



## AVERTISSEMENT

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

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

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

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

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

**UNIVERSITE HENRI POINCARÉ, NANCY 1**

**Ecole Doctorale "Biologie - Santé - Environnement"**

**THESE**

S.C.D. - U.H.P. NANCY 1  
BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES  
Rue du Jardin Botanique - BP 11  
54001 VILLERS-LES-NANCY Cédex

présentée et soutenue publiquement par

**Pierre GANGLOFF**

**Docteur en Chirurgie Dentaire  
Assistant hospitalier universitaire**

en vue de l'obtention du

**DOCTORAT D'UNIVERSITE**

**Mention : Neurosciences**

**INFLUENCE DE LA PROPRIOCEPTION CRANIO-FACIALE SUR LE  
CONTROLE POSTURAL ET LA STABILISATION DU REGARD**

**JURY :**

**Rapporteurs :**

M. Herman KINGMA, Professeur, Université de Maastricht

M. Patrick MAHLER, Professeur, Université Sophia Antipolis, Nice

**Directeur de Thèse :**

M. Philippe PERRIN, Professeur, Université Henri Poincaré, Nancy 1

**Membres :**

M. Pierre LASCOMBES, Professeur, Université Henri Poincaré, Nancy 1

M. Jean-Paul LOUIS, Professeur, Université Henri Poincaré, Nancy 1

**Novembre 2002**

## Remerciements

Je tiens ici à remercier le professeur **Philippe PERRIN** pour m'avoir accueilli dans son laboratoire de recherche, pour son soutien constant depuis mes premiers pas de jeune chercheur jusqu'à aujourd'hui, pour m'avoir initié aux subtilités de la recherche mais également à ses rigueurs.

Vous m'avez ouvert les portes du domaine de la recherche. Vous m'avez permis de participer à des congrès aussi bien en tant que conférencier que membre du comité d'organisation. Veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect et de ma sincère admiration.

Je tiens également à remercier le professeur **Jean-Paul LOUIS** pour avoir accepté de faire partie du jury. Vous m'avez permis d'intégrer le DEA ce qui a été à l'origine de mon engagement dans le monde de la recherche. Votre bienveillance et votre disponibilité ont été une aide constante dans l'élaboration de ce travail. Veuillez trouver ici le témoignage de mon admiration et de mon immense gratitude

Je tiens également à remercier le professeur **Patrick MAHLER** pour avoir spontanément accepté de juger cette thèse. Vous êtes depuis longtemps à l'origine de ma passion pour le domaine hospitalier mais également universitaire. Vos encouragements constants ainsi que votre disponibilité, depuis le moment où j'avais été nommé jeune interne, nous ont été d'une aide précieuse. L'éloignement n'empêche pas ce soutien de se poursuivre et je vous en remercie chaleureusement. Veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect et de ma reconnaissance.

Je tiens également à remercier le professeur **Herman KINGMA** pour avoir immédiatement accepté de juger ce travail. La collaboration avec votre laboratoire de recherche et vous-même est une source continue d'inspiration. Veuillez trouver ici le témoignage de mon admiration et de ma reconnaissance.

Je tiens également à remercier le professeur **Pierre LASCOMBES** pour avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse malgré ses nombreuses obligations hospitalières et universitaires. Veuillez trouver ici le témoignage de ma vive et respectueuse gratitude.

Je tiens également à remercier le docteur **Jean-Marie MUR** pour m'avoir accepté dans son équipe de recherche à l'Unité U420 de l'INSERM. Veuillez trouver ici le témoignage de mon respect et de ma reconnaissance

Je tiens également à remercier **Dominique DEVITERNE** pour son aide, sa disponibilité mais également sa gentillesse malgré mes fréquentes questions et sollicitations. Veuillez trouver ici le témoignage de ma reconnaissance.

Je tiens également à remercier le professeur **Marie-Christine BENE** pour son aide et sa disponibilité malgré mes fréquentes sollicitations. Grâce à vous, les subtilités de la langue anglaise me sont un peu moins étrangères. Veuillez trouver ici le témoignage de mon respect et de ma gratitude.

Un grand merci à **Gérome GAUCHARD** pour son aide, ses idées, ses conseils. Après ces années de travail en commun, j'espère que nous pourrons continuer cette collaboration au sein du laboratoire.

Merci à **Cyril PERROT** qui m'a conseillé pendant toute mon année de DEA au sein du laboratoire de recherche. Ses conseils et son soutien ont été précieux.



Sainte Apollonie, peinture de Francisco Zurbarán, Espagne, 1636

Musée du Louvre, Paris

## TABLE DES MATIERES

<b>I.</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>p. 8</b>
<b>II.</b>	<b>FONCTION D'EQUILIBRATION</b>	<b>p. 12</b>
	II.1. Afférences sensorielles	p. 12
	II.1.1. Récepteurs myo-articulaires ou proprioceptifs	p. 14
	II.1.1.1. Récepteurs fusoriaux	p. 14
	II.1.1.2. Récepteurs tendineux de Golgi	p. 15
	II.1.1.3. Récepteurs articulaires	p. 17
	II.1.2. Récepteurs tactiles	p. 17
	II.1.3. Récepteurs labyrinthiques	p. 19
	II.1.4. Récepteurs réiniens	p. 21
	II.2. Noyaux vestibulaires	p. 22
	II.2.1. Anatomie	p. 23
	II.2.2. Afférences des noyaux vestibulaires	p. 26
	II.2.3. Efférences des noyaux vestibulaires	p. 26
	II.3. Stabilisation du regard	p. 28
<b>III.</b>	<b>PROPRIOCEPTION CRANIO-FACIALE</b>	<b>p. 31</b>
	III.1. Système manducateur	p. 31
	III.1.1. Muscles masticateurs	p. 31
	III.1.2. Articulation temporo-mandibulaire	p. 33
	III.1.3. Système desmodontal	p. 34
	III.2. Somesthésie cranio-faciale	p. 35
	III.3. Système trigéminal	p. 36

<b>IV. MODIFICATION DU CONTROLE POSTURAL ET DE LA STABILISATION DU REGARD APRES MODIFICATION DE LA PROPRIOCEPTION CRANIO-FACIALE (PROTOCOLE 1)</b>	<b>p. 41</b>
IV.1. Sujets et méthodes	p. 41
IV.1.1. Sujets	p. 41
IV.1.2. Méthodes	p. 41
IV.1.3. Statistiques	p. 48
IV.1.4. Agréments	p. 48
IV.2. Résultats	p. 49
IV.3. Discussion	p. 53
<b>V. JUSTIFICATION DE LA DEUXIEME ETUDE</b>	<b>p. 56</b>
<b>VI. MODIFICATION DU CONTROLE POSTURAL APRES INHIBITION D'UNE PARTIE DE LA PROPRIOCEPTION CRANIO-FACIALE (PROTOCOLE 2)</b>	<b>p. 57</b>
VI.1. Sujets et méthodes	p. 57
VI.1.1. Sujets	p. 57
VI.1.2. Méthodes	p. 57
VI.1.3. Statistiques	p. 58
VI.1.4. Agréments	p. 59
VI.2. Résultats	p. 59
VI.3. Discussion	p. 64
<b>VII. JUSTIFICATION DE LA TROISIEME ETUDE</b>	<b>p. 66</b>
<b>VIII. AMELIORATION DU CONTROLE POSTURAL APRES MODIFICATION DE LA PROPRIOCEPTION TRIGEMINALE (PROTOCOLE 3)</b>	<b>p. 67</b>
VIII.1. Sujets et méthodes	p. 67
VIII.1.1. Sujets	p. 67



VIII.1.2. Méthodes	p. 67
VIII.1.3. Statistiques	p. 72
VIII.1.4. Agréments	p. 73
VIII.2. Résultats	p. 73
VIII.3. Discussion	p. 77
<b>IX. DISCUSSION GENERALE ET PERSPECTIVES</b>	<b>p. 78</b>
<b>X. CONCLUSION</b>	<b>p. 83</b>
<b>XI. BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>p. 84</b>
<b>XII. ANNEXES</b>	<b>p. 93</b>
XII.1. Publications internationales à comité de lecture	
XII.1.1. <i>Neuroscience Letters</i> . 2000 ; 293 : 203-206.	p. 94
XII.1.2. <i>Neuroscience Letters</i> . 2002 ; 330 : 179-182.	p. 99
XII.1.3. <i>Neuroscience Letters</i> . 2002 ; 329 : 96-100.	p.104
XII.1.4. <i>International Journal of Neuroscience</i> (Accepté).	p.106
XII.2. Communications à des congrès scientifiques	
XII.2.1. 21 <sup>ème</sup> congrès de la Société Française de Médecine du Sport. 2001.	p.108

## I. INTRODUCTION

L'homme, primate érigé, est un organisme pluriarticulé soumis aux lois inéluctables de la gravité (Perrin et Lestienne, 1994). En raison de cet appui bipodal, le rapport surface d'appui / taille est faible du fait de l'étroitesse du polygone de sustentation et de la situation haute du centre de gravité. L'homme doit donc corriger en permanence les microdéplacements physiologiques de son centre de gravité afin que la verticale passant par celui-ci se projette toujours dans ce polygone de sustentation (Perrin et Lestienne, 1994). Le maintien de la posture fait intervenir des mécanismes complexes contrôlés par le système nerveux central (Massion et Viallet, 1990) et sous-tend un système de régulation tonique postural (Crémieux *et al.*, 1995).

Différentes entrées sensorielles interviennent dans la perception et la régulation du maintien de l'équilibre, parmi lesquelles l'oreille interne, la rétine, la proprioception des membres inférieurs ainsi que du rachis et l'extéroception plantaire. Toutes les afférences sensorielles convergent vers les noyaux vestibulaires du tronc cérébral qui les intègrent et permettent l'organisation de réponses réflexes motrices compensatoires (Perrin *et al.*, 1997).

Le traitement sélectif des informations sensorielles relatives à la configuration corporelle et à ses changements permet dès lors une correction et/ou une restauration rapide de l'équilibre en s'appuyant sur l'adéquation entre les synergies musculaires impliquées et la force de contraction développée.

La possibilité que l'afférence trigéminal puisse contribuer au contrôle postural est largement débattue depuis de nombreuses années (Huggare et Harkness, 1993 ; Nobili et Adversi, 1996 ; Bracco, 1998). De nombreuses études ont été menées notamment dans le monde du sport de haut niveau qui s'est très tôt intéressé à la possibilité d'améliorer les performances ou la posture en ajustant l'occlusion dentaire donc en modifiant les afférences

trigéminales. C'est le cas pour le base-ball où les lancers de balle sont plus précis et plus rapides (Kaufman, 1980), le football où il a été montré une corrélation positive entre la posture mandibulaire et la contraction musculaire du bras à l'aide d'un appareillage spécifique (Cybex II Dynamometer) (Smith, 1982) et la course à pied où une augmentation de la résistance des coureurs a pu être mise en évidence en utilisant une gouttière occlusale qui impose une position prédéfinie de l'occlusion dentaire (Garbee, 1991).

Chez ces sportifs de haut niveau, de nombreux cas ont été rapportés où une gouttière d'équilibration occlusale était mise en place juste avant une compétition (11% des athlètes américains aux jeux olympiques de Los Angeles en 1990, 84 % aux championnats du monde d'athlétisme en Norvège en 1995) (Sharifi *et al.*, 1998). Des appareillages orthodontiques étaient également utilisés.

Néanmoins, les résultats de ces études sont contradictoire et seul un petit nombre d'entre elles ont fait l'objet de publications.

La proprioception du système mandibulaire, venant du système musculaire masticateur (fuseaux neuro-musculaires, organes tendineux de Golgi), des ligaments alvéolo-dentaires (grosses terminaisons nerveuses myélinisées et encapsulées) ou de l'articulation temporo-mandibulaire (corpuscules de Ruffini ou de Pacini, organes tendineux de Golgi dans les tissus périarticulaires et terminaisons nerveuses libres dans la zone sous-synoviale) est assuré par le nerf trijumeau (cinquième paire des nerfs crâniens) qui est le plus gros nerf crânien (Rouvière et Delmas, 1997).

Les relations entre le noyau trigéminale et les systèmes oculo-moteurs ont été mises en évidence par Buisseret (1991). Une "modification" expérimentale des afférences trigéminales peut perturber l'attitude posturale dynamique (Sharifi Milani *et al.*, 2000 ; Fujimoto *et al.*, 2001) ainsi que la stabilisation du regard ou de la posture chez les sujets humains (Gangloff *et al.*, 2000 ; Gangloff *et al.*, 2002). Le faisceau longitudinal médian, reliant les nerfs V, III, IV,

et XI, est la voie d'association la plus importante du tronc cérébral et relie les différents centres synergétiques oculo-céphalogyres (Meyer et Baron, 1973) :

- Les fibres inter-nucléaires reliant le noyau oculo-moteur (III, IV et VI) et le noyau céphalogyre (XI médullaire) avec les fibres reliant le noyau du VI au noyau du III du côté opposé,
- Les fibres homo et controlatérales reliant le noyau vestibulaire et le noyau sensitif du V avec les noyaux oculo-moteurs et céphalogyre (faisceaux vestibulo et trigémino-oculo-céphalogyre) ; cette relation entre le noyau vestibulaire et le noyau sensitif du V peut aider à maintenir le tonus du masseter afin de garder l'axe mandibulaire dans la bonne position (Tolu et Pugliatti, 1993).

Les relations entre le noyau trigéminal et les noyaux vestibulaires ont été démontrées chez le rat par Buisseret-Delmas *et al.* (1999) et Pinganaud *et al.* (1999). La modification expérimentale des afférences trigéminales peut perturber les centres nucléaires vestibulaires. Comme les entrées vestibulaires représentent une voie afférente importante pour la stabilisation posturale, la position de l'axe mandibulaire pourrait avoir une répercussion sur le contrôle postural. Les afférences sensorielles sont intégrées par les noyaux vestibulaires induisant des réponses réflexes motrices au niveau des jambes (réflexes vestibulo-spinal) (Hongo *et al.*, 1975 ; Perrin *et al.*, 2000).

La contribution de la proprioception provenant des jambes pour le contrôle postural a été mise en évidence par Diener *et al.* (1984) en utilisant la mise en place d'une ischémie bilatérale au niveau de la cheville ou du mollet. L'importance des afférences somato-sensorielles provenant des voûtes plantaires pour le contrôle postural dans les plans antéro-postérieur et latéral a été étudié par Magnusson *et al.* (1990) en utilisant de l'eau froide. Le déplacement corporel a été augmenté dans les deux plans quand les voûtes étaient anesthésiées. Le rôle des afférences cutanées plantaires pour le contrôle postural a été étudié par Thoumie *et al.* (1996)

en utilisant une anesthésie de la voûte plantaire. Le fait de comparer les réponses EMG des muscles *soleus* et *tibialis anterior* avant et après anesthésie pendant des perturbations de l'équilibre montre que ces afférences jouent un rôle important dans la régulation du contrôle postural.

Ces relations montrent que l'information donnée par les afférences trigéminales peut être liée aux autres types d'afférences impliquées dans le contrôle postural. Une perturbation du système manducateur, venant des muscles masticateurs, des ligaments alvéolo-dentaires ou des articulations temporo-mandibulaires peut induire une perturbation du contrôle postural du fait des relations entre plusieurs noyaux nerveux à l'intérieur du tronc cérébral.

Dans ce contexte, ce travail a pour objet d'évaluer le poids de la proprioception cranio-faciale sur le contrôle postural ainsi que sur la stabilisation du regard en induisant une modification expérimentale.

