

Influence de l'occlusion dentaire sur le contrôle de la posture corporelle : comparaison de la normocclusion et de la malocclusion

Gaëlle Cabon

▶ **To cite this version:**

Gaëlle Cabon. Influence de l'occlusion dentaire sur le contrôle de la posture corporelle : comparaison de la normocclusion et de la malocclusion. Chirurgie. 2017. dumas-01702251

HAL Id: dumas-01702251

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01702251

Submitted on 6 Feb 2018

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

ACADEMIE d'AIX-MARSEILLE

Influence de l'occlusion dentaire sur le contrôle de la posture corporelle : comparaison de la normocclusion et de la malocclusion

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 07 décembre 2017

par

CABON Gaëlle
née le 23 août 1993
à MARSEILLE

Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président	: Monsieur le Professeur	J.D. ORTHLIEB
Assesseurs	: Monsieur le Professeur	M. RUQUET
	Madame le Docteur	A. GIRAUDEAU
	Monsieur le Docteur	J.P. RÉ

ACADEMIE d'AIX-MARSEILLE

Influence de l'occlusion dentaire sur le contrôle de la posture corporelle : comparaison de la normocclusion et de la malocclusion

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 07 décembre 2017

par

CABON Gaëlle
née le 23 août 1993
à MARSEILLE

Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président	: Monsieur le Professeur	J.D. ORTHLIEB
Assesseurs	: Monsieur le Professeur	M. RUQUET
	Madame le Docteur	A. GIRAUDEAU
	Monsieur le Docteur	J.P. RÉ

Faculté d'Odontologie
Aix*Marseille Université

ADMINISTRATION

(mise à jour décembre 2017)

DOYENS HONORAIRES	Professeur	R. SANGIUOLO
	Professeur	H. ZATTARA
	Professeur	A. SALVADORI
DOYEN	Professeur	J. DEJOU
VICE – DOYEN CHARGÉ DES ENSEIGNEMENTS DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE FORMATION INITIALE	Professeur	J.D. ORTHLIEB
VICE – DOYEN CHARGÉ DE LA RECHERCHE DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE LA RECHERCHE	Professeur	C. TARDIEU
DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE FORMATION CONTINUE	Professeur	V. MONNET-CORTI
CHARGÉS DE MISSION	Professeur	F. BUKIET
	Professeur	A. RASKIN
RESPONSABLE DES SERVICES ADMINISTRATIFS	Madame	C. BONNARD
PROFESSEUR ÉMÉRITE	Professeur	O. HUE

LISTE DES ENSEIGNANTS

56ème SECTION : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

56.01 ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE ET ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE

Professeur	C. TARDIEU *	Assistant	I. BLANCHET
Maître de Conférences	D. BANDON	Assistant	V. MAGNAN
Maître de Conférences	A. CHAFAIE	Assistant	N. RENOU
Maître de Conférences associé	A. CAMOIN		

ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Maître de Conférences	J. BOHAR	Assistant	M. BARBERO
Maître de Conférences	E. ERARD	Assistant	I. CAMBON
Maître de Conférences	J. GAUBERT	Assistant	L. LEVY
Maître de Conférences	M. LE GALL *	Assistant	R. MATTERA
Maître de Conférences	C. PHILIP-ALLIEZ	Assistant	C. MITTLER
		Assistant	A. PATRIS-CHARRUET

56.02 PRÉVENTION - ÉPIDÉMIOLOGIE - ÉCONOMIE DE LA SANTÉ - ODONTOLOGIE LÉGALE

Professeur	B. FOTI *	Assistant	J. SCIBILIA
Maître de Conférences	D. TARDIVO		

* Responsable de la discipline

57ème SECTION :
CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

57.01 CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

PARODONTOLOGIE

Professeur	V. MONNET-CORTI *	Assistant	A. BOYER
		Assistant	C. DUMAS
		Assistant	V. MOLL
		Assistant	A. MOREAU

CHIRURGIE BUCCALE – PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE - ANESTHÉSIOLOGIE – RÉANIMATION

Maître de Conférences	D. BELLONI	Assistant	E. QUINQUE
Maître de Conférences	J. H. CATHERINE *		
Maître de Conférences	P. ROCHE-POGGI		
Maître de Conférences associé	F. CAMPANA		

BIOLOGIE ORALE

Maître de Conférences	P. LAURENT	Assistant	C. LE FOURNIS

65EME SECTION : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeur I. ABOUT * (Responsable de la Biologie orale)

58ème SECTION :
REHABILITATION ORALE

58.01 RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTION-DYSFONTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX

ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Professeur	F. BUKIET *	Assistant	B. BALLESTER
Professeur	H. TASSERY	Assistant	H. DE BELENET
Maître de Conférences	G. ABOUDHARAM	Assistant	A. FONTES
Maître de Conférences	C. PIGNOLY	Assistant	M. GLIKPO
Maître de Conférences	L. POMMEL	Assistant	S. MANSOUR
Maître de Conférences	E. TERRER	Assistant	L. ROLLET
Maître de Conférences associé	M. GUIVARC'H		

PROTHÈSE

Professeur	M. RUQUET *	Assistant	M. DODDS
Maître de Conférences	G. LABORDE	Assistant	N. CHAUDESAYGUES
Maître de Conférences	M. LAURENT	Assistant	A. FERDANI
Maître de Conférences	B.E. PRECKEL	Assistant	C. MENSE
Maître de Conférences	G. STEPHAN	Assistant	C. NIBOYET
Maître de Conférences	P. TAVITIAN	Assistant	A. REPETTO
Maître de Conférences	A. TOSELLO	Assistant	A. SETTE
Maître de Conférences associé	R. LAN		
Maître de Conférences associé	G. MAILLE		

SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTOLOGIE, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Professeur	J. DEJOU	Assistant	M. JEANY
Professeur	J. D. ORTHLIEB *		
Professeur	A. RASKIN		
Maître de Conférences	A. GIRAUDEAU		
Maître de Conférences	B. JACQUOT		
Maître de Conférences	J. P. RÉ		
Maître de Conférences associé	T. GIRAUD		

***** Responsable de la discipline

A mon Président de jury,
Monsieur le Professeur J.D. Orthlieb,
Professeur des Universités,
Praticien Hospitalier.

Je vous remercie de me faire l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.
Vous représentez pour moi un modèle d'enseignement, par votre présence,
votre écoute et votre disponibilité envers vos étudiants.
Veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma sincère reconnaissance.

A mon jury de thèse,
Monsieur le Professeur M. Ruquet,
Professeur des Universités,
Praticien Hospitalier

Vous représentez pour moi un enseignant pédagogue, à la fois d'être proche de ses élèves tout en leur transmettant vos connaissances.
C'est un honneur pour moi que vous ayez accepté de siéger pour mon jury de thèse.

A ma Directrice de Thèse,
Le Docteur A. Giraudeau,
Maître de Conférences des Universités,
Praticienne Hospitalière.

Vous m'avez fait un grand honneur en acceptant la direction de cette thèse.
J'ai réellement apprécié travailler à vos côtés durant toutes ces années de pratique hospitalière.
Vous m'avez suivie tout au long de mon cursus. Je vous remercie pour l'ensemble des connaissances que vous m'avez apportées et la passion que vous m'avez transmise, non seulement pour le métier mais également pour votre discipline.
Je vous remercie également pour votre aide dans la réalisation de ce projet. Vous m'avez accompagnée jusqu'au bout, par vos conseils et votre disponibilité, et je vous en suis reconnaissante.

Merci

A mon jury de thèse,
Monsieur le Docteur J.P. Ré,
Maître de Conférences des Universités,
Praticien Hospitalier

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.
Ayant eu peu de vacations cliniques avec vous, je me rappelle l'ensemble des cours magistraux et des travaux pratiques que vous avez dirigés.
Vous avez su nous transmettre votre savoir, dès les premières années, dans la bonne humeur et le calme.
Les TP d'occlusodontologie resteront pour moi un très bon souvenir à la fois comme élève mais également comme encadrante (au cours de ma quatrième année). Vous m'avez fait découvrir l'enseignement.

Merci beaucoup

Table des matières

I. Introduction 1

II. Revue de littérature 2

II.1. Définitions 2

II.1.1. L'occlusion dentaire 2
II.1.2. Le contrôle postural 3

II.2. Revues de littérature 5

II.2.1. Rappels des précédentes bibliographies 5
II.2.2. Mise à jour de la littérature 6

II.2.2.a. 1er objectif de la revue de littérature 8

1. Relation entre la position mandibulaire et la posture 8
2. Relation entre activité musculaire et posture 12
3. Relation entre céphalométrie et posture 17
4. Effet de l'occlusion sur la posture 19

II.2.2.b. 2ème objectif de la revue de littérature 25

II.2.2.c. 3ème objectif de la revue de littérature 26

1. La méthode d'analyse de la posture 27
2. Méthode d'évaluation de l'occlusion 34
3. Conclusion sur la pertinence des conditions d'étude 35

III. Matériels et méthodes 37

III. 1. Echantillon 37

III.1.1. Groupe en normocclusion (groupe témoin) 38
III.1.2. Groupe présentant des anomalies occlusales (groupe cas) 39

III. 2. Matériel 40

III. 2.1. Pour la pré-sélection des sujets 40
III. 2.2. Pour l'examen clinique postural 40
III. 2.3. Pour l'examen clinique occlusal 40
III. 2.4. Pour les tests posturaux 41

III. 3. Méthode 43
III.3.1. La sélection de l'échantillon 43
III.3.2. Les tests posturaux 45

III. 4. Recueil des données 50
III.4.1. Conditions expérimentales 50
III.4.2. Données posturales (brutes puis traitées et enfin normalisées) 50

III. 5. Gestions statistiques 52
III.5.1. Répétabilité des données en situation de stabilité 52
III.5.2. Comparaison de la régulation posturale entre les sujets en malocclusion et en normocclusion en situation de stabilité 53
III.5.3. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural, au sein d'un même groupe en situation de stabilité 54
III.5.4. Comparaison de l'influence du type d'occlusion (normocclusion/malocclusion) sur le contrôle postural en situation d'instabilité (application des vibrateurs) 55
III.5.5. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires (occlusion/inocclusion) sur le contrôle postural, en situation d'instabilité (application des vibrateurs) 56

IV. Résultats 57

IV.1. Répétabilité des données en situation de stabilité 57

IV.2. Comparaison de la régulation posturale entre les sujets en malocclusion et en normocclusion en situation de stabilité 57

IV.2.1 Test de Mann-Withney 57
IV.2.2 Statistiques de bloc 58

IV.3. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural, au sein d'un même groupe en situation de stabilité 58

IV.3.1. Test de Wilcoxon 58
IV.3.2. Statistiques de bloc 59

V.4. Comparaison de l'influence du type d'occlusion (normocclusion/malocclusion) sur le contrôle postural en situation d'instabilité (application des vibrateurs) 60

IV.5. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires (occlusion/inocclusion) sur le contrôle postural en situation d'instabilité (application des vibrateurs) 60

IV.5.1. Test de Wilcoxon 60
IV.5.2. Statistiques de bloc 60

V. Discussion 62

V.1. Analyse des résultats 62
V.1.1. Répétabilité des données en situation de stabilité 62

V.1.2. Comparaison de la régulation posturale entre les sujets en malocclusion et normocclusion en situation de stabilité 63
V.1.3. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural, au sein d'un même groupe en situation de stabilité 64
V.1.4. Comparaison de l'influence du type d'occlusion (normocclusion/malocclusion) sur le contrôle postural en situation d'instabilité (application des vibrateurs) 65
V.1.5. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires (occlusion/inocclusion) sur le contrôle postural en situation d'instabilité (application des vibrateurs) 65

V.2. Choix des paramètres posturaux et des positions mandibulaires étudiés 66

V.2.1. Choix de la méthode d'analyse de la posture et des paramètres posturaux étudiés 66
V.2.2. Choix de la méthode d'analyse de l'occlusion et des positions mandibulaires étudiées 67

V.3. Choix des conditions expérimentales 68

V.3.1. Durée des tests 68
V.3.2. Tests avec et sans vision ; avec et sans vibrateurs 68
V.3.3. Présence d'un groupe contrôle 68

V.4 Perspectives 69

IV. Conclusion 70

Bibliographie I

I. Introduction

La relation entre l'occlusion dentaire et la posture corporelle est un sujet complexe. Etudiée depuis les années 1980, cette relation fait l'objet de peu de consensus (12) (6).

La disparité des résultats peut s'expliquer par la multitude de protocoles utilisés par les auteurs et leur manque de rigueur. Ces protocoles semblent présenter des faiblesses : absence de calcul préalable de la taille des échantillons, absence de prise en compte du contexte occlusal (avec ou sans trouble occlusal), disparité des moyens d'analyse de la posture et de l'occlusion (plateforme de force, dispositifs intra-oraux), choix non expliqué des paramètres d'étude, méthode d'analyse des résultats peu expliquée.

Pour éviter les conclusions originales, il apparaît nécessaire d'améliorer ces protocoles cliniques, afin d'évaluer le rôle réel de l'occlusion dentaire sur le contrôle postural.

Notre travail se positionne dans la continuité de la thèse de Céline Boulanger en 2014 (17), de Kelly Berdah en 2015 (18) et de Mélanie Joinnet en 2016 (19).

Le travail de Céline Boulanger (17) a permis de mettre en place un protocole d'étude rigoureux dans l'étude de la relation entre occlusion et posture, Kelly Berdah (18) a assuré sa mise en œuvre et Mélanie Joinnet en a exploité les résultats.

Mélanie Joinnet (19) conclut dans sa thèse que :

- « L'occlusion semble jouer un rôle sur la stabilité posturale même si ce rôle ne semble pas déterminant »,
- La malocclusion est plus instable que la normocclusion, les sujets en béance étant moins stables que les sujets en normocclusion,
- Les résultats sont influencés par le protocole.

L'objectif de notre travail est donc **triple**.

- Faire un état des connaissances actuelles sur la relation entre l'occlusion et la posture. Y-a-t-il un meilleur consensus ? Quel est le niveau de preuve des études ? Quels sont les paramètres d'études les plus pertinents ?

- Refaire des tests de stabilométrie statique, pour infirmer ou confirmer les résultats de Mélanie Joinnet (19) tout en essayant d'améliorer le protocole clinique. Il s'agit d'augmenter le nombre de sujets en malocclusion, de réaliser tous les tests à 51.2s, 51.2s étant la durée conseillée par l'Association Française de Posturologie (AFP) et de faire des tests de répétabilité à 51,2s (et non à 25s) avant d'exploiter les résultats, de coupler la plateforme de force à un EMG et à des vibrateurs, de retirer certaines conditions expérimentales inappropriées. Pour les EMG nous utiliserons des petites électrodes plus légères facilitant les enregistrements au niveau du temporal, du masseter et du SCM.

- Enfin pour l'analyse des données de la plateforme, analyser les données associées des EMG et vibrateurs.

II. Revue de littérature

II.1. Définitions

L'objectif de cette thèse étant d'étudier l'influence de l'occlusion dentaire sur le contrôle de la posture corporelle, nous allons définir ces termes.

II.1.1. L'occlusion dentaire

L'occlusion dentaire se définit comme « un état statique correspondant à tous les états possibles d'affrontements réciproques de deux arcades dentaires. Il existe ainsi un grand nombre de positions mandibulaires d'occlusion parmi lesquelles la plus stabilisante est l'occlusion d'intercuspidie maximale (OIM) » (13).

L'OIM est *une* référence occlusale. Cette position est celle réalisée lors de la déglutition, du bruxisme par crispation ou en fin de cycle de mastication lors de la déglutition. Elle se définit comme la position « où le rapport dentaire se caractérise par le maximum de contacts inter dentaires » (13).

L'occlusion dentaire peut se caractériser par différents rapports d'occlusion. Le rapport d'occlusion est la façon dont les arcades mandibulaires et maxillaires vont s'affronter.

On distingue :

- **La normocclusion** : c'est un « modèle de référence définissant l'occlusion idéale » (14). Il s'agit d'un modèle parfait de rapport d'occlusion tant au niveau statique que dynamique. Ce dernier « n'est pratiquement jamais retrouvé naturellement » (14) au sein de la population.

- **L'occlusion fonctionnelle** : « elle est caractérisée par des rapports d'occlusion proche de la normocclusion, respectant les caractères généraux des fonctions occlusales physiologiques (centrage, calage, guidage) » (14).

Il s'agit donc d'une occlusion centrée (en légère antéposition par rapport à la relation centrée), calée (grâce à l'affrontement de plusieurs couples de dents antagonistes) et guidée (sans anomalies d'interférences ou de verrouillage antérieur) (14).

- **La malocclusion fonctionnelle** : dans ce cas, on parle de malocclusion car les rapports d'occlusion mettent en évidence des anomalies occlusales (décentrage, insuffisance de calage postérieur) (14) *mais* ces dernières ne sont pas responsables « d'atteinte structurelle » (14) ou de difficulté fonctionnelle de la part du patient. D'où le terme de fonctionnelle.

- **La malocclusion pathogène** : « c'est une occlusion naturelle ou iatrogène, présentant des anomalies dépassant le potentiel d'adaptation du sujet (…) et pouvant contribuer, déclencher ou entretenir des troubles structurels ou dysfonctionnels. » (14).

Dans notre étude, par soucis de simplification, nous parlerons de « normocclusion » et de « malocclusion ».

II.1.2. Le contrôle postural

Le **contrôle postural** se définit comme « la capacité à maintenir l'équilibre dans un champs gravitationnel en maintenant ou en renvoyant le centre de masse corporelle sur la base de support. Les humains debout, non soutenus, sont en équilibre instable, ou en équilibre, parce que la force de gravité doit être combattu continuellement par l'énergie musculaire » (15).

Les **niveaux de contrôle**. On distingue quatre niveaux de contrôle postural (16) :

- *La lutte antigravitaire*. Il s'agit de « l'ensemble des mécanismes (…) permettant de lutter contre l'action de la gravité » (16) (force dirigée vers le bas, proportionnelle à la masse).

Cette lutte est réalisée par la contraction des muscles dit « antigravitaires » (16) (muscle permettant l'extension).

- *L'équilibration* intervient dès lors que notre état d'équilibre est perturbé (lors d'un déplacement notamment).

Un ajustement postural est nécessaire pour maintenir l'équilibre. Il s'agit de rapprocher la « projection orthogonale du centre de gravité du centre de géométrie du polygone de sustentation. » (16).

- *La stabilisation* est l'ensemble des actions permettant de résister « aux forces extérieures qui tendent à perturber l'équilibre. » (16).

- La *préparation posturale à l'action* est la nécessité de s'assurer que l'ensemble du corps est engagé correctement pour être dans les meilleures conditions possibles (16).

Les systèmes. Le contrôle postural est extrêmement complexe et met en jeu des systèmes sensoriels et moteurs du corps.

1. Le *système informatif sensoriel* est celui qui va recevoir l'**information** par le biais de capteurs sensoriels et proprioceptifs.

Ces récepteurs sont :

- Les récepteurs extéroceptifs (tactiles de la voûte plantaire) et proprioceptifs (présents dans les muscles, les articulations, les tendons),

- Les récepteurs vestibulaires présents au niveau de l'oreille interne (les canaux semi-circulaires, l'utricule et la saccule). Ils sont sensibles aux mouvements de translations et de rotation de la tête,

- Les récepteurs visuels.

2. Le *système nerveux central* (cortical, moelle épinière et cervelet notamment) est celui qui va **analyser** et **commander**.

3. *Le système musculaire* est l'**effecteur** permettant d'assurer la position du corps dans l'espace.

Il est intéressant de noter que lorsqu'un récepteur afférent est déficient (perte de la vision ou tétraplégie), le contrôle postural est maintenu par les autres récepteurs qui sont alors plus « sollicités ».

Les stratégies

Le système de contrôle postural est en permanence impliqué. Sa stratégie de mise en place (soit périphérique soit centrale) se fera en fonction de la tache demandée, des caractéristiques du support, de l'importance de la déstabilisation, des afférences disponibles variant selon l'âge et l'historique du patient.

Dans le cas d'un **contrôle postural élémentaire,** l'organisation permettant le maintien de l'équilibre sera uniquement **périphérique**. La « réponse sera rapide mais grossière » (16). On parle de mécanismes réflexes. Ce contrôle élémentaire est retrouvé lors des déplacements de la tête, par exemple, permettant d'éviter la chute. Ce réflexe dit vestibulo-spinal permet une modification du tonus postural (16).
De même, le réflexe vestibulo-oculaire permet le maintien du « regard stable (…) lors des mouvements (…) par la contraction des muscles oculomoteurs » (16).

Dans le cas d'un **contrôle postural élaboré**, l'organisation permettant le maintien de l'équilibre sera **centrale**. Elle fait donc intervenir le système nerveux central. La réponse est plus lente mais plus précise (16).

II.2. Revues de littérature

II.2.1. Rappels des précédentes bibliographies

Cette thèse fait suite à plusieurs travaux abordant la relation entre la posture corporelle et l'occlusion dentaire. Pour chacun de ceux-ci, des revues de littératures ont été réalisées.

Céline boulanger (2014) (17) a sélectionné quatre revues de littérature : Hanke et al. (2007) (1), Cuccia et al. (2009) (2), Perinetti et al. (2009) (3) et Michelotti et al. (2011) (4).

Les 3 premières revues de la littérature semblent s'accorder sur le fait qu'un lien pourrait être établi entre l'appareil manducateur et la posture corporelle. Cependant, l'ensemble des études menées présentent un trop faible niveau de preuve scientifique, sans méthodologies correctement élaborées, sans l'utilisation d'outils d'analyse appropriés et sans recul suffisant. Les résultats doivent appeler à la prudence**.**

La dernière revue de littérature (4) insiste sur le fait que l'appareil manducateur aurait un impact sur la région cervicale et non sur l'ensemble de la posture corporelle.

Ces quatre revues de la littérature n'établissent pas de lien avec certitude entre la posture et l'occlusion mais mettent en évidence un faible niveau de preuve scientifique des études. Cela implique la nécessité de mettre en place de nouvelles études avec des protocoles détaillés, des descriptions précises d'échantillon et des méthodes d'analyse d'erreur.

Par ailleurs, en poursuivant sa revue avec des articles plus récents (2012 à 2014), Céline Boulanger aboutit au même constat. Aucun consensus n'apparaît sur le lien entre la posture et l'occlusion même si pour Reynolds (5) l'occlusion « semble bénéfique lors d'une activité physique ».
De nouveau, un défaut de méthodologie semble ressortir :

- Dans la qualité de l'élaboration et de la conduite du protocole selon Manfredini et al. (6),
- Dans le matériel utilisé pour analyser la posture selon Baldini et al. (7).

Dans une autre thèse, **Kelly Berdah** (18) a sélectionné des articles (2014-2015) pouvant être résumés ainsi :

Tandis que Anna Gogola et al. (8) concluent que les anomalies posturales modérées à sévères sont corrélées à la présence d'anomalies occlusales et que Haralur SB et al. (9) considèrent qu'il existe une répercussion significative des paramètres occlusaux sur les différentes positions de la tête,
inversement, Ida Marini et al. (10) démontrent que le port de semelles n'impacte pas la cinématique occlusale.

Il est intéressant de noter que des explications sont apportées sur la non obtention d'un consensus. Il est suggéré que :

- *D'une part, cela pourrait être dû aux choix des critères occlusaux. Les protocoles ont tendance à favoriser les dispositifs inter occlusaux entraînant une perte des rapports en OIM. De plus, les critères occlusaux sont peu décrits.*

- *D'autre part, que le choix du matériel d'étude, sans preuve de la pertinence de ce dernier, pourrait expliquer la divergence de résultats des études.*

Ainsi les revues de la littérature de Boulanger (17) et de Berdah (18) aboutissent **aux mêmes conclusions**. Aucun consensus ne ressort et le manque de méthodologie est mis en avant.

Enfin dans sa thèse, **Mélanie Joinnet** (19) a étudié la littérature de 2015 à 2016 et a sélectionné 9 articles. La plupart d'entre eux semblent être en accord sur l'existence d'un lien entre la posture et l'appareil manducateur. Cependant la plupart des articles sélectionnés n'abordent pas strictement l'impact de l'occlusion sur la posture mais plus largement celui de l'appareil manducateur sur la posture corporelle ce qui s'éloigne de notre sujet.

Ainsi, Silvestrini et al. (11) démontre « que les altérations posturales, visuelles et occlusales peuvent être associées » et Dohyun Choa et al. (12) démontre « un changement de posture de la tête (…) après chirurgie orthognatique ».

Cependant, pour Manfredini et al. (6), si la proprioception du trijumeau influe sur la posture, en réalité aucune relation de cause à effet ne peut être établie entre la posture et l'occlusion.

En conclusion, Mélanie Joinnet (19) considère que la relation reste « floue ».

II.2.2. Mise à jour de la littérature

Les objectifs de notre revue de littérature sont les suivants :

a. Rechercher si un meilleur consensus est à présent établi dans la relation entre la sphère oro-faciale et la posture tout d'abord et entre l'occlusion et la posture ensuite.
b. Déterminer si les études présentent une méthodologie plus aboutie et donc un meilleur niveau de preuve.
c. Rechercher quels sont les paramètres d'étude les plus pertinents afin de réaliser un protocole plus fiable.

Afin d'étudier la relation entre l'occlusion, la malocclusion et la posture corporelle, nous avons sélectionné **les mots clés** suivants :

- « Dental occlusion body posture »,
- « Stabilometric platform »,
- « Posture control and dental occlusion »,
- « Body sways and occlusion ».

Dont la traduction française est :

- « Occlusion dentaire posture corporelle »,
- « Plateforme de stabilométrie »,
- « Régulation posturale et occlusion dentaire »,
- « Oscillation corporelle et occlusion »,

sur les moteurs de recherche : Pub Med, The Cochrane Library, Doss, Sudoc et Google Scholar.

Seules les publications les plus récentes (2016) et les plus pertinentes ont été sélectionnées. En voici les résultats :

Pour les mots clés **« dental occlusion body posture »** :

- 2 articles ont été sélectionnés sur Pub Med (Amit Khare et al.)(20), (Westersund et al.)(24),
- 2 articles ont été sélectionnés sur Doss (Ramirez-Yanez et al.)(28),
- 1 article a été sélectionné sur Sudoc (Roumiguie) (29),
- Aucun pour the Cochrane Library,
- Aucun sur Google Scholar.

Pour les mots clés **« stabilometric platform »** :

- 1 article a été sélectionné sur Pub Med (El Hage et al.) (35),
- Aucun article sur Doss,
- Aucun article n'a été sélectionné sur Sudoc,
- Aucun article sur The Cochrane Library,
- Aucun article sur Google Scholar.

Pour les mots clés **« posture control and dental occlusion »** :

- 1 article sur Pub Med (Decocq et al.) (26),
- 1 article sur Doss (Maeda et al.) (25),
- Aucun article pour Sudoc,
- Aucun article pour The Cochrane Library,
- Aucun article sélectionné sur Google Scholar.

Pour les mots clés **« body sways and occlusion » :**

- Aucun article trouvé sur Pub Med,
- 2 articles sélectionnés sur Doss (Perinetti et al.) (32), (Ringhof et al.) (22),
- Aucun article sur Sudoc,
- Aucun article sur The Cochrane Library,
- 4 articles sur Google Scholar.

II.2.2.a. 1er objectif de la revue de littérature

Y a-t-il un consensus sur la relation entre la sphère oro-faciale et la posture. Qu'en est-il du lien entre l'occlusion et la posture?

