture est une position automatique et inconsciente, elle correspond à la réaction du corps aux forces de gravité. Elle est maintenue grâce à la contraction des muscles squelettiques qui sont coordonnés par une série de stimuli de diverses natures et qui sont en perpétuels ajustements en fonction de l'environnement.

Dès lors, nous pouvons définir la posture comme n'importe quelle position du corps qui permet de maintenir un équilibre avec un maximum de stabilité, en consommant le moins d'énergie possible et en exerçant le moins de stress possible sur les structures anatomiques (3,4).

1.2. Le système tonique postural

1.2.1. L'homme est en permanence déséquilibré

En position orthostatique (pieds joints, sujet « immobilisé »), l'homme réalise des oscillations posturales permanentes. En effet lorsqu'il est debout, sous l'effet de contraintes internes (mouvements liquidiens et contractions musculaires cardiaque et respiratoires) et externes, il est en permanence déséquilibré ; ce qui l'amène à réaliser des oscillations de 1° à 4°.

L'équilibration humaine est donc un processus de rétablissement constant de l'équilibre car l'homme debout oscille.

Les mécanismes d'équilibration consistent à organiser la posture de sorte que la verticale passant par le centre de gravité se projette à l'intérieur de la surface d'appui des pieds au sol qu'on appelle polygone de sustentation (figure 1). Chez l'homme la projection du centre de gravité se situe au centre du corps vertébral de la 3ème vertèbre lombaire.

Lors d'un mouvement, le polygone de sustentation se déforme mais le centre de gravité ne s'écarte pas ce qui permet d'éviter les chutes (3) (4).

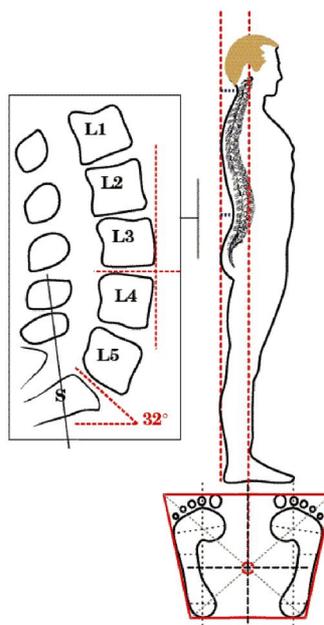


Figure 1 : La position orthostatique (5)

1.2.2 Le système postural

Pour maintenir son équilibre le corps humain a un besoin constant système qui va permettre de lutter en permanence contre les forces de gravité et de corriger les déséquilibres successifs qu'elles imposent dans le but de maintenir la projection du centre de gravité du corps à l'intérieur du polygone de sustentation.

L'organisation fonctionnelle du contrôle de la posture est complexe, et peut être schématisée en trois parties (6) (7):

1. Prise d'informations :

Le système visuel : Les renseignements visuels permettent de connaître à l'avance les situations potentiellement déstabilisantes et aident à s'orienter dans l'environnement.

La stabilité posturale est dépendante de la vision ; une perte de l'acuité visuelle entraîne une majoration des oscillations.

Le test de Romberg montre l'importance de la vision sur la posture. Ce test consiste à maintenir une position statique, yeux fermés puis ouverts tout en ayant les pieds joints et les bras tendus vers l'avant. Il compare la stabilité posturale, en position orthostatique, entre la condition yeux ouverts et yeux fermés. En général, la posture est plus stable en condition yeux ouverts (8).

Le système vestibulaire : Le système vestibulaire est composé du système otolithique et du système canalaire qui sont des organes pairs (figure 2). Le système otolithique, composé de l'utricule (horizontal) et du saccule (vertical) est un véritable référentiel géocentré sensible aux accélérations linéaires exercées sur le massif céphalique, la première d'entre-elles étant la pesanteur. Il permet de coder en permanence la position par rapport au vecteur gravitaire et les déplacements dans les trois plans de l'espace du massif céphalique, et joue un rôle majeur dans la stabilisation posturale. Le système canalaire (canaux semi circulaires) est sensible aux accélérations angulaires. Il permet de coder les déplacements du massif céphalique dans les trois plans de l'espace, et joue un

rôle majeur dans la stabilisation de la vision lors des mouvements du massif céphalique.

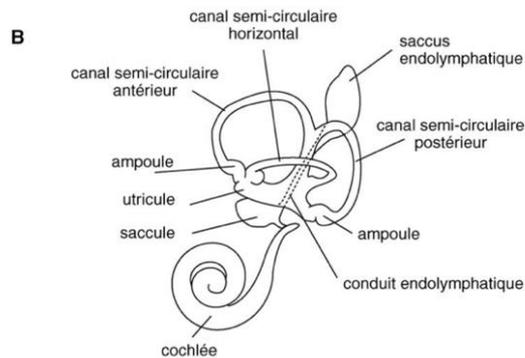


Figure 2 : Le système vestibulaire (9)

Le système proprioceptif périphérique : Il est composé de différents mécanorécepteurs musculaires, tendineux, péri-articulaires et cutanés qui permettent de coder la position et les déplacements du corps.

Les informations d'une seule modalité sensorielle peuvent être ambiguës. Les trois afférences sensorielles fonctionnent ainsi en même temps.

2. Intégration des informations : toutes ces afférences sensorielles convergent vers les noyaux vestibulaires du tronc cérébral.
3. Mise en jeu d'une activité motrice posturale pour ajuster le déséquilibre.

La figure 3 reprend l'ensemble des systèmes impliqués dans la régulation de la posture.

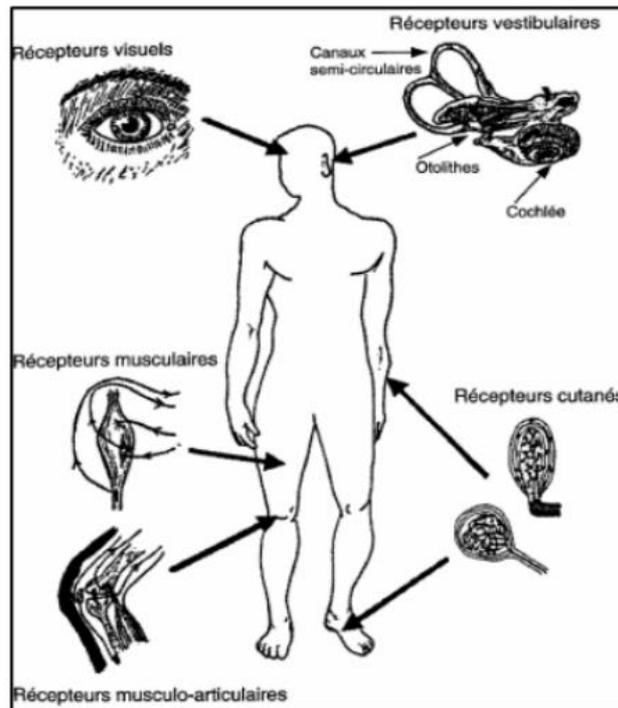


Figure 3 : Systèmes sensoriels impliqués dans la régulation des activités posturo-cinétiques (10)

1.2.3 Les ajustements posturaux

La réalisation d'un mouvement s'accompagne toujours d'une perturbation de l'équilibre. Pour s'opposer à cette perturbation de l'équilibre postural, le système nerveux central doit développer des phénomènes dynamiques d'adaptation. Ces phénomènes dynamiques correspondent aux « ajustements posturaux ».

Ces ajustements posturaux surviennent avant même le début du mouvement volontaire. Des ajustements posturaux surviennent également pendant et après la fin du mouvement volontaire.

Les **ajustements posturaux anticipés** sont déclenchés avant l'exécution du mouvement volontaire susceptible de déstabiliser la posture, afin de préparer l'organisme à la perturbation qui va suivre. Par exemple, lorsqu'un sujet debout veut saisir un verre posé devant lui, les premiers muscles à se contracter avant la saisie sont ceux de la loge postérieure de jambe, de cuisse et les paravertébraux : ces ajustements posturaux anticipés permettent de compenser la déstabilisation provoquée par la saisie de l'objet.

Lorsque les mécanismes moteurs de compensation sont déclenchés après le début du mouvement, ils sont nommés **ajustements posturaux**

réactionnels. Les ajustements posturaux réactionnels apparaissant lors du maintien d'un équilibre considéré comme instable (11).

2. L'appareil manducateur

2.1. L'articulation temporo mandibulaire

Les articulations temporo-mandibulaires (ATM) sont des articulations paires et symétriques. Ce sont des diarthroses bi-condyliennes, elles relient la mandibule à la base du crâne, par l'intermédiaire de deux surfaces articulaires non congruentes.

Elles sont les seules articulations mobiles du massif facial. Elles permettent d'unir le condyle de l'os mandibulaire à la fosse mandibulaire de l'os temporal, reliant ainsi la mandibule au reste du massif facial de chaque côté. L'ATM est stable et en suspension grâce à des ligaments qui la soutiennent.

Entre ces deux surfaces articulaires s'interposent un fibrocartilage, le disque articulaire, en forme de lentille biconcave. Il présente un bourrelet postérieur et un bourrelet antérieur deux fois moins épais, de part et d'autre d'une partie centrale, fine. Le tiers périphérique du disque est innervé et vascularisé. La partie centrale du disque est avasculaire et non-innervée. Il permet une concordance parfaite des surfaces articulaires.

Les deux articulations droite et gauche sont les seules du corps humain à fonctionner obligatoirement de façon couplée ; elles sont dépendantes l'une de l'autre. Ces articulations, les arcades dentaires et le système musculaire correspondant font partie de l'appareil manducateur (12) (13).

2.2. L'occlusion dentaire

Le mot occlusion est généralement utilisé pour désigner la relation de contact des surfaces dentaires entre elles. Ce terme vient du verbe latin « occludere » qui signifie « action de fermer ».

L'occlusion dentaire représente l'état, à un instant donné, du rapport inter-arcades défini par au moins un point de contact occlusal. Par extension, l'occlusion correspond à toute situation de contact inter-arcades.

L'occlusion d'intercuspidie maximale (OIM) est la position d'occlusion où le rapport d'engrènement dentaire se caractérise par le plus grand nombre de contacts inter-arcades.

L'OIM constitue la clé fondamentale de la fonction manducatrice. Dans des conditions physiologiques, elle permet une position mandibulaire précise, unique, médiane et répétitive favorisant une fonction musculaire automatique et simple.