Une possible répercussion de l'occlusion dentaire sur le contrôle postural ainsi que sur la stabilisation du regard a été évaluée à l'aide du protocole 1. La contribution et l'impact de la proprioception trigéminale sur le contrôle postural a été évaluée à l'aide du protocole 2. Enfin, une possibilité d'amélioration du contrôle postural après modification de l'occlusion dentaire a été évaluée à l'aide du protocole 3.

Une synthèse des résultats des différents protocoles tentera ainsi d'identifier les avantages escomptés par une modification de la proprioception trigéminale en ajustant l'occlusion dentaire dans une position d'équilibre neuro-musculaire.

## II. FONCTION D'EQUILIBRATION

La fonction d'équilibration est une fonction sensori-motrice assurant en permanence la stabilité du sujet. Différentes entrées sensorielles interviennent dans la perception et la régulation du maintien de l'équilibre, parmi lesquelles la proprioception, l'extéroception plantaire, les informations vestibulaires et les informations visuelles (Fig. 1). Toutes ces afférences sensorielles convergent vers les noyaux vestibulaires du tronc cérébral qui les intègrent et permettent l'organisation de réponses réflexes motrices compensatoires (Perrin *et al.*, 1997).

### II.1. Afférences sensorielles

L'information sensorielle émane de quatre catégories de récepteurs :

- les récepteurs myo-articulaires ou proprioceptifs,
- les récepteurs tactiles,
- les récepteurs labyrinthiques,
- les récepteurs rétiniens.

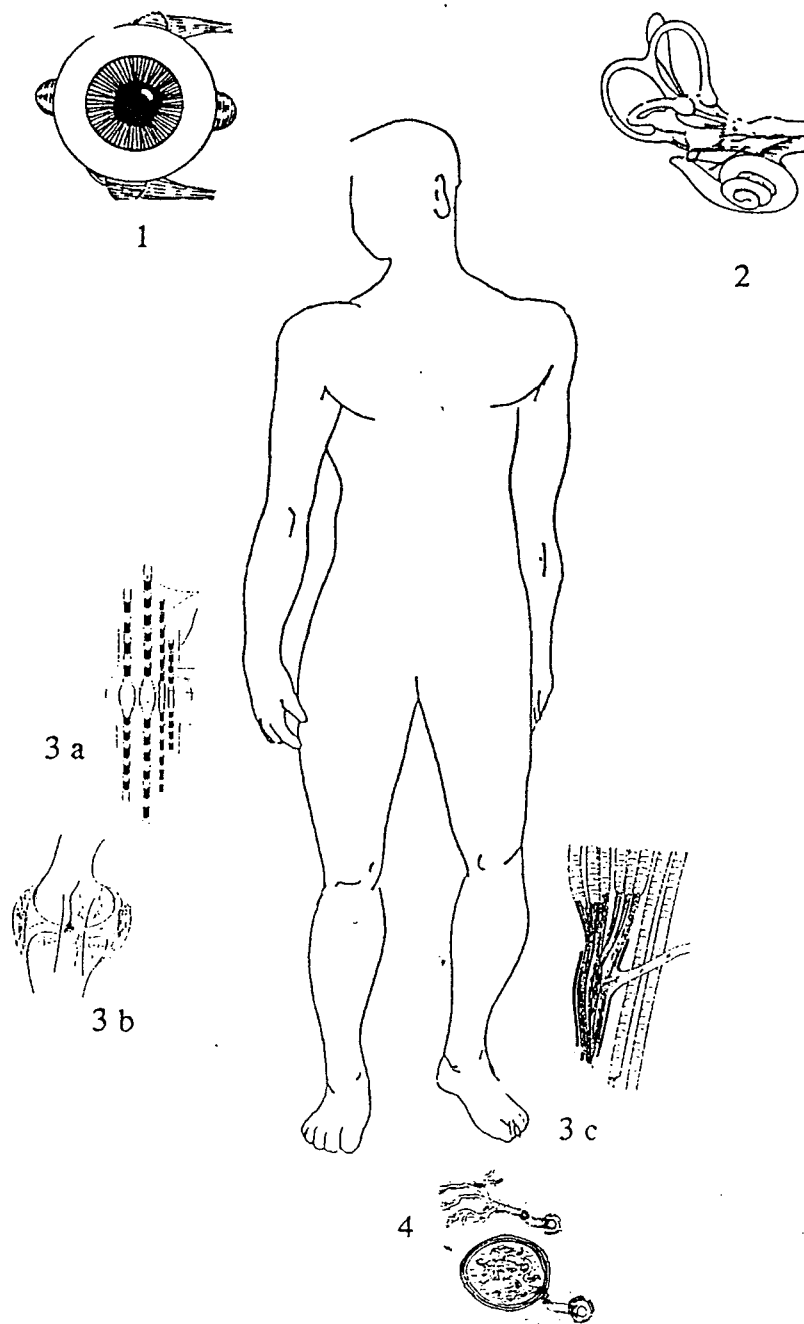


Figure 1 - Coopération entre les différents récepteurs sensoriels intervenant dans le maintien de l'équilibre.

1 : Système visuel - 2 : Système vestibulaire - 3 : Système proprioceptif fusorial (3a), tendineux (3b), articulaire (3c) - 4 : Système extéroceptif plantaire (Perrin et Lestienne, 1994).

## **II.1.1. Récepteurs myo-articulaires ou proprioceptifs**

### **II.1.1.1. Récepteurs fusoriaux**

Dispersés à l'intérieur du muscle, les récepteurs fusoriaux participent de façon prépondérante au maintien de l'activité tonique des motoneurones par la voie réflexe dite myotatique. Ces récepteurs sont sollicités en grande partie par l'étirement des muscles antigravitaires.

Les muscles squelettiques contiennent des mécanorécepteurs sensibles au changement de longueur musculaire, appelés fuseaux neuro-musculaires, constitués de 6 à 8 fibres musculaires particulières, dites intrafusales ou intrafusoriales, disposées parallèlement aux fibres musculaires ordinaires et séparées de celles-ci par une capsule conjonctive en forme de fuseau (Fig. 2).



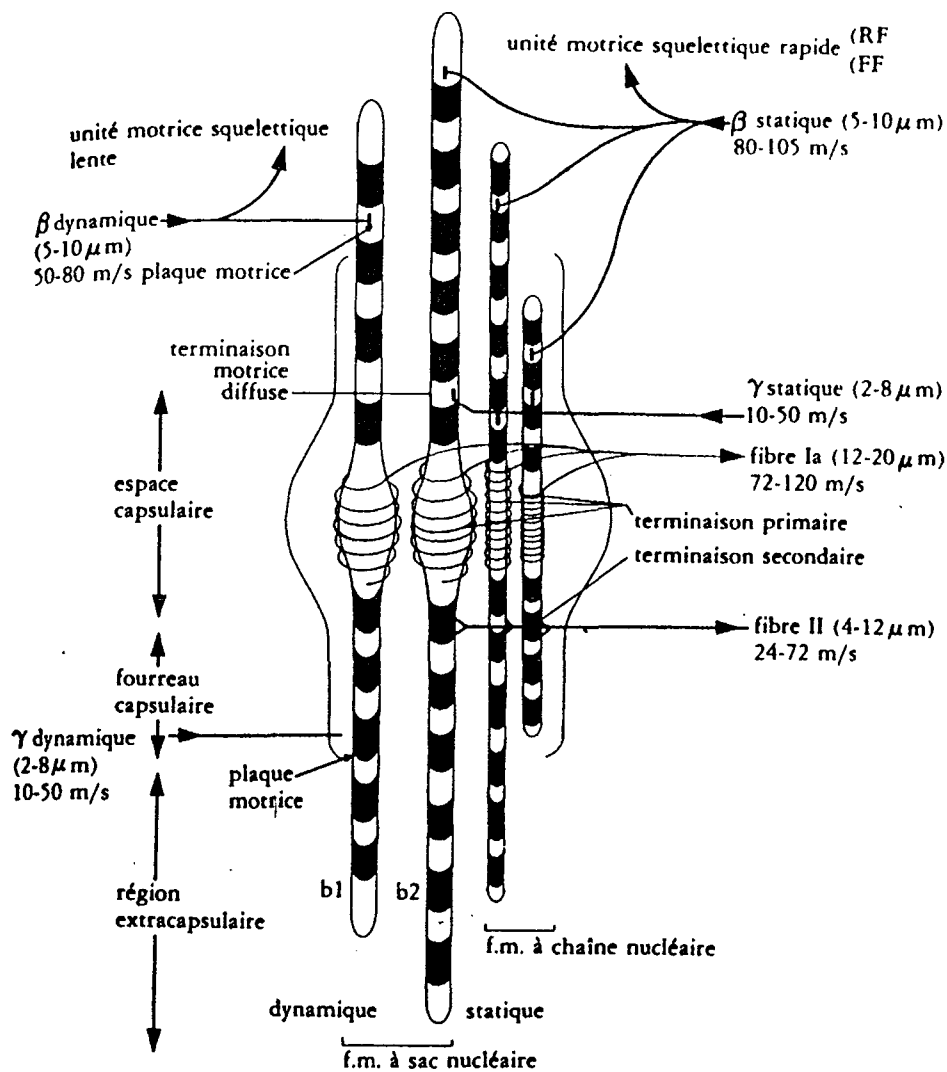


Figure 2 - Représentation schématique du récepteur fusorial et de ses innervations (Rigal, 1985).

### II.1.1.2. Récepteurs tendineux de Golgi

Les récepteurs tendineux de Golgi sont situés à l'extrémité de la fibre musculaire. Ils sont en règle générale à proximité du tendon, très rarement au niveau même du tendon commun. Ces capteurs sont des mécanorécepteurs entourés de lamelles conjonctives. La fibre

sensorielle (Ib) qui en est issue a un diamètre identique à celui des fibres Ia. Ces récepteurs sont sensibles à une tension exercée soit par l'étirement passif des fibres musculaires, soit par l'activation des fibres musculaires. Elles ont un seuil d'activation équivalent à ceux des fuseaux neuro-musculaires pour autant que les fibres musculaires se contractent. Les récepteurs tendineux sont placés en série sur les fibres musculaires alors que les récepteurs fusoriaux sont placés en parallèle (Fig. 3).

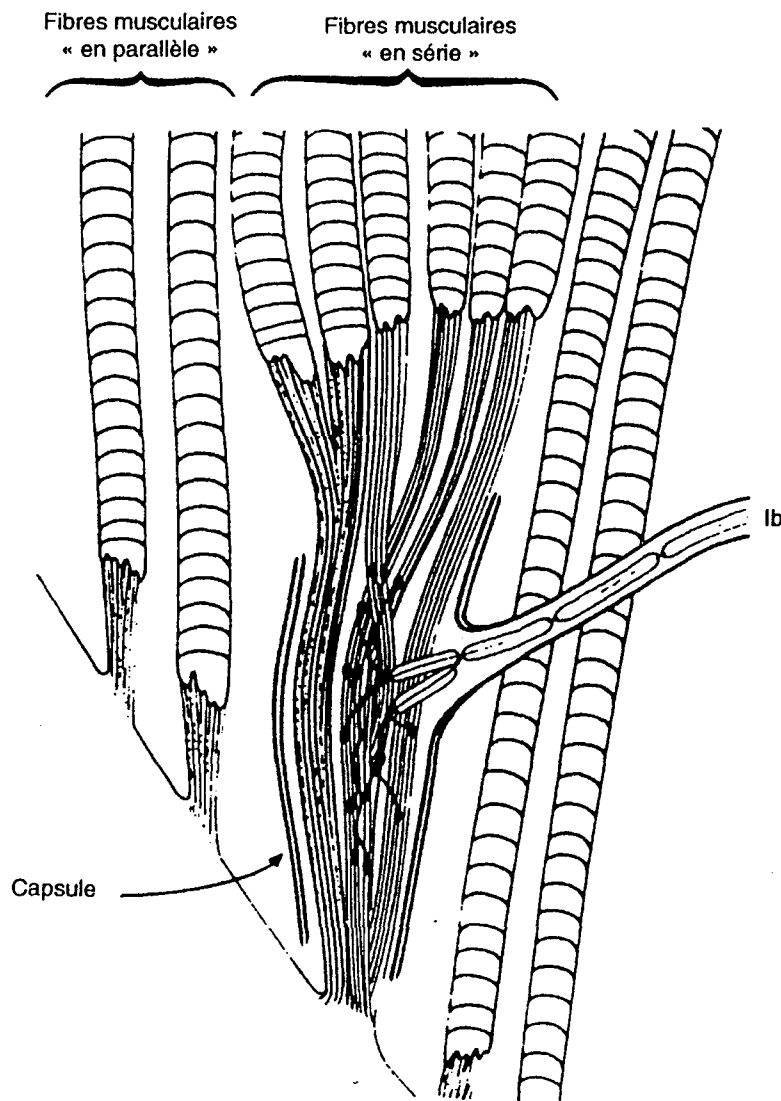


Figure 3 - Représentation schématique d'un organe tendineux  
(Zelena et Soukup, 1983).

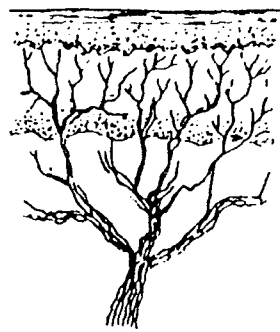
### **II.1.1.3. Récepteurs articulaires**

Ces récepteurs sont situés au niveau des articulations dans la capsule articulaire. Ils sont sensibles aux mouvements de l'articulation. Différents types de corpuscules peuvent être différenciés dont principalement les organes de Ruffini et les corpuscules de Pacini. Les plus importants sont les corpuscules de Ruffini qui sont sensibles à la position des pièces articulaires (sensibilité statique) et à la rotation de l'articulation (sensibilité dynamique) (Perrin et Lestienne, 1994).

### **II.1.2. Récepteurs tactiles**

Ces récepteurs représentent l'extéroception plantaire. Le système antigravitaire, composé chez l'homme des muscles extenseurs des membres inférieurs et de la colonne vertébrale, maintient l'attitude érigée en s'opposant à la pesanteur. Un réflexe d'afférences podales a été décrit, indiquant la nécessité d'une stimulation plantaire pour le maintien et l'harmonie de ce tonus antigravitaire (Massion, 1994).

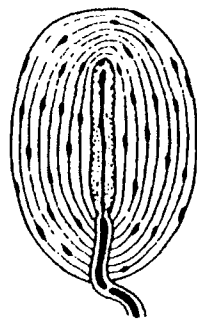
La plante du pied est le lien entre l'individu et son support naturel, le sol. L'extrême richesse en mécanorécepteurs articulaires, musculaires et surtout cutanés, en densité élevée en zone d'appui (Dubois et Levame, 1966), permet d'envisager la plante du pied comme une plate-forme de force chargée d'analyser les variations de pression à la base du corps humain (Enjalbert *et al.*, 1993). De nombreux types de récepteurs sont impliqués dans l'extéroception : certains sont encapsulés (corpuscules de Ruffini, de Pacini, de Meissner) et d'autres ne le sont pas (cellules de Merckel, terminaisons nerveuses libres) (Fig. 4).