Un certains nombres d'articles ne s'intéressent pas *spécifiquement* à la relation entre l'occlusion et la posture mais abordent les liens entre la position mandibulaire, l'activité musculaire, les paramètres céphalométriques, la force de morsure et la posture**.**

Même si ces articles ne répondent pas parfaitement à notre étude, ils restent très intéressants car la mise en évidence de ces liens constitue un élément favorable à la relation entre l'occlusion et la posture.

a. 1. Relation entre la position mandibulaire et la posture

Certains articles étudient **le lien entre la position mandibulaire et la posture.**

1. *A clinical study to examine the effect of complete denture on posture head/ craniovertical angle* (20)

(Khare A. et al., 2016)

Résumé :
Le patient édenté complet maxillaire et mandibulaire présente des changements significatifs dans sa posture cranio-verticale causés par la résorption de l'os alvéolaire.
Ces changements se caractérisent par une rotation vers le haut de la mandibule, avec une diminution de la dimension vertical d'occlusion (DVO) et une augmentation du prognathisme mandibulaire.

Le but de l'article est d'examiner l'effet de la mise en place d'une prothèse totale (PT) sur la posture de la tête et sur l'angle cranio vertical à différent temps de sa mise en bouche et sur deux groupes d'âges différents.

Matériel et méthode : Il s'agit d'une étude in vivo réalisée en Inde après consentement des patients et obtention d'un dédouanement éthique. Les patients sont placés dans deux groupes.
Le premier groupe réunis 10 patients édentés, âgés entre 45 et 60 ans.
Le deuxième groupe réunis 10 patients édentés, âgés entre 61 et 75 ans.
Les critères *d'inclusion* sont un édentement de plus de 6 mois, sans expérience de prothèse dentaire antérieure et sans asymétrie faciale.

Les prothèses sont réalisées et mises en bouche. Les enregistrements de **l'angle cranio vertical** sont effectués à quatre reprises : avant la pose, après 30 minutes, après 24h et après 30 jours de port. Les points utilisés sont : 1 point à 1 ou 2 cm en avant du bord supérieur du tragus et 1 point à 6 cm de distance au-dessus du bord supérieur de l'arcade zygomatique des patients. La position étudiée est dite d'intention, d'équilibre confortable.
Le test statistique est un test de Student apparié et non apparié exprimé en moyenne.

Résultat :

- Pour les patients compris entre 45 et 60 ans, la valeur de l'angle cranio vertical présente un changement significatif à la pose, à 30 minutes, à 24h et à 1 mois.

- Pour le deuxième groupe, l'angle présente des changements à la pose, à 30 minutes et à 24 h. Aucun changement n'apparaît à 1 mois.

90% présente une modification de la position de la tête, **par extension**, immédiatement après placement. L'extension maximale à 30 min est maintenue à 24h.
Les explications possibles sont :

- La taille et forme de langue,
- L'augmentation de la dimension verticale d'occlusion (DVO) donc le recul de la mandibule,
- La pression de la langue et des lèvres.

Bilan : la posture de la tête est modifiée par la pose de PT et finit par rester constante après 24h avec variation dans l'angle cranio vertical.

Critique :
L'article étudie la relation entre la position mandibulaire et la posture sans intervention de la proprioception dentaire. Cependant cet article rappelle un phénomène connu. L'extension de la tête entraîne un recul mandibulaire. L'inverse est vrai, un recul de la mandibule par une modification de dimension verticale (17) peut entraîner une extension de la tête.

Concernant le *matériel et méthode* employé :
Il y a une non **prise en compte des variabilités de réalisation de la prothèse totale**. Aucune information n'est fournie sur les caractéristiques occlusales de celle-ci.

La durée **d'évaluation se fait sur un cours temps** : 1 mois. L'échantillon est faible (10 dans chaque groupe). Il n'y a pas de comparaison avec des témoins encore dentés du même âge**.**

L'enregistrement de l'angle cranio facial s'est effectué par des mesures mécaniques (règle et rapporteur) et non par des techniques informatisées ce qui peut créer **des erreurs.** Les points d'enregistrements sont **peu précis** et **subjectifs.**

Concernant la *discussion,* on peut noter qu'il n'y a pas d'explication concernant la variabilité des résultats au cours du temps et concernant la variabilité des résultats selon l'âge.

2. *The effect of denture installation at mandibular rest position on unsteady motion of the centre of pressure in postural sway* (21)

(Maeda, Y. et al., 2016)

Résumé :

Cet article ressemble à l'article précédent. Il recherche l'impact du port de prothèse totale (PT) sur la posture donc la relation entre la position mandibulaire et la posture. Cependant les paramètres d'étude de la posture sont différents. Ils sont liés à une **dynamique corporelle non linéaire.**

En **dynamique corporelle,** des termes bien spécifiques sont employés :

- La *dynamique temporelle non linéaire* de l'oscillation posturale est appelée marche aléatoire. Cette marche aléatoire, dans les trajectoires de centre de pression (CoP), permet de démontrer deux caractéristiques : la persistance et l'anti-persistance.

- La *persistance* décrit « l'autocorrélation persistante du mouvement de la trajectoire CoP vers la même direction dans le temps ». On parle de boucle ouverte.

- L'*anti-persistance* « décrit le mouvement aléatoire induit par la rétroaction de la trajectoire Cop ». On parle de boucle fermée.

- Le point de transition entre persistance et anti-persistance est appelé cross-over ou point de croisement.

Ainsi, pour caractériser cette dynamique corporelle, sont utilisés l'analyse de la diffusion du stabilogramme (SDA) et l'analyse des fluctuations détruites (DFA)**.** Ils permettent de caractériser la trajectoire CoP au fil du temps.

Pour analyser l'oscillation, la pente de la densité spectrale de puissance (PSD) a été effectuée en calculant la variance du déplacement dans le temps.

Il s'agit d'étudier la dynamique corporelle, par l'étude des boucles ouvertes, fermées et de cross-over afin de savoir si le port de la PT influe sur les oscillations posturales.

Matériels et méthodes : 26 sujets sont inclus dans l'étude. Il s'agit de 12 hommes et de 14 femmes. Il est décidé d'évaluer la posture dans deux conditions : la position de repos mandibulaire avec prothèses et la position de repos mandibulaire sans prothèses (l'ordre d'analyse a été randomisé).

Les auteurs réalisent ensuite trois mesures sur 30 secondes selon les 2 conditions précisées ci-dessus, espacées à chaque fois d'un temps de repos.

Ces 3 enregistrements permettent de mesurer les oscillations du CoP avec une fréquence d'échantillonnage de 20 hertz (Hz). Ceci permet l'obtention de la vitesse d'oscillation et du PSD. A partir de cela, sont retenus 4 paramètres caractérisant les Cop dont le cross over et 3 propriétés spectrales :

- L'amplitude de crête **A,**
- La position de fréquence d'A appelée **F,**
- Le déphasage de F appelé **P.**

Résultats :
Concernant le *cross-over* : Nous observons 0 non-cross over sans PT pour la composante X et 3 non cross over pour le Y. De plus, 1 non cross over est obtenu avec PT pour la composante X et 2 non cross over pour le Y.

Concernant les *propriétés spectrales A, F et P* : Pour la composante X, la valeur de **F** et de **P** est significativement plus petite chez le porteur de PT (GD) que chez le non porteur (GE), mais aucune différence significative n'est à noter pour le **A.**
Pour la composante Y, la valeur de **A** est significativement plus petite chez le GD que chez le GE mais aucune différence n'est présente entre **F** et le **P** entre les 2 groupes.

Un phénomène de non cross over fait référence à l'absence d'anti persistance lors de la mesure de Cop. Les sujets de non cross over ne peuvent pas rester au centre du fait d'un phénomène d'autocorrélation persistante**.** Le non cross over signifie un risque de chute.

La prothèse permet d'absorber l'instabilité latérale représentée par la partie haute fréquence du PSD et le déphasage. Cela pourrait prévenir les chutes. Mais les résultats ne démontrent pas de différences significatives de non- cross over entre le porteur de PT et celui qui n'en porte pas.

La diminution de F et de P dans la phase X démontre une diminution de la dépense d'énergie en position debout, lors du port de la prothèse totale.

La diminution de A dans la composante Y, démontre que l'énergie totale, nécessaire pour maintenir la position debout, est moindre avec la prothèse.

Critique :
Dans cette étude, des tests de répétabilité ont été réalisés. Les résultats de l'étude démontrent une variation de l'impact postural de la PR avec ou sans PT. Cet impact est positif, permettant une économie d'énergie en position debout. Il pourrait démontrer l'influence de l'occlusion sur la PR. Cependant il pourrait également être dû à la modification de la DVO, provoquée par le port de la prothèse. Un manque d'explication des résultats est ainsi souligné.

Les auteurs donnent peu de précisions sur les caractéristiques de la PT et l'évaluation de la posture utilise des paramètres complexes peu expliqués.

a. 2. Relation entre activité musculaire et posture

D'autres articles vont plutôt s'intéresser à la relation entre l'activité musculaire et la posture. Ces études ne font pas intervenir l'occlusion, mais essentiellement la force de morsure.

1. *Force-controlled biting alters postural control in bipedal and unipedal stance* (22)

(Ringhof, S. et al., 2015)

Résumé :
Le but de l'étude est d'étudier la relation entre l'activité musculaire et la posture. Elle s'intéresse à l'effet de l'activité motrice mandibulaire sur le contrôle postural en *bipédie et sur une jambe,* au moyen d'une analyse de mouvement cinématique complexe.

Matériels et méthodes : 20 jeunes sujets sont inclus dans l'étude (moyenne d'âge : 21,8).
Les critères d'inclusion sont la présence de toutes les dents sur arcades (à l'exception des 3èmes molaires), l'absence de TDM et une vision normale.
Les paramètres enregistrés sont la *force de morsure,* mesurée à l'aide d'un système hydrostatique et le *balancement corporel*, évalué à l'aide d'une plateforme de force (elle-même évaluant le centre de pression corporelle, Cop).

Le sujet réalise des exercices d'échauffement pendant 5 minutes, puis on lui explique oralement le déroulement de la séance. Deux positions de morsure lui sont demandées :

- *Morsure contrôlée à 150N*,
- Absence de morsure dite *contrôle,*

Le sujet est au préalable positionné en Relation Centrée, guidée initialement par un dentiste expérimenté, stabilisée mécaniquement par des composants de la force horizontale de la force de morsure (« les surfaces planes des attelles ont agi comme un coin sous les forces de morsures appliquées, contraignant automatiquement la mandibule postérieurement ») puis contrôlée à l'aide d'un système de mesure d'analyse des mouvements de la mâchoire.

Ces deux positions mandibulaires sont demandées avec appui des deux pieds, puis sur 1 pied (dominant et non dominant). L'ordre est déterminé par randomisation.
Cela aboutit à la mise en place de 6 conditions expérimentales : **morsure avec appui sur 2 pieds**, **morsure avec appui sur 1 pied dominant, morsure avec appui sur 1 pied non dominant, absence de morsure sur 2 pieds, absence de morsure sur 1 pied dominant et absence de morsure sur 1 pied non dominant.**

Ces 6 conditions sont réalisées 5 fois.

Résultats :
Il apparaît que la posture est plus stable (réduction de la zone de balancement et de la longueur de trajet) lors de la morsure contrôlée (FB) qu'en l'absence de morsure.
Ceci est observé lors de l'appui sur deux pieds mais également sur un pied. Le sujet est plus stable sur un pied en situation de morsure. En revanche, la dominance du pied ne semble pas intervenir. Aucune différence significative n'est démontrée entre le pied dominant et non dominant.

Concernant *les muscles* :
Au niveau du **pelvis**, la FB a un effet sur la longueur du trajet et non sur la zone de balancement. Au niveau des **muscles du torse**, la FB n'agit pas sur la zone de balancement mais sur la longueur de trajet. Au niveau **de la tête**, la FB agit sur la zone de balancement et sur la longueur du trajet. La FB permet également de réduire les oscillations de la tête. Cela s'explique car la morsure augmente la rigidité du tronc et réduit donc les oscillations.
Il n'y a pas d'interaction entre les déviations des segments corporels (en antéropostérieure et en mésio-distale) et les variables cinématiques.

Critique : Cet article étudie l'impact des forces de morsure sur la posture et semble mettre en évidence une relation.

- Concernant le *matériel et méthode,* les éléments favorables de l'étude sont la prise en compte d'un échantillon de 20 personnes (ce qui est assez conséquent) et la reproductibilité des tests (les expériences sont réalisées 5 fois).

- En revanche, la durée de l'étude est réduite à 10s, ce qui est relativement court et sans explication quant au choix de cette durée. L'étude n'est réalisée que sur des sujets sains en normocclusion. Peu d'explications sont données concernant l'enregistrement de la position de la tête, des muscles du torse et du pelvis. La force de morsure est mesurée à l'aide d'un dispositif intra oral ce qui génère une **perte de l'occlusion** par intercuspidation.

2. *Effect of Jaw Clenching on Balance Recovery: Dynamic Stability and Lower Extremity Joint Kinematics after Forward Loss of Balance* (23)

(Ringhof, S. et al., 2016)

Résumé :
L'étude précédente a montré que la force de morsure de la mâchoire facilite le réflexe postural, le contrôle postural statique et le développement de la force des membres inférieurs.
Le but de cette nouvelle étude est de rechercher l'effet de la force de morsure de la mâchoire sur la stabilité dynamique et sur la cinématique articulaire des membres inférieurs lors de la récupération de l'équilibre.

Matériels et méthodes **:**
12 sujets sont inclus dans l'étude (dix hommes et deux femmes).
Les critères d'inclusion sont l'absence de pathologie occlusale, musculaire et posturale.
Le principe est de simuler une chute en avant alors que le sujet effectue deux tâches motrices orales (**la morsure forcée** et **l'absence de morsure).**
Au cours de l'enregistrement, la morsure demandée au sujet est dite **contrôlée :** il est demandé au sujet d'appliquer une **force sous maxima de 150N**. Pour connaitre la pression appliquée par le patient, les forces de morsures sont mesurées à l'aide d'un **système hydrostatique.**
Pour simuler la chute en avant, le sujet est maintenu en position penchée par un câble horizontal pouvant être libéré manuellement. On enregistre sa récupération après libération. L'enregistrement des données cinématiques se fait à l'aide de 13 caméras infra rouge et de 39 marqueurs passifs. L'angle d'inclinaison a été individualisé préalablement au cours d'une étude pilote.

5 essais ont été réalisés pour chaque condition. Les auteurs ont déterminé trois temps d'étude pour chaque essai : libération du sujet, décollement du sol du membre de récupération et 500ms après le toucher au sol. Il est décidé de réaliser une **normalisation dans le temps** des données enregistrées**.**

Pour analyser la stabilité posturale, est utilisé un concept reposant sur le modèle du pendule inversé de l'équilibre. Il permet de mesurer la stabilité posturale dans des situations dynamiques. C'est le concept de COM extrapolé.

Il est admis que la **stabilité posturale est obtenue dans la direction antéro-postérieure** :

- Lorsque la projection de COM extrapolée se situe dans Bos ; le Bos est la position antéro-postérieure du pied du membre de récupération au sol,
- La marge de stabilité dite Mos est positive.

Résultats :
Concernant *la force de morsure*. Elle augmente légèrement au cours de la chute en NB et croit de 150N à 200N en morsure (FB). Ces augmentations sont significatives. Le t-test apparié démontre que les forces de morsure sont statistiquement plus élevées sous FB qu'en NB.

Il n'y a pas de variation de *la longueur de pas* effectuée entre la situation initiale et le retour à l'équilibre entre le 2 conditions. Les temps de réponse et la durée sont les même dans les 2 conditions.

Il n'y a pas de modification *des angles articulaires* normalisés de la hanche, du genou et de la cheville. Les taches orales n'ont pas d'impact sur les angles articulaires.
La morsure n'impacte pas le point de stabilité, la limite antérieure du Bos, la composante antéro-postérieure, la vitesse du Com et du Mos.
On considère que l'effet de la morsure sur l'équilibre dynamique n'est pas démontré même si la force de morsure augmente dans les deux cas.

Critique :
Les tests dans chaque condition ont été réalisés 5 fois ce qui génère des conditions de répétition et les données ont été normalisées. Par contre, le contexte occlusal des patients n'est pas bien décrit et la modalité de normalisation des données n'est pas précisée.
Enfin, si les résultats obtenus sont non significatifs, cela peut s'expliquer par différents éléments :

- La récupération dynamique met en jeu un contrôle moteur grossier (peu de contribution des réflexes et des processus automatisés),
- Les sujets savent qu'ils vont tomber ce qui augmente la proportion de contrôle des mouvements volontaires,
- Les sujets inclus sont jeunes. Les résultats pourraient être différents pour des personnes âgées,
- L'augmentation de la force de morsure au cours de l'épreuve démontre au contraire l'amélioration des performances motrices lorsque la mâchoire est serrée.

3. *Relationship between craniocervical orientation and center of force of occlusion in adults* (24)

(Westersund, C.D. et al., 2016)

Résumé :
La jonction cranio-cervical (CCJ) se définit comme étant la connexion cinématique complexe entre le crâne et les deux premières vertèbres cervicales. L'articulation temporo-mandibulaire (ATM) est la connexion entre la mandibule et les os temporaux du crâne.

Certaines modifications occlusales modifient la position du condyle dans la fosse articulaire, l'activité des muscles de la mastication et des muscles du cou. Cela impacte le CCJ.
Le but de l'étude est de savoir si, inversement, **l'altération de la CJJ** peut affecter l'occlusion.

Matériel et méthodes :
L'étude du CCJ s'effectue grâce au National Upper Cervical Chiropractic Association (NUCCA). Le NUCCA consiste à traiter le CCJ comme une unité fonctionnelle. Il s'agit d'étudier des radiographies de la tête et du cou et de déterminer si une intervention chiropratique vectorisée est nécessaire. Le praticien réalise alors une manipulation pour ramener les composants de la CCJ en position plus neutre.
L'étude évalue l'écart de la longueur des jambes en supination, l'orientation de la tête et la position posturale (avant et après les soins NUCCA).

L'étude de l'occlusion s'effectue grâce à un T-Scan. Il permet l'étude de la force de morsure, du centre de la force, du contact initial, du développement de la force, du déplacement du centre de la force et de la force développée par les dents individuellement.

11 sujets nécessitant des soins chiropracteurs ont été testés avant, après des soins NUCCA et après une période de repos. L'évaluation s'est faite à l'aveugle, les praticiens ne savaient pas si le patient avait déjà eu la séance de soin avec le chiropracteur ou non.
Les patients sont leur propre contrôle, chaque évaluation a été répétée 2 fois.

Résultats :
L'étude montre que l'intervention NUCCA a systématiquement eu un impact positif sur la posture. En revanche, selon les individus, l'impact sur la force de morsure est positif ou négatif.
Les auteurs en concluent qu'une approche pluridisciplinaire (occlusale et par soin chiropracteur) de la posture présente un intérêt.

Critique :
Concernant le *matériel et méthode,* l'étude utilise à tort un **dispositif inter occlusal** qui supprime l'occlusion dentaire. Cette étude ne permet donc pas de tirer des conclusions sur les conséquences occlusales des manipulations NUCCA.
Par ailleurs, le T-Scan génère une variabilité de morsure difficilement contrôlable. Le nombre de sujets nécessaire à l'étude n'a pas été calculé alors que seuls 11 sujets ont été inclus. Enfin, les statistiques sont peu fiables car le *p n'est pas donné.*

4. *Effects of Experimental Leg Length Discrepancies on Body Posture and Dental Occlusion.* (25)

   (Maeda, Y. et al., 2011)

Résumé :
Le but de cet article est de rechercher l'influence d'une asymétrie de longueur de jambe (créée de façon expérimentale) sur la posture et sur l'occlusion. L'étude recherche aussi l'impact de la posture sur la force de morsure.

Matériel et méthode : 30 volontaires étudiants ont été sélectionnés dans l'étude.
Les critères d'inclusion sont l'absence d'antécédent de TMD, l'absence de prothèses dentaires, l'absence de douleurs à la nuque et de problème orthopédique.

La posture est étudiée à l'aide d'une plateforme de stabilométrie. 4 appuis sont enregistrés (**gauche**, **droite, antérieur** et **postérieur)**. L'ensemble est reporté au poids total pour déterminer le centre de pression.

La force occlusale est mesurée grâce au T-Scan. L'enregistrement se fait sur 4 quadrants : (**gauche antérieur**, **droit antérieur, gauche postérieur et droit postérieur)**. Le tout est reporté sur l'ensemble des forces occlusales.
Le principe est d'altérer la posture par la mise en place de semelles. Deux groupes sont créés, de 15 sujets chacun, dont l'ordre du test est modifié. Il s'agit de passer de 1mm de semelles à 10mm par avancement de 1mm.

Pour chaque cas, on commence par enregistrer la posture naturelle sans semelles dans la pièce. On met en place une semelle de 1mm et on effectue un triple enregistrement de la posture (grâce à la plateforme) et de la force de morsure (grâce au T-Scan).
Toutes les 3 minutes, la semelle est augmentée de 1mm jusqu'à 10mm de semelles.
Ceci est effectué pour chaque pied. Le patient est mis en position « d'occlusion centrée » sur le T-Scan.

Résultat :
L'asymétrie de la posture créée expérimentalement a un impact sur la stabilité posturale. Cela à partir d'un certain point :

- La mise en place d'une semelle sous le pied droit affecte la posture corporelle à partir de 6 mm avec un déplacement de la posture à droite.

- La mise en place d'une semelle sous le pied gauche affecte la posture à partir de 4 mm avec une pression latérale plus importante à gauche.

- L'utilisation d'une semelle de 8 mm sous le pied droit provoque un déplacement des forces occlusales à droite.

- L'utilisation d'une semelle de 7 mm sous le pied gauche provoque un déplacement des forces occlusales à gauche.

L'équilibre se déplace vers le côté qui porte les talons. Il existe un mécanisme de compensation posturale pour maintenir la stabilité. La force de morsure est affectée à partir d'un certain seuil. La force de morsure se répartit du côté du talon élevé.

Critique :
L'échantillon est de 30 personnes (relativement important). Le protocole est clairement détaillé avec une analyse complète.
L'étude montre de manière évidente une modification de l'activité musculaire des muscles de la face lors de modifications posturales. En revanche, contrairement à ce que prétendent les auteurs, ils n'étudient pas l'occlusion mais la force de morsure sur un dispositif, le T-Scan.

a. 3. Relation entre céphalométrie et posture

D'autres articles vont s'intéresser à la relation entre les **paramètres céphalométriques et la posture**. Ces études ne font pas intervenir l'occlusion dentaire mais la position mandibulaire selon la classe squelettique.

1. *Relations cranio-mandibulaires et posture anti-gravitaire : étude stabilométrique de cales de désocclusion* (26).
   (Decocq, P. et al., 2015)

Résumé :
Le but de l'étude est de démontrer l'impact des relations osseuses entre le maxillaire et la mandibule sur la position corporelle. Il s'agit de rechercher l'impact de cales occlusales postérieures sur la posture générale.

Matériel et méthodes : 20 sujets ont été inclus dans l'étude. Les critères d'inclusion sont la majorité civile, être en bon état de santé, droitier manuel et œil droitier.
Les critères d'exclusion sont la présence d'antécédents de pathologies du système nerveux central (SNC), la présence de troubles posturaux et de TDM.

Lors de la première visite**,** la sélection des patients, la prise d'empreintes, les cales et les radiographies de profils sont réalisées.

Lors de la deuxième visite, s'effectue l'enregistrement stabilométrique du centre de pression corporel, avec ou sans vision, sans cales (la position occlusale du patient sans cales n'est pas précisée) ou avec cales antérieures et/ou postérieures (la position de référence dans lesquelles sont réalisées les cales n'est pas précisée, elles ont juste pour objectif de majorer la typologie squelettique).

Le but est d'analyser les différents paramètres de stabilométrie du Xm, du Ym et de la position moyenne du centre de pression sur les axes mésio-latéral et antéro-postérieur.
SF est l'ellipse de confiance contenant 90% des positions des centres de pressions.
Lap et LML est la distance parcourue du centre de pression durant l'enregistrement.

Résultats :
L'analyse sans cale permet d'étudier les effets des typologies squelettiques sur la posture corporelle. Un meilleur contrôle postural est obtenu pour les sujets de **classe I**, de **classe III** et pour **les hypo-divergents**. On observe un moins bon contrôle pour les sujets de **classe II** et pour les **hyper-divergents**.
L'analyse avec les cales occlusales postérieures étudie l'impact d'une modification de la position mandibulaire sur la posture. Les cales postérieures accentuent l'effet des typologies avec un impact essentiellement sur l'équilibre antéro-postérieur du centre de pression.

Critique :
Les résultats obtenus sans les cales sont intéressants en ce qui concerne la typologie squelettique. La classe II serait la moins stabilisante. Ceci est en accord avec les résultats obtenus par Lippold (30). *Ce dernier révèle des corrélations statistiquement significatives entre la scoliose et les malocclusions de classe II d'angle.*
Ici, l'utilisation des cales occlusales postérieures est intéressante car elle provoque par augmentation de la dimension verticale, une accentuation de la typologie squelettique en particulier dans les classes II et ce qui confirme les résultats obtenus sans cale.

Par contre, peu de précisions sont apportées sur les enregistrements stabilométriques. On ne sait pas combien de temps dure l'enregistrement, ni combien d'enregistrements sont réalisés.

L'ensemble de ces articles nous permettent de répondre partiellement à notre 1er objectif.
Tous démontrent, à *l'exception d'un article,* qu'il existe une relation entre la sphère oro-faciale et la posture. De même la posture semble avoir un impact sur la situation cervico-faciale. Tous ces articles sont en faveur d'un consensus même si des réserves sont à poser quant aux différents protocoles (spécifiées dans les critiques).

a. 4. Effet de l'occlusion sur la posture

Des articles étudient directement **l'impact de l'occlusion sur la posture**.

1. *The effect of dental occlusal disturbances on the curvature of the vertebral spine in rats* (28).

(Ramirez-Yanez, G.O. et al., 2015)

Résumé :
L'article souhaite démontrer que l'occlusion dentaire peut affecter la posture corporelle.
Une étude sur les animaux (plus simple à mettre en place au niveau protocolaire que chez l'homme) est réalisée pour rechercher ce lien.
2 objectifs sont énoncés. Le premier est de rechercher comment une augmentation ou une diminution unilatérale du plan d'occlusion affecte la courbure normale de la colonne vertébrale. Le deuxième est d'observer s'il y a une association entre le coté de l'altération occlusale et le coté de la déformation vertébrale.

Matériel et méthode : 25 rats sont inclus dans l'étude.
5 rats sont des **témoins**. Il sera réalisé une simple anesthésie sans soin.
10 rats sont inclus dans l'**expérience 1**. Il sera réalisé une anesthésie puis un ajout de 1 mm de composites. Pour 5 d'entre eux, l'adjonction s'effectue à droite. Pour les autres, l'adjonction est à gauche.
10 rats sont inclus dans l'**expérience 2**. Il sera réalisé une anesthésie suivie d'extractions. Pour 5 d'entre eux, les avulsions concernent le secteur gauche. Pour les 5 autres, les avulsions sont réalisées à droite.
Des contrôles radiologiques seront effectués au premier jour (J) J0, à J7, à J14 et à J21.
Sur ces examens, on mesure la courbure vertébrale. Pour cela, on réalise un **tracé de la ligne verticale TVL et on positionne 5 points de références (C4, T1, T6, T10 et L4).** On mesure la distance entre les 5 point et la TVL. Si la distance est positive, le déplacement est frontal.
Si la distance est négative, le déplacement est dorsal.