La position d'OIM est retrouvée au cours d'une journée uniquement lors des mouvements de déglutition. Dès lors, en moyenne, au cours d'une journée nos dents entrent en contact 20 minutes. Le reste du temps, la mandibule est maintenue dans le vide sans aucun rapport dento-dentaire ; c'est ce qu'on appelle la position physiologique de repos mandibulaire (14).

2.3. La position physiologique de repos mandibulaire

Le point de départ de tous les mouvements mandibulaires est la **position physiologique de repos mandibulaire**. C'est une position de référence stable et répétitive lorsqu'il n'y a pas de perturbation du système neuro-musculaire : c'est la position qu'occupe la mandibule lorsque les muscles élévateurs, abaisseurs et posturaux se trouvent dans un état d'équilibre physiologique.

Les dents ne sont alors pas en contact. Cette position mandibulaire se situe dans le cadre général de la statique corporelle, et correspond à une position dite « vigile », c'est-à-dire tête érigée, yeux ouverts et sans appui.

Cette position de repos varie en fonction de la position du corps, de la proprioception dentaire, de la douleur, et des facteurs émotionnels qui affectent le tonus musculaire. Ce que l'on présente comme position de repos réclame en fait une contraction appréciable de certains muscles crânio-mandibulaires et doit être comprise comme une attitude posturale. Cette position détermine un espace libre « espace libre d'inocclusion » dento-dentaire physiologique d'environ 3 à 4

mm. Les condyles se trouvent alors dans une position neutre sans aucune contrainte vis-à-vis des différentes composantes anatomiques des structures articulaires (14).

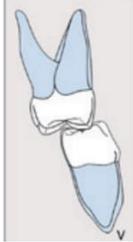
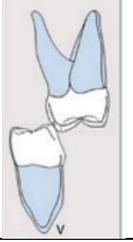
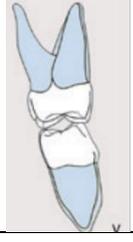
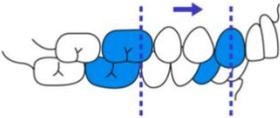
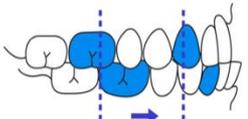
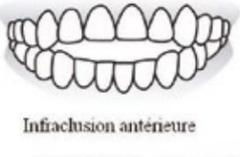
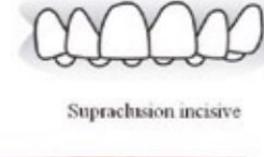
2.4. Anomalies de l'occlusion

Nous pouvons distinguer trois niveaux de relation occlusale. La **normocclusion** qui définit une relation occlusale statique et cinématique idéale. Elle est très peu retrouvée et constitue le modèle théorique.

L'occlusion fonctionnelle est le rapport d'occlusion proche de la normocclusion et qui respecte les caractères généraux des fonctions occlusales (centrage sans déviation mandibulaire, calage en OIM et guidage sans interférence). L'occlusion fonctionnelle peut présenter des anomalies de l'occlusion mais celles-ci ne dépassent pas le potentiel adaptatif du sujet. Elle permet donc les fonctions orales sans générer de limitation fonctionnelle ni de douleur.

Lorsque le potentiel adaptatif de l'individu est dépassé on parle alors de **malocclusion pathogène**, qui est caractérisée par une ou plusieurs anomalies de l'occlusion c'est-à-dire un affrontement conflictuel des arcades dentaires à l'origine de gênes fonctionnelles ou de douleurs (14). Les différentes anomalies de l'occlusion sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1: Principales anomalies de l'occlusion

Plan	Anomalies		
Plan frontal	Occlusion inversée		Peut concerner une dent, un groupe de dent ou la totalité des dents en occlusion.
	Occlusion en ciseaux		
	Occlusion en bout à bout		
Plan sagittal	Classe 2 d'Angle		Surplomb incisif augmenté
	Classe 3 d'Angle		Occlusion antérieure inversée
Plan vertical	Infraclusion antérieure	 <p data-bbox="834 1619 1010 1641">Infraclusion antérieure</p>	Béance antérieure
	Supraclusion antérieure	 <p data-bbox="882 1877 1058 1899">Supraclusion incisive</p>	Recouvrement incisif augmenté

2.5. Proprioception de l'appareil manducateur

La position mandibulaire est contrôlée par trois types de récepteurs de la proprioception : la proprioception des muscles masticateurs ; la proprioception articulaire, par l'articulation temporo-mandibulaire ; et la proprioception dentaire, par le ligament desmodontal. Ces trois types de proprioceptions sont médiés par le nerf trijumeau, le plus gros nerf crânien (15). Ce nerf crânien mixte possède un contingent sensitif qui véhicule tous les modes de sensibilité de la face et de l'appareil manducateur et un contingent moteur qui commande la plus grande partie des muscles masticateurs.

Les muscles masticateurs sont sous la dépendance de la formation réticulaire. La formation réticulaire est une structure nerveuse constituée de neurones situés le long du tronc cérébral entre les faisceaux nerveux ascendants et descendants. Connectée au système limbique, elle intervient dans la régulation des cycles de veille et de sommeil ainsi que dans l'attention, la vigilance, la marche et le tonus postural.

La formation réticulaire se compose de deux régions :

- Excitatrice : localisée dans la partie mésencéphalique haute, elle constitue le faisceau réticulo-spinal médian. Ce faisceau est relié aux motoneurones des muscles du tronc, du cou et des extenseurs des membres.
- Inhibitrice : localisée dans la partie bulbaire basse, elle constitue le faisceau réticulo-spinal latéral. Ce faisceau est relié aux muscles du cou, du tronc et des fléchisseurs des membres.

Ces deux régions sont reliées au cortex cérébral et à l'hypothalamus. Elles régulent l'action des muscles masticateurs, des muscles du cou et du tronc. La partie ventrale régule le tonus musculaire et la partie dorsale le rythme.

Le contrôle de la formation réticulaire sur la contraction des muscles masticateurs est assuré par le mCPG (masticatory Central Pattern Generator) (Figure 4). Lorsqu'un contact dentaire a lieu, les récepteurs parodontaux sont sollicités et envoient un influx nerveux via la branche sensitive du nerf trijumeau

(V2 : maxillaire, et V3 : mandibulaire). Le message nerveux est ensuite véhiculé au niveau du ganglion trigéminal (GT) vers le noyau sensitif du V puis vers la formation réticulée. Celle-ci régule l'influx nerveux qui est envoyé au noyau moteur du V qui innerve les muscles masticateurs (16).

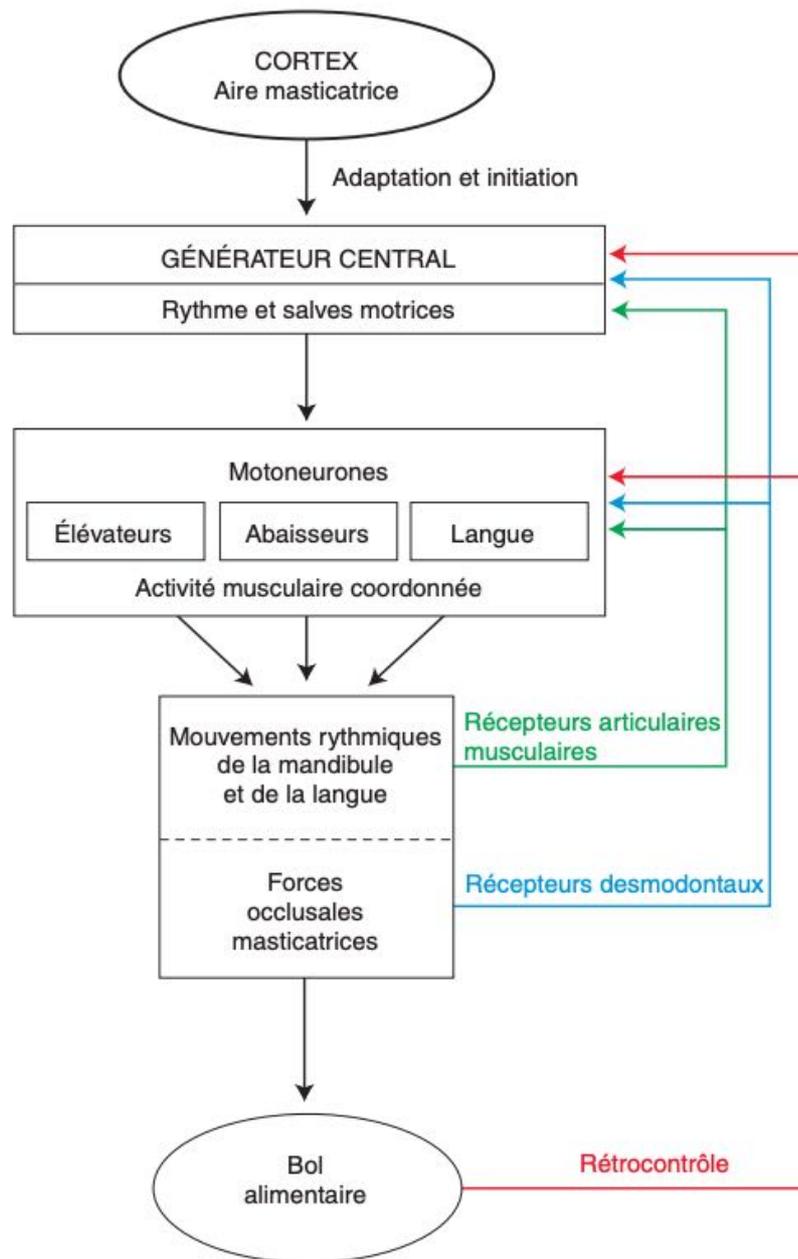


Figure 4 : Contrôle nerveux de la mastication (17)

3. Occlusion et posture

La relation entre occlusion dentaire et posture est un sujet controversé dans la littérature. Ainsi, de nombreuses études ont été réalisées afin de démontrer la présence d'une relation entre ces deux derniers.

Une partie de la communauté scientifique défend l'idée d'un concept posturo-occlusal dans lequel est souligné le rôle premier de l'occlusion dans l'équilibre postural de l'individu. Selon Clauzade, l'orthoposturodentie se définit comme « l'art de replacer un individu en équilibre optimal dans la gravité par le traitement occlusal » (18).