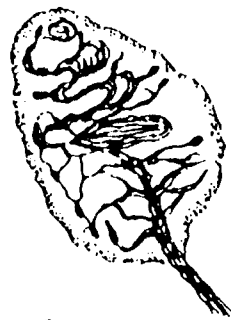
Terminaisons nerveuses libres



Disques de Merkel

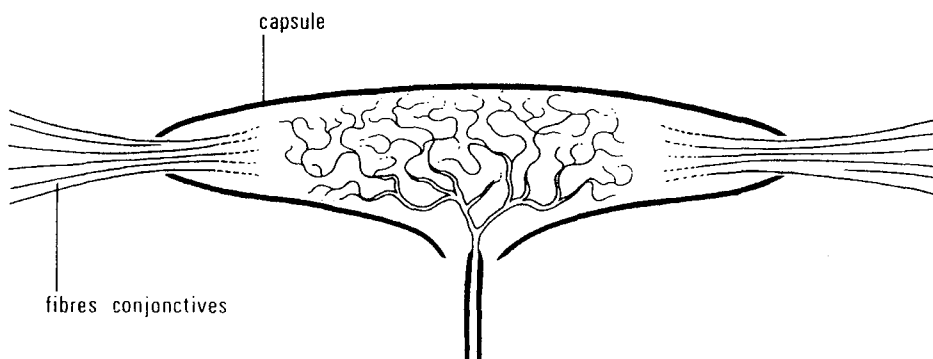


Corpuscule de Pacini



Corpuscule de Meissner

a



Corpuscule de Ruffini

b

Figure 4 - Les récepteurs tactiles  
(a - Guyton, 1984 ; b - Woda, 1983).

De nombreuses études ont montré le rôle de la sole plantaire dans le processus d'équilibration (Diener *et al.*, 1984 ; Magnusson *et al.*, 1990). L'information tactile a un rôle très important dans le contrôle de l'équilibre et peut devenir prépondérante dans les situations de défaillance ou de conflit par rapport aux autres sources d'informations, visuelles et vestibulaires essentiellement (Perrin et Lestienne, 1994).

### **II.1.3. Récepteurs labyrinthiques**

L'appareil vestibulaire, structure principale de l'équilibration, est situé dans l'oreille interne. Celle-ci comprend d'une part le labyrinthe osseux composé de cavités osseuses en communication les unes avec les autres et d'autre part le labyrinthe membraneux composé de cavités à parois membraneuses contenues dans le labyrinthe osseux. Du labyrinthe membraneux naissent les voies nerveuses acoustiques et vestibulaires. Ses cavités sont remplies d'endolymphe. L'espace existant entre le labyrinthe membraneux et osseux est rempli de périlymphe.

#### ➤ Le labyrinthe osseux :

Dans sa partie postérieure, le labyrinthe osseux comprend trois canaux semi-circulaires (vertical antérieur et postérieur, horizontal latéral). Ces trois canaux sont disposés suivant trois plans orthogonaux.

Dans sa partie antérieure, le labyrinthe osseux comprend la cochlée dont le rôle est l'audition (Fig. 5).

#### ➤ Le labyrinthe membraneux :

Il comprend le canal et le sac endolympatique, le saccule, l'utricule, les ampoules et les canaux semi-circulaires. Il contient deux types de récepteurs vestibulaires, les organes

otolithiques formés par le saccule et l'utricule sensibles aux accélérations linéaires y compris l'attraction gravitationnelle et les organes ampullaires sensibles aux accélérations angulaires

- Le saccule est un sac dont la paroi interne verticale porte l'épithélium sensoriel ou macule sacculaire. La macule est recouverte par la membrane otolithique constituée d'une substance gélatineuse délimitant des alvéoles dans lesquelles pénètrent les cils des cellules sensorielles. De fins cristaux de calcites appelés otolithes sont contenus dans cette substance gélatineuse. Le saccule est relié à l'utricule par l'intermédiaire du sac endolymphatique.
- L'utricule est un sac ovoïde. Sur la partie antérieure du plancher de l'utricule se trouve la macule utriculaire en position horizontale et donc perpendiculairement à la macule sacculaire.
- Les ampoules sont formées des extrémités dilatées des trois canaux semi-circulaires membraneux. Sur leur plancher, perpendiculairement à la lumière de chaque canal, se trouve une crête qui barre la totalité de la cavité ampullaire. La partie superficielle des crêtes est constituée de cellules de soutien et de cellules sensorielles. Celles-ci émettent des cils qui se retrouvent dans une partie de l'endolymphe : la cupule (matrice filamenteuse constituée de mucopolysaccharides). Ces cellules sensorielles sont sensibles aux accélérations angulaires, qui provoquent un déplacement inertiel de la cupule. La transformation de cette accélération est suivie d'une transformation mécanoneurale de la déformation ciliaire et génère un message nerveux renseignant sur la position de la tête (Perrin *et al.*, 1987 ; Collard, 1994). Les canaux semi-circulaires se comportent donc comme des accéléromètres angulaires (Pozzo et Berthoz, 1992 ; Sauvage *et al.*, 1992) (Fig. 5).

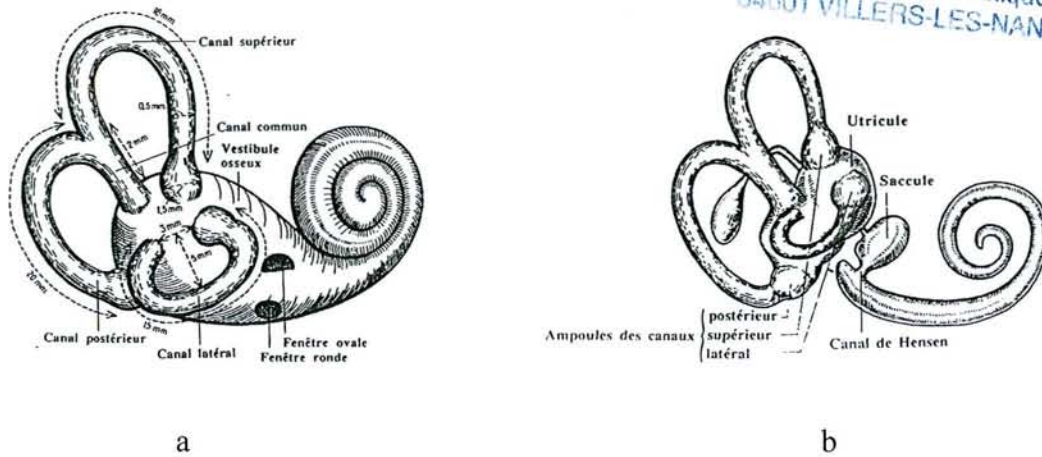


Figure 5 - Labyrinthe osseux (a) ;  
labyrinthe membraneux (b). Vue antéro-externe.  
(Legent *et al.*, 1979).

#### II.1.4. Récepteurs rétiniens

L'œil a un rôle déterminant dans la régulation de l'équilibre puisqu'il permet à l'individu d'avoir une connaissance et une perception les plus exactes possibles de son corps et des différents segments qui le constituent vis-à-vis d'eux mêmes et de l'espace environnant (Mesure *et al.*, 1993 ; Isableu *et al.*, 1997).

Plusieurs études ont mis en évidence l'existence de deux types de vision (Paulus *et al.*, 1984 ; Amblard *et al.*, 1985 ; Schulmann *et al.*, 1987) pour le contrôle des activités posturales et motrices. La première est une vision statique (position, orientation) et la deuxième une vision dynamique (mouvement).

- La vision statique

Elle concerne la reconnaissance et l'identification des formes, des textures et des couleurs ; l'évaluation des dimensions ; l'orientation et la localisation précises par l'évaluation des distances et des angles ; l'analyse de la disparité binoculaire et de la parallaxe permettant au cerveau de reconstruire la troisième dimension. La partie de la rétine responsable de ce type de vision est la rétine centrale ou maculaire. Elle est tapissée de

photorécepteurs sensibles au spectre lumineux appelés les cônes. La vision centrale, spécialisée dans l'analyse fine de l'image, est donc impliquée dans le contrôle positionnel d'un segment corporel ou d'un organe de saisie lors des mouvements de précision (Conti et Beaubaton, 1976, Ripoll, 1987).

- La vision dynamique

Elle concerne la détection de vitesse de mouvement de scènes visuelles animées par un déplacement linéaire ou angulaire (Lestienne *et al.*, 1976 ; Pavard *et al.*, 1976 ; Pélissier *et al.*, 1993). La partie de la rétine responsable de ce type de vision est la rétine périphérique. Elle est tapissée par un second type de photorécepteurs : les bâtonnets. Ces photorécepteurs sont destinés de part l'étendue de la rétine périphérique à jouer le rôle de tachymètre.

## **II.2. Noyaux vestibulaires**

Les récepteurs vestibulaires ne peuvent pas, à eux seuls, fournir un schéma sans ambiguïté de la position du corps dans l'espace. Des informations complémentaires sont nécessaires et proviennent essentiellement des récepteurs articulaires et musculaires par l'intermédiaire des projections spinales sur les noyaux vestibulaires. Ceux-ci reçoivent également des afférences réticulaires et cérébelleuses. En retour, les noyaux vestibulaires participent à la régulation du maintien de la posture et de l'équilibration par leurs éfferences vestibulo-spinales, vestibulo-oculomotrices et vestibulo-thalamiques. Dans ces conditions, il apparaît que les noyaux vestibulaires situés sous le plancher du quatrième ventricule dans la partie latérale et supérieure du tronc cérébral ne sont pas, pour les influx vestibulaires périphériques, de simples relais synaptiques mais de véritables centres intégrateurs.



### II.2.1. Anatomie

Le complexe des noyaux vestibulaires est formé de 4 noyaux (supérieur, médian, latéral et descendant) qui constituent l'une des structures nerveuses les plus importantes du tronc cérébral. Chacun des noyaux vestibulaires possède une forme et des caractéristiques anatomiques qui les différencient les uns des autres et les distinguent assez clairement d'autres structures du tronc cérébral. Il convient d'ajouter à cet ensemble un groupe cellulaire associé (groupe Y) de plus petite taille en relation directe avec les noyaux vestibulaires (Fig. 6).

#### ➤ Le noyau vestibulaire supérieur

Il est localisé sous le plancher latéral du IV<sup>ème</sup> ventricule. Il représente le site de passage d'un grand nombre de fibres d'origine cérébelleuse, surtout dans sa partie rostrale.

#### ➤ Le noyau vestibulaire médian

De par sa taille, il constitue avec le noyau descendant l'une des deux plus importantes structures du complexe vestibulaire. Il a été subdivisé en deux régions pavocellulaire et magnocellulaire et en une partie caudale chez le lapin comme chez le chat (Epedema *et al.*, 1988). La zone pavocellulaire s'étend rostralement le long de la partie ventro-latérale du IV<sup>ème</sup> ventricule. Elle est bordée ventralement par le nerf facial. La zone magnocellulaire s'étend ventro-medialement par rapport au corps juxtarestiforme.

#### ➤ Le noyau vestibulaire latéral

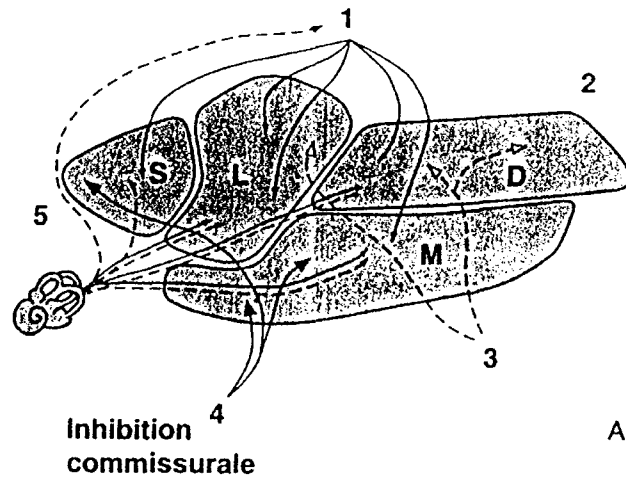
Il est bordé ventralement par le noyau descendant, le nerf vestibulaire et le noyau interstitiel du nerf vestibulaire sur pratiquement toute sa longueur.

➤ Le noyau vestibulaire descendant

Il est bordé latéralement sur presque toute sa longueur par le pédoncule cérébelleux inférieur.

➤ Le groupe Y

Localisé dorsolatralement par rapport au noyau vestibulaire latéral, coiffant le corps restiforme et décrit chez le chat par Brodal et Pompeiano (1957).



----- Afférences ampullaires  
 ———— Afférences maculaires  
*Régulation des  
 mouvements oculaires*

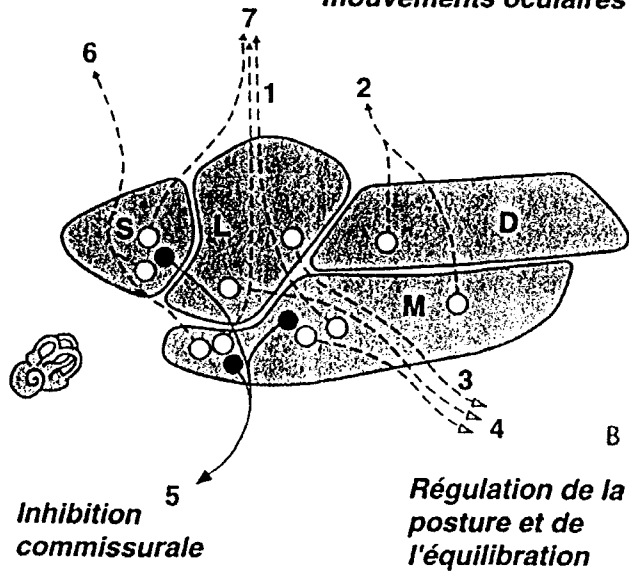


Figure 6 - Les noyaux vestibulaires

a - Schéma synoptique des principales voies afférentes convergent au niveau des noyaux vestibulaires supérieur (S), latéral (L), médian (M) et descendant (D). 1 - Cervelet ; 2 - Caudal ; 3 - Moelle épinière ; 4 - Noyaux vestibulaires controlatéraux ; 5 - Rostral.

b - Schéma synoptique des principales voies efférentes issues des quatre noyaux vestibulaires supérieur (S), latéral (L), médian (M) et descendant (D). 1 - Faisceaux longitudinaux médians ; 2 - Cervelet ; 3 - Faisceaux vestibulospinaux ; 4 - Moelle épinière ; 5 - Noyaux vestibulaires controlatéraux ; 6 - Relais thalamique ; 7 - Noyaux oculomoteurs.

(Roman *et al.*, 2000).

### **II.2.2. Afférences des noyaux vestibulaires**

Les afférences vestibulaires primaires du nerf vestibulaire se subdivisent à leur entrée dans le tronc cérébral en une branche ascendante atteignant le noyau vestibulaire supérieur ipsilatéral et en une branche descendante gagnant les noyaux vestibulaires médian et inférieur du même côté. Des convergences d'information canalaire (des canaux semi-circulaires) et otolithiques (de l'utricule et du saccule) ont été décrites dans une seule région du complexe des noyaux vestibulaires correspondant à la partie-médiane du noyau vestibulaire inférieur, médiane du noyau vestibulaire médian et ventro-médiane du noyau vestibulaire latéral (Gacek, 1969).

Un puissant système commissural interconnecte les complexes des noyaux vestibulaires gauche et droit et d'importantes connexions internucléaires au sein d'un même complexe vestibulaire ont été décrites (Pompeiano *et al.*, 1978 ; Carleton et Carpenter, 1983).

Des entrées visuelles et optocinétiques ont été mises en évidence au niveau du complexe des noyaux vestibulaires (Simpson, 1984). Ces influences s'exercent sur les noyaux vestibulaires controlatéraux et principalement sur le noyau vestibulaire supérieur.