Résultats :
Une différence significative est observée dans les courbures vertébrales quand l'occlusion est affectée.

A J7, la différence est observée dans le sens latéral. A J14, elle est observée dans le sens horizontal. L'effet produit par la diminution et l'augmentation occlusale est perceptible surtout au niveau thoracique.
La modification de la courbure est rapide, entre J7 et J14. Les auteurs ont observé qu'après une longue application de la contrainte occlusale, il y a une tendance au réalignement de la colonne. Cela est signe d'une capacité d'adaptation occlusale et /ou posturale.

Cette étude n'a pas permis d'établir un lien entre la localisation de l'anomalie occlusale et le déplacement postural.

Critique :
L'étude est intéressante même si elle s'effectue sur une population animale et non humaine. Il faut prendre en compte la différence entre les quadripèdes et les bipèdes.

La durée d'étude est assez longue, se déroulant sur 21 jours. Cependant, il aurait été intéressant de voir ce qu'il se passe après dépose des composites dans le cadre de l'expérience 1. Une explication, concernant le choix de 1 mm d'augmentation occlusale (modification importante pour un rat) aurait pu être donnée.

2. *Influence de l'occlusion dentaire sur la stature posturale : évaluation des moyens de diagnostic à partir de cas cliniques* (29).

(Roumiguie, C., 2015)

Il s'agit d'une thèse d'exercice soutenue en octobre 2015.
Après avoir définit l'occlusion et la posture, l'auteur a réalisé une recherche bibliographique sur les articles en faveur et en défaveur d'une relation entre l'occlusion et la posture. Par la suite, une recherche est effectuée pour évaluer les moyens de diagnostic posturaux et occlusaux, qui sont à notre disposition. Deux objectifs ont été fixés.

Le **1er objectif** est de voir si les valeurs posturales de patients sains s'accordent aux normes 85 de la stabilométrie (publié par l'AFP, sous l'ancien nom d'Association Posture et Equilibre afin de normaliser les études posturales sur plateforme de stabilométrie). Si tel est le cas, ces normes peuvent être utilisées pour évaluer la posture des patients. Il suffit de comparer les performances des patients à ces normes pour déduire quelle est la qualité du système postural du sujet étudié.

Une étude a été réalisée sur 3 patients. Les paramètres suivants ont été enregistrés sur une plateforme de stabilométrie (plusieurs fois par jour et pendant plusieurs jours) :

- Le X moyen,
- La surface (S),
- La longueur en fonction de la surface (LFS),
- La variance en fonction de l'Y (VFY). C'est la valeur de la position de CoP du patient par rapport à la courbe de régression selon l'axe des Y et la variance de la vitesse des déplacements.

Les résultats démontrent une correspondance intra individuelle (les résultats sont significatifs) mais non inter individuelle. Les auteurs concluent que les normes 85 ne peuvent être utilisées du fait de la trop grande variabilité inter individuelle en posturologie. Il est admis que chaque sujet est son propre témoin.

Le **2ème objectif** est de rechercher l'impact du port d'une gouttière occlusale sur des patients se plaignant de douleurs posturales (diagnostiquées par des posturologues, ostéopathes et kinésithérapeutes).

Matériels et méthodes :
L'étude porte sur 30 patients présentant des douleurs posturales et des troubles occlusaux. Ces derniers sont diagnostiqués à l'aide d'un examen clinique et d'un système K7 de Myotronics (enregistrement des mouvements mandibulaires et de l'activité des muscles manducateurs).

L'enregistrement se fait avant et après le port de la gouttière, pendant une durée de 2 à 9 mois selon les sujets. Il s'effectue les yeux fermés, en posture de repos mandibulaire puis les dents serrées (sans informations supplémentaires concernant les modalités occlusales).

Les tests comparent la posture avant et après le traitement par le port de gouttière occlusale**.** Les paramètres posturaux étudiés sont la **surface, le LFS, le VFY, X moyen et AmpX/AmpY.**

Résultats :
Selon l'étude, les gouttières n'influent pas sur la posture mandibulaire. Seule la surface du polygone de sustentation est modifiée par son port. Les résultats apparaissent peu en accord avec la sensation des patients qui disent ressentir une amélioration par le port de la gouttière.

Les auteurs en concluent que c'est la plateforme de stabilométrie qui présente peu de fiabilité dans l'étude de la posture.

Critique :
L'étude s'est effectuée sans vision sans doute pour mettre le patient dans une situation instable de manière à optimiser le possible effet de la gouttière. Malgré cela, le port de la gouttière n'a pas d'effet ce qui parait logique car son port peut améliorer le fonctionnement neuromusculaire mais aura peu d'impact sur la position mandibulaire au repos et n'aura pas d'impact sur l'OIM. Cependant de manière un peu abusive, les auteurs mettent en cause la stabilométrie, sans remettre en cause leur protocole.
Or cette étude présente des défauts : aucun test de répétabilité n'a été fait, il n'y a pas de précisions concernant les **degrés de pathologie posturale des patients** et le type d'anomalies occlusales des patients, il n'y a pas de groupe témoin et aucune précision n'est apportée sur les gouttières concernant la **matière, la dureté et la durée de port.** Enfin il aurait été intéressant de savoir en parallèle quel effet avait eu la gouttière au niveau des EMG à l'aide du K7.

3. *The influence of dental occlusion on the body balance in unstable platform increases after high intensity exercise* (27).

(Julià-Sánchez, S. et al., 2016)

Résumé :
L'objectif de cette étude est de savoir si l'occlusion dentaire a un effet significatif sur le contrôle postural. Pour cela, **l'impact de l'occlusion est comparé dans des conditions de stabilité et d'instabilité (**plus ou moins combiné à une fatigue corporelle).

Matériels et Méthodes :
10 patients masculins sont sélectionnés selon les critères d'inclusion suivants : absence de DTM, de pathologie posturale et de consommation alcolo-tabagique.

La posture est étudiée à l'aide d'une plateforme de stabilométrie dynamique. Elle permet de créer des conditions de stabilités ou d'instabilités.
Deux situations dentaires et musculaires sont testées. L'occlusion en OIM passive et l'absence d'occlusion sur deux cotons positionnés de canines à molaires (situation de morsure).

On étudie la posture dans des **conditions stables** sans fatigue :
- Enregistrement de la posture en occlusion d'OIM *(ICP),*
- Enregistrement de la posture en occlusion sur les cotons *(CR).*

On enregistre ensuite la posture dans **des conditions instables** sans fatigue :
- Enregistrement de la posture en *ICP,*
- Enregistrement de la posture en *CR.*

Une série d'exercices physiques est demandée aux patients (identique pour chaque patient), et les mêmes enregistrements sont effectués :

- Condition **stable** avec fatigue :
- Enregistrement de la posture en *ICP,*
- Enregistrement de la posture en *CR.*

- Condition **instable** avec fatigue :
- Enregistrement de la posture en *ICP,*
- Enregistrement de la posture en *CR.*

Chaque enregistrement dure 30s avec un temps de repos de 5 minutes entre chaque enregistrement. Les tests sont réitérés de la même manière lors d'une deuxième session (réalisée à 72H de la première session).

Résultats :
La fatigue a un effet sur le balancement corporel que ce soit en situation stable ou instable.
La force de morsure influence de façon significative le contrôle de l'équilibre des sujets.
- L'équilibre corporel est significativement meilleur en situation de CR.
- En situation de stabilité, CR n'affecte le balancement corporel qu'en situation de fatigue.
- En situation d'instabilité, CR améliore la stabilité sans et avec fatigue.

En résumé, la force de morsure améliore l'équilibre corporel et cela est encore **plus significatif en situation d'instabilité**. Les auteurs extrapolent en concluant que l'occlusion agit sur le contrôle de l'équilibre notamment en situation de fatigue.

La mise en place de situations extrêmes (fatigue musculaire, instabilité de surface) met en évidence un lien entre la force de morsure et la posture. Des signaux provenant de l'appareil manducateur pourraient contribuer au contrôle postural.

Critique :
Les résultats sont intéressants car ils montrent que l'activation des muscles de l'appareil manducateur améliore l'équilibre postural. Cependant, on ne peut en tirer de conclusion concernant l'occlusion même si le sujet garde en mémoire son activité musculaire en OIM.

Par ailleurs, concernant le *Matériel et méthode* : il aurait été intéressant d'utiliser un EMG de manière à contrôler la force musculaire générée par la morsure, d'avoir un échantillon plus grand, des précisions concernant l'occlusion des sujets. La durée des tests est de 30 secondes alors que les recommandations de l'association française de posturologie (AFP) sont de 51s. La non normalisation des conditions expérimentales rend difficile la comparaison des études.

4. *The relationship of postural body stability and severity of malocclusion* (31)

*(*Arumugam, P. et al., 2016)

Résumé :
Cette étude prend en compte la malocclusion à travers les classes squelettiques.
Le premier objectif est d'évaluer la relation entre la malocclusion et la stabilité posturale corporelle en statique et en dynamique. Le second objectif est de déterminer si les différentes typologies squelettiques provoquent une variation dans la stabilité corporelle posturale.

Matériels et méthodes : 75 sujets, souhaitant bénéficier d'un traitement orthodontique, sont inclus dans l'étude.

Les sujets sont classés en 3 groupes selon leur indice ABO.
Le groupe A dit témoin regroupe 25 sujets de classe I avec un ABO inférieure ou égale à 10.
Le groupe B rassemble 25 sujets de classe II ou III avec un ABO compris entre 11 et 25.
Le groupe C comprend 25 sujets de classe II ou III avec un ABO supérieur ou égale à 25.

La posture corporelle est évaluée en utilisant le Sportkat 2000. Il se compose d'une plateforme de force et d'un plancher mobile. Il permet d'étudier l'équilibre, en statique et en dynamique. Tous les tests ont une durée de 30 secondes.
L'équilibre dynamique s'étudie en demandant au sujet de suivre une cible ronde dans un cercle de déplacement en sens horaire et anti horaire. Le principe du calcul est le suivant. On mesure la distance entre la position basculée et la position de référence (celle de départ) en additionnant les nombres absolus sur la durée du test. Plus le score est faible, plus le sujet est considéré stable.

Les auteurs ont choisi de comparer la position du centre de pression pour chaque groupe en position de repos mandibulaire et occlusion statique et dynamique.

Résultats :
Pour la comparaison **intra groupe** de la stabilité statique et dynamique avec la mandibule au repos et en occlusion, il n'y a pas de résultats significatifs pour le groupe A et B.
Pour le groupe C, on observe une différence significative dans la stabilité statique, entre la position de repos mandibulaire et l'occlusion. On note une plus grande stabilité posturale statique en occlusion. L'occlusion joue un rôle sur la stabilité posturale dans les malocclusions sévères.

Pour la **comparaison inter groupe**, en position statique, on note une différence significative entre le groupe A et C et entre le groupe B et C. Ceci est observé à la fois en position de repos mandibulaire et d'occlusion. Cela démontre encore que les malocclusions sévères se répercutent sur la stabilité corporelle donc plus la malocclusion est sévère, plus le sujet est instable.

Les sujets de classe II ont tendance à se pencher en antérieure et ont une moindre stabilité dans cette direction. Les sujets de classe III présentent la même tendance mais en direction postérieure.

Critique :
Il s'agit d'un des premiers articles qui abordent l'effet des malocclusions sur la posture et qui énonce clairement le type de malocclusion.

Concernant le *matériel et méthodes*, la population est de 75 sujets ce qui constitue un échantillon très conséquents. Les sujets sont clairement classés selon leur malocclusion et selon leur sévérité. L'étude s'intéresse à la stabilité en statique et en dynamique. Cela permet de connaître, selon le contexte, l'impact des malocclusions.
Par contre, peu de précisions sont apportées sur le déroulement du protocole, l'enchaînement des étapes, la durée de l'enregistrement (de 30s ce qui n'est pas la recommandation de l'AFP), le passage entre l'évaluation statique et dynamique et la répétabilité des enregistrements.
Enfin, l'étude porte uniquement sur les anomalies squelettiques sagittales.

En conclusion, l'ensemble de cette recherche bibliographique semblent établir un consensus **positif** dans la relation entre l'appareil manducateur ou l'occlusion dentaire et la posture corporelle. Plus spécifiquement, l'ensemble des études précédentes démontrent que l'occlusion a bien un impact plus ou moins important sur la posture.

Cependant dans l'ensemble des articles, des défauts ont été observés, concernant le protocole, les moyens utilisés pour étudier l'occlusion ou la posture ou encore la démarche statistique. Cela prouve qu'il faut bien étudier les protocoles avant d'accorder de la valeur aux résultats énoncés dans chaque article et bien les détailler pour pouvoir comparer les études.

II.2.2.b. 2ème objectif de la revue de littérature

Le second objectif de cette revue de littérature est d'évaluer le niveau de preuve des études réalisées sur le sujet. Pour déterminer la fiabilité de celles-ci, l'article suivant a effectué l'analyse de la littérature portant sur notre sujet.

1. *The diagnostic potential of static body-sway recording in orthodontics: a systematic review* (32).

(Perinetti, G. et al., 2013)

Résumé :
Cet article recherche l'effet de la position mandibulaire, de l'occlusion asymétrique et des TDM sur l'oscillation corporelle par une analyse de la littérature. L'objectif est de définir de nouvelles possibilités diagnostiques et thérapeutiques.

Matériels et méthodes :
Il s'agit d'une revue de littérature de l'ensemble des articles observationnels ou expérimentaux compris entre 1980 et le 31/12/2011.
Les articles inclus sont soit :

- Des essais cliniques randomisés,
- Des essais cliniques contrôlés et non contrôlés,
- Des études de cohortes / cas témoins,
- Des coupes transversales.

Les articles inclus doivent rechercher une corrélation entre la position mandibulaire, l'occlusion dentaire asymétrique (occlusion, occlusion asymétrique), les TDM (Trouble temporo-mandibulaire, trouble cranio faciale, douleur orofaciale, douleur myofaciale) sur l'oscillation corporelle (balancement corporel, posture corporelle, oscillation corporelle, contrôle postural).

Afin d'évaluer la qualité de chaque étude, de déterminer le risque de biais et de connaître *la possibilité de se fier aux résultats énoncés*, les auteurs ont attribué des **points** aux articles selon certains critères :

- La conception de l'étude,
- L'adéquation de la description de sélection de l'échantillon,
- La description de l'analyse des erreurs de méthode,
- L'adéquation des statistiques,
- L'estimation à posteriori de la taille de l'échantillon et de la puissance,
- Le recueil des mesures.

Pour chaque critère, un certains nombres de points est attribués. La somme totale (S) des points permet de connaître la qualité de l'article.

Si S est inférieure à **8 points**, l'article est considéré comme de faible qualité. Si S est comprise entre **8 et 10**, la qualité de l'article est considérée comme moyen. Si S est comprise entre **10 et 12**, l'article est considéré de qualité supérieure. Si S est supérieure **à 12,** la qualité est considérée comme haute.

Résultats :
La plupart des études recherchent l'impact de l'occlusion sur la posture et rarement l'inverse. La position mandibulaire, l'occlusion asymétrique et les TDM semblent avoir peu d'effet sur les oscillations corporelles.

Concernant le *matériel et méthode* des études, il y a peu d'estimation préalable de l'échantillon rendant peu pertinent l'échantillonnage. Presque aucune étude ne réalise de test de répétabilité ce qui réduit la fiabilité des résultats. Peu d'études font une analyse critique de leur protocole.

En conséquence, les résultats obtenus dans les différentes études sont à prendre avec précaution. Pour Perinetti et al (32), il faut mettre en place des études plus précises pour des résultats plus fiables. En attendant, la stabilométrie est peu indiquée comme aide diagnostique en orthodontie.

Critique :
La Meta analyse parait être bien menée. Les étapes de sélection sont bien expliquées.
Elle démontre bien que les études présentent des biais importants.
Les articles *étudiés sont de faible qualité* pour la plupart du fait de l'échantillonnage, de la méthode d'analyse, de la durée des tests, des méthodes d'enregistrement, de l'analyse des biais et de la répétabilité.

II.2.2.c. 3ème objectif de la revue de littérature

Pour mettre en place un protocole plus fiable au sein de notre étude, il est nécessaire de faire une recherche bibliographique sur ses différents composants pour en analyser la pertinence. Nous allons détailler:

- La méthode d'analyse de la posture : expliquer le choix de la plateforme de stabilométrie et des paramètres stabilométriques,
- La méthode d'évaluation de l'occlusion,
- L'intérêt des EMG,
- La durée des tests employés.

c. 1. La méthode d'analyse de la posture

Il s'agit de savoir quelle est la méthode d'analyse de la posture la plus pertinente. Afin de répondre à cela, plusieurs articles nous ont semblé intéressants.

1. *Static stabilometry and repeated testing in a normal population* (33) (Nordahl, S.H. et al., 2000).

Résumé :
Cet article s'intéresse à l'évaluation de la posture par l'utilisation d'une plateforme de stabilométrie statique. Un des objectifs est de confirmer la fiabilité de cette méthode d'évaluation posturale. L'autre objectif est l'étude de l'effet de l'apprentissage sur les résultats.

Matériels et méthodes : 60 sujets ont été inclus dans l'étude, âgés de 20 à 54 ans.
Les sujets sont placés sur une plateforme de stabilométrie statique. Quatre conditions différentes leur sont demandées pendant une durée de 1 minute. **La première condition** est de se tenir droit, avec vision en regardant une cible placée à 2 mètres. **La deuxième condition** est de se tenir droit sur la plateforme, sans vision. **La troisième condition** est de se tenir droit sur un tapis en caoutchouc (il modifie la proprioception du sujet et augmente la difficulté au maintien de la posture) placé sur la plateforme, avec vision. **La quatrième condition** est de se tenir droit sur un tapis en caoutchouc placé sur la plateforme, sans vision.
L'ensemble des quatre conditions constitue une séquence, et chaque séquence est réalisée à 10 reprises.

Les sujets sont alors répartis en quatre groupes, selon l'intervalle de temps entre la première et la dernière séquence : groupe 1 (11 jours d'intervalle), groupe 2 (17 jours d'intervalle), groupe 3 (31 jours d'intervalle) et groupe 4 (115 jours d'intervalle).
Les sujets sont également repartis selon leur âge, poids, taille et sexe pour rechercher un éventuel impact de l'un de ces paramètres sur le contrôle postural.

Ces conditions expérimentales permettent d'étudier l'impact de la vision et de la position des pieds sur le contrôle postural. Elles permettent également d'évaluer l'impact de la durée séparant les tests sur l'effet d'apprentissage.

Les paramètres enregistrés pour chaque séquence sont :
- La longueur de trajet du centre de pression (Cop), permettant de comprendre l'effort du système postural à maintenir une position droite,
- La vitesse de balancement moyenne antéropostérieure et latérale, permettant d'évaluer la stabilité dans deux plans,
- L'amplitude du balancement moyen et son maximum,
- La fréquence d'oscillation du balancement,
- Le temps passé par le Cop dans des cercles de diamètres différents.

Le test de Student permet de comparer les paramètres selon les différentes conditions

Résultats :
A partir d'études précédentes (39), les auteurs considèrent que la plateforme de stabilométrie est un outil fiable, simple et reproductible pour évaluer le système postural. Ces auteurs en concluent que la stabilométrie est un outil diagnostic fiable pouvant aider à orienter la prise en charge.

La plateforme permet de montrer, sans surprise, que la vision a une influence primordiale dans le contrôle postural. Mais ce qui est intéressant dans cette étude est qu'elle montre qu'il est possible de réaliser des études à long terme à l'aide d'une plateforme car, la position des pieds n'influe pas sur les paramètres posturaux et il n'y a pas d'effet d'apprentissage lorsque l'intervalle entre les tests est assez long.

En effet, un *effet d'apprentissage* a été mis en évidence. Il se définit comme la possibilité de l'individu à s'adapter aux conditions de son environnement au fur et à mesure des essais afin d'améliorer ses capacités (ici le contrôle posturale). Dans cette étude il n'est présent que :

- lorsque les conditions créent une vraie difficulté (les conditions 2, 3 et 4), à savoir en situation sans vision et lorsque l'appui au sol est non rigide (tapis en caoutchouc).
- si le temps entre chaque essai est relativement court.

Selon les auteurs, il n'y a pas d'influence de l'âge, du sexe, du poids et de la taille sur le contrôle postural et l'effet d'apprentissage.

Critique :
Concernant *le Matériels et Méthodes*, l'échantillon est de grande taille.
L'étude est menée avec précision. Les conditions sont réunies afin de répondre aux objectifs énoncés. L'étude est simple et réalisée rapidement. Cependant peu d'informations sont apportées concernant les modalités d'enregistrement des paramètres et leurs méthodes d'analyses.

Concernant les *résultats,* l'étude de la posture corporelle par la stabilométrie parait intéressante, notamment pour les études à long terme, mais présente des limites. Un effet d'apprentissage intervient lorsque les essais sont réalisés à plusieurs reprises dans un intervalle de temps court. Pour s'affranchir de ces limites, l'article suivant nous démontre l'intérêt de normaliser les résultats afin de ne mesurer que les effets des conditions expérimentales

2. *Statokinesigram normalization method* **(**34).
(de Oliveira, J.M., 2017)

Résumé :
La stabilométrie par plateforme de force est une technique visant à étudier les oscillations corporelles des sujets au niveau du centre de pression (Cop). Cette méthode a un défaut. Celui de ne pas pouvoir établir des valeurs normatives du fait de la grande variabilité inter individuelle (causée par la différence anthropométrique des sujets, par l'âge et/ou le placement des pieds). De même, il existe une variabilité intra-individuelle, causée par l'effet d'apprentissage et l'effet de fatigue. Pour diminuer ces variabilités, il est conseillé de normaliser les résultats. Le but de cette étude est de proposer une nouvelle méthode de normalisation.

Matériels et méthodes : la normalisation consiste à la conversion du système cartésien vers le système de coordonnées polaires, où la normalisation est réalisée puis les données sont reconverties dans le système cartésien. Il s'applique pour chaque sujet, sur des statokinésigrammes contenant les coordonnées de CoP.

Etape de normalisation :

1. Centralisation du statokinésigramme en soustrayant la valeur moyenne du déplacement au déplacement médian-latéral et antéro-postérieur,
2. Conversion du système cartésien (x, y) vers le système polaire des coordonnées,
3. Détermination des points les plus éloignés. Seuls 95 % des points sont pris en compte dans le processus,
4. Normalisation : le statokinésigramme sera confiné dans une circonférence de rayon 1, sans unité de mesure,
5. Conversion des valeurs normalisées en coordonnées cartésiennes.

Pour tester l'importance de la normalisation, l'étude utilise les données collectées lors d'expériences antérieures en comparant celles non normalisées à celles qui le sont. 71 sujets ont subi 5 phases expérimentales : « Habituation », « condition 1 », « intervalle », « condition 2 », « récupération ».

La phase « habituation » permet de mesurer le poids des sujets et de calculer le paramètre de surface des oscillations calculé à partir des statokinésigramme non normalisé et normalisé. On parle de zone. Pour le non normalisé, il s'agit de la zone brute. Pour le normalisé, de la zone normalisée.
Ces zones sont corrélées au poids et à la taille de tous les sujets afin d'apprécier l'effet de la normalisation sur *les facteurs anthropométriques*. La condition 1 permet de déterminer si *l'effet du genre* est maintenu après normalisation. Les données normalisées et non normalisées seront comparées entres les conditions 1 et 2. Enfin le *comportement de la zone* pendant l'expérience a été vérifié en comparant la phase « habituation » à la phase « intervalle » et « récupération » pour apprécier l'élimination des caractéristiques individuelles du sujet.

Résultats :
Concernant l'effet *des facteurs anthropométriques* sur le déplacement : tandis que l'on note une corrélation significative entre le poids, la taille et la surface brute (ou zone brute), les résultats ne montrent aucune corrélation entre ces paramètres et la zone normalisée.

Concernant *l'effet du genre* : les résultats sans normalisation montrent une zone de condition 1 significativement plus grande chez l'homme que chez la femme. Ceci n'apparaît plus après normalisation (plus de différence significative entre homme et femme). Cela laisse supposer que l'effet du genre peut être attribué à des facteurs anthropométriques (les hommes sont en général plus grands et plus lourds).

Concernant les *différences entre les conditions 1 et 2* : existant pour les données non normalisées, des résultats similaires apparaissent pour les données normalisées. La zone dans la condition 1 est plus petite que la zone en condition 2. Cependant, le niveau de signification du test statistique est plus élevé pour les données normalisées que non normalisées.

Concernant *la présence de corrélation entre les zones dans différentes phases de l'expérience :* une corrélation existe entre la phase « habituation » et « intervalle » et entre la phase « habituation » et « récupération » en valeurs non normalisées. Aucune corrélation n'est retrouvée pour les valeurs normalisées. Les facteurs (anthropométriques et autres) responsables de la corrélation des données non normalisées ont été supprimés par la normalisation.

La normalisation permet donc de réduire la variabilité du signal de CoP, d'afficher les effets des conditions expérimentales sans interférence d'autres facteurs et de comparer plus étroitement le contrôle de l'équilibre chez une population spécifique.
Cependant après normalisation, l'effet de fatigue et d'apprentissage semble persister. Ils peuvent, eux, être évités grâce à une bonne conception expérimentale.

Critique :
Concernant le *Matériels et méthode*, l'étude est réalisée sur un grand échantillon (71 personnes). L'étude parait claire et bien menée. Les objectifs sont clairement énoncés.
La normalisation y est également très bien expliquée.
En revanche, les phases expérimentales (habituation, condition 1, 2, intervalles et récupération) ne sont pas décrites. Cette étude utilise une étude antérieure qui n'est pas présentée (absence d'information sur la méthodologie employée, les conditions expérimentales, les critères d'inclusion et d'exclusion).

Concernant les *résultats,* cette étude montre l'intérêt de normaliser les données obtenues par la stabilométrie. Cependant, dans une seule situation, la normalisation de permet pas de supprimer la différence entre la condition 1 et 2. En effet, la zone de condition 1 est plus petite que celle de la condition 2, à la fois en situation normalisée que non normalisée. L'explication de cette persistance ne nous est pas donnée.

En conclusion, utilisée dans de bonnes conditions et en normalisant les données extraites, la plateforme de force est un outil adapté à l'étude de la posture.
Il s'agit de savoir à présent quelles sont les données de stabilométrie les plus pertinentes.

3. *Effect of mandibular mobilization on electromyographic signals in muscles of mastication and static balance in individuals with temporomandibular disorder: study protocol for a randomized controlled trial* (35).

(El Hage, Y. et al., 2013)

Résumé:
Chez les patients atteints de dysfonctionnement de l'appareil manducateur (TDM), il est admis que le massage facial, la mobilisation de l'articulation et les exercices mandibulaires ont un effet bénéfique. Le massage facial et la mobilisation de la mandibule permettent la diminution de la douleur, la prévention des formations d'adhérences articulaires, l'augmentation du flux sanguin local, l'élimination des substances résiduelles et une diminution de l'activité EMG des muscles. La relaxation des muscles peut donc affecter l'afférence des récepteurs propres au système stomatognatique et donc modifier la posture.