Néanmoins, aucune étude n'a montré de niveau de preuves suffisant à ce jour pour une corrélation entre posture et occlusion dentaire. Dans une revue de la littérature de Manfredini et coll. publiée en 2019 (19), les auteurs montrent qu'il n'existe aucune preuve de l'existence d'une relation prévisible entre les caractéristiques occlusales et posturales.

Lorsque posture et occlusion dentaire sont mis en relation, plusieurs éléments sont soulignés. Par exemple les auteurs parlent d'un système cranio-sacré-mandibulaire composé d'un système cranio-mandibulaire comprenant les dents, la mandibule, les muscles masticateurs et l'articulation temporo-mandibulaire et un système cranio-sacré représenté par l'ensemble ostéoarticulaire du crâne et de l'ensemble de la colonne vertébrale. Ces deux systèmes fonctionneraient ensemble, en miroir.

Dans la revue de littérature citée plus haut les auteurs ont pu conclure que les études qui ont mené à la représentation de ce système semblent « représenter la variabilité normale de la physiologie des régions cranio-mandibulaires et cervicales » (19).

D'autre part, certains auteurs avancent une connexion entre occlusion et posture par le système nerveux. Des études récentes semblent démontrer un rôle des afférences trigéminales et de l'occlusion dentaire sur la proprioception, la stabilisation visuelle et posturale (20-22). Comme énoncé plus haut, la proprioception du système manducateur est assurée par le nerf trijumeau. L'information rejoint successivement le ganglion trigéminal et le noyau sensitif du

V, puis la formation réticulaire qui contrôle également les muscles de la ceinture scapulaire et ceux de la posture cervicale et corporelle.

Les relations entre le noyau trigéminal et les noyaux vestibulaires ont été démontrées chez le rat par Pinganaud & all (23).

Une étude de Gangloff & all (24) a évalué l'impact de la perturbation du trijumeau sur le contrôle postural orthostatique avant et après anesthésie tronculaire unilatérale du nerf mandibulaire chez 27 sujets. Cette étude a mis en évidence le rôle des afférences sensorielles des nerfs trijumeaux dans le contrôle de l'équilibre. Ainsi, d'après les auteurs, les perturbations dans ces afférences entraînent une répercussion sur le contrôle postural. Cette relation s'expliquerait également par une connexion entre les noyaux des nerfs trijumeaux et vestibulaires.

Néanmoins, la multitude d'études et leurs contradictions ne permet pas aujourd'hui d'affirmer qu'il existe une relation entre occlusion et posture.

4. Moyens d'études de la posture (25)

4.1. Plateforme de posturographie

Les plateformes de posturographie sont des plateaux de force mesurant exclusivement les forces verticales appliquées à leur surface, et à partir desquelles sont calculées les coordonnées du centre des pressions (Il est admis que le CP est confondu avec le centre de gravité). Le CP est analysé en tant qu'indicateur de l'état d'équilibre du sujet.

4.2. Systemes de baropodométrie

La baropodométrie consiste à mesurer la répartition des pressions cutanées au niveau de la plante du pied, dans des conditions statiques ou dynamiques. Elle utilise principalement la plateforme de baropodométrie (figure 5) constituée de capteurs de pressions fixée à la surface d'un plateau rigide. Les signaux



Figure 5 : Plateforme couplée posturographie et baropodométrie Fusyo 3 (26)

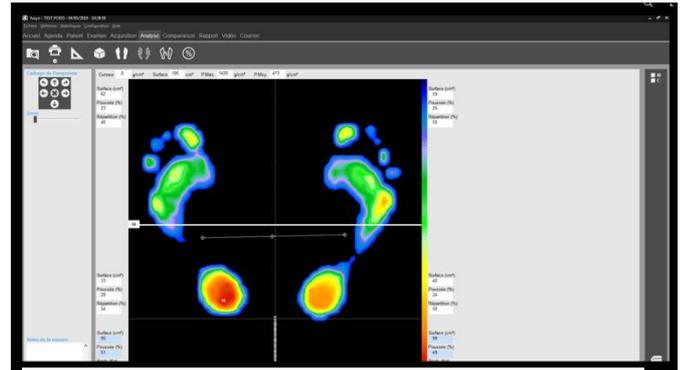


Figure 6 : Données obtenues sur une plateforme stabilométrique; Logiciel Fusyo (26)

fournis par ces capteurs permettent d'établir une cartographie des pressions plantaires (figure 6), visualisée sous la forme d'un graphe de couleurs, avec des teintes chaudes représentant les pressions les plus élevées.

4.3. Plateforme de force

La plateforme de force (Figure 7) consiste en un plateau reposant sur 4 blocs de capteurs de force placés à ses extrémités. Ces capteurs permettent la mesure des forces et des moments appliqués à la surface du plateau dans les trois plans de l'espace.

Les données fournies par le plateau de force permettent de calculer une large palette de paramètres, choisis en fonction de la nature de la tâche motrice et des objectifs de l'étude. Pour certaines plateformes de force, la précision est de l'ordre du centième de Newton. Les plus élaborées permettent de déterminer les forces, les moments des forces de réaction et les coordonnées bidimensionnelles du centre de pression. Ces instruments de mesures sont réputés pour leur fiabilité et offrent l'avantage de ne pas entraver le mouvement. Les plateformes de force sont principalement destinées à l'analyse de tâches dynamiques, telles que la marche, le saut, la course.

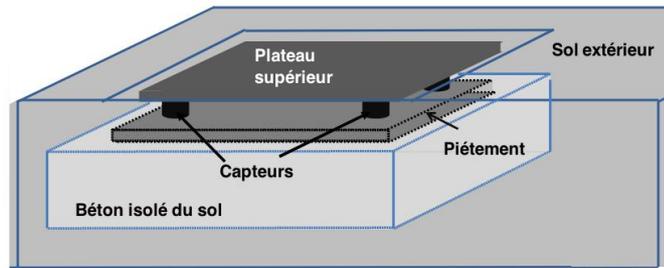


Figure 7 : Schématisation d'une plateforme de force (27)

4.4. Appareils d'electromyographie

L'électromyographie (EMG) est une technique expérimentale visant à détecter, enregistrer et analyser l'activité électrique du muscle lors de sa contraction. Les appareils EMG mesurent l'activité électrique (figureS 8 et 9) associée à la contraction du muscle à l'aide d'électrodes placés sur les différents muscles analysés (figure 8).

Le signal EMG permet de déterminer la chronologie et la durée des actions musculaires lors d'une tâche donnée. La mesure qualitative des séquences d'actions musculaires trouve son utilité dans la caractérisation de tâches dynamiques chez le sujet sain et pathologique. Elle permet d'estimer l'effort fourni par chaque groupe musculaire.

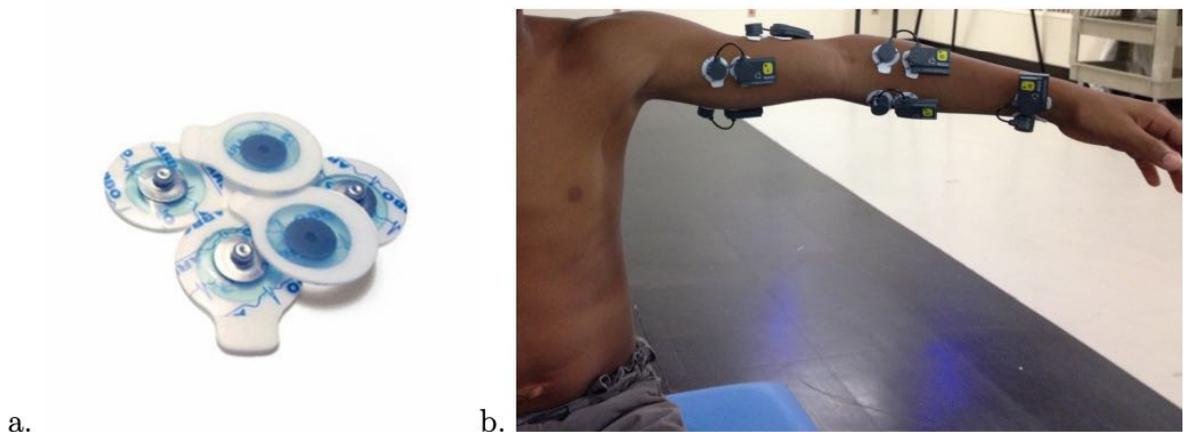


Figure 8 : a : électrodes ; b : électrodes posées sur un sujet (28)

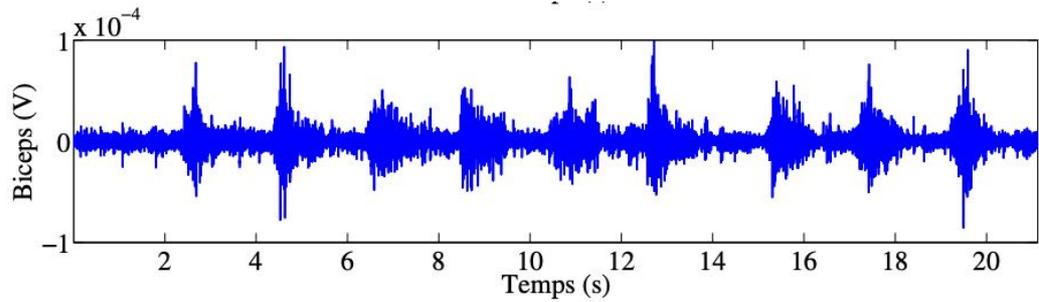


Figure 9 : Signal électromyographiques d'un sujet lors d'un mouvement d'extension / flexion du bras (28)

4.5. Système opto-électronique

Il correspond à l'analyse 3D du mouvement. Elle est effectuée avec des dispositifs utilisant des marqueurs, fournissant les mesures cinématiques les plus fiables. Les systèmes consistent en un ensemble de caméras équipées d'un système filtrant la lumière et éclairant le champ expérimental par une lumière infra-rouge. Cette lumière est réfléchiée par des marqueurs recouverts d'un matériau réfléchissant, et placés sur les points d'intérêt de la zone à analyser. Ils apparaissent alors comme des points blancs sur un fond sombre, dont la trajectoire peut être suivie en temps réel et en 3D.