Des informations somesthésiques (proprioceptives musculo-articulaires et cutanées) atteignent principalement la partie dorsale des noyaux vestibulaires latéral, médian et inférieur (Pompeiano et Brodal, 1957).

Des afférences cérébelleuses atteignent l'ensemble des noyaux vestibulaires. Enfin, il existe des projections du noyau interstitiel de Cajal, du thalamus, de la formation réticulée, des noyaux du raphé, du prepositus hypoglossi et du cortex pariétal sur l'ensemble des noyaux vestibulaires (Lacour et Borel, 1993).

### **II.2.3. Efférences des noyaux vestibulaires**

Trois principales voies de sortie des noyaux vestibulaires ont été décrites dans la littérature : vers les noyaux oculomoteurs (système vestibulo-oculaire), les étages médullaires (système vestibulo-spinal) et les structures corticales (système vestibulo-cortical) (Lacour et De Waele, 1997).

Les neurones vestibulaires secondaires, c'est-à-dire ceux ayant une entrée vestibulaire directe, monosynaptique, qui sont en relation avec le système oculomoteur, se projettent directement sur le noyau oculomoteur (nerf III), le noyau trochléaire (nerf IV) et le noyau abducens (nerf VI) dont les motoneurones commandent la musculature extra-oculaire.

Les projections vestibulo-spinales s'effectuent par l'intermédiaire du faisceau vestibulo-spinal latéral, originaire du noyau vestibulaire latéral ipsilatéral et atteignant tous les étages médullaires (motoneurones des muscles extenseurs du cou, de l'axe et des membres), et du faisceau vestibulo-spinal médian, originaire principalement du noyau vestibulaire médian et plus accessoirement des noyaux vestibulaires inférieur et latéral controlatéraux et dont l'influence se limite au cou et à la partie supérieure de l'axe (Shinoda *et al.*, 1988).

Des projections ascendantes vers le cortex ont été démontrées dans des études plus récentes (Berthoz, 1996 ; Fukushima, 1997). Ces projections s'effectuent par l'intermédiaire de relais thalamiques vers les aires corticales 3a, 2v et le cortex vestibulaire pariéto-insulaire. Il est à noter que ces structures corticales, très fortement interconnectées et projetant en retour sur le complexe des noyaux vestibulaires, constituent, comme les noyaux vestibulaires eux-mêmes, des structures de convergence d'entrées vestibulaires (surtout canalaire), visuelles et somatiques, c'est-à-dire d'informations spatiales qui contribuent à l'élaboration de représentations internes de la position de la tête, du tronc et des yeux et des déplacements du corps dans l'espace.

Les noyaux vestibulaires représentent donc un centre d'intégration d'informations spatiales. Outre les convergences d'informations canalaire, codant les rotations de la tête dans l'espace

(accélérations angulaires), et maculaires, codant l'orientation du vecteur gravito-inertiel et les accélérations linéaires, les neurones des noyaux vestibulaires sont le siège de convergences hétéromodalitaires impliquant la somesthésie et la vision.

### **II.3. Stabilisation du regard**

La stabilisation du regard est à la fois la résultante de la posture et le moyen essentiel de contrôle postural servant à déterminer la verticalité (Berthoz, Mellwill Jones ; 1985).

Les trois capteurs œil, labyrinthe et propriocepteur cervical fonctionnent en association ; les signaux de ces trois capteurs sont confrontés et analysés par le cervelet, le tronc cérébral (noyaux vestibulaires, région prétectale, noyaux oculomoteurs) et l'encéphale.

Ainsi, les informations utiles et cohérentes, qu'elles soient visuelle, labyrinthique, proprioceptive cervicale déclenchent des mouvements oculaires et cervicaux visant à stabiliser le regard ; à l'inverse, des informations inadaptées ou contradictoires les unes par rapport aux autres sont susceptibles d'entraîner des troubles (malaise avec nausées, cinétose).

Cette stabilisation du regard met en jeu trois arcs réflexes :

- Les réflexes visuo-oculomoteurs (système optocinétique) avec le nystagmus optocinétique, succession de poursuite (déplacements lents) et de saccades de recentrage, provoqué par le défilement d'un panorama inhomogène dans le champ visuel extrafovéal.
- Les réflexes vestibulo-oculomoteurs (RVO). Ils contribuent eux aussi à la perception d'un monde visuel stable ; ainsi si le corps bouge inopinément alors que l'on regarde une cible, le RVO assure la stabilité du regard et la cible continue d'être perçue par la rétine.

Les mouvements oculaires conjugués sont induits soit par stimulation des canaux semi-circulaires soit des macules.

- Les réflexes cervico-oculaires, inconstants et dont la signification est discutée.

La coordination oculo-cervico-céphalique (Perrin *et al.* ; 1987) est patente lorsque l'on fait apparaître dans le champ visuel périphérique d'un sujet attentif une cible :

- cette apparition déclenche une saccade de latence 200 ms, saccade durant laquelle la vision est supprimée, et qui permet de placer la cible dans la fovea,
- mouvement céphalique, en retard de 20 ms ou synchrone, mais plus lent que la saccade du fait de l'inertie de la masse céphalique,
- et qui s'associe à un mouvement de l'œil en sens inverse, de même vitesse angulaire, qui permet la vision nette de la cible pendant le mouvement de la tête. C'est le vestibule qui déclenche ce mouvement lent.

Cette coordination œil-cou-tête apparaît tard dans la phylogenèse, chez le singe et l'homme ; il y a auparavant prédominance de la tête. Cette coordination sous-tend les réflexes de compensation et de stabilisation du regard, et l'orientation du regard aux stimulations visuelles ou sonores.

Cette activité coordonnée est sous la dépendance de la proprioception extra-oculaire et de la proprioception cervicale :

- Les muscles oculomoteurs possèdent la plus riche innervation sensitive en fuseaux neuromusculaires (FNM) et en « palissades », récepteurs de la jonction myotendineuse. Ils sont sensibles à l'étirement et couvrent un éventail très large de vitesse angulaire de 30°/s à 900°/s. La stimulation par vibration du droit supérieur simule un abaissement du regard, auquel est associée une bascule en arrière du tronc ; le sujet répond en se penchant en avant (Roll et Roll ; 1987).
- Les muscles cervicaux sont parmi les plus riches en FNM, en récepteurs tendineux, en récepteurs articulaires. La densité des FNM dépasse celle des interosseux de la main. Les FNM renseignent sur la vitesse et l'amplitude d'un étirement, les récepteurs

tendineux sur la tension du muscle, les récepteurs articulaires ne sont mis en jeu que pour les amplitudes extrêmes. La stimulation vibratoire de ces muscles peut créer l'illusion que le corps bascule en avant.

Ainsi, le complexe œil-labyrinthe-cou constitue un ensemble cohérent que la sensation de mouvements soit exocentrique (le sujet bouge dans son environnement) ou égocentrique (l'environnement bouge par rapport au sujet). On a la possibilité en recrutant successivement ces récepteurs de créer des illusions de mouvement.



### **III. PROPRIOCEPTION CRANIO-FACIALE**

Les dents ne sont pas des organes isolés, l'arcade mandibulaire entre en occlusion avec son antagoniste dans un très grand nombre de positions dont certaines sont très particulières. L'incision, la mastication, la déglutition, la respiration, la phonation et la mimique font largement appel à la mobilisation de la mandibule. Cette polyvalence fonctionnelle est assurée par un ensemble biomécanique particulièrement précis et sensible : l'appareil manducateur. L'appareil manducateur comporte des éléments passifs, les ATM et les arcades dentaires, ainsi qu'un complexe actif représenté par le système neuromusculaire.

#### **III.1. Système manducateur**

Les récepteurs de la proprioception cranio-faciale se retrouvent dans trois systèmes différents : le système musculaire, le système articulaire avec l'articulation temporo-mandibulaire (ATM) et le système desmodontal.

##### **III.1.1. Muscles masticateurs**

Au nombre de quatre, ils impriment à la mandibule des mouvements d'élévation, de propulsion, de rétropulsion et de latéralités.

- Le muscle temporal :

Il est large, plat, radié, occupe la fosse temporale d'où ses faisceaux convergent vers l'apophyse coronoïde de la mandibule (Fig. 7).

- Le muscle masseter :

Il est court, épais, rectangulaire, allongé de bas en haut, étendu de l'arcade zygomatique à la face externe de la branche montante de la mandibule (Fig. 7).

- Le muscle ptérygoïdien interne :

C'est un muscle épais, quadrilatère, situé en dedans du ptérygoïdien externe. Il est obliquement étendu de la fosse ptérygoïde à la face interne de l'angle de la mandibule (Fig. 8).

- Le muscle ptérygoïdien externe :

C'est un muscle court, épais, aplati transversalement, situé dans la région ptérygo-maxillaire. Il s'étend de l'apophyse ptérygoïde au col du condyle mandibulaire (Fig. 8).

Le temporal, le masseter et le ptérygoïdien interne sont des muscles éleveurs de la mandibule. Dans le mouvement d'abaissement de la mandibule, le condyle se porte en avant et en bas, la contraction des faisceaux postérieurs du temporal contribue pour une large part à assurer le retour du condyle en arrière.

La contraction d'un seul ptérygoïdien externe produit un mouvement de latéralité suivant lequel l'un des condyles pivote tandis que l'autre se porte en avant. La contraction simultanée des deux ptérygoïdiens externes détermine la propulsion mandibulaire.

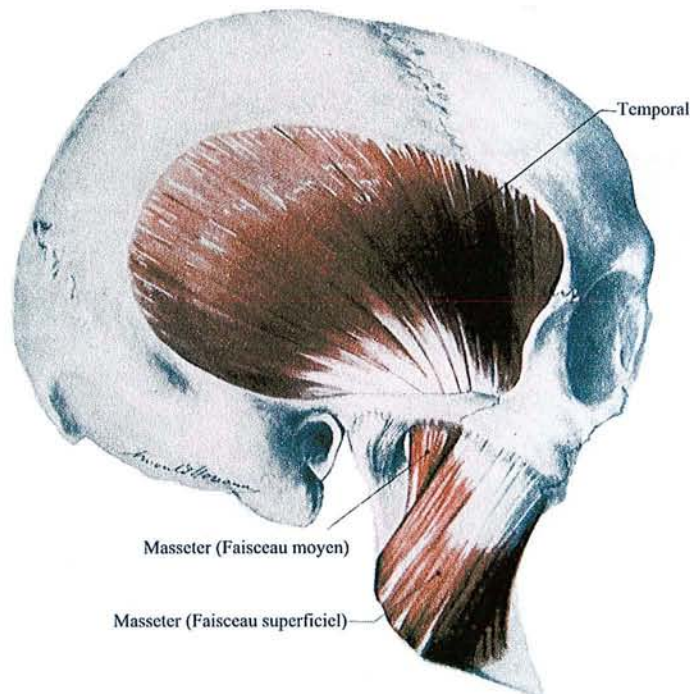


Figure 7 - Muscles masseter et temporal (vue crânienne, profil droit).  
(Rouvière et Delmas, 1997).

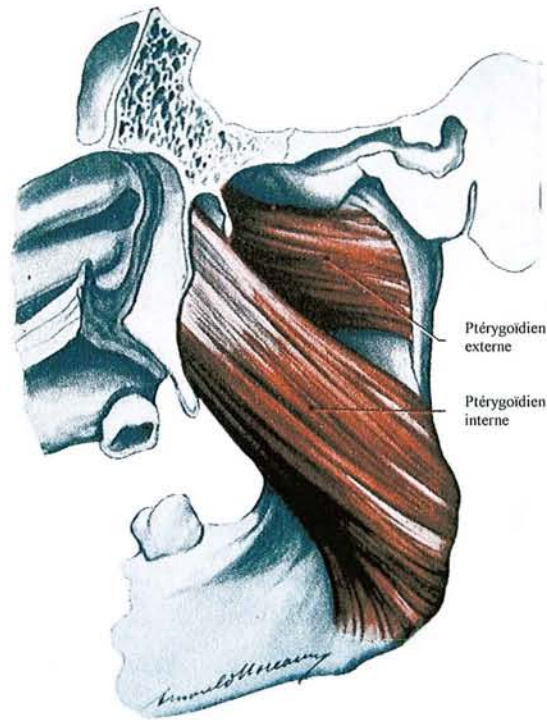


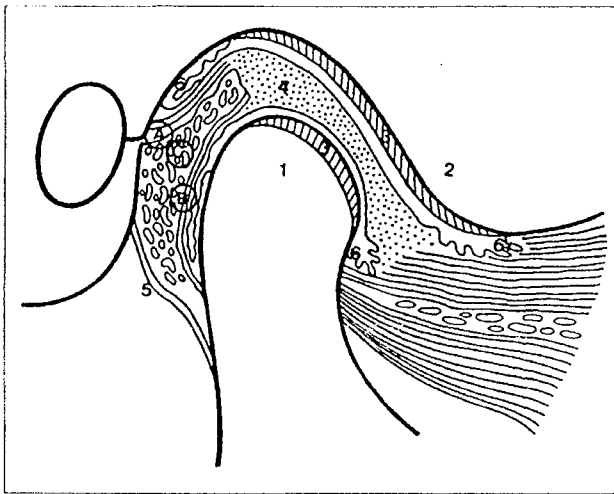
Figure 8 - Muscles ptérygoïdiens (vue interne branche montante mandibulaire droite).  
(Rouvière et Delmas, 1997).

### III.1.2. Articulation temporo-mandibulaire

L'ATM est une double articulation condylienne. Les surfaces articulaires sont, d'une part, la cavité glénoïde et le condyle temporal, d'autre part le condyle mandibulaire de chaque côté. Ces surfaces articulaires sont l'une et l'autre convexes et ne peuvent s'adapter. La concordance est rétablie par un ménisque fibro-cartilagineux inter-articulaire biconcave.

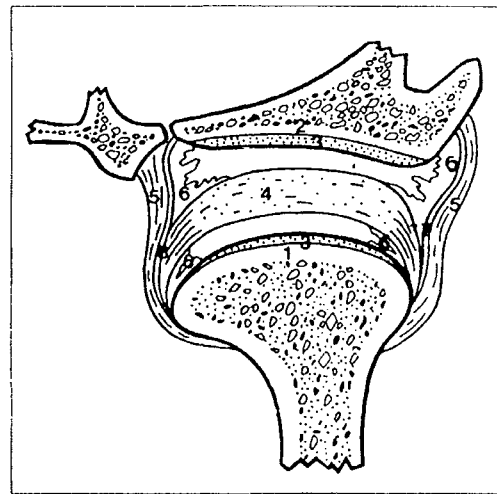
Le temporal et la mandibule sont unis par une capsule articulaire renforcée par deux ligaments latéraux, l'un externe et l'autre interne.

Le ménisque inter-articulaire, uni par son bord périphérique à la capsule articulaire, divise l'ATM en deux articulations secondaires : l'une temporo-méniscale et l'autre mandibulo-méniscale. Il existe, pour chacune de ces articulations, une synoviale qui tapisse intérieurement la partie correspondante de la capsule articulaire (Fig. 9).



#### Coupe sagittale de l'A.T.M.

1 : Processus condylien ; 2 : Tubercule artulaire ;  
 3 : Fibrocartilage ; 4 : Disque artulaire ; 5 : Capsule ;  
 6 : Synoviale (A : Lame supérieure rétrodiscale,  
 B : Région interlaminaire, C : Lame inférieure  
 rétrodiscale).