L'objectif principal de cette recherche est d'analyser l'effet du massage et de la mobilisation mandibulaire sur l'activité des muscles de la mastication et sur l'équilibre statique des individus atteint de TMD. Le second objectif est de définir avec précision, à l'aide d'une étude pilote, les paramètres à employer dans la suite de l'étude.

La recherche n'étant pas terminée, seul le deuxième objectif est aujourd'hui atteint.

Matériel et méthode :
Les patients sont admis dans le protocole s'ils possèdent un TMD diagnostiqué. Ils sont classés en 3 groupes : groupe **contrôle,** groupe **avec mobilisation spécifique** et groupe avec **mobilisation non spécifique,** par randomisation**.**
Les sujets sont évalués avant traitement, après un premier traitement puis après un deuxième traitement. L'examen de stabilométrie s'effectue à l'aide d'une plateforme (70 secondes d'enregistrement ; tests avec et sans vision) couplé à un EMG (enregistrement des masséters et temporaux ; tests en inocclusion, en OIM et en OIM forcée maximale).

L'étude est en cours d'élaboration. Les résultats ne sont pas encore disponibles.

Une première étude pilote a été menée. Son but est de déterminer la taille de l'échantillon.
Pour cela, une population ayant un DTM a été sélectionnée.
Le recueil des données s'effectue en OIM pendant 8s avant et après 5 sessions de mobilisation non spécifique. Les résultats de l'étude pilote permettent de considérer qu'un échantillon de 13 patients est significatif.

Une deuxième étude pilote a été réalisée. Son but est de déterminer quels seront les paramètres étudiés lors de la stabilométrie. Pour cela, 15 sujets ayant un TDM ont été recrutés. La stabilométrie a été réalisée sur 2 jours différents. Lors de chaque séance, 2 essais consécutifs de 70s en position vertical ont été réalisés (avec et sans visions).
Chaque essai est suivi d'une période de repos de 60s.

A la suite de cette deuxième étude, il a été décidé de traiter le signal stabilométrique en tenant compte des paramètres suivants :

- Le déplacement du CoP dans les directions antéro-postérieures et mésio-latérales pour analyser l'oscillation du corps,

- Le balancement postural ; il sera quantifié à l'aide de deux variables dépendantes de l'échelle :

- La zone de balancement du CoP comme indicateur de l'amplitude de mouvement de la CoP. Elle sera estimée en ajustant une ellipse aux données CoP.
- La vitesse de la fréquence moyenne de la CoP comme efficacité du contrôle postural. Elle sera calculée en prenant la distance totale parcourue et en la divisant par le temps d'essai.

- Le SaEn: il s'agit d'une méthode permettant de quantifier la régularité d'une série temporelle. Elle traduit la régularité des mouvements de cop.

Pour les EMG, 5 s de signal seront utilisés pour le calcul du carré moyen de l'amplitude (RSM) en écartant les deux secondes initiales et les deux dernières secondes.

Pour les données enregistrées pendant la position de repos mandibulaire et l'OIM, le RSM sera calculé en utilisant une fente de 200ms.
Pour les données acquises pendant la mastication, une normalisation sera réalisée selon le pic EMG enregistré au cours du même essai isotonique. On appelle cela la méthode de la moyenne dynamique.

Critique :
Le protocole est plutôt détaillé et une logique de mise en place est réalisée. Cependant, l'étude ne prend pas en compte l'occlusion (aucune précision sur la présence ou non d'anomalies occlusales) mais plutôt les TDM.

La durée des tests (plus de 70s) n'est pas en accord avec les normes de 51s.
Les études s'effectuent en deux sessions pour étudier la répétabilité des paramètres étudiés.

Concernant la pertinence des paramètres à employer, les auteurs concluent que :

- Les EMG de surface présentent une fiabilité et une reproductibilité dans l'enregistrement des muscles de la mastication,
- La fiabilité des CoP est influencée par la *vision (plus fiable les yeux fermés*),
- Les résultats sont impactés par le nombre d'enregistrement,
- La vitesse moyenne est la donnée la plus fiable,
- L'indice le plus faible est le SAEN,
- La réalisation de seulement 2 sessions permet de réduire la fatigue.

4. *Parameter reduction in the frequency analysis of center of pressure in stabilometry* (36). (Nagymaté, G. et al., 2016)

Résumé :
Cette étude récente de janvier 2016 s'est intéressée à l'analyse de la pertinence des paramètres employés en stabilométrie. L'objectif est d'étudier la variabilité intra-sujet pour différentes positions corporelles à l'aide de plusieurs paramètres et d'en déduire leur pertinence.

Matériels et méthodes : 25 sujets sont inclus dans l'étude (22 hommes et 3 femmes). Les critères d'inclusion sont l'absence de lésions musculo-squelettiques et d'intervention chirurgicale au cours de ces 10 dernières années.
Le principe de l'étude est d'étudier les effets intra-sujets de différentes positions par répétition des mesures. Avant leur passage, les sujets se sont tenus debout pendant 2 minutes pour éviter le phénomène de vertige orthostatique. Chaque sujet a effectué 3 essais, pieds nus, d'une durée de 60s. Au premier essai, le sujet se tient en position bipède avec vision (EO). Au deuxième essai, le sujet se tient en position bipède sans vision (EC). Au troisième essai, le sujet se tient sur une jambe avec vision (SL). Pour chaque essai, la position du Cop et la distribution des forces ont été enregistrées. Puis les paramètres suivants ont été calculés, pour chaque sujet et pour chaque essai :

- La fréquence moyenne de puissance (MPF) : il s'agit de la fréquence moyenne pondérée où les composants de fréquence sont pondérés par leurs puissances.
- La fréquence médiane (MDF): la valeur de fréquence qui sépare le spectre de puissance en deux zones égales.
- La bande passante de 99 % (BW): la largeur de bande de fréquence en Hz dans laquelle 99% de la puissance totale du signal Cop est située.
- La puissance de la gamme de fréquence à faible-moyen ratio (LMR) dans les directions AP et ML.
- La puissance de la gamme de fréquence à moyenne-haute ratio (MHR) dans les directions AP et ML.
- Le rapport AP-ML de puissance spectral (SPR) est le rapport de la puissance spectrale totale dans la direction AP sur la puissance spectrale totale dans la direction ML.
- La plus grande amplitude (LA) et la plus grande fréquence d'amplitude (LAF).

La variabilité intra sujets dans les différentes positions a été étudiée à l'aide de ces paramètres afin d'en déduire les plus pertinents.

Résultats : concernant les *corrélations*. MPF et MDF ont les corrélations les plus fortes dans le sens AP. De plus, il existe une forte corrélation entre MPF et BW dans le sens ML et AP.
La plupart des paramètres ont des comportements similaires aux autres.

Concernant *l'analyse de variance*. Logiquement, le test ANOVA montre une différence significative entre les trois types de positions pour chaque sujet. Tous les paramètres sauf MDF dans le sens AP sont influencés par les positions.

- Pour les paramètres LA-AP, LMR-ML, MDF-ML, MPF-ML, la position bipède avec vision diffère sensiblement des deux autres.
- Pour les paramètres LAF-AP, LA-ML, MHR-AP, MHR-ML, SPR, BW-AP, MPF-AP, les conditions OE et EC ne diffère pas mais la position SL diffère significativement des autres.
- Pour les paramètres LAF-ML, BW-ML, les 3 positions différents significativement des autres.

Les auteurs concluent que les paramètres les plus adaptés sont :

- La plus grande amplitude pendant l'équilibrage (LA) car elle montre l'amplitude du mouvement qui est inobservable en utilisant des paramètres conventionnels. Elle décrit les erreurs aléatoires du contrôle postural et les plages absolues.
- Le ratio de puissance de fréquence entre bas et moyen (LMR) et les bandes de haute fréquence (MHR) car ils décrivent les écarts de bandes de fréquences et les altérations dans le domaine des fréquences.
- Le rapport de puissance spectral (SPR), intéressant quand les puissances spectrales sont analysées séparément dans les directions AP et ML.
- La fréquence de puissance moyenne (MPF), pour surveiller la chute des problèmes d'équilibres lors de la prise en charge des patients.

Critique : Cette étude complète la précédente. Elle détermine les paramètres les plus pertinents lors de l'utilisation de la stabilométrie et utilise des paramètres non habituels en stabilométrie.
L'étude est bien décrite. Les critères d'inclusion sont donnés. Les paramètres d'études sont tous décrits correctement. En revanche, aucun calcul préalable de la taille de l'échantillon nécessaire n'a été réalisé. De même aucun test de répétabilité n'a été effectué.

c. 2. Méthode d'évaluation de l'occlusion

Le but est de savoir quelle est la méthode d'évaluation de l'occlusion la plus pertinente.
Pour y répondre, nous avons sélectionné les articles suivants :

1. *Occlusal measurement method can affect SEMG activity during occlusion* (37).
(Forrester, S.E. et al., 2011)

Résumé :
L'analyse de l'occlusion doit être précise quand son impact sur la posture est recherché. L'occlusion peut être évaluée par des méthodes qualitatives comme le ruban marqueur ou par des méthodes quantitatives comme le T-Scan.
Le but de cette étude est de déterminer les méthodes d'évaluation de l'occlusion les plus pertinentes à l'aide d'un EMG. 4 méthodes d'évaluation de l'occlusion sont étudiées pour évaluer quelles sont celles qui affectent l'activité musculaire durant l'occlusion : Parkell (liquide d'enregistrement occlusaux à application au pinceau), ruban encreur fin (de soie), T-Scan et papier encreur épais.

Matériels et méthodes : 23 volontaires sont inclus dans l'étude. Les critères d'inclusion sont l'absence de pathologie articulaire, d'antécédent de douleurs articulaires et de bruit articulaire. Le sujet doit présenter moins de quatre dents extraites.
Le sujet est dans un premier temps familiarisé aux tests. L'enregistrement commence toujours par des essais sans interposition du dispositif d'évaluation de l'occlusion (indicateur occlusal T-Scan) puis suivent les enregistrements avec les 4 indicateurs occlusaux dans un ordre randomisé.

3 situations ont été choisies :
1. OIM,
2. Forte morsure sur l'indicateur (T-Scan),
3. Occlusion forcée pendant 3 à 5 secondes en OIM ou sur l'indicateur T-Scan.

L'EMG de surface est associé à des électrodes bipolaires actives. Les électrodes ont été placées sur le ventre et sur le front (les muscles précis ne sont pas spécifiés dans l'article). Les EMG ont été amplifiés et filtrés en bande passante. Les paramètres EMG mesurés sont l'amplitude maximale, l'amplitude (normalisée par rapport à l'amplitude maximale) et la moyenne du coefficient antéro-postérieur (APC).

Un questionnaire a été remis au sujet pour donner son appréciation subjective sur l'effet de chaque indicateur sur la morsure (le confort, la texture et la ténacité).

Résultats :
Seuls les indicateurs T-Scan et le papier encreur (plus épais que le ruban) ont montré des différences dans l'activité maximale des muscles, dans l'APC, dans l'activité du masséter superficiel et dans les sensations ressenties par le sujet.

Une bonne méthode d'évaluation de l'occlusion doit être précise et fiable, sensible aux changements des caractéristiques occlusales, ne pas influencer les paramètres d'occlusion et les contacts dentaires mesurés.
Le papier encreur (épais) et le T-Scan en plastique ont significativement altéré l'activité des EMG. Cette différence étant similaire à l'effet de l'interposition de rouleaux de coton entre les dents, les auteurs concluent que l'altération de l'activité musculaire générée par ces indicateurs occlusaux peut impacter l'occlusion.

Les résultats du questionnaire vont dans le même sens : le papier encreur épais et le T-Scan ont été perçus comme étant moins confortable, plus dur, plus rugueux, ayant un effet sur la morsure.

Cela s'explique car :

- Le papier encreur est beaucoup plus épais que les autres indicateurs,
- Le T-Scan est beaucoup plus épais, plastique et rigide en compression.

En conclusion, les indicateurs T-Scan affectent significativement l'activité musculaire pendant l'occlusion, à ce titre ils ne peuvent être utilisés pour mesurer les contacts dentaires.

Critique :
Matériel et méthodes : il s'agit d'une étude simple recherchant l'effet de 4 indicateurs occlusaux sur l'activité des muscles de l'appareil manducateur. L'échantillonnage est fiable. L'étude et l'analyse des données est précise, bien expliquée.
Cependant l'effet des indicateurs sur l'occlusion est analysé de manière indirecte par les EMG.

En conclusion, cet article démontre que l'utilisation du T-Scan modifie l'activité musculaire en modifiant l'OIM donc la position mandibulaire. Les protocoles visant à analyser l'occlusion doivent donc éviter ce dispositif. Cet article montre aussi l'intérêt pour les études sur la posture et l'occlusion d'utiliser un EMG de manière à distinguer l'impact de la position mandibulaire sur la posture et celui de la mise en jeux musculaire.

c. 3. Conclusion sur la pertinence des conditions d'étude

L'ensemble de ces recherches nous permettent de penser que l'étude de la posture corporelle par plateforme de force parait adaptée, à condition de bien réfléchir aux conditions expérimentales avant et d'exploiter les données correctement.

Une revue de littérature **(***The test–retest reliability of center of pressure measures in bipedal static task conditions – A systematic review of the literature***)** (Ruhe et al., 2010) (38) a justement pour objectif d'énoncer les recommandations à suivre lors de l'établissement d'un protocole avec plateforme de force.

Les recommandations de Ruhe et al. (38) sont les suivantes :

- Echantillonnage : il faut inclure une population la plus homogène possible (d'âge et de poids similaires) et évaluer soigneusement l'état physique du sujet.

- Conditions expérimentales : il faut favoriser la position d'enregistrement statique debout, les yeux fermés sur une surface stable (il peut s'agir du sol ou d'une plateforme mais celle-ci doit être stable). Pourtant des études ont montré que la déstabilisation du sujet permettait de détecter des effets (35).

- Durée des tests : 10 s paraissent insuffisant pour obtenir des données fiables. Pour Ruhe et al. (38), il faut une durée d'au moins 90s d'enregistrement du CoP pour obtenir des paramètres fiables de cop.

Cependant cette durée est trop longue et pourrait créer chez le patient une fatigue importante à l'origine d'un biais. Aujourd'hui les recommandations de l'AFP sont de 52s.

- Paramètres posturaux : l'étude du Cop est fiable. L'analyse fractale est supérieure dans l'étude de cop. Le paramètre le plus fiable est la vitesse moyenne. Mais Ruhe et al. (38) ont réalisé cette analyse sur 90'.

- Répétition des tests : elle est nécessaire. Au minimum deux essais (entre 3 et 5 essais favorables) sont recommandés.

- Posture du pied : Ruhe et al. (38) ne donnent aucune recommandation. Cependant, les données de la littérature sont contradictoires à ce sujet car si certains auteurs (33) montrent que la position du pied impacte peu la posture, d'autres conseillent d'utiliser une cale de positionnement (34).

- Etude de l'occlusion : Ruhe et al. (38) ne donnent pas de recommandation mais il est préférable d'éviter d'utiliser un outil s'interposant entre les dents comme le T-Scan car il modifie l'occlusion.

Il faut aussi bien préciser les positions occlusales choisies, les définir et bien analyser les fonctions occlusales avant d'inclure les sujets dans des groupes « normocclusion » ou « malocclusion ».

- Exploitation des données : Lors du traitement des données, un échantillonnage de 100 HZ avec coupure de 10Hz semble fiable.

Pour Ruhe et al. (38) comme pour d'autre auteurs (34), il faut aussi normaliser les données afin d'exploiter uniquement les conditions expérimentales et supprimer les variabilités inter et intra-individuelles (notamment dû au phénomène d'apprentissage).

III. Matériels et méthodes

Un premier protocole, ayant pour objectif d'étudier le lien entre posture corporelle et occlusion dentaire, a été envisagé lors de la thèse de **Céline Boulanger** (17) et appliqué au cours de la thèse de **Kelly Berdah** (18) et de **Mélanie Joinnet** (19). Dans ce protocole, des sujets sans anomalies occlusales (témoins) ont été comparés à des sujets présentant une malocclusion nette (cas), quelle que soit cette malocclusion. La thèse de **Mélanie Joinnet** a démontré que « les sujets en béance ont une posture moins stable que les sujets en normocclusion ». A la suite de ces résultats intéressants, nous avons décidé d'étudier un plus grand nombre de malocclusions et en particulier les béances ou surplombs antérieurs excessifs.

Les outils de mesures utilisés seront les mêmes que ceux proposés dans la thèse de Boulanger (17), une plateforme de stabilométrie couplée à un électromyographe de surface (EMG) et à des vibrateurs. Les conditions expérimentales seront un peu différentes de celles utilisées par Kelly Berdah (18) et Mélanie Joinnet (19) du fait de l'analyse des résultats obtenus lors de ces deux expérimentations.

Le Comité de Protection à la Personne (CPP) Sud Méditerranée a donné son accord pour mener cette recherche sous la référence 112R08; HDI-Gerling compagny assure les sujets participant à cette recherche (référence : 2012040).

III. 1. Echantillon

La population de l'étude est sélectionnée parmi les étudiants en odontologie de Marseille, volontaires, de la deuxième à la sixième année, de genre féminin et masculin à part égale.

Les sujets sont d'abord présélectionnés à partir d'un questionnaire (Annexe 1) nous permettant d'exclure les sujets présentant des pathologies posturales nettes.

Deux examens cliniques seront réalisés aux sujets présélectionnés. Un examen est réalisé par un masseur-kinésithérapeute, l'autre par un chirurgien-dentiste, pour inclure les sujets dans les groupes ou les exclure.

Les critères de sélection sont les suivants.

III.1.1. Groupe en normocclusion (groupe témoin)

Les critères d'inclusion sont :

- Normocclusion, classe I d'Angle canine et molaire,
- Absence de Désordre Temporo-Mandibulaire (DTM) de l'ATM, les grades II et I articulaires sont acceptés,
- Absence d'anomalies posturales structurelles majeures,
- Absence de problème vestibulaire et proprioceptif.

Les critères d'exclusion sont :

- Classe II et III d'Angle,

- Malocclusion de classe I :

✓ Asymétries :
- De calage (par perte des 6 ou des 6-7 contiguës, par asymétrie de classe d'angle, par occlusion 1 dent/1dent ou par occlusion inversée),
- De guidage (guidage latéral ou non en latéralité, guidage incisif asymétrique en propulsion, guidage canin dysfonctionnel d'un côté et fonction de groupe comprenant la 5 de l'autre côté),

✓ Anomalie majeure du plan d'occlusion (asymétrie appréciable de manière indiscutable à l'œil avec un plan de fox non parallèle à la ligne bi pupillaire),

✓ Anomalie de centrage transversal supérieure à 0,5mm et sagittal supérieur à 1mm (appréciable à l'œil nu)
✓ Béance antérieure supérieure à 2 dents contiguës,

✓ Perte de calage molaire par perte des 6 ou 6-7 contiguës,

✓ Guidage dysfonctionnel (canin ou incisif) dont la surface de guidage dépasse le 1/3 occlusal de ma face vestibulaire mandibulaire.

- Présence de restaurations de grandes étendues, supérieure à deux dents,

- Consommation de drogues (alcool, benzodiazépine, psychotrope),

- Episode de dépression ou d'angoisse au cours des derniers mois.

Critères de non inclusion sont :

- Absence de coopération,
- Difficulté à réaliser les positions demandées,
- Prise d'alcool dans les 24h,
- Pilosité gênante (de la face ou du corps) et hypersudation.

III.1.2. Groupe présentant des anomalies occlusales (groupe cas)

Les critères d'inclusion sont :

- La présence d'une anomalie occlusale majeure de type béance antérieure et surplomb antérieur excessif supérieure à 2 dents contiguës.

D'autres anomalies occlusales majeures permettront d'inclure les sujets :

- ✓ Asymétrie :
  - De calage (par perte des 6 ou des 6-7 contiguës),
  - De guidage (guidage latéral ou non en latéralité, guidage incisif asymétrique en propulsion, guidage canin dysfonctionnel d'un côté et fonction de groupe comprenant la 5 de l'autre côté),

- ✓ Anomalie majeure du plan d'occlusion,

- ✓ Anomalie de centrage transversal supérieure à 0,5mm et sagittal supérieur à 1mm (appréciable à l'œil nu),

- ✓ Perte de calage molaire par perte des 6 ou 6-7 contiguës,

- ✓ Guidage dysfonctionnel (canin ou incisif) dont la surface de guidage dépasse le 1/3 occlusal de ma face vestibulaire mandibulaire.

- Absence de TDM de l'ATM (les grades II et I articulaires sont acceptés),
- Absence d'anomalies posturales structurelles majeures,
- Absence de problème vestibulaire et proprioceptif.

Les critères d'exclusion sont :

- Classe I, II ou III d'angle sans anomalie occlusale nette,
- Perte de calage postérieure concernant uniquement les prémolaires,
- Prise de drogues (alcool, benzodiazépine, psychotropes),
- Episode de dépression ou d'angoisse au cours des derniers mois.

Les critères de non inclusion sont les même que pour le groupe témoin.

III. 2. Matériel

Afin de mettre en place cette étude, un certain nombre d'éléments sont nécessaires.

III. 2.1. Pour la pré-sélection des sujets

- un questionnaire de pré-sélection permettant l'évaluation de la sphère oro-faciale et de la posture.
- une notice d'information (Annexe 2) permettant d'expliquer au sujet le déroulement de l'étude, ses objectifs, les risques et les contraintes.

III. 2.2. Pour l'examen clinique postural

- un appareil photo, avec dispositif de support (trépied) et calibrage,
- du ruban marqueur au sol permettant la reproductibilité de l'examen,
- des cales de positionnement des pieds amovibles,
- une nappe en papier quadrillé 4m x 2m accroché au mur selon un repère orthonormé (fig. 1)



Figure 1: Repère orthonormé pour l'examen clinique postural

III. 2.3. Pour l'examen clinique occlusal

- une fiche d'analyse occlusale (Annexe 4),
- un plateau d'examen,
- un fauteuil dentaire.



Figure 2: Plateau d'examen occlusal

III. 2.4. Pour les tests posturaux

- un formulaire de consentement pour la participation à la recherche, remplie en 3 exemplaires (Annexe 3),
- une plateforme de stabilométrie statique



Figure 3: Plateforme de stabilométrie statique SATEL

- une cale de positionnement, permettant de rendre reproductible la position du patient,



Figure 4: Cale de positionnement des pieds

- un masque obscurcissant (pour créer la position sans vision),
- deux vibrateurs, pour déstabiliser le sujet au cours de l'enregistrement.



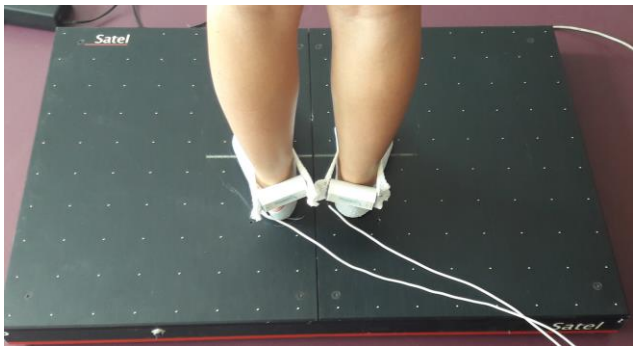




Figure 5: Vibrateurs Techno Concept

- un EMG de surface,



Figure 6: EMGs 16 voies DELSYS

- des électrodes sans fil, avec un signal pré amplifié, terre intégrée de deux dimensions (petite ou grande)



Figure 7: Electrodes sans fil, de différentes dimensions

- des feuilles avec motif de forme géométriques aléatoires pour permettre de fixer une zone lors de la vision,



Figure 8: Feuilles à motif aléatoire permettant de fixer la vision

- Un cahier de manipulation

III. 3. Méthode

Le protocole d'étude se divise en deux phases.

III.3.1. La sélection de l'échantillon

Afin de sélectionner correctement les sujets, 2 phases ont été nécessaires :

- La phase de pré-sélection.

Un questionnaire de pré-sélection a été rédigé (Annexe 1). Il contient un questionnaire d'évaluation de la sphère oro-faciale et de la posture.

Nous concernant, ce questionnaire a été distribué lors des TP d'occlusodontologie aux étudiants de 2ème année et de 3ème année en chirurgie dentaire de Marseille. Lors de sa distribution, une présentation a été effectuée afin d'expliquer aux étudiants l'objectif de l'étude et son déroulement.

Selon les réponses aux questionnaires, les sujets sont :
- exclus : présence d'anomalies posturales majeures, troubles vestibulaires, vertiges,
- considérés comme faisant partie du groupe en malocclusion,
- considérés comme témoin.

- Les examens cliniques.

Les étudiants sélectionnés sont contactés (par mail et SMS) afin de les informer de leur pré-sélection. Un accord verbal de participation est alors demandé.

Une fois l'accord de l'étudiant obtenu, un mail lui est envoyé, lui rappelant :
- Le déroulement de l'étude,
- Les conditions nécessaires pour pouvoir y participer (être en short et débardeur, rasé, sans crème au niveau du visage, du dos et des jambes, sans consommation de drogue, alcool ou tabac dans les 24h).

La notice d'information leur est également adressée. Le sujet est alors convoqué au pavillon d'Odontologie de la Timone.

→ Etape 1 : l'examen clinique postural.

Cet examen permet de vérifier que le patient ne présente pas de pathologies posturales majeures. Nous ne pouvons pas nous fier entièrement aux questionnaires subjectifs remplis par le sujet.

Pour se faire, 3 photographies sont réalisées sur un arrière-plan de mur quadrillé.
La position des pieds est déterminée par des cales dont la position est rendue reproductible (présence de repère au sol).

L'appareil photo est placé sur un trépied (les deux premiers pieds se positionnent à 371cm du mur et le 3ème à 436 cm).

L’axe principal du trépied doit être perpendiculaire au sol et parallèle à une verticale tracée au mur. Le calibrage est réalisé grâce aux niveaux présents sur l’appareil.

Position 1 : Afin de rechercher les anomalies posturales dans le plan frontal, une première photographie est réalisée de face. Les talons sont placés à 10,5 cm du mur.

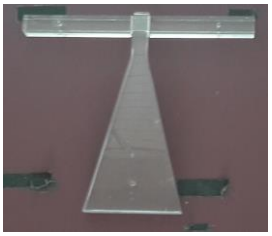



Figure 9: Examen postural de face en position standardisée

Position 2 : Afin de compléter les données dans le plan frontal, la deuxième photographie est effectuée de dos, le patient face au mur. Les talons sont placés à 31,39 cm du mur.

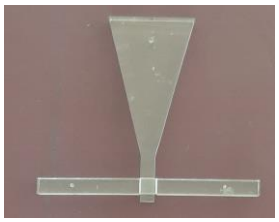



Figure 10: Examen postural de dos en position standardisée

Position 3 : Afin d’analyser les anomalies posturales dans le plan sagittal, la troisième photographie est réalisée de profil (la cale est décalée de 10,5 cm en arrière du centre du mur et placée à 2 cm du mur).

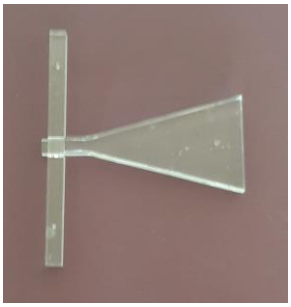



Figure 11: Examen postural de profil en position standardisée

Ces photographies sont analysées par un kinésithérapeute pour éventuellement exclure les sujets du protocole.