Partie 2 : ETUDE PRELIMINAIRE

1. Introduction

Les interrelations fonctionnelles de l'occlusion avec le reste du corps sont l'objet d'un grand nombre de théories, concepts, méthodologies diagnostiques et thérapeutiques qui, bien que séduisantes sur le plan conceptuel, n'ont jamais trouvé de validation scientifique ou académique suffisante.

A ce jour, il n'a pas été prouvé qu'une malocclusion entraîne une problématique de posture et inversement. La littérature est nombreuse et variée mais les résultats des études sont souvent contradictoires.

L'objectif général de ce travail est donc de déterminer l'existence d'une relation entre occlusion dentaire et posture. Cette étude s'est intéressée plus précisément aux conséquences d'une perturbation de l'occlusion sur la posture. Afin de simuler une perturbation de l'occlusion, il était nécessaire de créer un objet qui déstabilise l'occlusion. Le choix s'est porté sur la réalisation d'une cale occlusale recouvrant la moitié de l'arcade mandibulaire. Cette cale crée une épaisseur supplémentaire sur l'arcade mandibulaire qui déstabilise et asymétrise les contacts dento dentaires du sujet.

2. Matériel et méthode

2.1. Population étudiée

L'étude est réalisée sur deux volontaires de la faculté de chirurgie dentaire de Lille. Le nombre limité de sujets confirme l'aspect préliminaire de cette étude.

Afin de sélectionner les sujets de cette étude, des critères d'exclusion ont été définis. Les personnes souffrant de problèmes posturaux majeurs tels que la scoliose qui est la déviation permanente de la colonne vertébrale ont été exclues de l'étude. De plus, les sujets présentant un état dentaire compromettant la réalisation des manipulations ont également été écartés : édentements de classe I et II de Kennedy, intégrité des dents mandibulaires ne permettant pas la mise en place de la cale.

Un questionnaire est ensuite distribué aux participants dans le but de préciser les états général et articulaire en lien avec les DTM. Plusieurs informations sont recueillies :

- Les sujets présentent-ils des pathologies inflammatoires touchant les articulations tels que la polyarthrite rhumatoïde ou le lupus ?
- Ont-ils eu des chocs ou traumatismes touchant la face et l'articulation temporo mandibulaire ?
- Et enfin nous nous intéressons aux différents symptômes d'une dysfonction temporo mandibulaire. Le sujet présente-il des blocages ou encore des douleurs ou des bruits au niveau de l'ATM ?

2.2. Perturbateur de l'occlusion

Des empreintes mandibulaires sont réalisées sur chaque participant. Des portes empreintes Rim lock et de l'alginate préparé dans le cavex alginate mixeur II sont utilisés pur cette étape.

Une fois les empreintes décontaminées, elles sont coulées au plâtre type IV Fujirock EP de GC sans socle en forme de « fer à cheval » pour l'évacuation de l'air lors du thermoformage des gouttières.

Une fois les modèles en plâtre réalisés, le thermoformage des gouttières est possible (figure 11). Pour cela, une feuille de polyéthylène d'une épaisseur de 2 mm (figure 10) est utilisée avec un thermoformeur.

La plaque est positionnée dans le logement adapté puis mise en chauffe sous la résistance du thermoformeur. Le modèle en forme de « fer à cheval » est placé au centre de la zone d'aspiration. Une fois le thermoformage terminé (figure 12), la découpe de la gouttière peut être réalisée (figure 13) afin d'obtenir une cale occlusale (figure 14).



Figure 10 : Thermoformage de la gouttière (image personnelle)



Figure 11 : Feuille de polyéthylène (image personnelle)



Figure 12 : feuille de polyéthylène thermoformée sur le modèle (image personnelle)



Figure 13 : Découpe de la cale (image personnelle)



Figure 14 : Cale occlusale mandibulaire (image personnelle)

Des cales sont réalisées à l'aide d'une fraise tripan avec pour limite le fond du plancher lingual d'un côté et la ligne de plus grand contour des molaires et prémolaires de l'autre.

2.3. Techniques de capture du mouvement

Les captures du mouvement ont été réalisées au Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines (LAMIH).

Deux types de données sont récoltées. D'une part le sujet réalise le mouvement sur une **plateforme de force** (Kisteler-4524320) qui capte les différentes pressions exercées au sol (figure 15). Cette plateforme de force est composée de six segments indépendants. Chaque segment est composé comme schématisé figure 7 de capteurs qui mesurent les efforts en 3D.

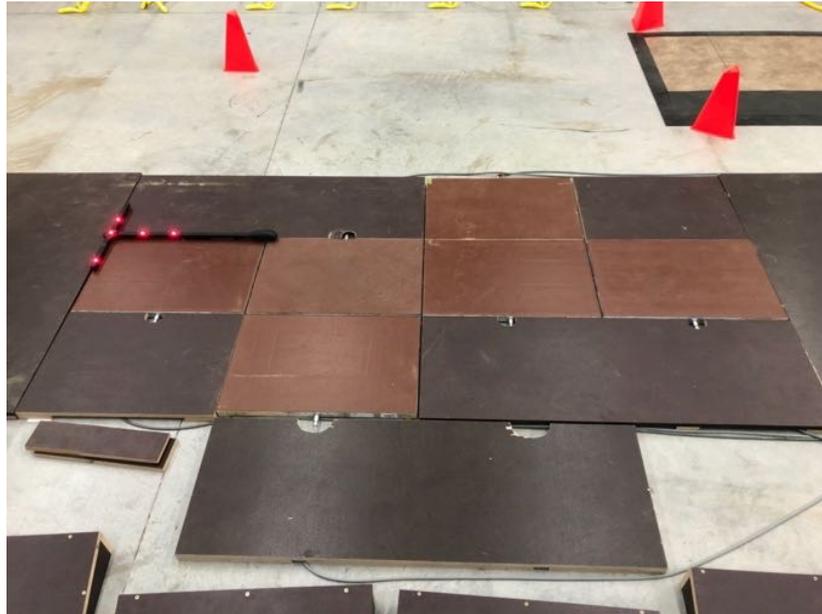


Figure 15 : Plateforme de force (image personnelle)

D'autre part, une capture **optique** de mouvement est réalisée. Elle est basée sur des caméras infrarouges placées à des positions fixes dans l'environnement et des marqueurs réfléchissants de 14 mm qui eux sont placés sur le sujet à capturer (figure 16). Ces marqueurs serviront à définir le mouvement.

Les plateformes et le système vidéo de capture optique du mouvement sont synchronisés en fréquences d'échantillonnage compatibles.

Le système vidéo utilisé est le système Vicon. Il se compose de plusieurs caméras et est conçu pour suivre et reconstituer les déplacements des marqueurs dans l'espace en 3D. Toute l'activité de capture de mouvement a lieu dans le volume de capture. Il s'agit de la zone visible par les caméras de capture de mouvement. Le mouvement sera suivi par le système en faisant rebondir la lumière sur les marqueurs réfléchissants placés sur le corps d'un sujet. Chaque caméra Vicon est un appareil photo numérique standard, entouré par un anneau de LED. La lumière infrarouge émise de la LED, est invisible à l'œil humain. Cette lumière rebondit sur les marqueurs, et est captée par les caméras de Vicon. Les marqueurs utilisent un matériel spécial appelé un ruban rétroréfléchissant, qui reflètent beaucoup plus de lumière que la plupart des surfaces. Quand un

marqueur est vu par l'une des caméras, il apparaîtra dans la vue de la caméra comme une série de pixels très lumineuse par rapport à l'arrière-plan.

L'origine du repère 3D dans lequel sont exprimées les coordonnées de chaque marqueur réfléchissant correspond à un des quatre coins d'une des plateformes.

Durant la capture, les coordonnées cartésiennes de tous les marqueurs dans la vue de chaque caméra sont stockées dans une base de données. Le système Vicon relie ensuite les positions correctes de chaque marqueur pour former des trajectoires continues, qui représentent les trajets que chaque marqueur a effectué tout au long de la capture, et donc comment le sujet s'est déplacé au cours du temps (29).

Ainsi, la modélisation du corps en mouvement (figure 17) est possible grâce à l'acquisition des données sur le déplacement, la vitesse et l'accélération des différentes parties du corps ; l'outil utilisé permet de quantifier le mouvement humain.

Les capteurs disposés sur le sujet forment 16 segments : pied droit, pied gauche, jambe droite, jambe gauche, cuisse droite, cuisse gauche, pelvis, abdomen, thorax, ensemble tête-cou, bras droit, bras gauche, avant-bras droit, avant-bras gauche, main droite et main gauche.



Figure 16 : Marqueurs placés sur les articulations (image personnelle)