#### Coupe frontale de l'A.T.M.

1 : Processus condylien ; 2 : Tubercule  
 artulaire ; 3 : Fibrocartilage ; 4 : Disque  
 artulaire ; 5 : Capsule ; 6 : Synoviale ;  
 7 : Ligament latéral externe ; 8 : Ligament  
 latéral interne.

Figure 9 - Anatomie de l'articulation temporo-mandibulaire  
 (Rozencweig *et al.*, 1994).

### III.1.3. Système desmodontal

Les dents, logées dans des alvéoles osseuses au sein de l'as alvéolaire maxillaire au mandibulaire, sont reliées à cet os par l'intermédiaire d'un ligament appelé desmodonte (Fig. 10). Celui-ci est constitué par des fibres de Sharpey qui sont insérées dans le ciment d'une part et dans l'os alvéolaire d'autre part. Le desmodonte est un tissu conjonctif dominé par la présence des faisceaux de fibres de collagène. Il est situé sur tout le pourtour radiculaire et contribue :

- à l'ancrage de la dent dans l'alvéole osseuse,
- au contrôle des micromouvements dentaires,
- aux processus d'éruption dentaire,

- à la transmission des stimulations extéroceptives et proprioceptives. La transmission des stimulations extéroceptives et proprioceptives ainsi que l'activation des fibres nerveuses du desmodonte sont transmises aux structures trigéminales. Des stimuli de très faible intensité suffisent à provoquer un réflexe d'ouverture de bouche. La présence d'un corps étranger imprévu ou l'interposition interdentaire d'un élément de quelques micromètres d'épaisseur suffisent à déclencher ce réflexe.

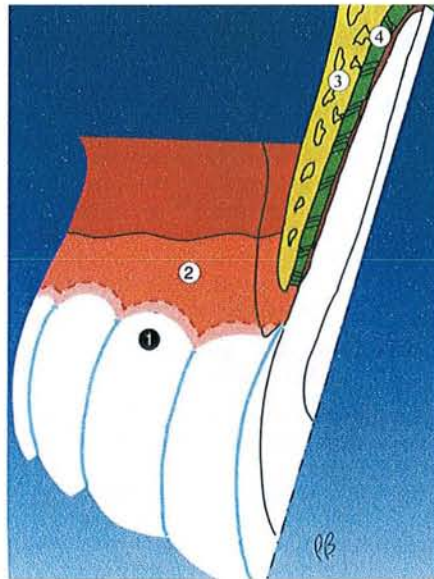


Figure 10 - Anatomie parodontale

1 : Couronne dentaire ; 2 : Gencive ; 3 : Os alvéolaire ; 4 : Desmodonte

(Bercy et Tenenbaum, 1996).

### III.2. Somesthésie cranio-faciale

La richesse des sensations somesthésiques varie avec la région du corps qui est explorée. La face et surtout les régions buccales et péri-buccales représentent les sources d'information dominantes chez les mammifères ; chez le jeune enfant la cavité buccale reste l'organe somesthésique le plus important et chez l'homme adulte son rôle est comparable à celui des mains. La représentation corticale sur l'aire S1 des structures buccales et péri-buccales occupe chez la plupart des mammifères plus de place que le reste du corps et est voisine de celle de la main chez l'homme (Fig. 11).

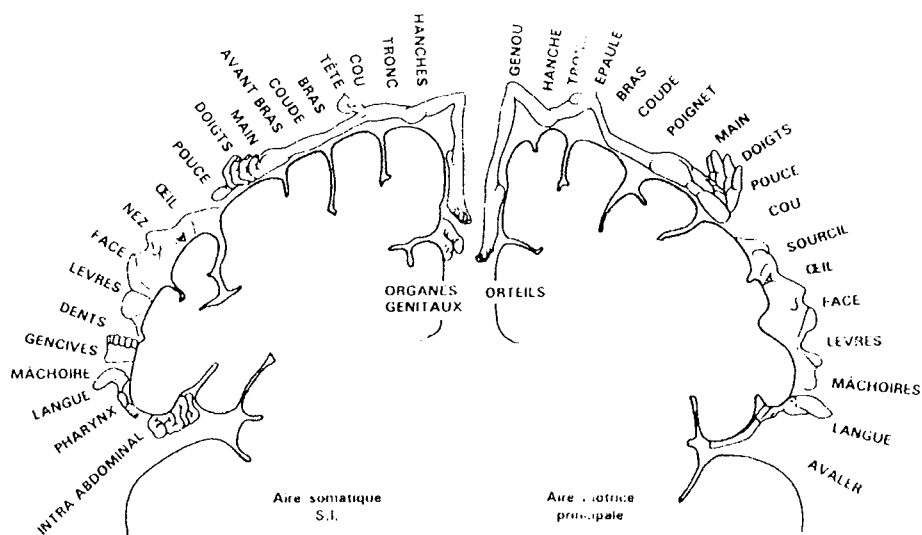


Figure 11 - Représentation schématique des somatotopies sensibles et motrices (Penfield et Rasmussen, 1957).

Les dents représentent aussi une source d'informations sensorielles importante et d'une grande finesse tant par la sensibilité tactile du parodonte que par la sensibilité douloureuse de la pulpe.

### III.3. Système trigéminal

La sensibilité somatique de la face et des cavités annexes est assurée pour l'essentiel par les trois branches du nerf trijumeau.

Le trijumeau, cinquième paire des nerfs crâniens, présente la double particularité d'être le plus volumineux de tous et d'avoir un trajet entièrement intracrânien (pour son tronc).

Le nerf trijumeau émerge de la partie latérale de la protubérance par deux racines : l'une motrice, l'autre sensitive. Ce nerf est donc mixte ou sensitivo-moteur. Il assure :



- par ses fibres sensibles, l'innervation des téguments de la totalité de la face et de la moitié antérieure du crâne, des muqueuses oculaires (conjonctive), nasale, sinusale et buccale, les dents et une large surface de la dure-mère,
- par ses fibres motrices, l'innervation des muscles masticateurs,
- par des fibres d'emprunt (sympathiques et parasympathiques), ce nerf assure un rôle neurovégétatif sécrétoire et vasomoteur.

Le trijumeau se compose de trois branches principales qui sont : le nerf ophtalmique, le nerf maxillaire et le nerf mandibulaire (Fig. 12 ; Fig. 13).

➤ Le nerf ophtalmique :

C'est un nerf sensitif qui naît de la partie antéro-interne du ganglion de Gasser. Il reçoit et transporte la sensibilité de la peau de la région du front, de la paupière supérieure, par ses branches profondes, il assure la sensibilité des muqueuses de la partie supérieure des fosses nasales, c'est à dire de la gouttière olfactive, des sinus frontaux, sphénoïdaux et ethmoïdaux et du globe oculaire, par ses branches intra crâniennes, celles de la dure mère frontale et occipitale.

Il transporte enfin des fibres végétatives empruntées au facial pour la sécrétion lacrymale et au moteur oculaire commun pour la dilatation de la pupille, la vasomotricité du globe oculaire.

➤ Le nerf maxillaire :

De même que le nerf ophtalmique, ce nerf est exclusivement sensitif. Il se détache du bord antéro-externe du ganglion de Gasser, en dehors de l'ophtalmique. Il reçoit par ses terminaisons et transporte la sensibilité de la peau de la joue, de la paupière inférieure, de l'aile du nez et de la lèvre inférieure. Ses branches profondes transportent la sensibilité des muqueuses de la partie inférieures des fosses nasales ou étage respiratoire, celles des dents maxillaires, de la gencive maxillaire. Ses branches intracrâniennes innervent la dure-mère

temporale et pariétale, ainsi que l'artère méningée moyenne. Il transporte enfin des fibres végétatives empruntées au nerf facial pour les sécrétions lacrymale et nasale.

➤ Le nerf mandibulaire :

Ce nerf est sensitivo-moteur. Il résulte de la réunion de deux racines : une grosse racine sensitive qui naît du bord antéro-externe du ganglion de Gasser, en arrière du nerf maxillaire supérieur, et une petite racine motrice placée sous la précédente qui est la racine motrice du trijumeau.

Le nerf mandibulaire transporte les influx sensitifs perçus au niveau de la peau de la région temporale, de la joue et du menton (ses branches profondes assurent la sensibilité de la muqueuse buccale), de la face interne de la joue, de la gencive mandibulaire, de la lèvre inférieure, de la région antérieure de la langue, des dents et de la mandibule.

Il transporte des fibres sensibles empruntées au nerf VII (facial) bis pour la sensibilité gustative de la pointe et des bords de la langue. Il fournit leur innervation proprioceptive aux muscles de la mimique.

Ses branches intracrâniennes innervent les méninges du territoire de la fosse cérébrale moyenne correspondant à celui de l'artère méningée moyenne.

Le nerf mandibulaire est le nerf masticateur, il innerve les muscles qui assurent cette fonction. En outre, il fait se contracter le muscle péristaphylin externe, le muscle du marteau, le mylo-hyoïdien et le ventre antérieur du digastrique. Il transporte des fibres végétatives des glandes salivaires pour la parotide ainsi que pour les glandes sous maxillaire et sublinguale.



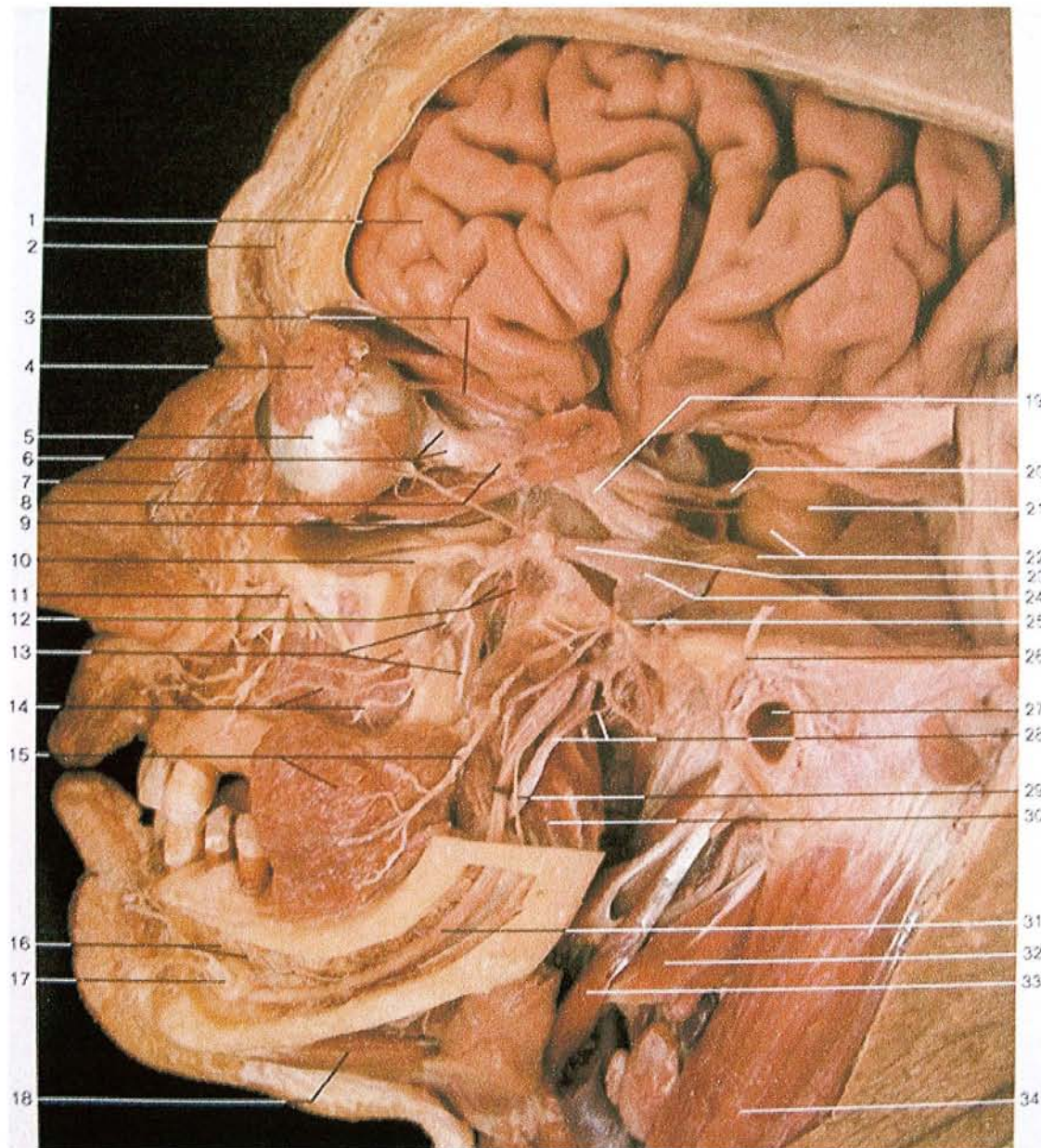


Figure 12 - Dissection du nerf trijumeau dans sa totalité (profil gauche)

(Rohen, 1999).

1	Lobe frontal du cerveau	13	Nerfs alvéolaires supérieurs et postérieurs	24	Ganglion trigéminal
2	Nerf supra-orbitaire	14	Plexus dentaire supérieur	25	<b>Nerf mandibulaire (V3)</b>
3	Nerf lacrymal	15	Muscle buccinateur et nerf buccal	26	Nerf auriculo-temporal
4	Glande lacrymale	16	Plexus dentaire supérieur	27	Méat acoustique externe
5	Globe oculaire	17	Foramen mentonnier et nef mentonnier	28	Nerf lingual et corde du tympan
6	Nerf optique, nerfs ciliaires courts	18	Ventre antérieur du muscle digastrique	29	Nerf mylo-hyoïdien
7	Branche nasale externe du nerf ethmoïdal antérieur	19	<b>Nerf ophthalmique (V1)</b>	30	Musclé ptérygoïdien interne
8	Ganglion ciliaire	20	Nerf oculomoteur	31	Nerf alvéolaire inférieur
9	Nerf zygomatique	21	Nerf trochléaire	32	Ventre postérieur du muscle digastrique
10	Nerf infra-orbitaire	22	Nerf trijumeau et pont	33	Muscle stylo-hyoïdien
11	Foramen infra-orbitaire	23	<b>Nerf maxillaire (V2)</b>	34	Muscle sterno-cléido-mastoiïdien
12	Ganglion ptérygo-palatin				