→ Etape 2 : l'examen clinique occlusal.

Réalisé le même jour que l'examen postural, il s'agit d'un examen occlusal standard (Annexe 4). Il permet de rechercher les critères d'inclusion des sujets dans l'un des deux groupes. Si aucun critère d'exclusion ou de non inclusion n'est mis en évidence, le sujet est inclus dans l'étude en tant que cas ou témoins. Ce dernier signe alors 3 consentements (Annexe 3).

Nous cherchons à obtenir un nombre plus **important** de sujet en malocclusion que lors de la précédente étude (8 cas et 17 sujets témoins) de manière à confirmer les résultats observés dans la thèse de Joinnet (19). Joinnet (19) a montré une plus grande instabilité des sujets en béances mais l'échantillon était petit et la répétabilité des tests à 51,2s non étudiée (beaucoup de test ont été réalisés à 25s).

Par notre sélection, nous obtenons **6 sujets** en malocclusion (dont 4 répétitions) et **3 sujets** en normocclusion (tous répétés). Ajouter à ceux obtenus lors des études précédentes, nous constituons un groupe de **12 sujets en malocclusion** (dont 5 répétitions), de **18 sujets en normocclusion** (dont 8 répétitions) en situation de stabilité. Avec vibrateurs, nous obtenons un groupe **de 9 sujets en malocclusion** et **6 sujets en normocclusion.**

III.3.2. Les tests posturaux

Nous expliquons au sujet le déroulement des tests et nous vérifions leur aptitude à réaliser la tache demandée.

Le sujet est positionné sur la plateforme de stabilométrie en position standardisée. Cette position met dès le départ le patient en situation d'inconfort, générant des compensations posturales et augmentant la possibilité d'observer un impact sur l'occlusion.
Cette position est obtenue à l'aide de cale amovible que nous retirons par la suite pour ne pas perturber les informations via les récepteurs cutanés et les barorécepteurs.

Les électrodes des EMG, au nombre de 14, sont positionnées sur le sujet. La peau du sujet étant lavée à l'aide d'une compresse d'alcool, séchée puis gommée pour faciliter leur adhésion.

Les électrodes, équipées de leur interface adhésive, sont placées en symétrie axiale (droite et gauche) sur les muscles :

- Masséter (petite électrode),
- Temporal antérieur (petite électrode),
- Sterno cleido occipito mastoïdien (petite électrode),
- Trapèze (grande électrode),
- Erectus spinaux T12-L1 (grande électrode),
- Soléaire (grande électrode),
- Tibialis antérieur (grande électrode).

Les électrodes sont espacées de 20 à 30mm, posées parallèle aux fibres musculaires, à distance des tendons. Les EMG ont pour but de mettre en évidence une corrélation entre posture dans l'espace et contraction musculaire. Il s'agit de localiser le niveau où s'effectuent les compensations musculaires.

L'électrode au niveau du **soléaire** est placée avant la division du gastrocnémien. Pour le visualiser, il est demandé au sujet de se mettre sur la pointe des pieds. Après l'avoir repéré, il faut s'assurer que le jumeau ne vienne pas le recouvrir lors du relâchement du pied.

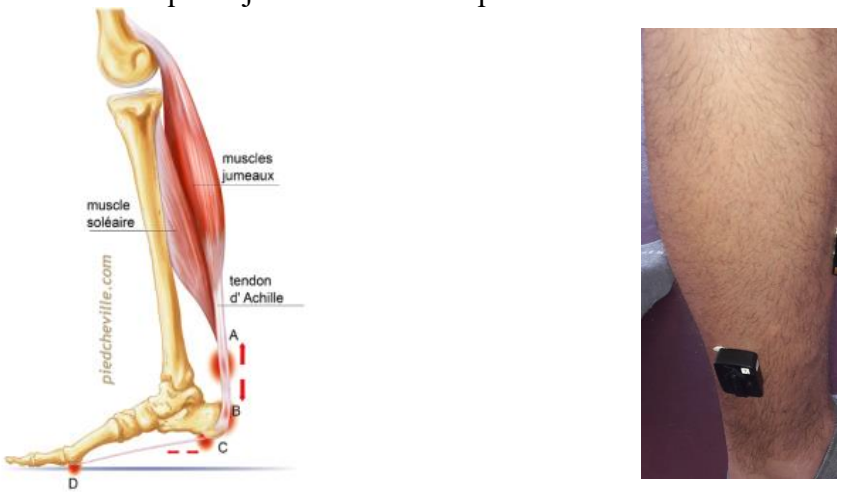


Figure 12: Placement de l'électrode au niveau du soléaire [1]

L'électrode au niveau du **tibialis antérieur** est située sur le tiers supérieur du corps du muscle, sur le bord externe de la tubérosité tibiale antérieure. Il est demandé au patient de relever la pointe des pieds en maintenant le talon au sol. Le premier muscle à se contracter est le tibialis antérieur.

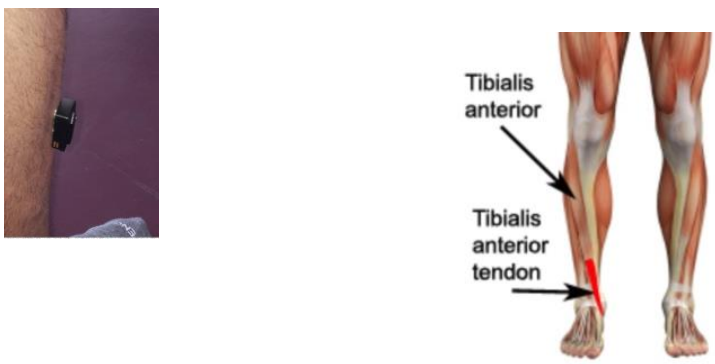


Figure 13: Placement de l'électrode au niveau du tibialis antérieur [2]

Les électrodes des **érecteurs spinaux** sont positionnées au niveau de la dernière vertèbre thoracique. Pour les repérer, il est demandé au patient de se pencher en avant et de creuser le dos.



Figure 14: placement des électrodes au niveau des érecteurs spinaux

Les électrodes sont placées sur le **muscle trapèze** après palpation bi digitale du muscle. Pour le repérer plus facilement, il est demandé au sujet de lever les bras.



Figure 15: placements des électrodes au niveau des muscles trapèzes

Des petites électrodes sont ensuite placées sur **le sterno-cléido-occipito-mastoïdien** (SCOM), le **masséter** et **les temporaux antérieurs** de façon symétrique.
Le SCOM est visualisé en demandant en patient une rotation horizontale de la tête. Sa contraction est accentuée en opposant une force au mouvement.
Pour les muscles masséter et temporaux antérieurs, il est demandé au sujet de serrer les dents afin de palper le muscle en avant de l'angle goniaque pour le masséter, au niveau des tempes pour le temporal.



Figure 16: Placement des électrodes au niveau des SCOM, du masséter et du temporal antérieur



Les vibrateurs sont positionnés au niveau du tendon d'Achille, maintenus par des sangles ajustables et stimulent le triceps sural (les 2 chefs du muscle gastrocnémien et celui du muscle soléaire, composant du triceps sural, présentent une terminaison commune, le tendon d'Achille). Ils seront activés à une fréquence de 80 Hz pour créer l'illusion de mouvement. On obtient une sensation d'étirement du muscle triceps sural, comme si le sujet était penché en avant.

Différentes conditions expérimentales sont réalisées, dans un ordre aléatoire. Nous jouerons sur les différentes positions mandibulaires, sur la vision et sur les vibrations appliquées.

D**eux positions occlusales** ont été supprimées par rapport aux études menées précédemment : l'OIM active et l'OIM forcée car elles rendaient les conditions expérimentales aléatoires.
L'OIM active est une OIM en contraction isométrique. La pression musculaire entraîne une augmentation des contacts occlusaux par déformation élastique du ligament parodontal, de l'os et du disque articulaire.
L'OIM forcée ou « très active » est une situation proche de l'OIM maximal.

Il a été observé, lors des précédents enregistrements, qu'il était très difficile pour le sujet de distinguer les différents OIM et de maintenir, pendant une durée de 51,2s, l'OIM forcée sans générer de fatigue importante. La suppression de ces conditions permet d'éviter les biais d'interprétation liés à la définition floue de ces positions et à leur maintien lors des tests.

10 conditions expérimentales sont maintenues :

- La position habituelle avec vision (PHABAV),
- La position habituelle sans vision (PHABSV),
- La position de repos avec vision (PREPAV),
- La position de repos sans vision (PREPSV),
- L'OIM passif avec vision (OIMPAV),
- L'OIM passif sans vision (OIMPSV),

- L'occlusion en bout à bout latéral droit avec vision (BBLDAV),
- L'occlusion en bout à bout latéral droit sans vision (BBLDSV),
- L'occlusion en bout à bout latéral gauche avec vision (BBLGAV),
- L'occlusion en bout à bout latéral gauche sans vision (BBLGSV),

A ces conditions, s'ajoutent 5 conditions réalisées avec **vibrateurs** (toutes sans visions) :

- Position habituelle, sans vision, avec vibrateur (PHABSVV),
- Position de repos, sans vision, avec vibrateur (PREPSVV),
- OIM passif, sans vision, avec vibrateur (OIMPSVV),
- L'occlusion en bout à bout latéral gauche, sans vision, avec vibrateur (BBLGSVV),
- L'occlusion en bout à bout latéral droit, sans vision, avec vibrateur (BBLDSVV).

La position habituelle est la position adoptée par le patient lorsqu'aucune consigne ne lui est donnée.

La position de repos est la position qui se caractérise par *l'absence de contacts dento-dentaire* (définissant un *espace d'inocclusion*) alors que les *lèvres sont jointes* et que la *langue se situe au niveau du palais*.
Il s'agit d'une position d'équilibre. Le patient a la tête en position droite, les muscles abaisseurs et élévateurs équilibrent la force de gravité et les condyles sont en position neutre sans contraintes. C'est une position très fréquente (habituellement, il s'agit de la position qu'adopte l'individu immédiatement après avoir dégluti) et constante.

L'OIM passive est le rapport dentaire qui se caractérise par le maximum de contacts inter dentaires mais sans participation musculaire intense.

L'occlusion en bout à bout latéral est une position instable.
Le patient vient effectuer un mouvement de diduction (de déplacement latéral) vers la droite ou la gauche jusqu'à une amplitude de 15 à 20 mm et maintient cette position.

La condition sans vision est créée en oblitérant la vision par un masque oblitérant car le patient doit garder les yeux ouverts.
La condition de vision est créée en gardant le masque mais sans oblitération. La vision est centrale. Le patient regarde devant lui.

La décision a été prise de réaliser les enregistrements à 51,2s et non plus à 25s pour deux raisons :
- Les résultats à 25s et 51,2s sont différents et plus significatifs à 51,2s (19).
- 51,2 s est la durée standardisée par l'Association Française de Posturologie (AFP) (41).

Les tests sous vibrations seront enregistrés pendant 1mn, en prenant en compte 10s pré-effet et 20s post-effet. Les tests seront espacés par un temps de repos de 15s entre les conditions et de 45s après l'application des vibrateurs
Les tests seront répétés pour chaque condition. L'objectif est de réaliser les tests au minimum deux fois, dans les mêmes conditions, afin de vérifier la pertinence des résultats obtenus. Les tests de répétabilité seront faits à 51,2s.

III. 4. Recueil des données

A l'issu des tests, nous obtenons un certain nombre de données posturales pour chaque condition expérimentale.

III.4.1. Conditions expérimentales

Il s'agit des différentes positions mandibulaires, avec ou sans vision, avec ou sans vibrateurs.

III.4.2. Données posturales (brutes puis traitées et enfin normalisées)

Il s'agit des données quantitatives recueillies dans les différentes conditions expérimentales. Ce sont les variables posturales corporelles mesurées à l'aide de la plateforme de stabilométrie.

Les données brutes, issues des tests, sont recueillies et traitées par le logiciel Mat-lab.
Les données sont ensuite exportées, par patient, dans des tableurs Excel, où chaque ligne contient un enregistrement et chaque colonne un paramètre postural (fig.17). Enfin différents tableurs ont été conçus logiquement en vue des tests statistiques à effectuer.

Voici par exemple, une partie du tableur Excel réalisé pour étudier la répétabilité :

bservations	PHAB AV S1 vitesse	PREP AV S1 vitesse	OIMP AV S1 vitesse
sujet 1	12,892883	84,84	161,29
sujet 2	7,85	110,64	109,09
sujet 3	7,60	100,07	100,40
sujet 11	16,93	64,52	76,77
sujet 12	8,51	96,39	120,63
sujet 33	8,160301	142,85	131,61
sujet 34	10,297033	209,58	178,86
sujet 39	3,801875	107,9	89,37

Figure 17: Tableur Excel conçu pour l'étude de la répétabilité chez 8 sujets en normocclusion, pour le paramètre Vitesse Avec Vision (AV) en session 1 (S1). Données normalisées.

Ici, pour des raisons de visibilités, seules les paramètres position habituelle avec vision (PHAB AV), position de repos avec vision (PREP AV) et OIM passive avec vision en session 1 sont présentés. Notre tableur contient également les données pour le bout à bout latéral droit et gauche en session 1 puis l'ensemble des paramètres précédents en session 2.

Les données ont été normalisées, afin de compenser les variabilités interindividuelles. La normalisation s'est effectuée par rapport à PHAB AV.

La formule de normalisation est : $\frac{\text{position X} \quad * 100}{\text{PHAB AV}}$

où X, correspond à l'une des conditions expérimentales, prise chacune séparément et appliqué à chaque paramètre et où la PHABAV est la position de référence de la normalisation.

La position habituelle est choisie comme référence pour deux raisons :

- Elle ne nous est pas utile comme paramètres d'étude car impossible à définir, à la différence de la position de repos,
- Il s'agit de la position la plus naturelle du patient.

Concernant les tests réalisés avec les vibrateurs :
Le traitement informatique des données issues des vibrateurs les a divisées en 3 phases de 20'chacune. La phase 1 est la phase pré effet c'est-à-dire avant l'application des vibrateurs. Elle dure 20 secondes mais les données exploitées ne l'ont été que sur les 4 dernières secondes. La phase 2 est la phase d'application des vibrateurs ; elle a été segmenté en 5 fenêtres de 4 secondes chacune. La phase 3 est la phase post effet, après l'application des vibrateurs ; elle a aussi été segmenté en 5 fenêtres de 4 secondes chacune.
Les données ont été organisées par sujet selon les paramètres suivants : Position en X (max, min, moyen), Position en Y (max, min, moyen), Longueur moyenne (X et Y), Fréquence (X et Y) et Ecart Type de X.

En ce qui concerne l'étude des vibrateurs, il a été décidé de normaliser les données par rapport à la phase de pré-effet, donc la phase 1.

La formule de normalisation est donc :

$$\frac{\text{Position X phase 2 (ou 3) F (1,2,3,4 ou 5) *100}}{\text{Position X phase 1}}$$

où X, correspond à une condition expérimentale.

Voici une partie du tableur Excel réalisé pour les vibrateurs :

	Phase1		Phase 2	Fenetre 1	
	OIMP			OIMP	
SUJETS Témoins	VB1	VB2		VB1	VB2
sujet 1	15.597498	-16.317245		6.717189	-13.967765
sujet 2	-18.097889	-19.954204		-33.502671	-32.359367
sujet 3	-6.327521	13.012753		-16.080758	7.625696
sujet 4	11.553101	12.605424		5.178834	13.794311
sujet 5	-24.313053	-28.336615		-32.083026	-30.751916
sujet 6	11.767354	10.776231		0.892576	12.437428
sujet 7	42.755826	28.204352		35.391374	24.444168
sujet 10	-16.772509	-20.005484		-22.372812	-25.937531
sujet 11	8.863731	9.562048		-5.247728	1.223114
sujet 12	18.677418	26.005956		11.425530	26.649915
sujet 21	-27.413472	-10.804670		-37.871646	-15.764398
sujet 25	-30.718065	-17.130594		-47.982295	-34.999702

Figure 18: Tableur Excel conçu pour l'étude de l'effet des vibrateurs. Seules sont représentés ici la phase 1 et la phase 2 fenêtre 1 en OIM passive (OIMP) pour 12 sujets en normocclusion.

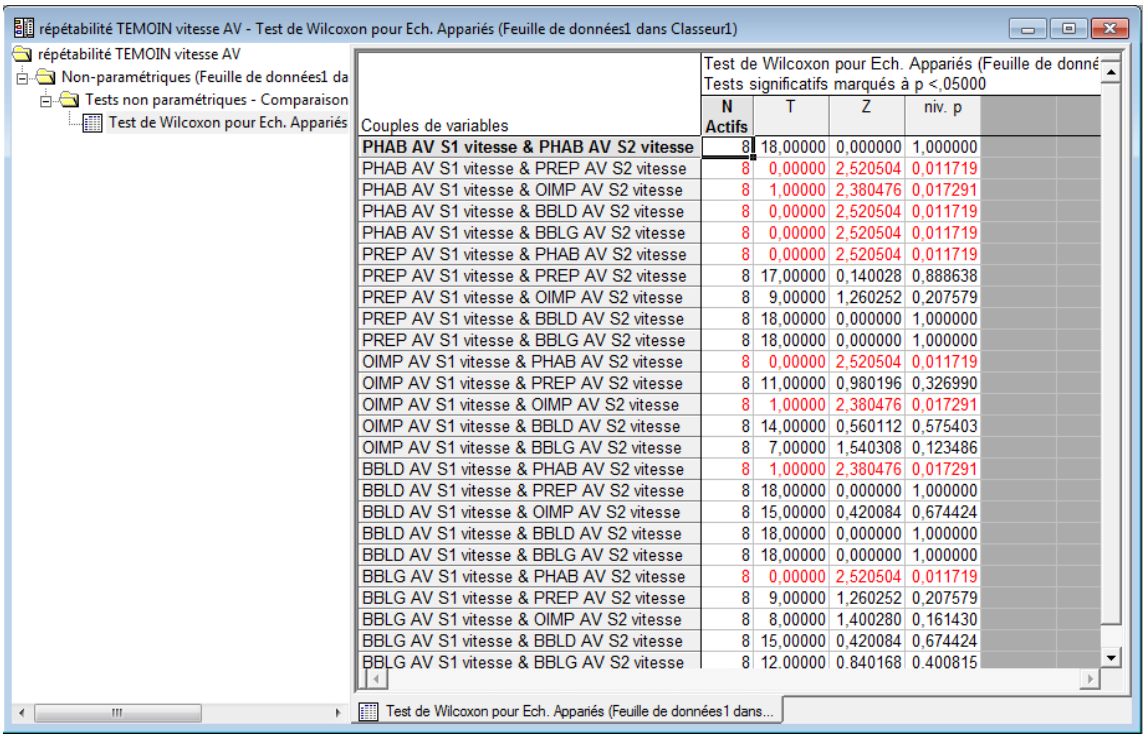
III. 5. Gestions statistiques

Dans un souci d'anonymat, il est attribué à chaque sujet un numéro de manipulation. L'expérimentateur qui mettra à jour le cahier de manipulations n'analysera pas les données et le traitement informatique des données.
Les tests statistiques choisis sont des tests non paramétriques, étant données la petite taille de l'échantillon. Pour l'ensemble des tests (à l'exception des ceux effectués pour les vibrateurs), les variables posturales choisies sont la vitesse (V), la Fréquence en X (Fx), la Fréquence en y (Fy), la Longueur (L) et la surface (S) ; les variables étant étudiées successivement avec et sans vision. Pour les tests liés aux vibrateurs, d'autres paramètres ont été étudiés : la position en Xmin, en Xmax, en Ymin et Ymax (la position du centre de pression dans le sens transversal et antéro-postérieur étant, à priori, le plus significatif dans l'étude des vibrateurs).

Les tests statistiques ont été effectués sur le logiciel Statistica. **Ils ont été effectués à deux reprises** (après vérification des tableurs Excel de référence)**, par le même expérimentateur afin de réduire le risque d'erreur** lors de la manipulation.

III.5.1. Répétabilité des données en situation de stabilité

La répétabilité se définit comme une concordance des résultats de mesures, successives, réalisées selon des conditions identiques. Autrement dit, il s'agit de savoir si les données obtenues lors de la première session sont répétables à celles obtenues lors de la deuxième session, chez le même sujet. Le test employé est un test non paramétrique, de comparaison de deux échantillons appareillés : c'est le test de *Wilcoxon*. Ce test permet de comparer les données des deux sessions d'un même sujet pour mettre en évidence ou non une différence ; s'il y a une différence, les données sont non répétables ; s'il n'y a pas de différence, les données sont répétables.


répétabilité TEMOIN vitesse AV - Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (Feuille de données1 dans Classeur1)

répétabilité TEMOIN vitesse AV
Non-paramétriques (Feuille de données1 da
Tests non paramétriques - Comparaison
Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés

Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (Feuille de donné
Tests significatifs marqués à p <,05000

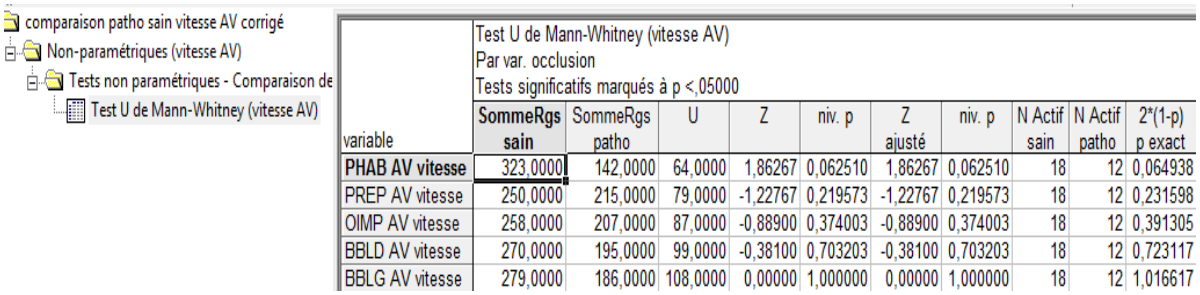
Couples de variables	N Actifs	T	Z	niv. p
PHAB AV S1 vitesse & PHAB AV S2 vitesse	8	18,00000	0,000000	1,000000
PHAB AV S1 vitesse & PREP AV S2 vitesse	8	0,00000	2,520504	0,011719
PHAB AV S1 vitesse & OIMP AV S2 vitesse	8	1,00000	2,380476	0,017291
PHAB AV S1 vitesse & BBLD AV S2 vitesse	8	0,00000	2,520504	0,011719
PHAB AV S1 vitesse & BBLG AV S2 vitesse	8	0,00000	2,520504	0,011719
PREP AV S1 vitesse & PHAB AV S2 vitesse	8	0,00000	2,520504	0,011719
PREP AV S1 vitesse & PREP AV S2 vitesse	8	17,00000	0,140028	0,888638
PREP AV S1 vitesse & OIMP AV S2 vitesse	8	9,00000	1,260252	0,207579
PREP AV S1 vitesse & BBLD AV S2 vitesse	8	18,00000	0,000000	1,000000
PREP AV S1 vitesse & BBLG AV S2 vitesse	8	18,00000	0,000000	1,000000
OIMP AV S1 vitesse & PHAB AV S2 vitesse	8	0,00000	2,520504	0,011719
OIMP AV S1 vitesse & PREP AV S2 vitesse	8	11,00000	0,980196	0,326990
OIMP AV S1 vitesse & OIMP AV S2 vitesse	8	1,00000	2,380476	0,017291
OIMP AV S1 vitesse & BBLD AV S2 vitesse	8	14,00000	0,560112	0,575403
OIMP AV S1 vitesse & BBLG AV S2 vitesse	8	7,00000	1,540308	0,123486
BBLD AV S1 vitesse & PHAB AV S2 vitesse	8	1,00000	2,380476	0,017291
BBLD AV S1 vitesse & PREP AV S2 vitesse	8	18,00000	0,000000	1,000000
BBLD AV S1 vitesse & OIMP AV S2 vitesse	8	15,00000	0,420084	0,674424
BBLD AV S1 vitesse & BBLD AV S2 vitesse	8	18,00000	0,000000	1,000000
BBLD AV S1 vitesse & BBLG AV S2 vitesse	8	18,00000	0,000000	1,000000
BBLG AV S1 vitesse & PHAB AV S2 vitesse	8	0,00000	2,520504	0,011719
BBLG AV S1 vitesse & PREP AV S2 vitesse	8	9,00000	1,260252	0,207579
BBLG AV S1 vitesse & OIMP AV S2 vitesse	8	8,00000	1,400280	0,161430
BBLG AV S1 vitesse & BBLD AV S2 vitesse	8	15,00000	0,420084	0,674424
BBLG AV S1 vitesse & BBLG AV S2 vitesse	8	12,00000	0,840168	0,400815

Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (Feuille de données1 dans...

Figure 19: Test de répétabilité pour la vitesse chez les 8 sujets en normocclusion avec vision.

III.5.2. Comparaison de la régulation posturale entre les sujets en malocclusion et en normocclusion en situation de stabilité

Le second test statistique a pour but de savoir s'il existe une différence de stabilité posturale entre les sujets en malocclusion et en normocclusion, donc de déterminer si l'occlusion a un impact sur la stabilité posturale. D'un point de vue statistique, cela consiste à réaliser un test non paramétrique, de comparaison de deux échantillons indépendants (comparaison intergroupe) : c'est le *test de Mann-Whitney*.


comparaison patho sain vitesse AV corrigé
Non-paramétriques (vitesse AV)
Tests non paramétriques - Comparaison de
Test U de Mann-Whitney (vitesse AV)

Test U de Mann-Whitney (vitesse AV)
Par var. occlusion
Tests significatifs marqués à p <,05000

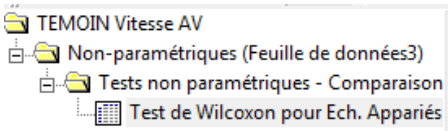
variable	SommeRgs sain	SommeRgs patho	U	Z	niv. p	Z ajusté	niv. p	N Actif sain	N Actif patho	2*(1-p) p exact
PHAB AV vitesse	323,0000	142,0000	64,0000	1,86267	0,062510	1,86267	0,062510	18	12	0,064938
PREP AV vitesse	250,0000	215,0000	79,0000	-1,22767	0,219573	-1,22767	0,219573	18	12	0,231598
OIMP AV vitesse	258,0000	207,0000	87,0000	-0,88900	0,374003	-0,88900	0,374003	18	12	0,391305
BBLD AV vitesse	270,0000	195,0000	99,0000	-0,38100	0,703203	-0,38100	0,703203	18	12	0,723117
BBLG AV vitesse	279,0000	186,0000	108,0000	0,00000	1,000000	0,00000	1,000000	18	12	1,016617

Figure 20: Test de comparaison entre les 12 sujets en malocclusion et les 18 sujets en normocclusion, pour le paramètre vitesse, test avec vision.

Si des différences sont mises en évidence, il s'agit alors de savoir si les positions mandibulaires sont plus stables chez les sujets en normocclusion qu'en malocclusion. Pour se faire, des *statistiques de bloc* sont effectuées. « La moyenne permet de déterminer la position la plus stable et l'écart type de savoir s'il y a une plus ou moins grande stabilité » (19).