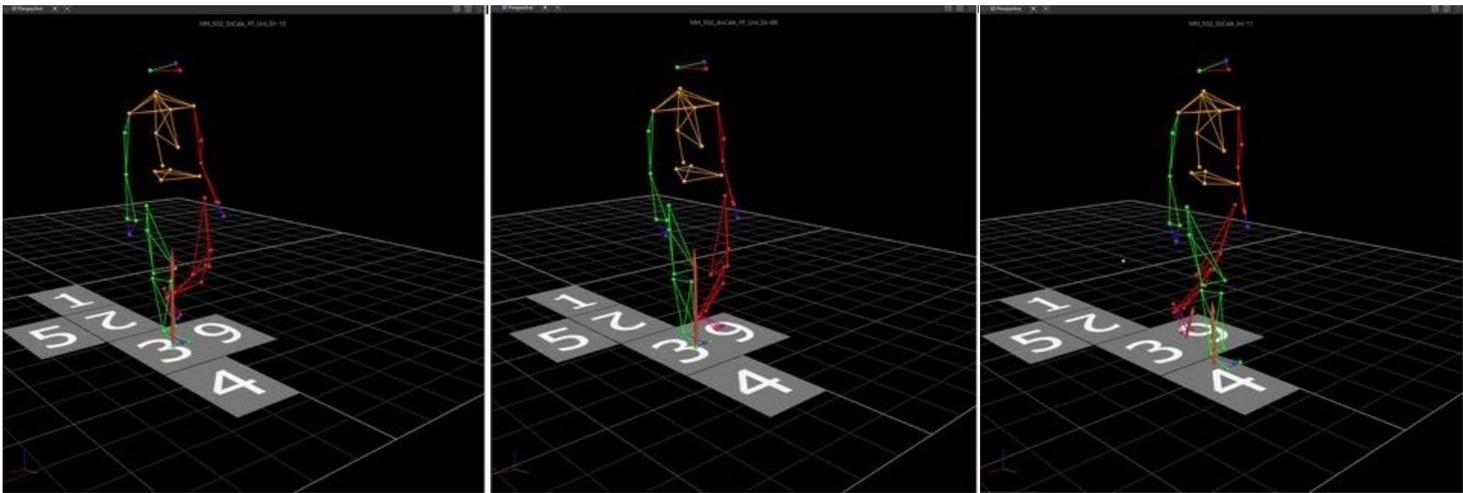
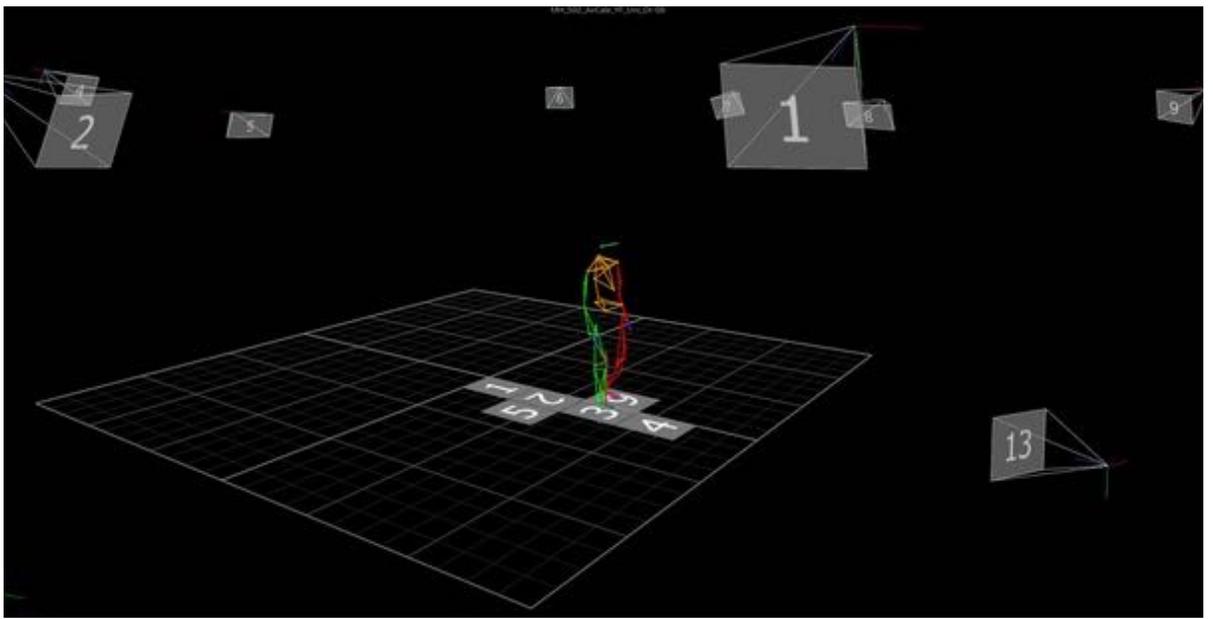


Figure 17 : Image obtenue de la modélisation 3D du corps avec le logiciel Mokka (image personnelle)

2.4. Tâches demandées

Deux types de tâches ont été demandées aux sujets : **l'initiation de la marche** ainsi que le **maintien de l'équilibre en appui unipodal**.

L'initiation de la marche est un mouvement volontaire de l'ensemble du corps qui est réalisé au quotidien. C'est le mouvement qui assure la transition entre la posture debout en appui bipodal et le cycle de marche qui débute au décolllement du pied initiant la marche (Figure 18). L'enjeu de l'initiation de la marche est de passer d'un appui bipodal à unipodal tout en assurant une stabilité posturale et donc ne pas tomber. Comme lors de tout mouvement volontaire, la programmation centrale de l'initiation de la marche doit prendre en compte aussi bien les contraintes externes imposées par l'environnement, comme les forces de gravité et les forces de réaction du support postural, que les contraintes internes imposées par le corps lui-même, comme la configuration géométrique des segments corporels, leurs caractéristiques d'inertie ainsi que les forces résultant de la contraction musculaire, impliquant ainsi des interactions complexes entre des facteurs biomécaniques et neurophysiologiques (11).

L'initiation de la marche a été analysée selon deux conditions expérimentales : en OIM puis avec serrement sur la cale mandibulaire : la perturbation de l'occlusion est illustrée à travers le serrement des dents sur la cale créant ainsi une asymétrie. Les manipulations sont réalisées deux fois pour chaque événement et chaque individu.

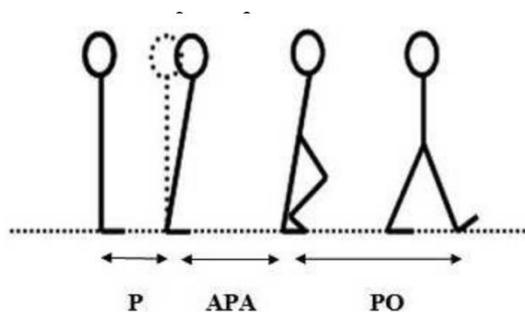


Figure 18 : Schéma initiation à la marche ; P=posture debout ; APA=phase des ajustements posturaux anticipateurs ; PO=phase oscillante correspondant à l'exécution du premier pas. (30)

La tâche de maintien de l'équilibre unipodal a été réalisée selon deux conditions expérimentales répétées deux fois :

- Yeux fermés en OIM pendant 25 secondes ;
- Yeux fermés avec serrement des dents sur la cale pendant 25 secondes,

Ce test d'équilibre statique unipodal, sur une jambe et les yeux fermés, mesure l'efficacité de la proprioception et du contrôle de la posture sur un support de surface réduite, la seule plante du pied.

Les sujets sont placés sur un même repaire pieds alignés avant chaque enregistrement.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des tâches

	En OIM	Avec cale occlusale
Équilibre unipodal	25 secondes yeux fermés	25 secondes yeux fermés, en serrant sur la cale
Initiation de la marche	Démarche naturelle sur quelques mètres	Démarche naturelle sur quelques mètres, en serrant sur la cale

*Chaque événement est répété deux fois.

2.5. Traitement des données

Les données collectées sont donc la force de réaction du sol, le moment de force et l'évolution du centre de pression.

Selon la troisième loi de Newton, la force de réaction du sol est la force que le sol exerce sur un corps en contact avec lui. Debout à l'arrêt, la force de réaction du sol correspond au poids du corps, et en mouvement, la force change sous l'effet de la force d'accélération.

Le moment de force est la puissance nécessaire pour faire effectuer un mouvement de rotation à un mécanisme autour d'un point fixe, appelé pivot.

Le centre des pressions est le **point** d'application des forces de réaction du sol liées à l'action du poids du corps.

Les données collectées et reprises dans les différents tableaux sont détaillées ci-dessous :

- F_x , F_y et F_z sont les composantes antéropostérieure (F_x), médio latérale (F_y) et verticale (F_z) de la force de réaction du sol.
- M_x , M_y et M_z sont les trois composantes du moment de force.
- C_x est la composante antéropostérieure et C_y est la composante médio latérale de l'évolution du centre de pression au cours du temps dans les 2 plans horizontaux

La moyenne, l'écart type et la valeur max et min ont été calculés pour compléter l'évaluation et l'interprétation des résultats du travail exploratoire.

3. Résultats

Ici, seront développés uniquement les résultats du test de maintien unipodal.

Les résultats des différentes tâches effectuées indiquent que le port de la cale occlusale a permis aux deux sujets de gagner en stabilité (annexe). En effet, lors de la condition « maintien unipodal sans cale » on retrouve des oscillations plus importantes que lors de la condition contraire.

Lors des tests « sans cale, dents serrées, yeux fermés » on observe des pertes d'équilibre chez le sujet 1 comme chez le sujet 2 accompagnées d'une difficulté à garder les dents serrées pendant l'acquisition des données.

Lors de la réalisation du test « avec cale, yeux fermés », on observe une amélioration de la stabilité et un « confort » lors du port de la cale.

4. Discussion

L'objectif de cette étude était de déterminer s'il existe une relation entre l'occlusion dentaire et la posture, autrement dit si le contrôle postural était dépendant de l'occlusion dentaire.

L'hypothèse de départ était la suivante : en modifiant l'occlusion dentaire par un dispositif intra buccal (cale mandibulaire), la posture de l'individu en serait déstabilisée. Le protocole proposé par cette étude n'a pas permis de vérifier cette hypothèse ; en effet le résultat obtenu indique que le port d'une cale occlusal a pour conséquence une meilleure stabilisation de la posture en appui unipodal chez les deux sujets.

4.1. Biais de recrutement

Lors des tests réalisés en appui unipodal les deux conditions expérimentales « dents serrées sur cale » et « dents serrées sans cale », donc en OIM, ont rapidement montré leurs limites.

Un élément important est à noter quant aux choix des sujets, en effet les deux sujets qui ont réalisé ces manipulations ont par leur formation (chirurgien-dentiste) une conscience et une connaissance accrue de l'occlusion. Une connaissance bien supérieure à la moyenne des individus. Dès lors la tâche « serrer les dents » a rapidement posé problème. La question soulevée était quelle pression appliquer sur les dents. Ici aucun dispositif n'a permis de mesurer cette pression afin qu'elle soit identique pour les deux sujets et durant tout le long des différentes tâches effectuées.

4.2. Biais méthodologique

4.2.1. Le paradigme de la double tâche

De plus dans notre étude, les deux sujets ont décrit une difficulté à garder les dents serrées tout le long de l'acquisition tout en gardant l'équilibre en appui unipodal. Nous nous sommes donc questionnés sur le principe de double tâche. Ici le sujet doit à la fois maintenir son équilibre et serrer des dents. Son attention est alors partagée entre les deux tâches.

Dans un article publié en 2011, Boisgontier fait une synthèse des différents travaux liés au coût attentionnel du contrôle postural. Il développe l'idée que le contrôle postural ne fait pas uniquement appel à un contrôle spinal et sub-cortical (qui régissent les contractions musculaires) mais mobilise également des ressources attentionnelles et cognitives (31). Ce sont les capacités de notre cerveau qui nous permettent d'être en interaction avec notre environnement : elles permettent de percevoir, se concentrer, acquérir des connaissances, raisonner, s'adapter et interagir avec les autres (32).