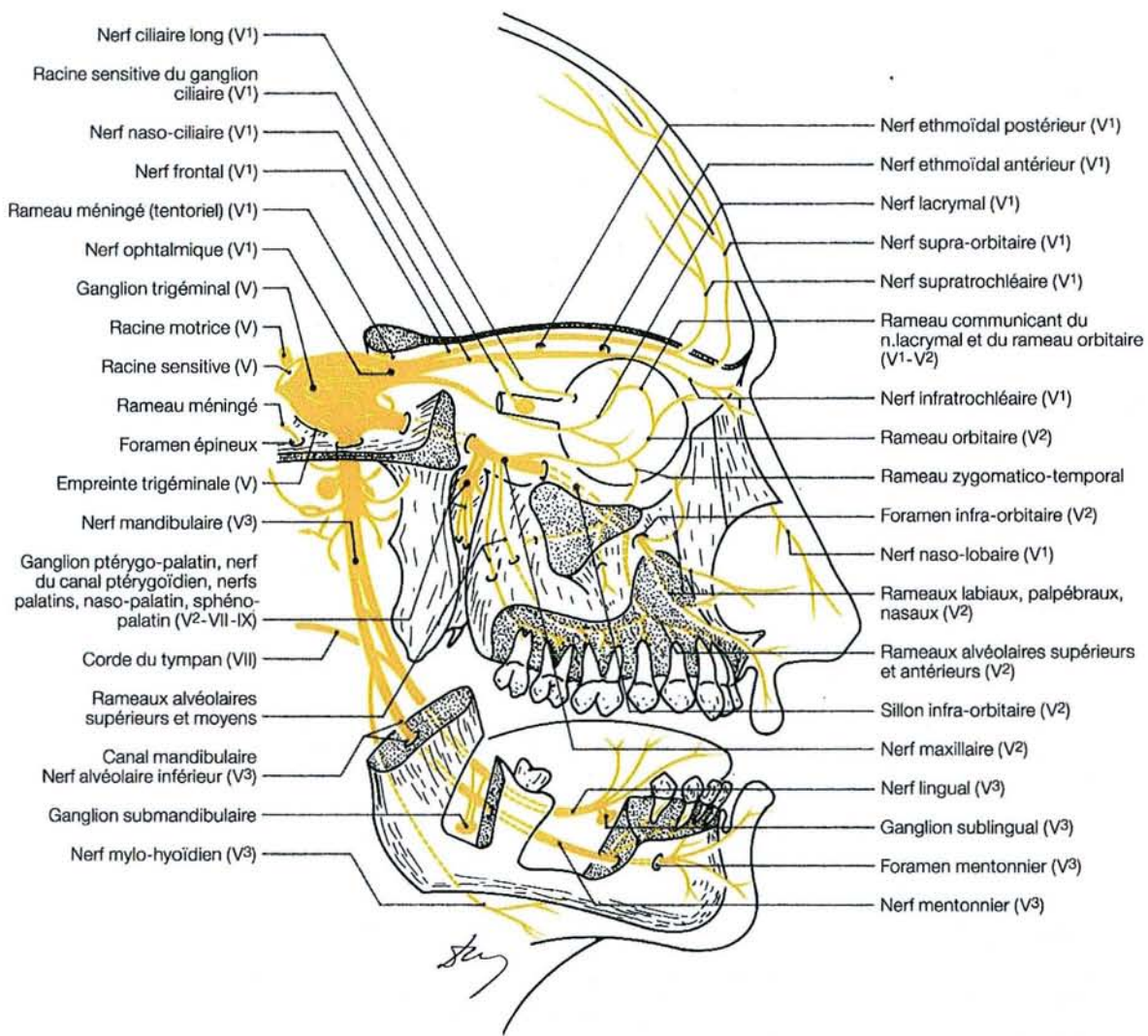


Figure 13 - Anatomie du nerf trijumeau (profil droit)

(Leblanc, 1989).

## **IV. MODIFICATION DU CONTROLE POSTURAL ET DE LA STABILISATION DU REGARD APRES MODIFICATION DE LA PROPRIOCEPTION CRANIO-FACIALE (PROTOCOLE 1)**

Les résultats de cette expérimentation ont fait l'objet d'une publication en 2000 dans *Neuroscience Letters*.

### **IV.1. Sujets et méthodes**

#### **IV.1.1. Sujets**

Trente six sujets ont été inclus dans cette étude. Tous ont donné leur consentement éclairé avant le début de l'étude. Aucun n'a présenté, lors des six derniers mois, de lésions musculaires, articulaires ou osseuses des membres inférieurs pouvant interférer avec le contrôle postural. Les sujets avec des subluxations ou des luxations méniscales de l'articulation temporo mandibulaire ont été éliminés de l'étude.

Premièrement, dix-huit sujets présentant une hygiène bucco dentaire irréprochable ont été inclus dans un groupe contrôle pour l'évaluation posturale (groupe P) dans des conditions variées d'occlusion dentaire expérimentalement modifiée. Ensuite, dix huit tireurs de haut niveau ont été évalués afin d'apprécier la stabilisation du regard avec le même type de modifications de l'occlusion dentaire (groupe GS).

Les défauts spontanés d'occlusion dans le plan frontal ont été évalués pour les trente six sujets afin de déterminer le côté de leur déviation chronique d'occlusion qui correspond alors à leur côté physiologique de cette déviation.

#### **IV.1.2. Méthodes**

Afin d'évaluer les répercussions de modifications expérimentales de l'occlusion dentaire, la position mandibulaire a été imposée dans quatre positions prédéfinies. L'occlusion d'intercuspitation maximale a été obtenue en demandant au sujet de serrer ses dents. Cette position est neutre mais non symétrique, des défauts d'occlusion étant notés pour



la majorité de la population générale. Pour les trois autres positions, des outils spécifiques (gouttières d'occlusion) (Fig. 14) ont été réalisés pour chaque sujet en utilisant des cales en résine autopolymérisable (GC, Tokyo, Japon) au niveau des tiges incisives de l'articulateur, les déviations dans le plan frontal étant de ce fait reproductibles. La position de relation centrée était obtenue en plaçant les condyles mandibulaires dans une position symétrique dans leurs cavités glénoïdes respectives. Cette position est atteinte par manœuvre bimanuelle de chaque mandibule des sujets en utilisant des cires d'occlusion indentées spécifiques et contrôlée par une deuxième manipulation pour vérifier la similitude de l'occlusion enregistrée. Cela correspond à une position de symétrie faciale et provoque un équilibre neuromusculaire. Pour les positions d'occlusion en latéralité, un décalage mandibulaire de 3 mm a été imposé dans le plan frontal à droite ou à gauche. L'occlusion en intercuspitation maximale a été considérée comme la position de référence de la latéralité. Le premier côté de latéralité était celui qui correspondait au sens du décalage entre l'occlusion en intercuspitation maximale et l'occlusion en relation centrée. Les sujets n'étaient jamais prévenus de la position d'occlusion qui leur était imposée.



a



b

Figure 14 - Gouttière d'occlusion utilisée pour imposer une modification expérimentale de l'occlusion dentaire

a - Vue de l'intrados, adaptation aux dents maxillaires

b - Vue de l'extrados, indentations imposant la position de l'occlusion dentaire.

Les sujets du groupe P ont été soumis à des épreuves de posturographie statique sur une plate-forme des forces verticales (QFP systèmes, Nice, France), composée d'un plateau muni de cales amovibles permettant le positionnement des pieds reposant sur 3 jauges de contraintes (Fig. 15). Ce type de plate-forme, placé dans un environnement visuel normalisé (Gagey *et al.*, 1990), permet l'enregistrement des petits déplacements du centre de pression des pieds de l'homme debout immobile pendant un temps donné (Gagey *et al.*, 1992).

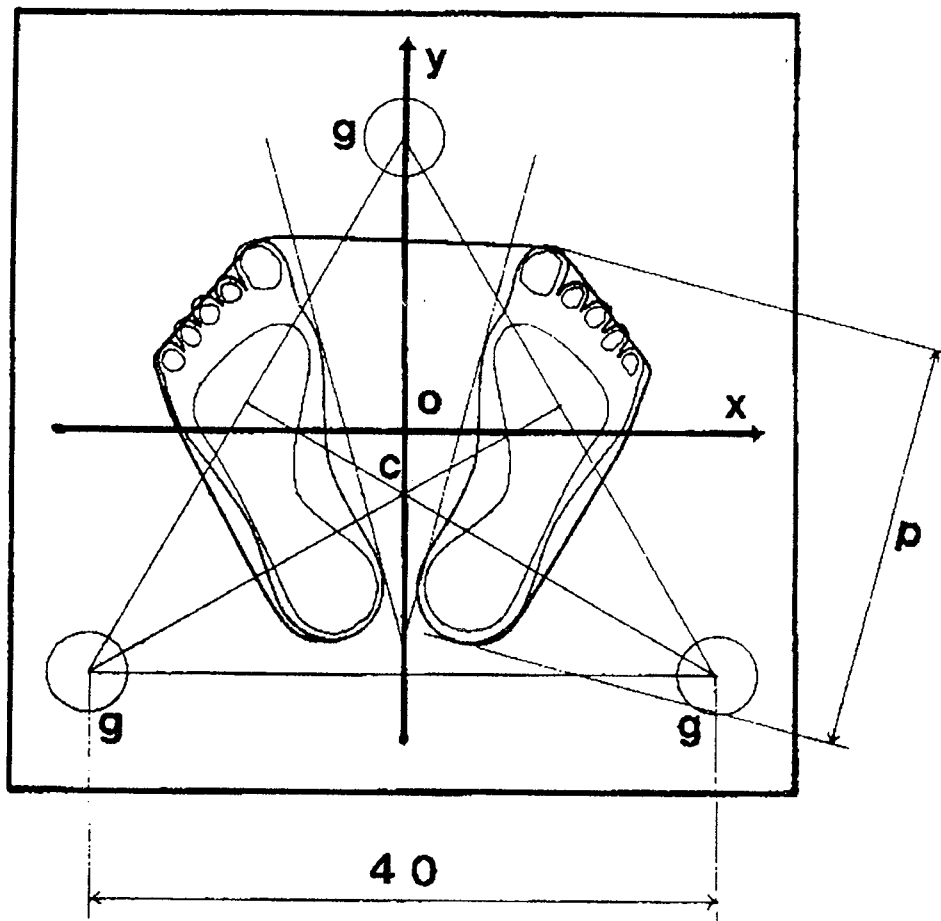


Figure 15 - Plate-forme de posturographie (QFP systèmes, Nice, France)  
 p - pointure ; c - centre de pression des pieds ; g - jauge de contrainte.

Une interface permet la transformation des informations de pression en informations électriques.

Il a été demandé aux sujets en position orthostatique sur la plate-forme, les pieds nus au niveau des repères, les bras le long du corps, respirant normalement sans inspiration ni expiration forcée, de rester le plus stable mais le plus détendu possible, le regard dans l'axe d'une cible à hauteur des yeux placée 2 mètres devant eux durant les vingt secondes d'enregistrement.

Ce test posturographique statique a été réalisé afin d'apprécier les qualités naturelles du sujet en matière d'équilibre (Perrin *et al.*, 1996 ; Gauchard *et al.*, 2001).

Les mesures posturographiques ont été enregistrées dans les mêmes endroit et conditions environnementales. Les déplacements du centre de pression des pieds ont été enregistrés durant 20 secondes et représentés par un statokinésigramme (Fig. 16). Pour chaque position d'occlusion, un test a été réalisé en condition yeux ouverts et ensuite un deuxième en condition yeux fermés (Fig. 17).

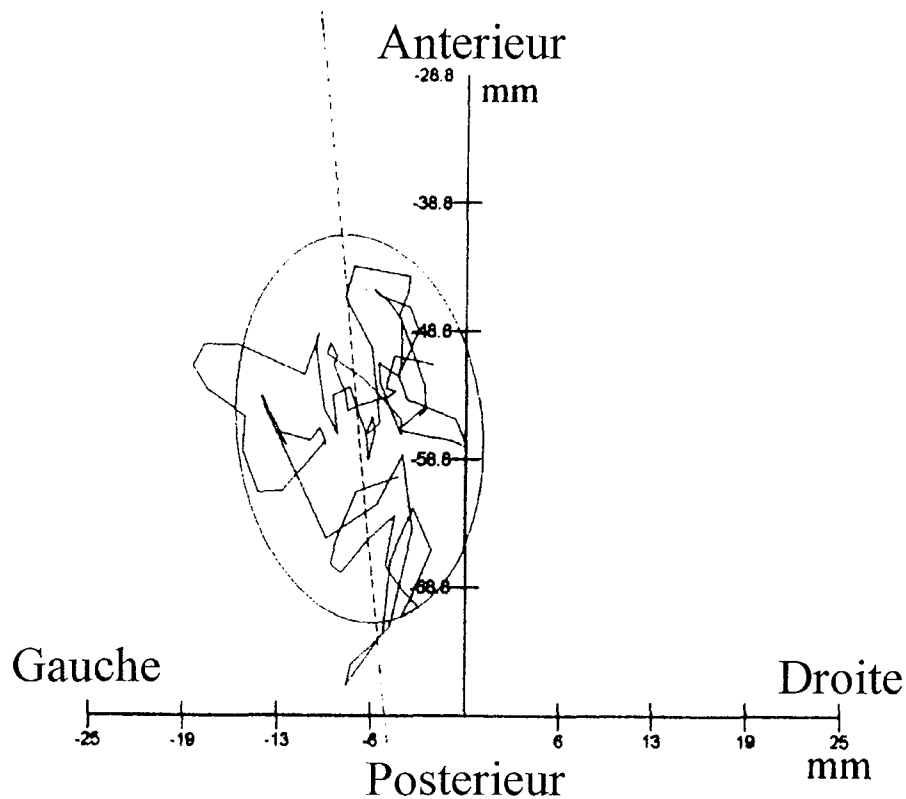


Figure 16 - Statokinésigramme.

Axe principal du mouvement du corps (ligne pointillée),  
longueur d'oscillation (ligne brisée) et surface couverte (ellipse de confiance incluant 90%  
des positions échantillonnées du centre de pression des pieds), sur une période  
d'enregistrement de 20 secondes.

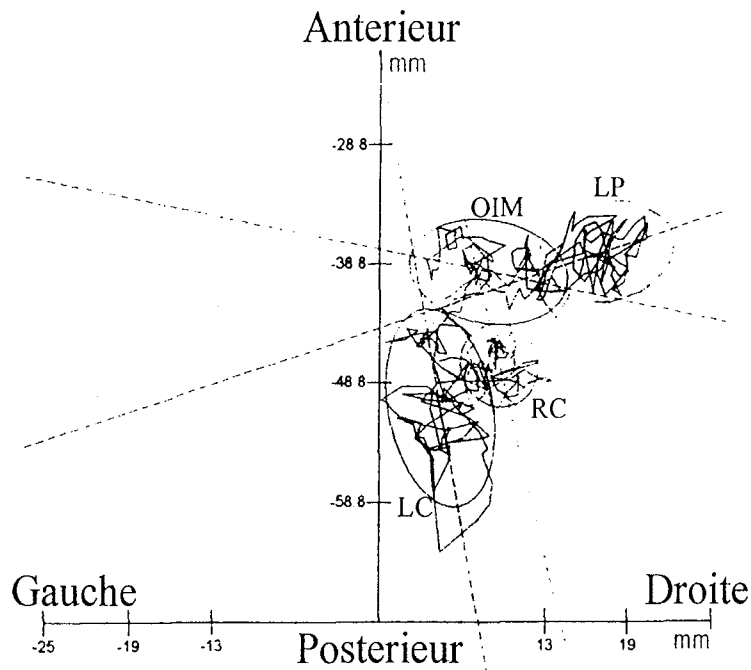


Figure 17 - Statokinésigrammes. Courbes obtenues dans quatre positions mandibulaires: occlusion en relation centrée (RC), occlusion en intercuspitation maximale (OIM), occlusion en latéralité du côté physiologique (LP) et occlusion en latéralité controlatérale (LC) pour le même sujet en condition yeux ouverts.

Les oscillations corporelles ont été évaluées en calculant les déplacements du centre de pression des pieds durant l'enregistrement et en mesurant la surface d'oscillation contenue dans l'ellipse de confiance recouvrant 90 % des positions successives. Cette procédure élimine 10 % des points extrêmes afin d'éliminer les valeurs du centre de pression des pieds qui auraient pu être induites par des mouvements quasi volontaires et qui ne correspondent pas aux oscillations posturales (Lacour *et al.*, 1997). La surface d'oscillation est une mesure statistique de la dispersion du centre de pression des pieds et ainsi une évaluation précise de la façon dont le système postural stabilise le sujet en relation avec son environnement (Gagey, 1987). Les résultats ont été exprimés en médiane, premier quartile et troisième quartile. L'énergie utilisée pour maintenir le sujet stable (Hugel *et al.*, 1999) a été ensuite appréciée par



le coefficient X Longueur Surface (XLS), qui est calculé comme suit :  $XLS = ((4-L)/(4-S)) * LS$ .