III.5.3. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural, au sein d'un même groupe en situation de stabilité

Le but de ce troisième test statistique est de déterminer s'il existe une différence significative entre les situations occlusales afin de déterminer si elles influent sur la stabilité posturale. Le test a été effectué successivement pour les sujets en normocclusion puis en malocclusion. Les données avec et sans vision ont été étudiées séparément.
Il s'agit d'un test non paramétrique, de comparaison de deux échantillons appareillés (comparaison intra groupe) : le *test de Wilcoxon*.



Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (
Tests significatifs marqués à p <,0500

Couples de variables	N Actifs	T	Z	niv. p
PHAB AV vitesse & PHAB AV vitesse				
PHAB AV vitesse & PREP AV vitesse	18	0,00000	3,723555	0,000196
PHAB AV vitesse & OIMP AV vitesse	18	0,00000	3,723555	0,000196
PHAB AV vitesse & BBLD AV vitesse	18	1,00000	3,680005	0,000233
PHAB AV vitesse & BBLG AV vitesse	18	0,00000	3,723555	0,000196
PREP AV vitesse & PHAB AV vitesse	18	0,00000	3,723555	0,000196
PREP AV vitesse & PREP AV vitesse				
PREP AV vitesse & OIMP AV vitesse	18	81,00000	0,195977	0,844629
PREP AV vitesse & BBLD AV vitesse	18	57,00000	1,241185	0,214538
PREP AV vitesse & BBLG AV vitesse	18	46,00000	1,720239	0,085390
OIMP AV vitesse & PHAB AV vitesse	18	0,00000	3,723555	0,000196
OIMP AV vitesse & PREP AV vitesse	18	81,00000	0,195977	0,844629
OIMP AV vitesse & OIMP AV vitesse				
OIMP AV vitesse & BBLD AV vitesse	18	67,00000	0,805682	0,420427
OIMP AV vitesse & BBLG AV vitesse	18	73,00000	0,544379	0,586181
BBLD AV vitesse & PHAB AV vitesse	18	1,00000	3,680005	0,000233
BBLD AV vitesse & PREP AV vitesse	18	57,00000	1,241185	0,214538
BBLD AV vitesse & OIMP AV vitesse	18	67,00000	0,805682	0,420427
BBLD AV vitesse & BBLD AV vitesse				
BBLD AV vitesse & BBLG AV vitesse	18	46,00000	1,720239	0,085390
BBLG AV vitesse & PHAB AV vitesse	18	0,00000	3,723555	0,000196
BBLG AV vitesse & PREP AV vitesse	18	46,00000	1,720239	0,085390
BBLG AV vitesse & OIMP AV vitesse	18	73,00000	0,544379	0,586181
BBLG AV vitesse & BBLD AV vitesse	18	46,00000	1,720239	0,085390
BBLG AV vitesse & BBLG AV vitesse				

Figure 21: Comparaison de l'influence des positions mandibulaires avec vision, pour les 18 sujets en normocclusion, pour le paramètre vitesse.

Cependant si ce test met en évidence une différence entre deux positions occlusales, il ne permet pas de savoir laquelle est la plus stabilisante. Pour se faire, des *statistiques de bloc* doivent être effectuées.

III.5.4. Comparaison de l'influence du type d'occlusion (normocclusion/malocclusion) sur le contrôle postural en situation d'instabilité (application des vibrateurs)

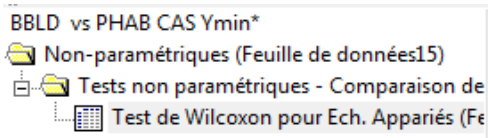
Le but de ce quatrième test est de déterminer si l'effet des vibrateurs sur la stabilité posturale est modifié par l'occlusion. Pour cela, la phase pré effet (P1) et la phase post effet (P3 fenêtre 4) seront comparées afin de rechercher une différence de stabilité posturale. Si une différence est observée, cela signifie que le sujet n'a pas été capable de retrouver sa position initiale à l'arrêt des vibrations donc que les vibrations l'ont déstabilisé ; dans le cas contraire, les vibrations ne l'ont pas déstabilisé. Ce test a été effectué pour chaque condition occlusale chez les sujets en normocclusion puis en malocclusion de façon indépendante de manière à comparer, par la suite, leur stabilité posturale à l'arrêt des vibrateurs.
Le test réalisé est un test non paramétrique, de comparaison de deux échantillons appareillés : le test de *Wilcoxon.*

	Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (Feuille de données14) Tests significatifs marqués à p <,05000					
Couples de variables	N Actifs	T	Z	niv. p		
OIMP P1 & OIMP P3 F.4	6	5,00000	1,153113	0,248865		
OIMP P1 & PREP P3 F.4	6	5,00000	1,153113	0,248865		
OIMP P1 & PHAB P3 F.4	6	7,00000	0,733799	0,463072		
OIMP P1 & BBLD P3 F.4	6	8,00000	0,524142	0,600180		
OIMP P1 & BBLG P3 F.4	6	9,00000	0,314485	0,753153		
PREP P1 & OIMP P3 F.4	6	7,00000	0,733799	0,463072		
PREP P1 & PREP P3 F.4	6	3,00000	1,572427	0,115853		
PREP P1 & PHAB P3 F.4	6	6,00000	0,943456	0,345448		
PREP P1 & BBLD P3 F.4	6	10,00000	0,104828	0,916512		
PREP P1 & BBLG P3 F.4	6	6,00000	0,943456	0,345448		
PHAB P1 & OIMP P3 F.4	6	4,00000	1,362770	0,172956		
PHAB P1 & PREP P3 F.4	6	9,00000	0,314485	0,753153		
PHAB P1 & PHAB P3 F.4	6	6,00000	0,943456	0,345448		
PHAB P1 & BBLD P3 F.4	6	7,00000	0,733799	0,463072		
PHAB P1 & BBLG P3 F.4	6	6,00000	0,943456	0,345448		
BBLD P1 & OIMP P3 F.4	6	5,00000	1,153113	0,248865		
BBLD P1 & PREP P3 F.4	6	7,00000	0,733799	0,463072		
BBLD P1 & PHAB P3 F.4	6	7,00000	0,733799	0,463072		
BBLD P1 & BBLD P3 F.4	6	7,00000	0,733799	0,463072		
BBLD P1 & BBLG P3 F.4	6	10,00000	0,104828	0,916512		
BBLG P1 & OIMP P3 F.4	6	5,00000	1,153113	0,248865		
BBLG P1 & PREP P3 F.4	6	10,00000	0,104828	0,916512		
BBLG P1 & PHAB P3 F.4	6	7,00000	0,733799	0,463072		
BBLG P1 & BBLD P3 F.4	6	6,00000	0,943456	0,345448		
BBLG P1 & BBLG P3 F.4	6	7,00000	0,733799	0,463072		

Figure 22: Evaluation de la capacité de réadaptation du sujet, pour 6 sujets en normocclusion, pour le paramètre Xmax.

III.5.5. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires (occlusion/inocclusion) sur le contrôle postural, en situation d'instabilité (application des vibrateurs)

Il s'agit de définir s'il existe une différence significative de stabilité posturale entre les positions mandibulaires, quand les vibrateurs sont appliqués (phase 2). L'OIMp, le BBLD, le BBLG et la PREP ont été comparées à la **position habituelle**, celle-ci étant considérée comme la position de référence. Le test *de Wilcoxon* a été utilisé.



Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés
Tests significatifs marqués à p <,0500

Couples de variables	N Actifs	T	Z	niv. p
PHAB P2 F1 & BBLD P2 F3	9	22,00000	0,059235	0,952765
PHAB P2 F1 & BBLD P2 F4	9	17,00000	0,651584	0,514670
PHAB P2 F1 & BBLD P2 F5	9	17,00000	0,651584	0,514670
PHAB P2 F2 & BBLD P1	9	0,00000	2,665570	0,007686
PHAB P2 F2 & BBLD P2 F1	9	8,00000	1,717812	0,085832
PHAB P2 F2 & BBLD P2 F2	9	6,00000	1,954751	0,050613
PHAB P2 F2 & BBLD P2 F3	9	7,00000	1,836282	0,066317
PHAB P2 F2 & BBLD P2 F4	9	8,00000	1,717812	0,085832
PHAB P2 F2 & BBLD P2 F5	9	8,00000	1,717812	0,085832
PHAB P2 F3 & BBLD P1	9	0,00000	2,665570	0,007686
PHAB P2 F3 & BBLD P2 F1	9	7,00000	1,836282	0,066317
PHAB P2 F3 & BBLD P2 F2	9	5,00000	2,073221	0,038153
PHAB P2 F3 & BBLD P2 F3	9	7,00000	1,836282	0,066317
PHAB P2 F3 & BBLD P2 F4	9	6,00000	1,954751	0,050613
PHAB P2 F3 & BBLD P2 F5	9	5,00000	2,073221	0,038153
PHAB P2 F4 & BBLD P1	9	0,00000	2,665570	0,007686
PHAB P2 F4 & BBLD P2 F1	9	6,00000	1,954751	0,050613
PHAB P2 F4 & BBLD P2 F2	9	4,00000	2,191691	0,028403
PHAB P2 F4 & BBLD P2 F3	9	6,00000	1,954751	0,050613
PHAB P2 F4 & BBLD P2 F4	9	8,00000	1,717812	0,085832
PHAB P2 F4 & BBLD P2 F5	9	6,00000	1,954751	0,050613
PHAB P2 F5 & BBLD P1	9	0,00000	2,665570	0,007686
PHAB P2 F5 & BBLD P2 F1	9	6,00000	1,954751	0,050613
PHAB P2 F5 & BBLD P2 F2	9	2,00000	2,428630	0,015157
PHAB P2 F5 & BBLD P2 F3	9	7,00000	1,836282	0,066317
PHAB P2 F5 & BBLD P2 F4	9	6,00000	1,954751	0,050613
PHAB P2 F5 & BBLD P2 F5	9	4,00000	2,191691	0,028403

Figure 23: Comparaison de la position mandibulaire BBLD à la PHAB, pour 9 sujets en malocclusion, pour le paramètre Ymin.

Si ce test met en évidence une différence entre deux positions occlusales en situation d'instabilité, il ne permet pas de savoir laquelle est la plus stabilisante. Pour le déterminer, des *statistiques de bloc* doivent être effectuées.

IV. Résultats

IV.1. Répétabilité des données en situation de stabilité

La très grande majorité des données sont répétables.
Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Sujet en normocclusion		PHAB AV	PREP AV	OIMP AV	BBLD AV	BBLG AV	PHAB SV	PREP SV	OIMP SV	BBLD SV	BBLG SV
	vitesse			x							
	fréquence x										
	fréquence y										
	longueur										
	surface			x							
Sujet en malocclusion		**PHAB AV**	**PREP AV**	**OIMP AV**	**BBLD AV**	**BBLG AV**	**PHAB SV**	**PREP SV**	**OIMP SV**	**BBLD SV**	**BBLG SV**
	vitesse		x				x			x	
	fréquence x										
	fréquence y		x				x			x	
	longueur		x								
	surface										

Tableau 1: Répétabilité des données (N : 8 sujets en normocclusion et 5 sujets en malocclusion). Les données non répétables sont indiquées par une croix rouge.

IV.2. Comparaison de la régulation posturale entre les sujets en malocclusion et en normocclusion en situation de stabilité

IV.2.1 Test de Mann-Whitney

Seule **la fréquence en y** montre que la régulation posturale est différente pour la normocclusion et la malocclusion. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant.

	PHAB AV	PREP AV	OIMP AV	BBLD AV	BBLG AV	PHAB SV	PREP SV	OIMP SV	BBLD SV	BBLG SV
vitesse										
fréquence x										
fréquence y		x								
longueur										
surface										

Tableau 2: Comparaison de la régulation posturale entre 12 sujets en malocclusion et 18 sujets en normocclusion. Les différences mises en évidence entre la normocclusion et la malocclusion sont indiquées par une croix rouge.

IV.2.2 Statistiques de bloc

La moyenne montre que la stabilité posturale est meilleure chez les sujets en normocclusion par rapport aux sujets en malocclusion et l'écart type montre que cette stabilité est très variable.

Les résultats sont les suivants :

	Normocclusion	Malocclusion
	1	2
	PREP AV fréq y	PREP AV fréq y
MOYENNE	112,933731	125,893695
EC-TYPE	150,922924	52,155897

Tableau 3: Statistiques de bloc. Comparaison de la stabilité de PREP AV (en fréquence de Y) entre les sujets en normocclusion et en malocclusion.

IV.3. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural, au sein d'un même groupe en situation de stabilité

IV.3.1. Test de Wilcoxon

Le test montre des différences de stabilité posturale lorsque les sujets sont en occlusion ou en inocclusion, cela pour 3 paramètres posturaux : Fy, Fx et S. Les résultats sont indiqués dans les tableaux 4 et 5. Pour chaque tableau, les paramètres posturaux, dont une différence de stabilité a été mise en évidence, sont notés en rouge.

Sujet en normocclusion	position AV	PHAB	PREP	OIMP	BBLD	BBLG
	PHAB					
	PREP					Fy
	OIMP					
	BBLD					
	BBLG		Fy			

Sujet en normocclusion	position SV	PHAB	PREP	OIMP	BBLD	BBLG
	PHAB					
	PREP					S
	OIMP					
	BBLD					
	BBLG		S			

Tableau 4: Sujets en normocclusion (18). Tests avec et sans vision. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural.

Sujet en malocclusion	position AV	PHAB	PREP	OIMP	BBLD	BBLG
	PHAB					
	PREP			Fx		
	OIMP		Fx			
	BBLD					
	BBLG					
Sujet en malocclusion	position SV	PHAB	PREP	OIMP	BBLD	BBLG
	PHAB					
	PREP					
	OIMP					
	BBLD					
	BBLG					

Tableau 5: Sujets en malocclusion (12). Tests avec et sans vision. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural.

IV.3.2. Statistiques de bloc

Les statistiques de bloc montrent que l'occlusion est plus stabilisante que l'inocclusion chez les sujets en normocclusion mais l'inverse se produit chez les sujets en malocclusion.
Les résultats sont résumés dans les tableaux 6,7 et 8 :

	1 PREP AV fréq y	2 BBLG AV fréq y
MOYENNE	157,937764	138,805883
EC-TYPE	219,343017	95,3295899

Tableau 6: Groupe en normocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PREP et BBLG, en situation de vision, pour Fy.

	1 PREP SV Surf	2 BBLG SV Surf
MOYENNE	170,580296	157,885611
EC-TYPE	105,490344	88,1946753

Tableau 7: Groupe en normocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PREP et BBLG, sans vision, pour la surface.

	1 PREP AV fréq x	2 OIMP AV fréq x
MOYENNE	102,589297	197,04109
EC-TYPE	53,2523421	179,558079

Tableau 8: Groupe en malocclusion . Statistiques de bloc. Comparaison de PREP et de OIMP, en situation de vision, pour Fx.

V.4. Comparaison de l'influence du type d'occlusion (normocclusion/malocclusion) sur le contrôle postural en situation d'instabilité (application des vibrateurs)

Les résultats sont les suivants :

- Quel que soit le groupe (normocclusion ou malocclusion) et quel que soit le paramètre (Xmax ou Xmin), il est mis en évidence une différence significative entre la phase 1 pré effet et la phase 2 fenêtre 1. Cela signifie que l'application des vibrateurs perturbe tous les sujets, quelle que soit leur occlusion.

- Quel que soit le groupe (normocclusion ou malocclusion) et quel que soit le paramètre (Xmax ou Xmin), le test ne met en évidence aucune différence entre la phase 1 pré effet et la phase 3 post effet. Les sujets, quelle que soit leur occlusion, ont tous la capacité de retrouver leur stabilité posturale après l'application des vibrateurs.

IV.5. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires (occlusion/inocclusion) sur le contrôle postural en situation d'instabilité (application des vibrateurs)

IV.5.1. Test de Wilcoxon

Les tests de Wilcoxon montrent qu'en situation d'instabilité, il existe quelques différences de stabilité posturale entre les positions mandibulaires. Ces différences de stabilité posturale sont trouvées uniquement chez les sujets en malocclusion.
Pour les **données non normalisées**, une seule différence est mise en évidence. Elle concerne le paramètre Ymin lors de la phase 2 fenêtre 5 et les positions BBLG et PHAB (position de référence).

Pour les **données normalisées**, 5 autres différences de stabilité posturale sont trouvées chez les sujets en malocclusion entre :

- le BBLD et PHAB, pour le paramètre Ymin, lors de la phase 2 fenêtre 5,
- le BBLG et PHAB, pour le paramètre Ymin, lors de la phase 2 fenêtre 4 (et F5),
- le PREP et PHAB, pour le paramètre Ymin, lors de la phase 2 fenêtre 5,
- le BBLD et PHAB, pour le paramètre Ymax, lors de la phase 2 fenêtre 4,
- le PREP et PHAB, pour le paramètre Ymax, lors de la phase 2 fenêtre 5.

IV.5.2. Statistiques de bloc

Pour les sujets en malocclusion, les seuls à avoir montré des variations de stabilité posturale lors de l'application des vibrations, les statistiques de bloc montrent que l'inocclusion est plus stabilisante que l'occlusion et que la PHAB est plus stabilisante que la PREP. Les résultats sont résumés dans les tableaux 9, 10,11 et 12.

	1 PHAB P2 P5 Ymin	2 BBLD P2F5 Ymin
MOYENNE	107,842495	204,457085
EC-TYPE	30,6493303	85,3787145

Tableau 9: Groupe en malocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PHAB et BBLD, pour Ymin, en phase 2 fenêtre 5.

	1 PHAB P2F4 Ymin	2 BBLG P2F4 Ymin
MOYENNE	129,391552	193,688413
EC-TYPE	57,2778798	40,8046257

Tableau 10 : Groupe en malocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PHAB et BBLG, pour Ymin, en phase 2 fenêtre 4.

	1 PHAB P2F5 Ymin	2 BBLG P2F5 Ymin
MOYENNE	107,842495	210,807291
EC-TYPE	30,6493303	82,895394

Tableau 11 : Groupe en malocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PHAB et BBLG, pour Ymin, en phase 2 fenêtre 5.

	1 PHAB P2F4 Ymax	2 BBLD P2F4 Ymax
MOYENNE	128,848754	232,567678
EC-TYPE	50,5278104	103,079841

Tableau 12 : Groupe en malocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PHAB et BBLD, pour Ymax, en phase 2 fenêtre 4.

	1 PREP P2 F5 Ymin C	2 PHAB P2 F5 Ymin C
MOYENNE	294,009436	107,842495
EC-TYPE	197,629779	30,6493303
	1 PREP P2 F5 Ymax C	2 PHAB P2 F5 Ymax C
MOYENNE	304,74669	122,202263
EC-TYPE	215,658628	61,7958184

Tableau 13: Groupe en malocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PHAB et PREP, pour Ymin et Ymax, en phase 2 fenêtre 5.

V. Discussion

V.1. Analyse des résultats

V.1.1 Répétabilité des données en situation de stabilité

Le test de Wilcoxon montre que la très grande majorité des données statistiques sont répétables. Les seules données qui ne se répètent pas sont :

- Pour les sujets en normocclusion, la vitesse et la surface en OIMP AV,
- Pour les sujets en malocclusion, pour PREP AV, la vitesse, la Fy et la longueur ; pour PHAB SV, BBLD SV, la vitesse et la fréquence en Y.

Les résultats obtenus sont très intéressants pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, comme l'explique Perinetti et al. (32), peu d'études sur la relation entre la posture et l'occlusion ont réalisé des tests de répétabilité.
En effet, Perinetti et al. (32) ont effectué en 2013 une revue de littérature de l'ensemble des articles observationnels ou expérimentaux compris entre 1980 et le 31/12/2011. A la suite de cette revue, l'auteur conclu que presque aucune étude ne réalise de test de répétabilité avant l'exploitation des données. Dans notre étude, si les tests non paramétriques de répétabilité ont été fait sur un faible échantillon (5 sujets en malocclusion et 8 sujets en normocclusion), ces tests ne montrent pas de perte de fiabilité des résultats.

Ensuite, comparé aux études précédentes ayant réalisées des tests de répétabilité, nos résultats montrent une répétabilité de la majorité des données pour tous les paramètres étudiés.
Perinetti et al. (39) en 2012 évalue la répétabilité des paramètres posturographiques. Sur 15 sujets, en OIM puis en PREP, les auteurs démontrent que seuls les paramètres de vitesse et d'aire présentent une marge d'erreur acceptable. A l'inverse, les paramètres spatiaux montrent une vraie différence ce qui n'est pas le cas de notre étude.

Enfin, nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Mélanie Joinnet (19). Cette dernière a démontré une répétabilité des tests réalisés sur une durée de 25s. Nous pouvons à présent établir que cela est également le cas pour les tests réalisés à 51.2 s.

V.1.2. Comparaison de la régulation posturale entre les sujets en malocclusion et normocclusion en situation de stabilité

Le test de Mann-Whitney permet de mettre en évidence une différence de stabilité posturale entre les sujets en malocclusion et les sujets en normocclusion. Dans notre étude, cette différence apparaît uniquement **en situation de vision**, pour le paramètre **fréquence en** Y (sans antéropostérieur) et en **position de repos**. Les statistiques de bloc montrent que les sujets en malocclusion apparaissent moins stables que les sujets en normocclusion (la valeur moyenne des sujets en malocclusion étant plus grande que celle des sujets en normocclusion et l'écart type étant faible). La présence d'une pathologie occlusale influence donc bien la stabilité posturale mais ce lien apparaît comme **faible** car il n'apparaît pas en occlusion (mais en inocclusion) et qu'il se manifeste sur un seul paramètre.

Dans un premier temps, ces résultats montrent l'intérêt d'étudier les pathologies occlusales dans la relation entre l'occlusion et la posture. Certaines études l'ont fait précédemment, montrant un lien plus fort entre la malocclusion et la posture que celui observé dans notre étude. Decocq et al. (26) ont pour but de rechercher l'impact de la relation osseuse entre le maxillaire et la mandibule sur la position corporelle. Ayant inclus 20 sujets, ils démontrent qu'un meilleur contrôle postural est obtenu pour les classes I, III et les hypodivergents alors qu'un moins bon contrôle est obtenu pour les classe II et les hyperdivergents.
Lippold et al. (30) démontrent une corrélation statistiquement significative entre la scoliose et la malocclusion de classe II d'angle.
De même, Ramirez-Yanez et al. (28), dans leur étude sur une population de rats montrent que la mise en œuvre de modifications occlusales (sur occlusion ou extraction) créait des perturbations posturales. Enfin, l'étude de Arumugam et al. (31) évaluant la relation entre malocclusion et stabilité posturale, montre que la malocclusion sévère se répercute sur la stabilité corporelle (plus la malocclusion est sévère plus le sujet est instable).

Dans un second temps, nos résultats montrent que la malocclusion ne modifie pas le contrôle postural quand les tests sont réalisés sans vision**. Si** le rôle de l'occlusion disparaît quand le sujet perd son capteur proprioceptif majeur, la vision, c'est peut-être car le rôle de l'occlusion est secondaire. Ces résultats sont similaires à ceux de Roumiguie (29) qui ne montre pas de lien entre l'occlusion et la posture chez les sujets sans vision.

En conclusion, l'occlusion influence la posture mais son influence est faible car l'occlusion ne prend pas le relais du capteur visuel lors des tests réalisés sans vision. Par ailleurs, l'influence de la malocclusion s'observe sur 1 seul paramètre postural et en inocclusion.

Ces résultats démontrent qu'il est intéressant d'étudier les malocclusions mais également de bien différencier les paramètres de vision.

V.1.3. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural, au sein d'un même groupe en situation de stabilité

La comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural, au sein d'un même groupe est très intéressante car elle conforte les résultats précédents.

Pour la normocclusion, le **test de Wilcoxon** met en évidence **3 situations où la posture corporelle se modifie** selon la position occlusale adoptée par le sujet. Il s'agit :

- Pour la normocclusion, du BBLG et de la PREP avec vision pour le paramètre fréquence en Y,
- Pour la normocclusion, du BBLG et de la PREP sans vision pour le paramètre surface,
- Pour la malocclusion, de l'OIMP et de la PREP avec vision pour le paramètre fréquence en X.

Ici, nous constatons que selon la position occlusale du sujet, sa stabilité posturale est modifiée, critère largement favorable à l'existence d'une relation entre posture et occlusion.

Ce résultat est parfaitement en accord avec la littérature. Trois auteurs, Arumugam et al. (31), Julià- Sánchez et al. (27) et Ramirez-Yanez et al. (28) démontrent l'effet de l'occlusion sur la posture à l'aide de 3 études **distinctes**. Alors que Ramirez-Yanez et al. étudient la perturbation occlusale chez une population de rats et que Arumugam et al. s'intéressent à la stabilité statique et dynamique de 75 sujets en fonction de leur classe squelettique, Julià- Sánchez et al. étudient l'impact de l'occlusion en conditions de stabilité et d'instabilité, avec ou sans fatigue chez 10 sujets sains.

Par ailleurs, **les tests de bloc** ont permis de savoir quelles sont les positions **occlusales les plus stabilisantes**, au niveau postural. Les résultats obtenus sont intéressants. Pour les sujets en normocclusion, le BBLG est une position mandibulaire plus stabilisante que la PREP (car sa moyenne est moins élevée que celle de PREP). Ainsi, en normocclusion, une position occlusale (même s'il ne s'agit pas de l'OIM) est plus stabilisante qu'une position en inocclusion. Ceci est en accord avec Ringhof et al. (22) montrant que la posture est plus stable en situation de morsure contrôlée qu'en l'absence de morsure. De même, Julià- Sánchez et al. (27) montrent que la force de morsure influence de façon significative le contrôle de l'équilibre du sujet, la morsure augmente la stabilité.
Cependant, on remarquera que comme Tardieu et al. (40), on ne trouve pas de différence entre l'OIMP et la PREP, alors qu'il y a plus de contacts occlusaux en OIMP qu'en BBLG… ceci pourrait s'expliquer par une mise en jeu neuromusculaire plus importante en BBLG qu'en OIMP du fait de la difficulté à maintenir le BBLG durant presque une minute…

Pour la malocclusion, on note que la position de repos est plus stable que l'OIMP. Ceci peut éventuellement s'expliquer par une difficulté à trouver l'OIM dans le cas des béances occlusales, situation occlusale connue pour être instable.

Ces résultats montrent que la béance caractérisée par une diminution du nombre de contacts occlusaux n'est peut-être pas la malocclusion la plus intéressante à étudier pour comparer l'occlusion et l'inocclusion.

V.1.4. Comparaison de l'influence du type d'occlusion (normocclusion/malocclusion) sur le contrôle postural en situation d'instabilité (application des vibrateurs)

Les résultats montrent que quel que soit le type d'occlusion, tous les sujets sont perturbés par l'application des vibrateurs et que tous sont capables de retrouver leur stabilité après la fin du test. Par conséquent, la situation d'instabilité provoquée par les vibrateurs efface toute différence entre les groupes. Ainsi comme pour le capteur visuel, l'occlusion ne prend pas le relais lors de la perturbation du capteur proprioceptif podal.

V.1.5. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires (occlusion/inocclusion) sur le contrôle postural en situation d'instabilité (application des vibrateurs)

La comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural, au sein d'un même groupe en situation d'**instabilité** conforte les résultats précédents. En effet, certaines positions mandibulaires influencent la stabilité posturale mais uniquement dans le groupe en malocclusion. Le test de Wilcoxon met en évidence des différences de stabilité posturale entre :

- Le BBLD et la PHAB pour le paramètre Ymin, en P2 F5,
- Le BBLD et PHAB pour le paramètre Ymax, en P2 F4,
- Le BBLG et PHAB pour le paramètre Ymin, en P2 F4 et F5,
- Le PREP et PHAB pour le paramètre Ymin et Ymax, en P2 F5.