Des études récentes ont montré que la cognition et le contrôle postural s'appuient sur des mécanismes communs ce qui engendre des relations conflictuelles entre les deux. Cependant les effets d'une focalisation de son attention sur la stabilité posturale lorsque l'individu se trouve dans une situation de double tâche ne sont pas encore totalement connus. Alors que pour certains auteurs la stabilité posturale s'en trouve améliorée, pour d'autres on observe une dégradation de celle-ci.

Dans une étude publiée en 2000, Vuillerme et al. font la conclusion que la réalisation d'une tâche secondaire améliorerait le contrôle postural (33). Dans cette étude, la stabilité posturale a été comparé selon deux conditions expérimentale. Tout d'abord les sujets avaient pour consigne de se tenir debout, immobile en fixant une lumière LED face à eux. Ensuite, une deuxième consigne s'est ajoutée : les sujets, toujours debout et immobile, devaient indiquer à voix haute la couleur de la lumière LED qui clignotait face à eux. De manière similaire, en 2007 Vuillerme et Nafati concluent de leurs expérimentations que le fait de porter son attention sur son propre contrôle postural semble provoquer une

dégradation de la stabilité posturale (34). Dans leur étude, les auteurs ont comparé la stabilité posturale des sujets selon deux conditions. Tout d'abord, les sujets étaient placés sur une plateforme de force sans consigne particulière. Ensuite, après quelques minutes de repos, la consigne de rester le plus immobile possible et de tourner son attention sur sa stabilité a été donnée à chaque participant.

Inversement, Rankin et al. concluent dans une étude publiée en 2000 que lorsqu'un sujet se trouve en situation de double tâche, ses capacités de contrôle postural sont moins disponibles ; ce qui provoque une diminution de la stabilité posturale (35). Dans cette étude, la condition de double tâche impliquait de réaliser des soustractions tout en maintenant sa stabilité sur une plateforme mobile. En condition test, le sujet devait uniquement maintenir sa position debout sur cette plateforme.

Dans notre étude, les sujets devaient respecter deux consignes différentes, à la fois serrer les dents et se maintenir en équilibre unipodal. Cet élément n'a pas été considéré lors de l'établissement du protocole expérimental. Le serrement des dents à la fois sur la cale occlusale ou en OIM n'a pas été évalué comme une consigne à part entière.

Dès lors, nous pouvons imaginer certaines modifications du protocole. L'idée générale consiste à déstabiliser l'occlusion sans que cela devienne une consigne à part entière pour le sujet. Il serait nécessaire de créer un dispositif intra buccal placé en bouche de manière passive sans faire appel à une contraction musculaire volontaire.

4.2.2. L'intérêt de la cale occlusale

La cale occlusale était portée uniquement quelques secondes avant la réalisation de la tâche de maintien en appui unipodal ; ici, il était supposé que son intégration par l'appareil manducateur serait immédiate. La cale permettait de créer une asymétrie de l'occlusion. La question est de savoir si cette information d'occlusion asymétrique a pu être intégrée par l'ensemble du corps pendant les manipulations.

Dans une étude publiée en 2013 par Marini et al. (36) est réalisée une expérience qui consiste à placer sur un sujet des électrodes, au nombre de 26, à différents endroits du corps (au niveau des vertèbres, au niveau du visage, du bassin, des épaules, des genoux etc...). Ensuite, un système stéréophotogrammétrique optoélectronique (permettant d'obtenir une image 3D sur informatique) numérise automatiquement les signaux vidéo reçus des détecteurs de caméras infrarouges et élabore des données pour reconstituer la position des points de référence précédemment placés sur la cible. Le système utilisé dans cette étude est similaire au système que nous avons utilisé. Les endroits où les électrodes sont mises en place, sont notés par des points à l'encre permanente. Ainsi, d'une séance sur l'autre, les détecteurs peuvent être replacés exactement au même point.

L'expérience consiste à mettre en place des cales occlusales d'une épaisseur variant de 0 à 2 mm en composite. Ces cales doivent gêner uniquement en occlusion. Le sujet est analysé cinq fois au total sur une période de quatorze jours. La première fois à 10 jours avant la mise en place des cales (T0), la seconde fois le jour de la mise en place (T1), et ensuite à un jour (T2), puis à sept jours (T3), puis à quatorze jours (T4) après leur mise en place. Pour chaque enregistrement, les tests sont réalisés : avec les yeux ouverts en occlusion et en inocclusion, lèvres jointes ; et yeux fermés en occlusion et en inocclusion, lèvres jointes. Cette expérience a été réalisée sur 12 sujets. Les résultats de cette étude montrent que l'occlusion n'influence pas la posture, la modification de l'occlusion par ces cales modifie, tout juste, la position de la mandibule. Mais les résultats sur la modification de la position de la mandibule, entre T0 et T4, étant faibles, ne sont pas cliniquement pertinents, donc pas retenus.

La force de cette étude repose sur sa conception longitudinale. En effet les sujets ont été suivis sur plusieurs jours. Ici, les chercheurs ont tenu compte de l'adaptabilité du corps humain, ainsi on peut supposer que les cales occlusales ont pu être intégrées par les sujets contrairement à notre étude.

Une étude plus récente, réalisée en 2021 (37), a également utilisé comme outil un dispositif intra buccal recouvrant l'arcade mandibulaire. Le but de cette étude était d'évaluer si un changement dans les contacts occlusaux au moyen

d'un dispositif occlusal temporaire pouvait entraîner des modifications dans l'équilibre postural des danseurs classiques professionnels. Néanmoins, dans cette étude le port de la gouttière a été d'une durée de 6 mois avec un port quotidien d'au moins 20 heures par jour. Après ces 6 mois, de nouveaux tests électromyographiques et kinesiographiques ont été réalisés et ont pu être comparés aux tests de départ. Dans cette étude il semble que l'utilisation d'un dispositif occlusal personnalisé a amélioré la coordination neuro-musculaire et la performance globale des danseurs.

Les résultats du Flamingo Balance Test, recueillis pour l'évaluation de l'équilibre, ont montré une amélioration de la capacité à maintenir l'équilibre pendant 60 s après l'application du dispositif intrabuccal.

A noter qu'ici, à l'inverse de notre étude, le dispositif recouvre la totalité de l'arcade mandibulaire et que ses contacts sont équilibrés sur l'ensemble des dents. L'objectif était d'avoir non pas une perturbation mais une optimisation de l'occlusion.

4.3. Force de l'étude

Un des points forts de cette étude (tout comme celle de Marini et al (36)) est l'intégration du système optoélectronique Vicon avec une plate-forme de force : le dispositif a permis une évaluation posturale cinématique et **dynamique**. L'étude publiée en 2018 par Mason et al (38) permet également de mesurer tout l'intérêt de ce type d'outil. En effet, cette étude vise à analyser la marche de 41 sujets avant et après mise en place d'un disjoncteur porté pendant 6 mois. C'est bien l'étude dynamique qui a montré une corrélation entre l'occlusion dentaire et la posture du corps. Les modifications ont été vues en dynamique mais pas en statique.

Peu d'études antérieures ont évalué les changements posturaux au moyen d'un système intégré d'instruments, mais seulement au moyen d'exams physiques, de photographies, de plateformes posturales ou d'EMG ; comme décrit dans la revue systématique publiée en 2009 par G. Perinetti & L. Contardo (39). L'analyse posturale effectuée dans cette étude a permis d'éviter les biais résultant de l'examen clinique dépendant de l'opérateur.

4.4. Multiplicité des méthodologies

Cette discussion est compliquée par la grande variété des méthodologies d'évaluation utilisées (examen physique, électromyographie, plateforme de force, photographies corporelles) dans les travaux de recherche menés au fil des ans. Cela influence la construction d'une base scientifique solide. De plus, certaines méthodologies ne font pas consensus dans la littérature scientifique.

4.4.1. Exemple de la plateforme stabilométrique

La plateforme stabilométrique est un outil fréquemment utilisé dans les études concernant le lien entre posture et occlusion.

Dans une étude publiée en 2012 Baldini et al. (40), les auteurs cherchent à évaluer si l'utilisation de plateforme stabilométrique est capable de démontrer une relation entre occlusion dentaire et posture chez des sujets sains.

Le protocole expérimental a été réalisé en effectuant une analyse posturographique et stabilométrique avec une plateforme. Les participants ont subi un examen de force ; il a été effectué dans les conditions suivantes : position de repos mandibulaire, les yeux ouverts et fermés ; position d'OIM, les yeux ouverts et fermés ; et enfin une position mandibulaire avec des rouleaux de coton placés en distal des canines mandibulaires et les yeux ouverts et fermés. Les sujets devaient rester aussi stables que possible, détendus, les bras le long du corps, et faire face à un mur sans se concentrer sur un point précis.

Un aparté peut être fait sur la vision. Les résultats de cette étude ont montré une corrélation importante et évidente entre le contrôle postural et la vision. Lors de la condition « yeux fermés » les sujets perdaient en stabilité posturale. A noter que cette relation n'était plus à démontrer mais admise dans la littérature scientifique. Dans notre étude, le choix a été fait de réaliser les différentes manipulations avec la condition « yeux fermés » afin d'éliminer ce paramètre.

Dans cette étude, la position mandibulaire a influencé le paramètre de zone de balancement, mais n'a pas influencé le paramètre de vitesse de balancement. L'influence de la position mandibulaire sur la zone de balancement semble faible ; de plus, les auteurs de l'étude concluent que les résultats ne sont pas complètement fiables en raison de la distribution des valeurs. Enfin, ils ont observé que la position du centre de pression (CoP) n'était pas influencée par des composants visuels ou occlusaux.

Les résultats obtenus ne sont pas à la hauteur des attentes des scientifiques. En effet, ces tests mettent surtout en valeur la corrélation qu'il y a entre le contrôle postural et la vision. Le fait de ne pas déséquilibrer le sujet sain, n'a peut-être pas été le meilleur choix pour voir une influence de l'occlusion sur la posture.