Dans le groupe GS, quatre séries de cinq tirs (distance de tir : 10 m) ont été réalisées pour chacune des quatre positions mandibulaires prédéfinies. Selon leur discipline, les tireurs ont utilisé leur propre carabine ou pistolet à air comprimé. Après chaque série de tirs, le score et la justesse de tir ont été évalués à l'aide du carton de tir (Fig. 18). Les coordonnées du centroïde ont été utilisées pour calculer l'erreur variable bidimensionnelle (BVE), qui représente une évaluation de la surface de dispersion des tirs (Hancock, 1995).

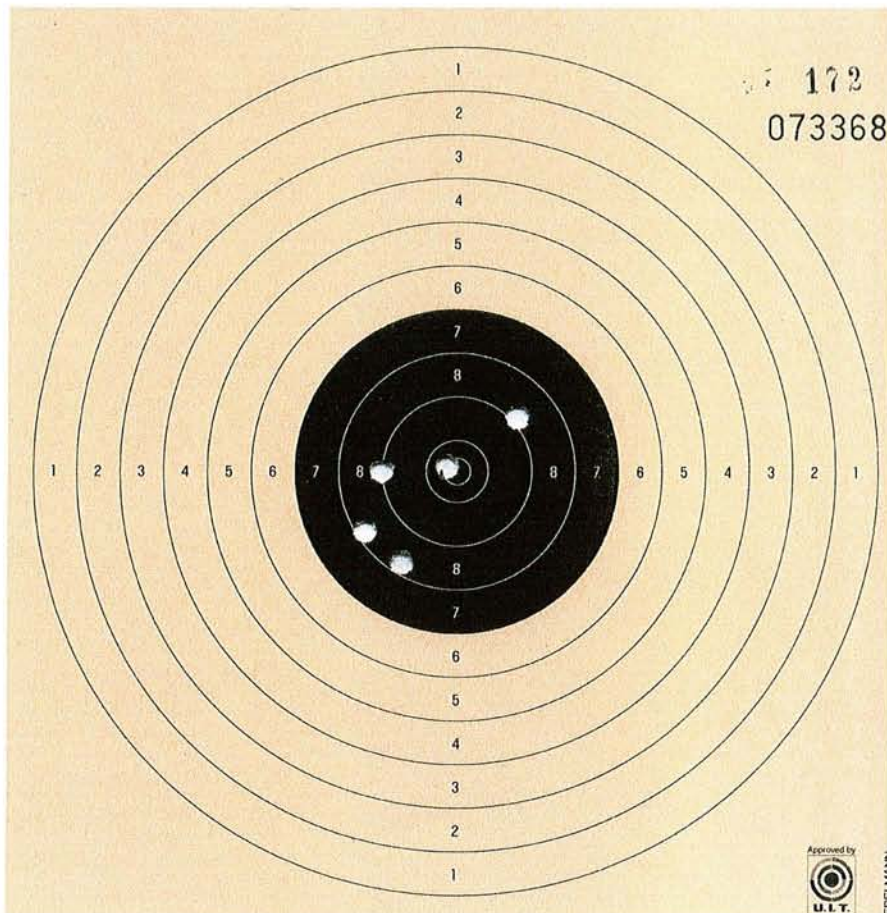


Figure 18 - Evaluation de la dispersion des tirs (Carton de tir) à l'aide du calcul de l'erreur variable bidimensionnelle (Hancock *et al.*, 1995)

#### IV.1.3. Statistiques

Pour le groupe P, un test statistique non paramétrique (t de Wilcoxon et Spearman) a été utilisé pour comparer les quatre séries de mesure. Pour le groupe GS, un test t de Student a permis de comparer les résultats.

#### IV.1.4. Agréments

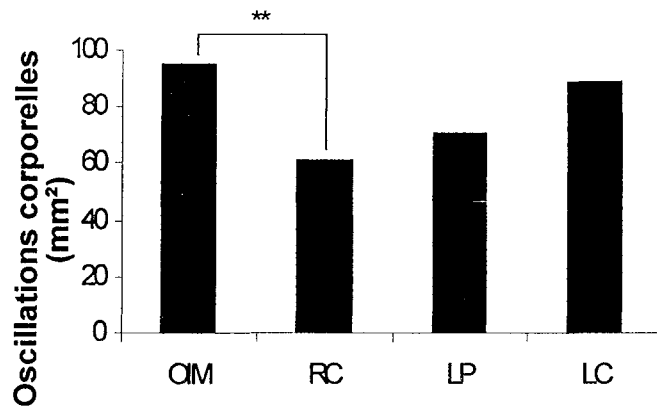
Les épreuves posturographiques se sont déroulées, dans le cadre des travaux du laboratoire Equilibration et performance motrice, au sein du service ORL du Centre Hospitalier Universitaire de Nancy, dans des locaux agréés par le ministère des affaires

sociales pour la recherche sur le sujet sain placés sous la direction du Professeur Philippe Perrin. Un consentement éclairé écrit a été obtenu.

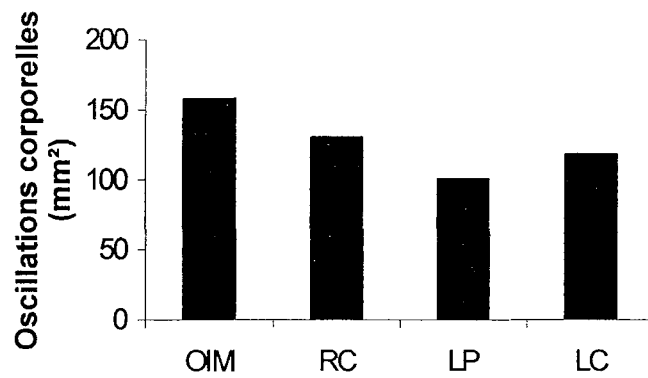
## **IV.2. Résultats**

Pour les performances posturales, la surface la plus basse couverte par le centre de pression des pieds a été notée en condition yeux ouverts en occlusion en relation centrée (médiane : 60,8 mm<sup>2</sup>. Premier quartile : 41,7 mm<sup>2</sup> ; troisième quartile 106 mm<sup>2</sup> pour les 20 secondes d'enregistrement). Les valeurs de surface étaient plus grandes pour les trois autres positions mandibulaires : 95,2 mm<sup>2</sup> (59,4 – 114) en occlusion d'intercuspitation maximale, 70,6 mm<sup>2</sup> (54,8 – 149,3) en occlusion en latéralité du côté physiologique et 89,1 mm<sup>2</sup> (65,4 – 108,3) en occlusion en latéralité du côté controlatéral. En condition yeux fermés, la médiane était de 130,05 mm<sup>2</sup> (79,6 – 198,1) en occlusion en relation centrée, 157,7 mm<sup>2</sup> (97,4 – 197,1) en occlusion d'intercuspitation maximale, 100,3 mm<sup>2</sup> (85,4 – 148,8) en occlusion en latéralité du côté physiologique et 117,8 mm<sup>2</sup> (82,8 – 209,6) en occlusion en latéralité du côté controlatéral (Fig. 19 a, b).

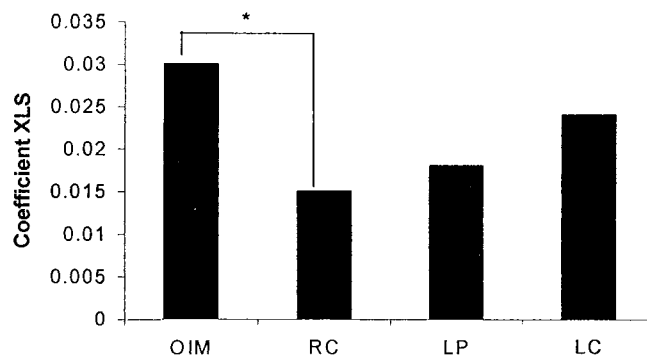
La médiane du coefficient XLS, en condition yeux ouverts, était de 0,015 (0,011 – 0,025) en occlusion en relation centrée, 0,018 (0,011 – 0,042) en occlusion en latéralité du côté physiologique, 0,024 (0,013 – 0,037) en occlusion en latéralité du côté controlatéral et 0,030 (0,015 – 0,038) en occlusion d'intercuspitation maximale (Fig. 19 c). Une différence statistiquement significative a été notée pour le paramètre surface en condition yeux ouverts ( $P < 0,01$ ) et pour le coefficient XLS entre l'occlusion en relation centrée et l'occlusion d'intercuspitation maximale ( $P < 0,05$ ).



a



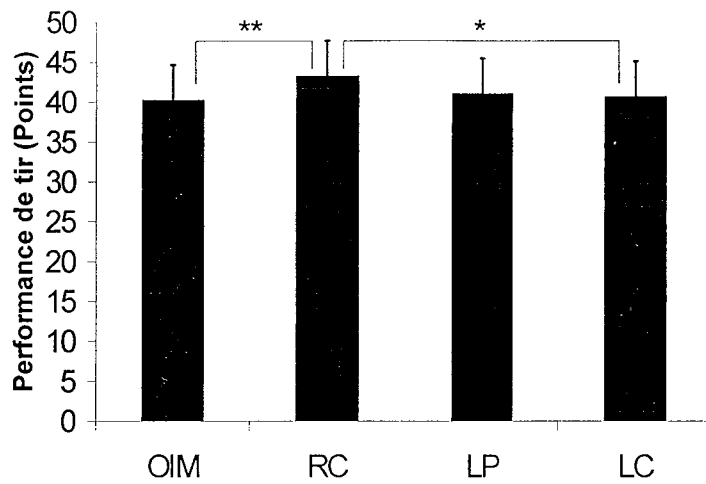
b



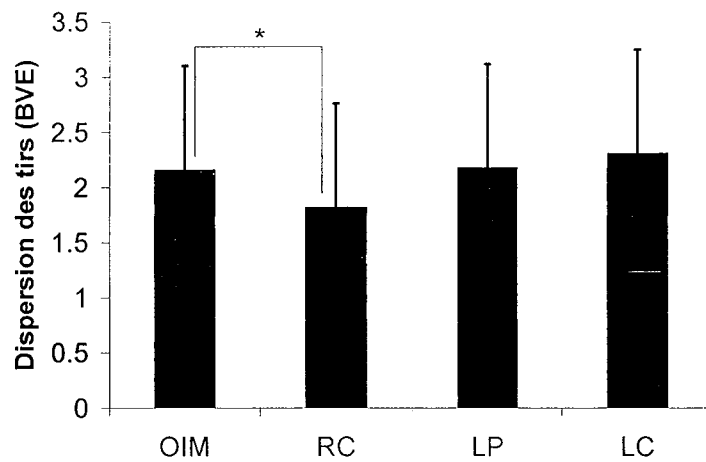
c

Figure 19 - Surface d'oscillations corporelles en condition yeux ouverts (a) et yeux fermés (b) et coefficient XLS (condition yeux ouverts) (c) durant les 20 secondes d'enregistrement selon la position d'occlusion dentaire (médiane). OIM, occlusion d'intercuspitation maximale. RC, occlusion en relation centrée. LP, occlusion en latéralité du côté physiologique. LC, occlusion en latéralité controlatérale.

Pour le groupe GS, la moyenne du score était de 40,3 points ( $\pm 4,4$ ) en occlusion d'intercuspitation maximale, 43,3 points ( $\pm 4,8$ ) en occlusion en relation centrée, 41,1 points ( $\pm 4,7$ ) en occlusion en latéralité du côté physiologique et 40,7 points ( $\pm 4,8$ ) en occlusion en latéralité du côté controlatéral (Fig. 20 a). Une différence statistiquement significative était notée entre l'occlusion en relation centrée et l'occlusion d'intercuspitation maximale ( $P < 0,01$ ) et entre l'occlusion en relation centrée et occlusion en latéralité du côté controlatéral ( $P < 0,05$ ). La moyenne de l'erreur variable bidimensionnelle était de 1,82 ( $\pm 0,94$ ) en occlusion en relation centrée, 2,16 ( $\pm 0,80$ ) en occlusion d'intercuspitation maximale, 2,18 ( $\pm 1,09$ ) en occlusion en latéralité du côté physiologique et 2,31 points ( $\pm 1,31$ ) en occlusion en latéralité du côté controlatéral (Fig. 20 b). Une différence statistiquement significative était notée entre l'occlusion en relation centrée et l'occlusion d'intercuspitation maximale ( $P < 0,05$ ).



a



b

Figure 20 - Performance de tir (a) et surface de dispersion des tirs (BVE : erreur variable bidimensionnelle) (b) selon l'occlusion dentaire (moyenne). OIM, occlusion d'intercuspitation maximale. RC, occlusion en relation centrée. LP, occlusion en latéralité du côté physiologique. LC, occlusion en latéralité controlatérale.

### IV.3. Discussion

En ce qui concerne la modification expérimentale de l'occlusion dentaire et ses répercussions sur le contrôle postural et sur la stabilisation du regard, les meilleurs résultats ont toujours été obtenus en occlusion de relation centrée. Les occlusions en latéralité ont induit une tendance à la baisse de la qualité de la stabilisation corporelle, et une augmentation de la consommation d'énergie pour le contrôle postural. Une meilleure performance ainsi qu'une baisse de la surface de dispersion des tirs ont été observées quand les sujets du groupe de tireurs avaient leur occlusion bloquée en occlusion en latéralité du côté physiologique plutôt qu'en occlusion en latéralité du côté opposé.

Une hiérarchie peut dès lors être établie pour les deux groupes selon la qualité décroissante du contrôle postural en fonction de la position d'occlusion dentaire imposée : occlusion en relation centrée, occlusion en intercuspidation maximale et occlusion en latéralité. Aucune différence n'avait été notée entre les deux côtés de latéralité.

Les données obtenues dans cette étude démontrent une nette relation entre l'occlusion dentaire et le contrôle postural. Un meilleur contrôle de l'équilibre ainsi qu'une amélioration des performances de tir ont été obtenues quand l'occlusion était artificiellement bloquée en occlusion en relation centrée, une position amenant une symétrie faciale et un équilibre neuromusculaire. Une altération de la proprioception cranio-faciale peut avoir des repercussions sur la posture céphalique du fait des relations existantes entre les noyaux des nerfs V et XI, le XI prenant en charge la motricité tonique des muscles trapèzes et sterno-cléido-mastoïdiens (Meyer *et al.*, 1973 ; Buisseret, 1991 ; Browne *et al.* 1993). Des relations entre les noyaux des nerfs oculo-moteurs et les afférences du système manducateur ont été décrites par Meyer *et al.* (1981) ce qui peut expliquer les défauts de stabilisation du regard après modification expérimentale de la proprioception cranio-faciale. Enfin, plusieurs auteurs ont mis en évidence les relations existantes entre les noyaux vestibulaires et les afférences

trigéminales (Buisseret-Delmas *et al.*, 1999 ; Pinganaud *et al.* 1999). La relation observée ici entre cette sortie proprioceptive et motrice amenant une stabilisation du regard par l'oculomotricité et à la stabilité posturale par l'adaptation tonique des extenseurs des membres inférieurs, suggère un rôle des afférences trigéminales dans le contrôle postural.