Ainsi nous constatons qu'en absence de vision mais en situation d'instabilité, la position mandibulaire influence aussi la posture chez le sujet en malocclusion.

Dans notre revue de littérature, un article semble confirmer cela. Il s'agit de l'étude de Julià-Sánchez et al. (27). Celle-ci cherche à savoir si l'occlusion dentaire a un effet sur le contrôle postural dans des conditions de stabilité et d'instabilité. A l'aide de test réalisée sur une plateforme de stabilométrie dynamique, cette dernière déduit que l'occlusion influence l'équilibre corporel notamment en situation d'instabilité.

Les tests de bloc réalisés nous permettent d'obtenir les mêmes résultats qu'en situation de stabilité. En effet, l'inocclusion (ici la position habituelle) est plus stabilisante que l'occlusion (ici le BBLG ou le BBLD) chez les sujets en malocclusion. A nouveau, ce résultat peut s'expliquer par le fait que la béance du sujet crée une situation occlusale imparfaite, insuffisante pour le stabiliser.

V.2. Choix des paramètres posturaux et des positions mandibulaires étudiés

V.2.1. Choix de la méthode d'analyse de la posture et des paramètres posturaux étudiés

Dans cette étude, la situation posturale des sujets est analysée à l'aide d'une **plateforme de stabilométrie statique** (figure 3). Ce choix a été fait en accord avec la littérature. Nordahl et al. (33) indiquent que la plateforme est un outil diagnostic fiable, simple et reproductible afin d'évaluer le système postural.

Cependant, **deux conditions** ont été respectées afin d'utiliser la plateforme dans les meilleures conditions :

- Un **délai** minimum d'une semaine entre la répétition des tests chez un même sujet afin d'éviter le phénomène d'apprentissage. Nordahl et al. (33) explique que la plateforme peut être utilisée à long terme, sans effet d'apprentissage lorsque l'intervalle des tests est assez long.
- La **normalisation** des données, obtenues par rapport à une position de référence. La normalisation permet de réduire la variabilité du signal, d'afficher les effets des conditions expérimentales sans interférences d'autres facteurs et de comparer plus précisément le contrôle de l'équilibre d'une population, selon de Oliveira (34).

Pour les tests réalisés sans les vibrateurs, les paramètres posturaux sélectionnés ont été: la vitesse (V), la fréquence en X (Fx), la fréquence en Y (Fy), la longueur (L) et la surface (S).
La vitesse a été choisie car il s'agit du paramètre le plus fiable selon El Hage et al. (35).
Fx et Fy donne la fréquence des oscillations posturales dans le sens médio-latéral et antéro-postérieure, complété par leur longueur (L) et la surface (S) des oscillations corporelles.
Pour les tests réalisés avec les vibrateurs, les paramètres posturaux sélectionnés ont été : la position en Xmin, en Xmax, en Ymin et en Ymax. Ils traduisent la position maximale et minimale du centre de pression dans le sens transversal et antéro-postérieur.

Il s'agit de paramètres simples, donnant des informations précises sur le contrôle postural du sujet et très fréquemment utilisés dans les études, même si certains d'entre eux sont critiqués (39). Cependant, d'autres paramètres posturaux, décrit dans la littérature (36) comme étant pertinent n'ont pas été exploités dans la présente étude. Il s'agit par exemple, de la plus grande amplitude pendant l'équilibrage (LA), du ratio de puissance de fréquence entre bas et moyen (LMR) et des bandes de haute fréquence (MHR), du rapport de puissance spectral (SPR) et de la fréquence de puissance moyenne (MPF) (36)

V.2.2. Choix de la méthode d'analyse de l'occlusion et des positions mandibulaires étudiées.

L'analyse de l'occlusion dans cette étude s'effectue par un **examen clinique**, réalisé par un seul opérateur. L'examen consiste à analyser précisément les 3 fonctions occlusales (centrage, calage, guidage) ce qui est rarement précisé dans la littérature (20, 22, 24, 25) ainsi que le contexte musculaire et articulaire du sujet en remplissant une fiche d'analyse identique pour chaque sujet (annexe 4). Cette analyse permet d'inclure le sujet dans le groupe « normocclusion » ou « malocclusion ». L'analyse de l'occlusion n'a pas été réalisée à l'aide d'un outil s'interposant entre les dents. En effet, Forester et al. (37) montrent que l'utilisation d'un objet comme le **T-Scan** modifie la position mandibulaire, en modifiant l'OIM.

Une fois le sujet inclus dans l'étude, plusieurs **positions mandibulaires** lui sont apprises puis demandées lors des enregistrements : la position habituelle (PHAB), la position de repos (PREP), l'Occlusion d'intercuspidie maximale passive (OIMp), le bout à bout latéral droit et gauche (BBLD et BBLG).

Dans la littérature, peu d'études expliquent clairement le choix des positions mandibulaires étudiées. Ainsi aucun consensus n'apparaît et chaque auteur étudie des positions différentes. Perinetti et al. (39) et Tardieu et al. (40) étudient l'OIM et la PREP mais Ringhof et al. (22 et 23) compare la morsure contrôlée à 150N et l'absence de morsure. Julià-Sánchez et al. (27) compare l'occlusion en OIM avec l'occlusion sur des cotons. Ou encore, Maeda et al (21) compare la position de repos avec ou sans port de prothèse.

L'étude des positions mandibulaires choisies dans la présente étude, a **deux intérêts majeurs** :

- Tout d'abord, limiter le nombre de positions mandibulaire étudiées ; elles ont été **réduite** par rapport aux études préalables (18, 19). L'OIM active et forcée ont été supprimées. Cela permet de réduire la fatigue générée par le maintien de ces positions pendant 51.2 s et d'éviter les biais liés à la fatigue du sujet, sans parler de la difficulté du dosage de la force musculaire.

- Ensuite, **comparer** le contrôle postural en situation d'inocclusion (PREP et PHAB) et d'occlusion (OIMP, BBLD, BBLG) à travers plusieurs positions mandibulaires dont le bout à bout latéral peu étudié dans la littérature. Le bout à bout latéral s'est avéré intéressant en termes de résultat même s'il est difficile de l'expliquer.

V.3. Choix des conditions expérimentales

V.3.1. Durée des tests

Dans cette étude, les tests sont effectués à une durée de **51.2s**. Cette durée est choisie afin de respecter les recommandations de **l'association française de posturologie** (AFP). Cependant, la durée des tests ne fait pas actuellement l'objet de consensus. En effet, Ruhe et al. (38) parle d'une durée de 90s d'enregistrement des CoP pour obtenir des paramètres fiables. Cette durée est nettement supérieure aux recommandations de l'AFP. On peut penser que cette durée, très importante, pourrait générer des biais liés à la fatigue du sujet.
A l'inverse, dans la littérature, la plupart des tests sont effectués à une durée plus courte, sans explications quant aux choix de ces durées. Ainsi, Maeda et al. (21), Julià-Sánchez et al. (27) et Arumugam et al. (31), réalisent les tests sur une durée de 30s. Ringhof et al. (22) réalisent les tests sur une durée de 10s.

Cette variabilité dans la durée des tests pourrait être à l'origine d'un contraste dans les résultats comme l'a souligné Mélanie Joinnet (19). Il apparaît nécessaire de faire émerger un consensus afin de pouvoir comparer avec plus de fiabilité les études.

V.3.2. Tests avec et sans vision ; avec et sans vibrateurs

La variation des capteurs proprioceptifs, comme la « vision » ou le capteur podal est un élément important de l'étude car il nous apporte des informations intéressantes. L'influence des positions mandibulaires sur la posture corporelle varie selon que le sujet soit en vision ou non mais surtout la perte de la vision fait disparaître le rôle de l'occlusion sur la posture. Par ailleurs, la perturbation de l'appui podal influence autant les sujets en normocclusion qu'en malocclusion. Ces résultats sont en accord avec ceux de Roumiguie (29) ou encore Silvestrini et al (11). L'occlusion ne prend pas le relais lors de la perte de vision, il en est de même pour le capteur podal. Ces tests nous permettent de penser que l'occlusion a sans doute peu d'impact sur le contrôle postural.

V.3.3. Présence d'un groupe contrôle

La présence d'un groupe contrôle permet de mettre en évidence une différence entre les sujets en malocclusion et les sujets en normocclusion dans le contrôle postural. Peu d'études comparent ces deux groupes ce qui rend celle-ci intéressante. Fréquemment, les études utilisent des sujets dits « sains » (27) ou à l'inverse des sujets dits « pathologiques » (29) sans réaliser de comparaison. Une étude, celle d'Arumugam et al. (31) compare 3 groupes : les sujets de classe I (ABO inférieure ou égale à 10), les sujets de classe II ou III (ABO compris entre 11 et 25) et les sujets de classe II ou III (ABO supérieure ou égale à 25). Cette étude, comme la nôtre, met en évidence que les malocclusions sévères se répercutent sur la stabilité corporelle.

V.4 Perspectives

Afin de faire évoluer ce travail, 3 perspectives peuvent être envisagées.

1. Modifier l'échantillon

La taille de l'échantillon est de 12 sujets en malocclusion et de 19 sujets en normocclusion. Même si les groupes ne sont pas appareillés, augmenter la taille de l'échantillon ne changera probablement rien aux résultats, d'autant que les tests statistiques utilisés sont non paramétriques. La question qui est posée est le choix de la malocclusion. Faut-il étudier les béances étant donné qu'il est difficile d'analyser l'impact de l'OIM et du BBL dans une occlusion aussi instable ? Comparer les béances avant et après correction occlusale pourrait apporter d'autres informations mais cela compliquerait le protocole d'étude. Par contre, étudier la classe II-2 peut être intéressant. Si on va plus loin, doit-on se limiter à l'occlusion pour analyser l'influence des positions mandibulaires sur la posture corporelle ?

2. Etudier d'autres paramètres posturaux

Comme indiqué précédemment (p. 66), certains paramètres posturaux pertinents n'ont pas été abordés. Il serait intéressant de les exploiter afin de tirer des informations supplémentaires.

3. Exploiter les EMG

Sur certains sujets, des électrodes ont mesuré l'activité musculaire du Masseter, du Temporal Antérieur, du Sterno Cleido Occipito Mastoïdien, du trapèze, de l'Erectus Spinaux, du Soléaire, et du Tiabialis Antérieur. Ces données n'ont pas été exploitées au cours de cette thèse. Les EMG présentent une fiabilité et une reproductibilité dans l'enregistrement des muscles de la mastication (35). Il sera intéressant d'analyser les données issues des EMG afin de savoir quelles sont les compensations musculaires effectuées par le sujet pour maintenir sa position. Quel est le rôle de chaque muscle en fonction des positions mandibulaires demandées et des contraintes imposées. Ainsi les EMG permettront d'améliorer l'interprétation des résultats.

IV. Conclusion

La revue de littérature réalisée dans le cadre de cette thèse montre un **consensus** plutôt **positif** quant à la relation entre l'appareil manducateur ou l'occlusion dentaire et la posture corporelle. Cependant, comme le précise Perinetti et Al. (32), beaucoup d'études cliniques sur le sujet **manquent de fiabilité**, par l'absence de tests de répétabilité, une durée variable des tests, l'absence d'estimation préalable des échantillons ou encore le choix non expliqué des paramètres de l'étude.
Pour faciliter la comparaison des études cliniques et limiter les résultats contradictoires, il est important d'améliorer les protocoles d'étude. C'est ce que nous avons essayé de faire à la suite du travail de Céline Boulanger (17), de Kelly Berdah (18) et de Mélanie Joinnet (19).

Comme dans les thèses précédentes (17, 18, 19), nous avons comparé la capacité de sujets à maintenir leur équilibre selon différentes positions mandibulaires et différentes conditions expérimentales (absence ou présence de vision, application de vibrateurs). L'étude a été réalisée dans deux groupes, l'un en normocclusion, l'autre en malocclusion.

Cependant, des évolutions ont été apportées au protocole suite au travail de Mélanie Joinnet (19). Elles ont été les suivantes :

- Augmentation du **nombre de malocclusions**,
- Spécification des sujets en malocclusions : il s'agit surtout de sujets présentant des **béances** antérieures et/ou postérieures,
- Réalisation de l'ensemble des tests sur une durée de **51.2s**,
- **Exploitation exclusive des données normalisées,** selon une position de référence,
- Suppression des **positions mandibulaires inadaptées**,
- Réalisation de **tests de répétabilité à 51.2s** (deux essais par sujet),
- Réalisation de quelques enregistrements d'**EMG** avec un EMG couplé à la plateforme

Enfin les tests réalisés avec les vibrateurs ont été exploités, contrairement aux autres thèses (18, 19)

Les résultats obtenus sont résumés ainsi :

1. Les données apparaissent comme étant répétables sur une durée d'enregistrement de 51.2s. La plateforme de stabilométrie, très critiquée pour la répétabilité des données (39), semble être un outil fiable pour analyser la posture, d'autant que Mélanie Joinnet (19) a montré la même répétabilité pour des tests réalisés à 25s.

2. La relation entre l'occlusion et la posture est mise en évidence par l'existence d'une différence de régulation posturale entre les sujets en malocclusion et en normocclusion. La régulation posturale est meilleure pour les sujets en normocclusion. Cependant cette différence de régulation posturale n'apparaît que pour un paramètre postural et pour une position mandibulaire en inocclusion (PREP) ; elle disparaît lors de la perte de la vision. L'occlusion a donc peu d'impact sur le contrôle postural et ne prend pas le relais de la vision.

3. La relation entre l'occlusion et la posture est mise en évidence par une différence de stabilité posturale en fonction de la position occlusale chez un même sujet en situation de stabilité. L'occlusion est plus stabilisante que l'inocclusion pour les sujets en normocclusion. L'inverse s'applique pour les sujets en malocclusion (béance).

4. Aucune différence de stabilité posturale n'apparaît entre les sujets en normocclusion et en malocclusion en situation d'instabilité. La perturbation des capteurs proprioceptifs efface le rôle de l'occlusion. Le rôle de l'occlusion est faible et ne prend par le relais des capteurs proprioceptifs.

5. La relation entre l'occlusion et la posture est mise en évidence par une différence de stabilité posturale en fonction de la position occlusale chez un même sujet en situation d'instabilité. Cette différence est observée uniquement pour les sujets en malocclusion (béance) - la PHAB est plus stabilisante.

Les résultats obtenus sont intéressants mais ils confirment le faible impact de l'occlusion sur le contrôle postural comme l'ont déjà signalé certains auteurs (40, 6, 10). La question se pose alors de l'intérêt de se limiter au rôle de l'occlusion pour étudier l'impact de la position mandibulaire sur la posture corporelle.

Pourtant il serait souhaitable de poursuivre l'étude en faisant évoluer ce travail de différentes manières. L'exploitation des EMG permettra d'améliorer l'interprétation des résultats, en déterminant à quel niveau se situent les compensations musculaires selon la position mandibulaire. Le choix des paramètres posturaux doit être réévalué en ce qui concerne ceux n'ayant montré aucune différence de stabilité posturale comme la longueur, la vitesse ou la surface d'oscillations, même si l'absence de résultat positif est un résultat en soit.

Enfin il est important de repenser l'objectif de l'étude et le choix de l'échantillon. Plutôt que de comparer deux échantillons indépendants, il serait intéressant d'étudier l'impact d'une correction occlusale simple au sein d'un même échantillon ayant une béance. En effet, les résultats de cette étude ont montré qu'il est difficile de comparer l'occlusion et l'inocclusion dans un échantillon ayant peu de contacts occlusaux comme la béance... Cependant ce type de protocole est compliqué à mettre en œuvre. Il serait plus facile d'étudier une autre malocclusion, la classe II-2, classe dentaire pour laquelle l'occlusion est plus stable et le guidage majoré. Cette classe dentaire pourrait alors être comparée aux deux échantillons déjà constitués. Mais il reste une difficulté, celle de trouver des classes II-2 parmi la population étudiante.

Références bibliographiques

1. **Hanke,BA., Motschall, E., and Türp, JC.** Association between orthopedic and dental findings: what level of evidence is available? J OrofacOrthop. 2007 Mar;68(2):91-107.

2. **Cuccia, A., and Caradonna, C.** The relationship between the stomatognathic system and body posture. Clinics. 2009 Jan;64(1):61-66.

3. **Perinetti, G., and Contardo, L.**Posturography as a diagnostic aid in dentistry: a systematic review. Journal of Oral Rehabilitation. 2009 Dec;36(12):922-936.

4. **Michelotti, A., Buonocore, G., Manzo, P., Pellegrino, G., and Farella, M.** Dental occlusion and posture: an overview. Prog Orthod. 2011;12(1):53-58.

5. **Reynolds, A.** Voluntary teeth clenching during exercise in a natural environment: prevalence and gender differences [Internet] [Thesis]. 2013 [cité 19 sept 2014]. Disponible sur: https://mospace.umsystem.edu/xmlui/handle/10355/40388

6. **Manfredini, D., Castroflorio, T., Perinetti, G., and 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 Jun;39(6):463-471.

7. **Baldini, A., Nota, A., Tripodi, D., Longoni, S., and Cozza, P.** Evaluation of the correlation between dental occlusion and posture using a force platform. Clinics. 2013 jan;68(1):45-49.

8. **Gogola, A., Saulicz, E., Matyja, M., Linek, P., Myśliwiec, A., Tuczyńska, A., and Molicka, D.** Assessment of connection between the bite plane and body posture in children and teenagers.Dev Period Med. 2014 Oct-Dec;18(4):453-458.

9. **Haralur, S.B., Al-Gadhaan, S.M., Al-Qahtani, A.S., Mossa, A., Al-Shehri, W., and Addas, M.K.**Influence of functional head postures on the dynamic functional occlusal parameters. Ann Med Health Sci Res. 2014 Jul;4(4):562-566.

10. **Marini, I., Gatto, M.R., Bartolucci, M.L., Bortolotti, F., AlessandriBonetti, G., and Michelotti, A.** Effects of experimental occlusal interference on body posture: an optoelectronic stereophotogrammetric analysis. J Oral Rehabil. 2013; 40(7):509-518.

11. **Silvestrini-Biavati, A., Migliorati, M., Demarziani, E., Tecco, S., Silvestrini-Biavati, P., Polimeni, A., and Saccucci, M.** Clinical association between teeth malocclusions, wrong posture and ocular convergence disorders: an epidemiological investigation on primary school children. BMC pediatrics.2013 Jan 23;13(1):12.

12. **Cho, D., Choi D.S., Jang, I., and Cha, B.K.**Changes in natural head position after orthognathic surgery in skeletal class III patients. Am. J. Orthod. DentofacialOrthop. 2015 Jun;147(6):747-754.

13. **Orthlieb, J.-D., Darmouni, L., Pedinielli, A., and Darmouni, J.J.** Fonctions occlusales : aspects physiologiques de l'occlusion dentaire humaine. EMC-chirurgie orale et maxillo-faciale. 2013;8(1):1-11.

14. **Orthlieb, J.-D., Deroze, D., Lacout, J., and Maniere-Ezvan, A.**Occlusion pathogène et occlusion fonctionnelle : définitions des finitions. L'Orthodontie Française.2006;77(4):451–459.

15. **Horak, FB.** Clinical measurement of postural control in adults. Physical therapy. 1987 Dec;67(12):1881-5.

16. **Valle L.** Le contrôle postural : TAC et TDA/H, quelles particularités ? Réflexion autour du cas de Jérémy. [Internet] [Thesis]. 2015
Disponible sur : http://www.psychomot.ups-tlse.fr/Valle2015.pdf

17. **Boulanger Neveu, C.** Posture corporelle et positions mandibulaires: élaboration d'un protocole d'étude avec un électromyographe couplé à une plate-forme de force [Thèse d'exercice]. [2012-…] : Aix-Marseille Université. Faculté d'Odontologie ; 2014.

18. **Berdah Setbon, K.** Posture corporelle et positions mandibulaires: étude pilote à l'aide d'une plateforme de force [Thèse d'exercice]. [2012-…] : Aix-Marseille Université. Faculté d'Odontologie ; 2015.

19. **Joinnet, M**. Posture corporelle et positions mandibulaires: influence du protocole d'étude clinique sur les résultats [Thèse d'exercice]. [2012-…] : Aix-Marseille Université. Faculté d'Odontologie ; 2016.

20. **Khare, A.,Nandeeshwar, D.B., Sangur, R., Makkar, S., Khare, P., Chitumalla, R., and Prasad, R.**A Clinical Study to Examine the Effect of Complete Denture on Head Posture/CranioverticalAngle. J. Clin. Diagn. Res. JCDR. 2016 Apr;10(4):ZC05–ZC08.

21. **Yoshino, N., Nozaki, K., and Maeda, Y**. The effect of denture installation at mandibular rest position on unsteady motion of the centre of pressure in postural sway. J. Oral Rehabil. 2016 Jul;43(7):528–533.

22. **Ringhof, S., Stein, T., Potthast, W., Schindler, H.-J., and Hellmann, D.** Force-controlled biting alters postural control in bipedal and unipedal stance. J. Oral Rehabil. 2015 Mar;42(3):173–184.

23. **Ringhof, S., Stein, T., Hellmann, D., Schindler, H.J., and Potthast, W.**Effect of Jaw Clenching on Balance Recovery: Dynamic Stability and Lower Extremity Joint Kinematics after Forward Loss of Balance. Front Psychol. 2016 Mar 11; 7:291.

24. **Westersund, C.D., Scholten, J., and Turner, R.J.**Relationship between craniocervical orientation and center of force of occlusion in adults. Cranio. 2016 Oct 20; 1–7.

25. **Maeda, N., Sakaguchi, K., Mehta, N.R., Abdallah, E.F., Forgione, A.G., and Yokoyama, A.**Effects of Experimental Leg Length Discrepancies on Body Posture and Dental Occlusion. Cranio. 2011Jul; 29(3):194-203.

26. **Decocq, P., Honoré, J., Auclair-Assaad, C., Sequeira, H., and Bocquet, E.**Relations cranio-mandibulaires et posture anti-gravitaire : étude stabilométrique de cales de désocclusion. Orthod. Fr. 2015;86(2):181–188.

27. **Julià-Sánchez, S., Álvarez-Herms, J., Gatterer, H., Burtscher, M., Pagès, T., and Viscor, G.** The influence of dental occlusion on the body balance in unstable platform increases after high intensity exercise. Neuroscience Letters.2016 Mar 23; 617:116–121.

28. **Ramirez-Yanez, G.O., Mehta, L., and Mehta, N.R.**The effect of dental occlusal disturbances on the curvature of the vertebral spine in rats. Cranio. 2015 Jul; 33(3):217–227.

29. **Roumiguie, C**. Influence de l'occlusion dentaire sur la stature posturale: évaluation des moyens de diagnostic à partir de cas cliniques [Thèse d'exercice]. Université Paul Sabatier (Toulouse). Faculté de chirurgie dentaire. 2015.

30. **Lippold, C., Van den Bos, L., Hohoff, A., Danesh, G., andEhmer, U.** Interdisciplinary Study of Orthopedic and Orthodontic Findings in Pre-school Infants. J OrofacOrthop. 2003 Sep;64(5):330-340.

31. **Arumugam, P., Padmanabhan, S., andChitharanjan, A.B**. The relationship of postural body stability and severity of malocclusion. APOS Trends Orthod. 2016;6(4):205-210.

32. **Perinetti, G., Primožič, J., Manfredini, D., Di Lenarda, R., and Contardo, L.** The diagnostic potential of static body-sway recording in orthodontics: a systematic review. Eur. J. Orthod.2013 Oct;35(5):696–705.

33. **Nordahl, S.H., Aasen, T., Dyrkorn, B.M., Eidsvik, S., and Molvaer, O.I.**Static stabilometry and repeated testing in a normal population. AviatSpace Environ Med. 2000 Sep;71(9):889–893.

34. **de Oliveira, J.M.** Statokinesigram normalization method. Behavior research methods.2017 Feb;49(1):310-317.

35. **El Hage, Y., Politti, F., de Sousa, D.F.M., Herpich, C.M., dos Santos Gloria, I.P., de Paula Gomes, C.A.F., ...andAmorim, C.F.** Effect of mandibular mobilization on electromyographic signals in muscles of mastication and static balance in individuals with temporomandibular disorder: study protocol for a randomized controlled trial. Trials. 2013 Oct 1;14(1):316.

36. **Nagymáté, G., and Kiss, R.M.**Parameter Reduction in the Frequency Analysis of Center of Pressure in Stabilometry. Period. Polytech. Mech. Eng.2016;60(4):238.

37. **Forrester, S.E., Presswood, R.G., Toy, A.C., and Pain, M.T.G.** Occlusal measurement method can affect SEMG activity during occlusion. J. Oral Rehabil. 2011 Sep;38(9):655–660.

38. **Ruhe, A., Fejer, R., and Walker, B.** The test–retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions – A systematic review of the literature. Gait Posture. 2010 Oct;32(4):436–445.

39. **Perinetti, G., Marsi, L., Castaldo, A., and Contardo, L**. Is postural platform suited to study correlations between the masticatory system and body posture ? A study of repeatability and a meta-analysis of reported variations. Progress in Orthodontics. 2012;13(3):273-280.

40. **Tardieu, C., Dumitrescu, M., Giraudeau, A., Blanc, J. L., Cheynet, F., and Borel, L.** Dental occlusion and postural control in adults. Neuroscience letters. 2009 ;450(2):221-224.

41. **Gagey, P.-M. and Weber, B.** Posturologie: Régulation et dérèglement de la station debout. S.1. Masson. 2005;15,59-64,67-70,73-75.