Dans une étude clinique menée par Bracco et al. (41) sur un échantillon de 95 sujets sains, des analyses posturométriques et stabilométriques ont également été effectuées avec une plateforme de force pour étudier l'influence de trois positions mandibulaires sur la posture corporelle. Pour chaque sujet, trois enregistrements différents ont été effectués : le premier en OIM, le second avec les rouleaux de coton en position de repos et le troisième avec orthèse positionnant la mandibule en position myocentrique. La position myocentrique est établie par la trajectoire neuromusculaire qui est, le plus souvent, à 1 ou 2 millimètres de fermeture verticale de la position physiologique de repos. La trajectoire neuromusculaire est un trajet de fermeture isotonique induit de la mandibule à partir de la position de repos physiologique, qui se produit lorsque les muscles posturaux et masticateurs sont simultanément à leur longueur de repos et en tonus équilibré les uns par rapport aux autres. C'est donc une position qui se réfère aux muscles. Elle est obtenue par la technique de neurostimulation électrique transcutanée (TENS), selon Jankelson. La TENS a été fournie par un myo moniteur et est contrôlée à l'aide d'un scanner de la mandibule. Chaque sujet subit la TENS durant au moins 45 secondes, lorsque la position mandibulaire est stable et qu'il y a un bon équilibre musculaire, la position myocentrique est trouvée. Elle est enregistrée par l'intermédiaire d'une empreinte réalisée avec de la résine acrylique qui permet ensuite la fabrication d'une cale

intra-buccale. Néanmoins il faut noter la position myocentrique n'est pas une position de référence stable. La technique de TENS permet de retrouver cette position mais les différentes manipulations effectuées sont opérateur dépendant.

Tous les sujets ont présenté des variations statistiquement significatives de la posture du corps avec des positions mandibulaires différentes selon l'indice d'asymétrie et la position du CoP sur les axes X et Y, ce résultat contraste avec les résultats de la précédente étude, qui n'a pas révélé une influence des différentes positions mandibulaires sur les valeurs CoP.

Les résultats semblent appuyer l'observation selon laquelle les différentes relations entre les mâchoires impliquent des différences dans la posture du corps et l'analyse statistique a montré que ces variations étaient très pertinentes.

Ces deux études ont utilisé des outils similaires, à savoir la plateforme de force et ont toutes les deux mesuré le centre de pression (CoP) ; néanmoins, les auteurs ont conclu à des résultats différents.

Des lors, Baldini et al. arrivent à la conclusion que la plateforme utilisée dans leur recherche n'est probablement pas en mesure de détecter clairement cette relation. Ils concluent que les études futures devraient se concentrer sur l'élaboration de nouveaux protocoles expérimentaux fondés, par exemple, sur l'analyse 3D pour vérifier clairement la corrélation entre l'occlusion dentaire et la posture ; outil utilisé dans notre étude.

5. Conclusion

Cette étude préliminaire a montré ses limites et n'a pas permis de valider notre hypothèse première. Néanmoins elle a permis de nous interroger et de nous conforter sur les protocoles à suivre dans de prochaines études. Comme énoncé plus haut, une piste d'amélioration de ce protocole réside dans la réalisation de cale occlusale qui permettrait de perturber l'occlusion sans pour autant créer une consigne supplémentaire pour le sujet.

En multipliant les études, les méthodologies s'affinent afin d'obtenir dans le futur des résultats fiables et reproductibles.

BIBLIOGRAPHIE

1. Nicot R. Étiopathogénie des dysfonctions temporomandibulaires. EMC-chirurgie orale et maxillo faciale. 2020;33(4).
2. Orthlieb JD, Ré JP, Jeany M, Giraudeau A. Articulation temporo-mandibulaire, occlusion et bruxisme. Revue de Stomatologie, de Chirurgie Maxillo-faciale et de Chirurgie Orale. 2016;117(4):207-11.
3. Gasq DD. Physiologie du contrôle postural orthostatique. Cours de DES national MPR Module 3 – Toulouse – Février 2022.
4. Carini F, Mazzola M, Fici C, Palmeri S, Messina M, Damiani P, et al. Posture and posturology, anatomical and physiological profiles: overview and current state of art. Acta Biomed. 2017;88(1):11-6.
5. Bricot B. La reprogrammation posutrale globale. SAURAMPS MEDICAL. 2020. 432 p. (ENSEIGN MEDICAL).
6. R.Kandel E, Schwartz JH, Jessell TM, Steven A. Siegelbaum, A. J. Hudspeth. Posture. In: Principles of Neural Science. Fifth Edition. New York, NY: McGraw-Hill Education; 2014.
7. Hanh TL. Rôle de la convergence oculomotrice dans le contrôle de la posture. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'université Paris VI-Pierre et Marie Curie Curie. 2013
8. Rogers JH. Romberg and his test. J Laryngol Otol. 1980;94(12):1401-4.
9. Graf W, Klam F. Le système vestibulaire : anatomie fonctionnelle et comparée, évolution et développement. Comptes Rendus Palevol. 2006;5(3-4):637-5
10. Goïc ML. Etude du contrôle postural chez l'homme : analyse des facteurs neurophysiologiques, biomécaniques et cognitifs, impliqués dans les 500 premières millisecondes d'une chute. Thèse présentée à l'université Paris Descartes pour obtenir le grade de Docteur, spécialité : neuroscience. 2013.
11. Memari S. Ajustements posturaux consécutifs lors d'un Pas Simple : effets de la vitesse et du frottement. Thèse de Doctorat, Université Paris Sud; 2011.

12. Bellinghen XV. Nanomedecine régénérative de l'articulation temporo-mandibulaire. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Strasbourg. 2019
13. Bonnefoy C, Chikhani L, Dichamp J. Anatomie descriptive et fonctionnelle de l'articulation temporo-mandibulaire. Actual Odonto-Stomatol. 2013;(265):4-18.
14. Orthlieb JD, Brocard D, Maniere-Ezvan A. Occlusodontie pratique. CdP. (JPIO). 2006.
15. Gangloff P. Influence de la proprioception cranio-faciale sur le contrôle postural et la stabilisation du regard. :114. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy 1. 2002
16. Dupas P.hubert. Le dysfonctionnement cranio-mandibulaire : comment le diagnostiquer et le traiter. CdP. Paris; 2011. 279 p.
17. Boileau MJ, Sampeur-Tarrit M, Bazert C. Physiologie et physiopathologie de la mastication. EMC, chirurgie orale et maxillo-faciale ;2006 ;
18. Clauzade M. Orthoposturodentologie. Actual Odonto-Stomatol. 2007;(240):387-405.
19. Manfredini D, Castroflorio T, Perinetti G, Guarda-Nardini L. Dental occlusion, body posture and temporomandibular disorders: where we are now and where we are heading for. Journal of Oral Rehabilitation. 2012;39(6):463-71.
20. Gangloff P, Louis JP, Perrin PP. Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects. Neuroscience Letters. 2000;293(3):203-6.
21. Milani RS, De Perière DD, Lapeyre L, Pourreyron L. Relationship Between Dental Occlusion and Posture.18(2):127-34; The journal of Craniomandibular & Sleep; 2000.
22. Bracco P, Deregibus A, Piscetta R, Ferrario G. Observations on the Correlation Between Posture and Jaw Position: A Pilot Study. 1998;16(4):252-8.
23. Pinganaud G, Bourcier F, Buisseret-Delmas C, Buisseret P. Primary trigeminal afferents to the vestibular nuclei in the rat: existence of a collateral projection to the vestibulo-cerebellum. Neuroscience Letters. 1999;264(1-3):133-6.

24. Gangloff P, Perrin PP. Unilateral trigeminal anaesthesia modifies postural control in human subjects. *Neuroscience Letters*. 2002;330(2):179-82.
25. Guide-pratique-tech-V1.pdf [Internet]. Disponible sur: <https://sofpel.com/wp-content/uploads/2018/02/Guide-pratique-tech-V1.pdf>
26. FUSYO [Internet]. Medicateurs. Disponible sur: <https://www.medicapteurs.com/produits/fusyo/>
27. Lacouture P, Fradet L, Monnet T. La mesure du mouvement humain. 2014.
28. Sarcher A. Mouvements du membre supérieur chez les enfants hémiplésiques spastiques : analyse cinématique et électromyographique. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de maîtrise des sciences appliquées. Polytechnique Montreal; 2014.
29. Analyse du mouvement humain à l'aide d'un système de capture de mouvement [Internet]. Disponible sur: <https://core.ac.uk/download/pdf/51340406.pdf>
30. Guérin P, Chabane N, Bruneau N. Le Comité Scientifique de l'arapi. 2015;71.
31. Boisgontier MP, Mignardot JB, Nougier V, Olivier I, Palluel E. Attentional cost of the executive functions involved in postural control. *Science & motricité : Revue scientifique de l'Association des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives*. 2011;(74):53-64.
32. Fiche thématique : les fonctions cognitives [Internet]. Centre ressource réhabilitation. 2022 Disponible sur: <https://centre-ressource-rehabilitation.org/fiche-thematique-les-fonctions-cognitives>
33. Vuillerme N, Nougier V, Teasdale N. Effects of a reaction time task on postural control in humans. *Neuroscience Letters*. 2000;291(2):77-80.
34. Vuillerme N, Nafati G. How attentional focus on body sway affects postural control during quiet standing. *Psychological Research*. 2007;71(2):192-200.
35. Rankin JK, Woollacott MH, Shumway-Cook A, Brown LA. Cognitive Influence on Postural Stability: A Neuromuscular Analysis in Young and Older Adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2000;55(3):M112-9.
36. Marini I, Gatto MR, Bartolucci ML, Bortolotti F, Bonetti GA, Michelotti A. Effects of experimental occlusal interference on body posture: an

- optoelectronic stereophotogrammetric analysis. *J Oral Rehabil.* 2013;40(7):509-18.
37. Didier H, Assandri F, Gaffuri F, Cavagnetto D, Abate A, Villanova M, et al. The Role of Dental Occlusion and Neuromuscular Behavior in Professional Ballet Dancers' Performance: A Pilot Study. *Healthcare.* 2021;9(3):251.
 38. Mason M, Spolaor F, Guiotto A, De Stefani A, Gracco A, Sawacha Z. Gait and posture analysis in patients with maxillary transverse discrepancy, before and after RPE. *International Orthodontics.* 2018;16(1):158-73.
 39. Perinetti G, Contardo L. Posturography as a diagnostic aid in dentistry: a systematic review. *Journal of Oral Rehabilitation.* 2009;36(12):922-36.
 40. Baldini A, Nota A, Tripodi D, Longoni S, Cozza P. Evaluation of the correlation between dental occlusion and posture using a force platform. *Clinics (Sao Paulo).* 2013;68(1):45-9.
 41. Bracco P, Deregibus A, Piscetta R. Effects of different jaw relations on postural stability in human subjects. *Neuroscience Letters.* 2004;356(3):228-30.