Référence des illustrations

[1] https://team.fr.raidlight.com/blogs-article/etirer-le-tendon-dachille.39632/

[2] https://www.physioadvisor.com.au/injuries/ankle/tibialis-anterior-tendonitis/

Table des illustrations

Figure 1: Repère orthonormé pour l'examen clinique postural 40

Figure 2: Plateau d'examen occlusal 40

Figure 3: Plateforme de stabilométrie statique SATEL 41

Figure 4: Cale de positionnement des pieds 41

Figure 5: Vibrateurs Techno Concept 41

Figure 6: EMGs 16 voies DELSYS 42

Figure 7: Electrodes sans fil, de différentes dimensions 42

Figure 8: Feuilles à motif aléatoire permettant de fixer la vision 42

Figure 9: Examen postural de face en position standardisée 44

Figure 10: Examen postural de dos en position standardisée 44

Figure 11: Examen postural de profil en position standardisée 45

Figure 12: Placement de l'électrode au niveau du soléaire [1] 46

Figure 13: Placement de l'électrode au niveau du tibialis antérieur [2] 46

Figure 14: placement des électrodes au niveau des érecteurs spinaux 47

Figure 15: placements des électrodes au niveau des muscles trapèzes 47

Figure 16: Placement des électrodes au niveau des SCOM, du masséter et du temporal antérieur 48

Figure 17: Tableur Excel conçu pour l'étude de la répétabilité chez 8 sujets en normocclusion, pour le paramètre Vitesse Avec Vision (AV) en session 1 (S1). Données normalisées 50

Figure 18: Tableur Excel conçu pour l'étude de l'effet des vibrateurs. Seules sont représentés ici la phase 1 et la phase 2 fenêtre 1 en OIM passive (OIMP) pour 12 sujets en normocclusion 51

Figure 19: Test de répétabilité pour la vitesse chez les 8 sujets en normocclusion avec vision 53

Figure 20: Test de comparaison entre les 12 sujets en malocclusion et les 18 sujets en normocclusion, pour le paramètre vitesse, test avec vision 53

Figure 21: Comparaison de l'influence des positions mandibulaires avec vision, pour les 18 sujets en normocclusion, pour le paramètre vitesse 54

Figure 22: Evaluation de la capacité de réadaptation du sujet, pour 6 sujets en normocclusion, pour le paramètre Xmax 55

Figure 23: Comparaison de la position mandibulaire BBLD à la PHAB, pour 9 sujets en malocclusion, pour le paramètre Ymin 56

Tableau 1: Répétabilité des données (N : 8 sujets en normocclusion et 5 sujets en malocclusion). Les données non répétables sont indiquées par une croix rouge. 57

Tableau 2: Comparaison de la régulation posturale entre 12 sujets en malocclusion et 18 sujets en normocclusion. Les différences mises en évidence entre la normocclusion et la malocclusion sont indiquées par une croix rouge. 57

Tableau 3: Statistiques de bloc. Comparaison de la stabilité de PREP AV (en fréquence de Y) entre les sujets en normocclusion (36 sujets) et en malocclusion (24 sujets) 58

Tableau 4: Sujets en normocclusion (18). Tests avec et sans vision. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural. 58

Tableau 5: Sujets en malocclusion (12). Tests avec et sans vision. Comparaison de l'influence des positions mandibulaires sur le contrôle postural 59

Tableau 6: Groupe en normocclusion (16 sujets). Statistiques de bloc. Comparaison entre PREP et BBLG, en situation de vision, pour Fy 59

Tableau 7: Groupe en normocclusion (16 sujets). Statistiques de bloc. Comparaison entre PREP et BBLG, sans vision, pour la surface 59

Tableau 8: Groupe en malocclusion (10 sujets). Statistiques de bloc. Comparaison de PREP et de OIMP, en situation de vision, pour Fx 59

Tableau 9: Groupe en malocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PHAB et BBLD, pour Ymin, en phase 2 fenêtre 5 61

Tableau 10: Groupe en malocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PHAB et BBLG, pour Ymin, en phase 2 fenêtre 4. 61

Tableau 11: Groupe en malocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PHAB et BBLG, pour Ymin, en phase 2 fenêtre 5 61

Tableau 12: Groupe en malocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PHAB et BBLD, pour Ymax, en phase 2 fenêtre 4 61

Tableau 13: Groupe en malocclusion. Statistiques de bloc. Comparaison entre PHAB et PREP, pour Ymin et Ymax, en phase 2 fenêtre 5 61

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire de présélection

Année d'étude :
O2/ O3/ O4/ O5/ O6

Tel portable :
Mail :

Merci de répondre aux 2 questionnaires : évaluation de la sphère orofaciale et évaluation de la posture.

NOM.....
Prénom : .....

Age :
Taille :
Poids :

I. Questionnaire d'évaluation de la sphère orofaciale

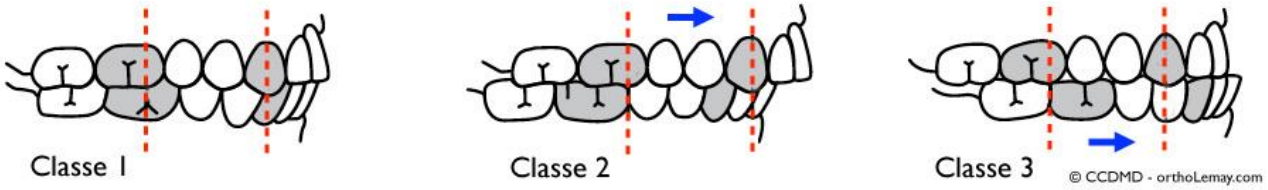
1- Avez-vous subit un traumatisme de la face? Oui ☐ non ☐

2- Avez-vous bénéficié d'un traitement orthodontique ? Oui ☐ non ☐

3- Suivez-vous actuellement un traitement orthodontique ? Oui ☐ non ☐

4- Suivez-vous un traitement dentaire (soins ou prothèse de plus de 2 dents) ? Oui ☐ non ☐

5- Pouvez-vous préciser votre classe d'angle (si vous le savez) ?
- classe d'Angle Molaire Droite ? ..... Gauche ? :.....
- classe d'Angle canine Droite ? ..... Gauche ? :.....



6- Pensez-vous présentez une **béance dentaire** (absence de recouvrement vertical des incisives maxillaire sur les incisives mandibulaires) ? Oui ☐ non ☐

8- Para fonctions

° Mettez-vous la langue entre les dents quand vous avalez votre salive ? Oui ☐ non ☐

° Avez-vous l'habitude de positionner des objets entre vos dents (stylo par exemple ?)Oui ☐ non ☐

° Rongez-vous vos ongles ? Oui ☐ non ☐

° Serrez-vous les dents oui ☐ non ☐

° Grincez-vous des dents oui ☐ non ☐

° Avez-vous les dents usées ? Usure de plus de 3 dents oui ☐ non ☐

9- Mastiquez-vous des 2 côtés ? Oui ☐ non ☐

10- Respirez-vous par la bouche ? Oui ☐ non ☐
(Signes possibles de la respiration buccale : oreiller mouillé le matin au réveil, fatigue diurne, ouverture buccale lors de la respiration,…)

11- Avez-vous ou avez-vous déjà eu des douleurs musculaires ou articulaires Oui ☐ non ☐

Si oui précisez le type :

12- Avez-vous ou avez-vous déjà eu des bruits articulaires (claquement ou craquement) ?
Oui ☐ non ☐

Si oui précisez le type :

13- Avez-vous ou avez-vous déjà eu une anomalie de la cinématique mandibulaire :
Oui ☐ non ☐

Si oui précisez de quel type :
Ex : impossibilité à ouvrir la bouche oui ☐ non ☐
Ex : déviation du mouvement d'ouverture oui ☐ non ☐

AUTRE
Vous pouvez indiquer toute information complémentaire vous paraissant judicieuse.

II. Questionnaire d'évaluation posturale

1- Avez-vous des antécédents de traumatisme au niveau des membres inférieurs ou du tronc : oui ☐ non ☐

Si oui précisez le type :
Ex : entorses, fractures, tendinopathies, problèmes musculaires...

2- Avez-vous des antécédents médicaux :

° Problèmes visuels oui ☐ non ☐

Si oui précisez les types de déficiences :

Si oui précisez de quel côté : œil droit ☐ œil gauche ☐
Si oui quantifiez la déficience :

Si oui précisez si vous portez des lunettes oui ☐ non ☐
Si oui précisez les corrections effectuées :

° Problèmes vestibulaires (vertige, trouble du tonus musculaire) oui ☐ non ☐

Si oui précisez le type et les caractéristiques :

° Problèmes proprioceptifs : oui ☐ non ☐
Si oui précisez le type et les caractéristiques :
(Ex : sensibilité cutanée, troubles moteurs...)

° Problèmes physiologiques :

- troubles vasculaires oui ☐ non ☐
- troubles respiratoires oui ☐ non ☐
- asthme oui ☐ non ☐
- troubles cardiaques oui ☐ non ☐
- autres oui ☐ non ☐

° Troubles orthopédiques: oui ☐ non ☐
Si oui précisez le type :
Ex : scolioses, cyphoses, lordoses...

° Maux des transports oui ☐ non ☐
Si oui précisez le type :
Ex : avion, bateau, voiture, bus etc...

AUTRE
Vous pouvez indiquer toute information complémentaire vous paraissant judicieuse

Annexe 2 : Notice d'information

Stratégies posturales et organisation du traitement des informations proprioceptives / Stratsenso
n° ID-RCB 2012-A00518-35

Investigateur en charge du patient ou du témoin (à entourer) :
Dr Abbas / Dr Mesure / Dr Barthèlemy / Dr Giraudeau

Titre complet de recherche :
Stratégies posturales et organisation du traitement des informations proprioceptives

NOTE D'INFORMATION

Cette recherche est organisée par **l'Institut des Sciences du Mouvement Etienne Jules-Marey**
UMR 7287 CNRS & Université de la Méditerranée
Faculté des Sciences du Sport, CP 910,
Avenue de Luminy, 13288 Marseille Cedex 09 (France)

Cette recherche se déroule au sein du **Centre de Rééducation Fonctionnelle de Valmante et/ou à la Faculté des Sciences du Sport et/ou à la Faculté d'Odontologie**
Traverse de la Gouffonne – BP 83, 13275 Marseille Cedex 09 (France)

Le Dr Djawad ABBAS est l'investigateur principal de cette recherche
(dabbas@ugecampacac.fr; 04.91.82.39.40)
Le Dr Serge MESURE est le représentant légal du promoteur et personne associée à cette recherche
(serge.mesure@univ-amu.fr; 04.91.17.04.32)

Cette recherche porte le n°ID-RCB : 2012-A00518-35
Cette recherche a reçu l'autorisation d'essai clinique de la part de l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé le 27 avril 2012 et a reçu un avis favorable du Comité de Protection des Personnes Sud-Méditerranée II le 4 mai 2012.

Madame, Mademoiselle, Monsieur,

Les docteurs ABBAS et MESURE, en temps qu'investigateurs, vous ont proposé de participer à la recherche biomédicale présentée ci-dessous.

Il est important de lire attentivement cette note avant de prendre votre décision ; n'hésitez pas à lui/leur demander des explications.

Si vous décidez de participer à cette recherche, un consentement écrit vous sera demandé.

1 Quels sont les buts de cette recherche ?

Cette recherche porte sur le traitement des informations proprioceptives (informations en provenance de vos muscles et articulations) par les hémisphères cérébraux.

2 buts scientifiques sont poursuivis :
- Comprendre le rôle de chaque hémisphère cérébral dans **l'organisation du comportement humain** et plus particulièrement de la position debout.
- A plus long terme, entreprendre une réflexion scientifique grâce aux connaissances acquises par cette recherche afin de développer les **méthodes de rééducation** des patients hémiplégiques ou souffrants d'un trouble posturo-locomoteur de manière générale.

Il est prévu d'inclure *40* personnes présentant une hémiplégie du côté droit ou gauche (cette hémiplégie étant survenue suite à un accident vasculaire unique). 20 personnes dites « témoins » seront également inclues. Le recrutement pour cette recherche s'étendra sur 1 an.

2 En quoi consiste la recherche ?

Dans la recherche proposée, nous allons évaluer l'organisation des stratégies sensori-motrices qui permettent d'assurer la position debout. L'évaluation se fera par l'enregistrement des déplacements de votre centre de gravité (par une plate-forme de force), de vos segments (par un enregistrement vidéographique, avec des marqueurs posés sur votre peau) et de l'activité de vos muscles (par un appareil d'électromyographie avec des électrodes de surface). Aucun de ces dispositifs d'enregistrement n'est invasif. Pour faciliter le positionnement des appareils d'enregistrements, il vous est demandé de vous vêtir **d'un short et d'un débardeur**. Pour assurer un meilleur maintien des électrodes d'enregistrement, des zones cutanées pourront être rasées (sur une surface minimale associée au positionnement des électrodes, soit environ 2cm², uniquement si nécessaire).

Au cours des enregistrements, vous serez soumis à des illusions de mouvement par vibration tendineuse non invasive et ne donnant lieu à aucune douleur particulière. Votre participation à cette partie expérimentale sera de 30 à 45 minutes maximum.

Si vous êtes inclus au groupe des personnes dites « témoins », après avoir reçu les informations que vous souhaitez et si vous acceptez de donner la signature de votre consentement, votre participation à la recherche consistera en cette partie expérimentale uniquement (soit 1 seule exploration).

Si vous êtes inclus au groupe des personnes dites « patients hémiplégiques », après avoir reçu les informations que vous souhaitez et si vous acceptez de donner la signature de votre consentement, vous bénéficierez d'un bilan rééducatif au cours de votre prise en charge habituelle dont les résultats pourront vous être communiqués. Avec votre accord, votre participation à la partie expérimentale (décrite ci-avant) se déroulera dès le jour suivant (soit 1 seule exploration).

3 Quels sont les bénéfices et les contraintes liés à votre participation ?

- Le bénéfice individuel pour ce protocole de recherche biomédicale est nul.
- Cependant, vous bénéficierez d'une évaluation posturale et d'un bilan rééducatif pour lesquels aucun frais supplémentaire ne vous sera demandé.
- Par ailleurs, vous contribuerez à une meilleure connaissance des troubles de la posture et de la motricité des patients hémiplégiques et plus largement de toutes les personnes présentant un trouble de l'équilibration.

Si vous acceptez de participer, vous devrez respecter les points suivants :

- Venir aux rendez-vous. En cas d'impossibilité, nous vous remercions de contacter votre médecin le plus rapidement possible.
- Informer le médecin de la recherche ou le rééducateur qui assure les soins, de l'utilisation de tout médicament ainsi que de tout événement survenant pendant la recherche.
- Etre affilié(e) à un régime de sécurité sociale ou être bénéficiaire d'un tel régime.

4 Quels sont les antécédents qui empêchent la participation à la recherche ?

Vous ne pourrez pas être inclus au protocole si vous présentez des troubles sensoriels, neurologiques ou orthopédiques (antérieurs à l'AVC pour les patients hémiplégiques). Par ailleurs, si vous avez déjà vécu une chute, vous devez **impérativement** le signaler au médecin.

5 Quels sont les risques prévisibles de la recherche ?

La participation à cette recherche n'expose à aucun risque particulier, autre que celui lié à une évaluation posturale dynamique classique avec le risque de chute qui lui est toujours associé. Cependant, le niveau de sécurité est estimé maximal considérant que l'évaluation posturale proposée est pratiquée en position debout, sous surveillance permanente de l'expérimentateur (et de votre kinésithérapeute référent si vous êtes patient hémiplégique). Seront donc présents à proximité immédiate du participant : l'expérimentateur, le kinésithérapeute référent pour les patients et une tierce-personne professionnelle de santé sur simple demande du participant ou de l'expérimentateur.

6 Quelles sont les éventuelles alternatives médicales ?

Si vous ne souhaitez pas participer à cette recherche, vous pourrez suivre le traitement de rééducation prescrit par votre médecin suivant les modalités habituelles. Votre non-participation ne changera rien à la qualité des soins ni à ses relations avec les différents thérapeutes et rééducateurs.

7 Si vous participez, que vont devenir les données recueillies pour la recherche ?

Dans le cadre de la recherche biomédicale à laquelle *l'Institut des Sciences du Mouvement Etienne Jules Marey* vous propose de participer, au travers des docteurs D.ABBAS et S.MESURE, un traitement de vos données personnelles va être mis en œuvre pour permettre d'analyser les résultats de la recherche au regard de l'objectif de cette dernière qui vous a été présentée.

Paraphe du lecteur :

A cette fin, les données médicales vous concernant, seront transmises au Promoteur de la recherche *(l'Institut des Sciences du Mouvement Etienne Jules Marey)* ou aux personnes agissant pour son compte *(Dr S.MESURE)*. Ces données seront identifiées par un numéro de code et vos initiales. Ces données pourront également, dans des conditions assurant leur confidentialité, être transmises aux autorités de santé françaises.
Pour tout arrêt de participation sans retrait de consentement, les données recueillies précédemment à cet arrêt seront utilisées sauf si vous ne le souhaitez pas.

8 Comment cette recherche est-elle encadrée ?

L'Institut des Sciences du Mouvement Etienne Jules Marey a souscrit une assurance garantissant sa responsabilité civile et celle de tout intervenant (auprès de la compagnie HDI-Gerling sous le n° de contrat 0100534514058). Il en est de même pour le Centre de Rééducation de Valmante vis-à-vis de l'assurance des lieux de recherche et des patients hémiplégiques (auprès de la compagnie GAN Assurances sous le n° de contrat 101213273).

L'Institut des Sciences du Mouvement Etienne Jules Marey a pris toutes les dispositions prévues par la loi relative à la protection des personnes se prêtant à des recherches biomédicales, loi Huriet (n° 88-1138) du 20 décembre 1988 modifiée par la loi de santé publique (n° 2004-806) du 9 août 2004.

Le Comité de Protection des Personnes Sud-Méditerranée II a donné un avis favorable à la mise en œuvre de cette recherche le 4 mai 2012. Cette recherche a également reçu une autorisation de l'autorité compétente, l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (Ansm) *(qui se substitue à l'Agence Française de la Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (Afssaps) depuis le 1er mai 2012),* en date du 27 Avril 2012.

9 Quels sont vos droits ?

Votre participation à cette recherche est **entièrement libre et volontaire**. Votre décision n'entraînera aucun préjudice sur la qualité des soins et des traitements que vous êtes en droit d'attendre.

Vous pourrez tout au long de la recherche demander des explications sur le déroulement de la recherche au médecin et/au rééducateur qui vous suivent.

Vous pouvez vous retirer à tout moment de la recherche sans justification, sans conséquence sur la suite de votre traitement ni la qualité des soins qui vous seront fournis et sans conséquence sur la relation avec votre médecin. A l'issue de ce retrait, vous pourrez être suivi par la même équipe médicale.

Conformément aux dispositions de la CNIL (loi relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés), vous disposez d'un droit d'accès et de rectification. Vous disposez également d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette recherche et d'être traitées. Ces droits s'exercent auprès du médecin en charge de la recherche qui seul connaît votre identité. Vous pouvez également accéder directement ou par l'intermédiaire d'un médecin de votre choix à l'ensemble de vos données médicales en application des dispositions de l'article L 1111-7 du Code de la Santé Publique.

Votre dossier médical restera confidentiel et ne pourra être consulté que sous la responsabilité du médecin s'occupant de votre traitement ainsi que par les autorités de santé et par des personnes dûment mandatées par l'Institut des Sciences du Mouvement Etienne Jules Marey pour la recherche et soumises au secret professionnel.

Le protocole comporte un enregistrement vidéo de votre position debout. Le Promoteur, les investigateurs et toutes personnes susceptibles d'avoir accès à ces images s'engagent à les utiliser exclusivement à des fins scientifiques en respectant votre anonymat. Vous avez un droit exclusif, sur votre image et sur l'utilisation qui en est faite, qui vous permet de vous opposer à sa reproduction sans votre autorisation expresse et spéciale.

A l'issue de la recherche et après analyse des données relatives à cette recherche, vous pourrez être informé(e) des résultats globaux par l'intermédiaire du médecin qui vous suit dans le cadre de cette recherche.

Si vous acceptez de participer à la recherche après avoir lu toutes ces informations et discuté tous les aspects avec votre médecin, vous devrez signer et dater le formulaire de consentement éclairé qui vous a été transmis.

Au nom du promoteur de cette recherche,
Dr Serge MESURE



Annexe 3 : Consentement éclairé

Formulaire de consentement de participation à une recherche biomédicale pour une personne adulte

Je soussigné(e)
M^{e}/M^{lle}/M. *(entourer la mention utile)* (*NOM, prénom*) ……..…
…….
né(e) le ……

accepte librement et volontairement de participer à la recherche biomédicale intitulée

« Stratégies posturales

et organisation du traitement des informations proprioceptives »

(n° ID-RCB : 2012-A00518-35 ; autorisée par l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé le 27 avril 2012 ; ayant reçu un avis favorable du Comité de Protection des Personnes Sud-Méditerranée II le 4 mai 2012)

dont l'Institut des Sciences du Mouvement Etienne Jules-Marey est le promoteur (*UMR 7287 CNRS & Université de la Méditerranée ; Faculté des Sciences du Sport, CP 910 ; Avenue de Luminy, 13288 Marseille Cedex 09 (France)*), se déroulant au sein du Centre de Rééducation Fonctionnelle de Valmante (*Traverse de la Gouffonne – BP 83, 13275 Marseille Cedex 09 (France)*), et qui m'a été proposée par le Docteur Djawad ABBAS (dabbas@ugecampacac.fr ; 04.91.82.39.40) et/ou le Docteur Serge MESURE (serge.mesure@univ-amu.fr ; 04.91.17.04.32), investigateurs de cette recherche.

Etant entendu que :

- L'investigateur qui m'a informé et a répondu à toutes mes questions, m'a précisé que ma participation est libre et que mon droit de retrait de cette recherche peut s'exercer à tout moment,
- Avant de participer à cette recherche, j'ai bénéficié d'un examen médical dont les résultats peuvent m'être communiqués,
- Je pourrai avoir communication par le médecin au cours ou à l'issue de la recherche des informations concernant ma santé, qu'il détient,
- J'ai bien compris dans la note d'information qui m'a été remise que pour pouvoir participer à cette recherche je dois être affilié(e) ou bénéficier d'un régime de sécurité sociale. Je confirme que c'est bien le cas,
- Je suis parfaitement conscient(e) que je peux retirer à tout moment mon consentement à ma participation à cette recherche et cela quelles que soient mes raisons et sans supporter aucune responsabilité mais je m'engage dans ce cas à en informer le médecin. Le fait de ne plus participer à cette recherche ne portera pas atteinte à mes relations avec ce médecin,
- J'ai un droit exclusif, sur mon image et sur l'utilisation qui en est faite, qui me permet de m'opposer à sa reproduction sans mon autorisation expresse et spéciale,
- Si je le souhaite, à son terme, je serai informé(e) par le médecin des résultats globaux de cette recherche,
- Mon consentement ne décharge en rien le médecin, les investigateurs et le promoteur de l'ensemble de leurs responsabilités et je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Le cas échéant : *j'accepte que les données enregistrées à l'occasion de cette recherche puissent faire l'objet d'un traitement informatisé par le promoteur ou pour son compte. J'ai bien noté que le droit d'accès prévu par la CNIL (loi du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés (art. 39)) s'exerce à tout moment auprès du médecin qui me suit dans le cadre de la recherche et qui connaît mon identité. J'accepte le traitement informatisé des données nominatives en conformité avec la loi n°2004-801 du 6 août 2004 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel et modifiant la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés. Je pourrai exercer mon droit de rectification et d'opposition auprès de ce même médecin, qui contactera le promoteur de la recherche.*

Fait à
Date :

Signature précédée de la mention manuscrite *« lu, compris et approuvé » :*

Signature de l'investigateur qui atteste avoir pleinement expliqué à la personne signataire le but, les modalités ainsi que les risques potentiels de la recherche.

NOM, Prénom :
Fait à
Date :

Signature :

Date : **Ce document est à réaliser en 3 exemplaires originaux, dont le premier doit être gardé 15 ans par l'investigateur, un autre remis à la personne donnant son consentement et le troisième transmis au promoteur (conservé sous pli cacheté afin de conserver l'anonymat auprès du promoteur**

Annexe 4 : Examen clinique de l'appareil manducateur

Année d'étude :
O2 ; O3 ; O4 ;O5 ;T1

NOM……
Prénom : ……

Age:
Taille :

Entretien / Historique

Complète le questionnaire
1- Para fonctions autres que celles du questionnaire oui non

Examen clinique de l'occlusion:

1) examen des arcades:

- n° des dents mobiles
- n° des dents absentes :
- n° des dents altérées :
- n° des dents en malposition :
- formes d'arcades : parabolique en U en V en S
- asymétrie du plan d'occlusion : oui non
- anomalie du plan d'occlusion:
  - ° Spee : à D : N Inversée trop marquée à G : N Inversée trop marquée
  - ° Wilson : à D : N Inversée trop marquée à G : N Inversée trop marquée

2) examen de l'occlusion en OIM:

CENTRAGE - quantification du différentiel OIM - ORC dans le sens sagittal et transversal:
sens sagittal : ≤1 < 2 mm > 2mm sens transversal : ≤ 0,5 ≤ 1 < 2 mm > 2mm

CALAGE - classe d'Angle Molaire D ? ..... G ? :.....
- classe d'Angle canine D ? ..... G ? :.....
- perte de calage antérieur : si oui noter le n° des dents concernées
- perte de calage postérieur : si oui noter le n° des dents concernées
- occlusion croisée : .....
- occlusion inversée : ……

GUIDAGE - guide incisif en propulsion: Fonctionnel ? Afonctionnel ? Dysfonctionnel ? Asymétrique ?
- guide canin fonctionnel en diduction D ? G ?
- guide canin dysfonctionnel en diduction D ? G ?
- fonction de groupe en diduction D ? G ?:
- interférences travaillantes (n° des dents): .....
- interférences non travaillantes (n° des dents): .....
- contacts simultanés W (n° des dents):
- contacts simultanés W (n° des dents):
- prématurités en RC (n° des dents): .....

Examen clinique musculaire et articulaire

Signe de DAM oui non

1- Diagramme de Farrar

2- DAM articulaire

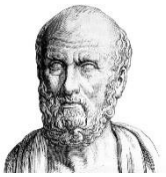
- douleurs articulaires
° à la fonction oui non

- amplitude de la translation condylienne dans l'ouverture buccale (OB) :
° translation limité dans l'OB ≈ translation dans la propulsion ;
° translation normale dans l'OB : très nettement supérieure à la translation dans la propulsion

3- DAM musculaires oui non
- douleur à la fonction
- hypertrophie

Autre

1- abrasion de plus de 3 dents oui non
2- parafonctions oui non



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

CABON Gaëlle – Influence de l'occlusion dentaire sur le contrôle de la posture corporelle : comparaison de la normocclusion et de la malocclusion.

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2017

Rubrique de classement : Occlusodontologie

Résumé :
La relation entre l'occlusion dentaire et la posture corporelle est un sujet complexe. Alors que depuis les années 1980, peu de consensus sont établis, aujourd'hui les auteurs semblent être en accord sur l'existence d'une relation entre la sphère oro-faciale et la posture d'une part et entre l'occlusion dentaire et la posture d'autre part. Ce travail a pour but d'améliorer un protocole d'étude, précédemment établit et d'en exploiter les résultats afin de confirmer ou d'infirmer la littérature. La première partie fait état de la littérature pour répondre à trois objectifs :

- Connaitre l'état actuel des connaissances
- Déterminer le niveau de preuve des études scientifiques
- Rechercher les paramètres d'études les plus pertinents.

La deuxième partie décrit le protocole d'étude mis en place : échantillons, matériels, méthode, recueil des données. La troisième partie donne les résultats obtenus. La quatrième partie est une discussion sur les résultats, le choix des paramètres, les conditions expérimentales et les perspectives de l'étude.

Mots clés : occlusion dentaire – posture corporelle – plateforme de stabilométrie – régulation posturale – oscillation corporelle – vibrateurs – malocclusion

CABON Gaëlle – Influence of dental occlusion on postural control: comparison of normocclusion and malocclusion.

Abstract :
The relationship between dental occlusion and body posture is a complex subject. While there has been little consensus since the 1980s, the autors seem to agree that there is a relationship between the oro-facial area and posture but also between dental occlusion and posture. This work aims to improve a previous study protocol and to use the results to confirm or reverse the literature. The first part refers to the literature to meet three objectives:

- Know the current state of knowledge
- Determine the level of evidence for these scientific studies
- Search for the most relevant study settings.

The second part describes the study protocol put in place: samples, materials, method, data collections. The third part focuses on the results obtained. The fourth part is a discussion of the results, the choice of parameters, the experimental conditions and the prospects of the study.

MeSH : dental occlusion – body posture – stabilometric platform – postural control – body sways – vibrators – dental malocclusion

Adresse de l'auteur :
6, avenue Jean Baptiste Colbert
13260 CASSIS