Table des illustrations

<i>Figure 1 : La position orthostatique (5).....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 2 : Le système vestibulaire (9).....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 3 : Systèmes sensoriels impliqués dans la régulation des activités posturo-cinétiques (10).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 4 : Contrôle nerveux de la mastication (17).....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 5 : Plateforme couplée posturographie et baropodométrie Fusyo 3(26).....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 6 : Données obtenues sur une plateforme stabilométrique; Logiciel Fusyo (26).....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 7 : Schématisation d'une plateforme de force (27)</i>	<i>27</i>
<i>Figure 8 : a : électrodes ; b : électrodes posées sur un sujet (28).....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 9 : Signal électromyographiques d'un sujet lors d'un mouvement d'extension / flexion du bras (28)</i>	<i>29</i>
<i>Figure 10 : Thermoformage de la gouttière (image personnelle)</i>	<i>32</i>
<i>Figure 11 : Feuille de polyéthylène (image personnelle)</i>	<i>32</i>
<i>Figure 12 : feuille de polyéthylène thermoformée sur le modèle (image personnelle).....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 13 : Découpe de la cale (image personnelle)</i>	<i>33</i>
<i>Figure 14 : Cale occlusale mandibulaire (image personnelle)</i>	<i>33</i>
<i>Figure 15 : Plateforme de force (image personnelle)</i>	<i>34</i>
<i>Figure 16 : Marqueurs placés sur les articulations (image personnelle)</i>	<i>36</i>
<i>Figure 17 : Image obtenue de la modélisation 3D du corps avec le logiciel Mokka (image personnelle)..</i>	<i>37</i>
<i>Figure 18 : Schéma initiation à la marche ; P=posture debout ; APA=phase des ajustements posturaux anticipateurs ; PO=phase oscillante correspondant à l'exécution du premier pas. (30)</i>	<i>38</i>

Table des tableaux

<i>Tableau 1 : Principales anomalies de l'occlusion.....</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 2 : Tableau récapitulatif des tâches</i>	<i>39</i>

ANNEXE

Tableaux des résultats :

Test unipodal sans cale dents serrées yeux fermés (SC-DS-YF)

Sujet 1

Première acquisition

Kistler-4524320 Force			Kistler-4524320 Moment			Kistler-4524320 CoP		
Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Cx	Cy	
N	N	N	N.mm	N.mm	N.mm	Mm	Mm	
3,49	1,62	-601,68	26310,50	-65092,72	341,85	91,57	1467,04	Moyenne
8,52	4,15	88,96	7891,63	11491,60	831,84	11,44	14,99	Ecart-type
39,82	18,61	-316,69	45936,8	-35529,4	4072,59	120,47	1511,55	Max
-39,07	-14,72	-698,79	276,66	-87567,5	-3385,4	61,99	1430,57	Min

Deuxième acquisition

Kistler-4524320 Force			Kistler-4524320 Moment			Kistler-4524320 CoP		
Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Cx	Cy	
N	N	N	N.mm	N.mm	N.mm	Mm	Mm	
3,14	1,69	-614,22	20723,35	-68891,59	265,04	88,26	1477,80	Moyenne
10,20	6,56	81,16	8561,84	12766,7	160,52	12,40	16,93	Ecart-type
41,05	75,93	-186,32	56308,5	-18550,1	8404,34	128,23	1569,41	Max
-44,81	-30,56	-833,61	-29160,7	-116275	58,27	58,27	1418,84	Min

Sujet 2

Première acquisition

Kistler-4524320 Force			Kistler-4524320 Moment			Kistler-4524320 CoP		
Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Cx	Cy	
N	N	N	N.mm	N.mm	N.mm	Mm	Mm	
1,69	1,61	-591,17	22854,15	-25420,32	461,88	155,98	1474,59	Moyenne
9,81	6,89	66,22	18489,58	19019,96	1464,10	32,89	30,92	Ecart-type
58,41	40,69	-271,68	72871,5	12017,4	8026,33	220,87	1540,44	Max
-58,05	-61,15	-799,58	-11477,1	-63988,9	-8856,22	103,62	1390,85	Min

Deuxième acquisition

Kistler-4524320 Force			Kistler-4524320 Moment			Kistler-4524320 CoP		
Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Cx	Cy	
N	N	N	N.mm	N.mm	N.mm	Mm	Mm	
5,45	1,33	-558,55	14621,13	-47526,79	518,93	114,76	1486,53	Moyenne
8,61	4,82	106,24	10995,37	10299,80	1215,28	12,02	20,17	Ecart-type
46,65	22,57	0	46584,3	0	5848,42	200	1549,13	Max
-38,16	-19,82	-637,81	-19552,4	-63442,8	-6542,41	61,71	1340,22	Min

Test unipodal avec cale yeux fermés (AC – YF)

Sujet 1

Première acquisition

Kistler-4524320 Force			Kistler-4524320 Moment			Kistler-4524320 CoP		
Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Cx	Cy	
N	N	N	N.mm	N.mm	N.mm	Mm	Mm	
1,45	1,56	- 633,36	18644,01	- 69481,76	370,66	90,26	1482,51	Moyenn e
5,34	3,61	13,27	6927,61	5753,02	648,72	8,77	11,12	Ecart- type
25,38	13,55	- 465,46	36368,4	- 51359,4	2590,13	116,01	1513,33	Max
- 22,37	- 10,82	- 661,32	- 845,007	- 83349,8	- 2159,71	69,66	1452,46	Min

Deuxième acquisition

Kistler-4524320 Force			Kistler-4524320 Moment			Kistler-4524320 CoP		
Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Cx	Cy	
N	N	N	N.mm	N.mm	N.mm	Mm	Mm	
2,77	1,40	- 616,11	13132,14	- 68655,55	396,16	88,59	1490,10	Moyenn e
7,35	3,96	64,10	6639,73	9129,56	732,60	8,82	11,80	Ecart- type
30,65	16,90	- 307,44	30976,7	-33615	3361,15	116,31	1528,33	Max
- 16,29	- 13,64	- 658,36	- 10266,1	- 82684,4	- 1993,85	68,9546	1461,72	Min

Sujet 2

Première acquisition

Kistler-4524320 Force			Kistler-4524320 Moment			Kistler-4524320 CoP		
Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Cx	Cy	
N	N	N	N.mm	N.mm	N.mm	Mm	Mm	
2,53	0,85	- 565,56	- 4088,61	- 56460,14	281,37	99,70	1520,88	Moyenne
5,10	3,12	101,68	8590,79	10479,94	721,76	8,36	16,69	Ecart-type
24,99	13,04	- 268,17	25297,4	- 26926,3	3940,41	120,48	1564,65	Max
-14,80	-18,41	- 640,76	- 31599,1	- 72071,2	- 2516,41	80,35	1471	Min

Deuxième acquisition

Kistler-4524320 Force			Kistler-4524320 Moment			Kistler-4524320 CoP		
Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Cx	Cy	
N	N	N	N.mm	N.mm	N.mm	Mm	Mm	
2,12	0,84	- 587,04	308,81	- 59146,12	394,04	99,07	1511,70	Moyenne
5,53	3,48	67,20	7287,56	9099,35	701,94	11,03	12,34	Ecart-type
24,15	13,13	- 303,08	20753,1	-31932,2	4371,66	125,87	1536,44	Max
- 17,85	- 17,30	- 638,32	- 14813,1	-72916,8	- 1976,37	78,12	1478,57	Min

Tableau récapitulatif avec cale vs sans cale

Kristler-45243	Kristler-45243
Fx	Fx
N	N
1,69632408	2,53657155
9,819838	5,09834794
58,4115	24,9947
-58,0536	-14,801

Impact d'une perturbation de l'occlusion sur la posture : étude préliminaire /
Myriam Houmali. - p. 59; ill. 18; réf. 41.

Domaines : Occlusodontie

Mots clés Libres :

Occlusion ; articulation temporo-mandibulaire ; posture

Contexte : Les dysfonctions temporo-mandibulaires sont un problème de santé publique. Afin d'améliorer leur prise en charge, les connaissances sur l'articulation temporo-mandibulaires et ses interrelations avec le reste du corps sont indispensables. A ce jour, le lien entre l'occlusion et la posture fait l'objet de grands débats ; en dépit de la multiplicité des études à ce sujet, aucun consensus n'est apparu dans la littérature scientifique.

La posture, état d'équilibre du corps dans son environnement, est maintenue grâce aux différentes informations apportées par le système visuel, vestibulaire et le système proprioceptif périphérique. Qu'en est-il de l'articulation temporo-mandibulaire et de l'occlusion ?

Objectifs : Déterminer à travers une étude préliminaire si une perturbation de l'occlusion est à l'origine d'une perturbation de la posture.

Matériel et méthode : Une perturbation de l'occlusion est matérialisée à travers le port d'une cale occlusale mandibulaire.

Les sujets, sans le port de la cale occlusale puis avec, ont réalisé deux tâches afin d'évaluer l'évolution de leur stabilité posturale durant :

- L'initiation à la marche
- Le maintien en appui unipodal.

Les données ont été récoltées à l'aide d'un système opto-électronique synchronisé à une plateforme de force.

Résultats et conclusion : Le protocole réalisé n'a pas permis de valider l'hypothèse de départ. Le port du dispositif a permis de stabiliser la posture des sujets durant les différentes tâches effectuées.

Cette étude a montré ses limites. La méthodologie appliquée dans ce travail a révélé un biais important ; celui de la double tâche. Une étude à plus grande échelle, prenant en compte les pistes d'amélioration décelées dans cette étude est désormais nécessaire pour démontrer les relations entre l'occlusion et la posture.

JURY :

Président :

Monsieur le Professeur Thomas Colard

Assesseurs :

Madame le Docteur Mathilde Savignat

Monsieur le Docteur Thibault Becavin

Monsieur le Docteur Maxime Bedez