En ce qui concerne les tireurs, la baisse des performances ainsi que l'augmentation de la surface de dispersion des tirs quand la mandibule est dans une position neutre indiquent que la stabilisation du regard n'est pas optimale dans cette circonstance pourtant naturelle.

Pour les tireurs de haut niveau, obtenir des performances de haut niveau requiert à la fois l'obtention d'une tâche visuo motrice parfaite afin de viser ainsi qu'une régulation optimale de l'activité tonique posturale orthostatique pour la stabilité corporelle. Les deux parties complémentaires de notre étude ont testé à la fois l'entrée proprioceptive et la stabilité du regard, et a démontré les répercussions d'une modification expérimentale de l'occlusion dentaire sur les deux parties de cette chaîne sensori-motrice.

Les meilleurs résultats obtenus quand l'occlusion dentaire était imposée en occlusion en relation centrée peuvent être expliqués par la symétrie optimale atteinte dans de telles conditions. Nos données suggèrent que de tels outils utilisés pour imposer la position mandibulaire en occlusion en relation centrée pourraient être proposés à des sportifs de haut niveau qui nécessitent un contrôle de l'équilibre optimal pour la pratique de leur discipline sportive. De meilleures performances du contrôle postural obtenues en occlusion en latéralité du côté physiologique plutôt qu'en occlusion en latéralité du côté opposé pourraient être expliquées par une adaptation possible ou par un mécanisme d'habituation à leur déviation chronique mandibulaire.

Des altérations du système manducateur, provenant de lésions des muscles masticateurs ou du desmodonte, pourraient induire une perturbation de la stabilisation visuelle, et ainsi induire des désordres posturaux. Ceci pourrait être particulièrement



dommageable pour des activités requérant le meilleur équilibre possible comme les tireurs professionnels.

## V. JUSTIFICATION DE LA DEUXIEME ETUDE

Le protocole 1 a montré les répercussions possibles d'une modification expérimentale de la proprioception cranio-faciale, par l'intermédiaire d'une modification de l'occlusion dentaire, sur la stabilisation posturale et sur la stabilisation du regard. La première population étudiée (groupe P) a mis en évidence des altérations du contrôle postural après modification de l'occlusion dentaire dans différentes positions prédéfinies. La deuxième population étudiée (groupe GS) a permis d'évaluer la stabilisation du regard après modification de l'occlusion dentaire. Le moyen d'évaluer cette stabilisation est le tir sportif. En effet, cette discipline sportive nécessite, pour obtenir de bons résultats, une stabilisation du regard parfaite. Toute altération induit une diminution importante de précision de tir. Cette partie de notre étude a montré qu'une modification de l'occlusion dentaire provoquait une altération de la stabilisation du regard.

Des répercussions d'une modification de la proprioception cranio-faciale sur le contrôle postural et sur la stabilisation du regard étant mises en évidence, il a été intéressant d'évaluer dans un second temps les répercussions d'une inhibition complète d'une partie de la proprioception cranio-faciale sur le contrôle postural. Pour obtenir cette inhibition, nous avons choisi de pratiquer des anesthésies loco-régionales unilatérales du nerf mandibulaire et d'évaluer le contrôle postural avant et après anesthésie.

## **VI MODIFICATION DU CONTROLE POSTURAL APRES INHIBITION D'UNE PARTIE DE LA PROPRIOCEPTION CRANIO-FACIALE (PROTOCOLE 2)**

Les résultats de cette expérimentation ont fait l'objet d'une publication en 2002 dans *Neuroscience Letters*.

### **VI.1. Sujets et méthodes**

#### **VI.1.1. Sujets**

Vingt-sept sujets (18 hommes et 9 femmes, âge moyen =  $28 \pm 7$  ans) nécessitant l'avulsion d'une troisième molaire mandibulaire (dent de sagesse) ont été recrutés pour cette étude. Aucune lésion musculaire ou ostéo-articulaire au niveau des jambes n'a été relevée durant les six mois précédant l'étude. Tous les sujets ont donné leur consentement écrit avant le début de l'étude. Les sujets présentant des perturbations des afférences trigéminales du fait de subluxations ou luxations méniscales au niveau de l'articulation temporo mandibulaire ont été exclus de l'étude. Aucun des individus testés n'a pris de médicament durant la semaine précédent le début de l'étude.

#### **VI.1.2. Méthodes**

Pour évaluer l'impact d'une anesthésie tronculaire unilatérale du nerf trijumeau sur la performance posturale, 1.8 cc de mépivacaïne à 3% sans vasoconstricteur ont été injectés au niveau de la position de l'épine de Spix du côté interne du ramus mandibulaire (Gaudy et Arreto, 1999). La muqueuse linguale de la troisième molaire à la deuxième prémolaire ainsi que l'os mandibulaire, la muqueuse vestibulaire de la deuxième prémolaire à la ligne médiane et la surface cutanée du menton deviennent anesthésiés du côté de l'injection. La condition après anesthésie a été enregistrée une fois que la lèvre inférieure était anesthésiée. Ceci apparaissait entre une et cinq minutes après l'injection du fait des variations anatomiques de

la population. Afin d'annuler l'effet de la piqûre en condition après anesthésie, la muqueuse orale a été stimulée avant anesthésie, cette stimulation étant habituelle pour obtenir des repères anatomiques avant l'injection. Tous les sujets ont été soumis à un examen posturographique sur une plate-forme de force verticale composée de 3 jauges de pression (QFP Systèmes, Nice, France), pour enregistrer les déplacements du centre de pression des pieds. Pour chaque test, les sujets devaient rester aussi stable que possible, relaxé, pieds nus sur la plate-forme, les bras le long du corps tout en fixant visuellement une marque placée horizontalement sur un mur à une distance de 2 mètres. Les mesures ont été enregistrées pendant 20 secondes et les positions successives du centre de pression des pieds ont permis d'élaborer des statokinésigrammes. Pour chaque sujet, les tests ont été menés avant anesthésie en conditions yeux ouverts et yeux fermés et ensuite après anesthésie en conditions yeux ouverts et yeux fermés. Les mesures posturographiques ont été réalisées au même endroit et dans un environnement identique pour tous les sujets.

Les paramètres retenus étaient la longueur (L) et la surface (S) couvertes par le centre de pression des pieds. S représente un indicateur de la qualité du contrôle postural et L reflète l'énergie dépensée; le paramètre L/S correspond à l'énergie dépensée par le sujet pour maintenir son équilibre (Hugel *et al.*, 1999). Les quotients de Romberg (longueur yeux fermés/yeux ouverts et surface yeux fermés/yeux ouverts), déterminant le poids de la vision, ont été calculés. La position du X moyen du centre de pression des pieds a été notée en conditions yeux ouverts et yeux fermés avant anesthésie et après anesthésie. Les positions du corps dans le plan frontal peuvent de ce fait être comparées. Deux groupes ont alors été définis : le premier montrant une déviation posturale du côté controlatéral de l'anesthésie et le second montrant une déviation posturale du côté homolatéral de l'anesthésie.

### **VI.1.3. Statistiques**

Les tests non paramétriques sont les plus appropriés du fait de la taille de l'échantillon étudié. Les comparaisons ont été réalisées pour la surface, la longueur, le coefficient L/S, avant anesthésie et après anesthésie en conditions yeux ouverts et yeux fermés en utilisant des tests de Friedman et Wilcoxon. Les comparaisons pour le quotient de Romberg surface et le quotient de Romberg longueur ont été réalisées en utilisant un test *t* de Student. La déviation posturale entre les conditions avant anesthésie et après anesthésie a été comparée en utilisant un test du Chi 2.

#### **VI.1.4. Agréments**

Les épreuves posturographiques se sont déroulées dans le même environnement que celui du protocole 1 (voir p. 48).

#### **VI.2. Résultats**

L'hétérogénéité globale est vérifiée pour les valeurs de longueur ( $P < 0,001$ ), surface ( $P < 0,01$ ) et L/S ( $P < 0,01$ ). La plus faible médiane de la longueur couverte par le centre de pression des pieds (Fig. 21 a, b) était relevée en condition yeux ouverts avant anesthésie (150,1 mm. Premier quartile : 131,6 mm ; Troisième quartile : 168,1 mm pour les 20 secondes d'enregistrement). Les valeurs de longueur étaient plus grandes pour les trois autres conditions : 192,8 mm (141,2-258,8) en condition yeux fermés avant anesthésie, 161,1 mm (122,5-172,3) en condition yeux ouverts après anesthésie et 191,5 mm (169,3-255) en condition yeux fermés après anesthésie.

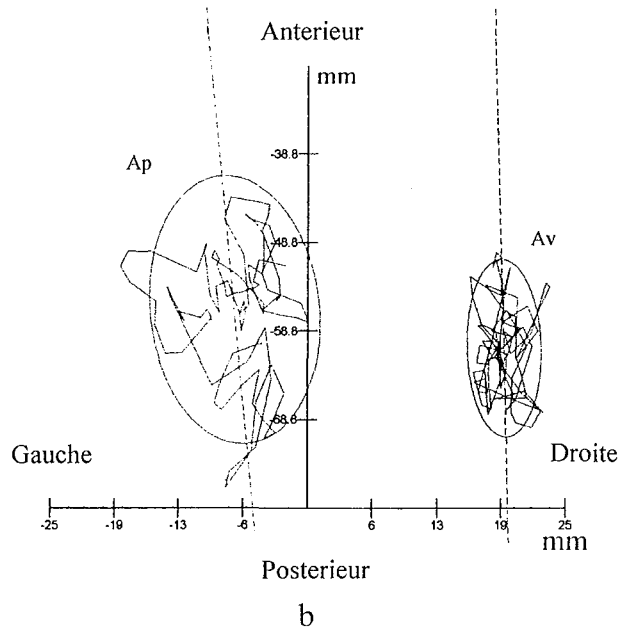
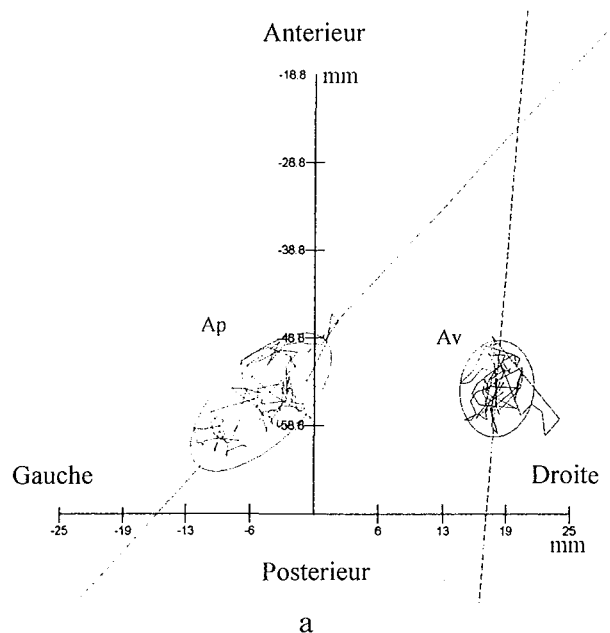


Figure 21 - Statokinésigrammes. Longueur d'oscillation (ligne brisée) et surface couverte (ellipse de confiance incluant 90% des positions échantillonnées du centre de pression des pieds), sur une période d'enregistrement de 20 secondes, avant (Av) et après (Ap) anesthésie trigéminal droite en conditions yeux ouverts (a) et yeux fermés (b) pour le même sujet.

Des différences statistiquement significatives ont été notées entre la condition yeux ouverts avant anesthésie et la condition yeux fermés avant anesthésie ( $P < 0,01$ ), entre la condition yeux ouverts avant anesthésie et la condition yeux fermés après anesthésie ( $P < 0,001$ ), entre la condition yeux fermés avant anesthésie et la condition yeux ouverts après anesthésie ( $P < 0,01$ ), entre la condition yeux ouverts après anesthésie et la condition yeux fermés après anesthésie ( $P < 0,001$ ) (Fig. 22).

La plus faible médiane de la surface couverte par le centre de pression des pieds était notée en condition yeux ouverts avant anesthésie :  $84,4 \text{ mm}^2$  (57,8-102,4). Les valeurs de surface étaient plus grandes pour les trois autres conditions :  $114,1 \text{ mm}^2$  (71,3-181,1) en condition yeux fermés avant anesthésie,  $113,5 \text{ mm}^2$  (69,3-163,9) en condition yeux ouverts après anesthésie et  $126,8 \text{ mm}^2$  (62,3-220,7) en condition yeux fermés après anesthésie. Des différences significatives ont été notées entre les conditions yeux ouverts avant anesthésie et yeux fermés avant anesthésie ( $P < 0,001$ ), entre les conditions yeux ouverts avant anesthésie et yeux ouverts après anesthésie ( $P < 0,001$ ), entre les conditions yeux ouverts avant anesthésie et yeux fermés après anesthésie ( $P < 0,001$ ) (Fig. 22).

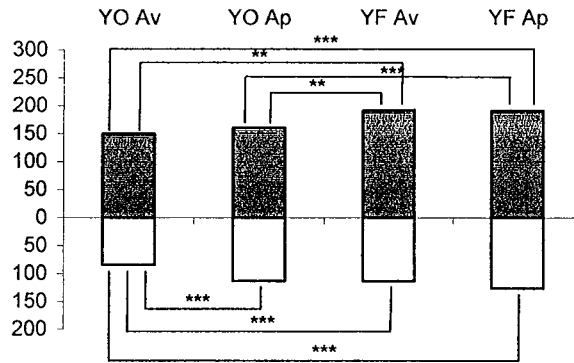


Figure 22 - Performance du contrôle postural. Médiane de la longueur (mm, gris foncé) et de la surface (mm<sup>2</sup>, gris clair) (voir Fig. 21) enregistrée avant (Av) et après (Ap) anesthésie trigéminal en condition yeux ouverts (YO) et yeux fermés (YF).

La plus grande médiane du L/S était notée en condition yeux fermés avant anesthésie : 1,85 (1,33-2,07). Les valeurs de L/S étaient plus faibles pour les trois autres conditions : 1,83 (1,57-2,47) en condition yeux ouverts avant anesthésie, 1,34 (1,05-2,36) en condition yeux ouverts après anesthésie et 1,71 (1,07-2,8) en condition yeux fermés après anesthésie. Des différences significatives étaient notées entre les conditions yeux ouverts avant anesthésie et yeux ouverts après anesthésie ( $P < 0,01$ ), entre les conditions yeux ouverts avant anesthésie et yeux fermés avant anesthésie ( $P < 0,05$ ) (Fig. 23).



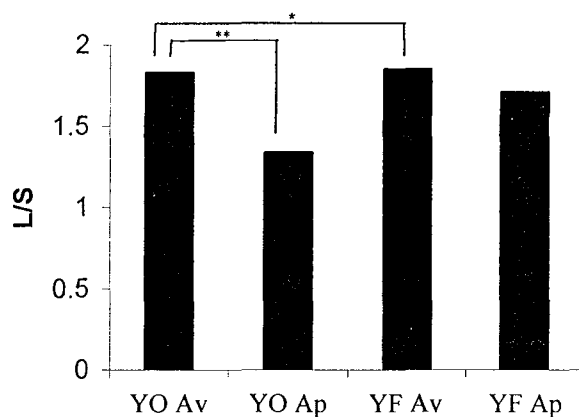


Figure 23 - Quotient L/S en condition yeux ouverts (YO) et yeux fermés (YF) avant anesthésie (Av) et après anesthésie (Ap).

La plus grande moyenne du quotient de Romberg surface était notée avant anesthésie ( $1,7 \pm 0,8$ ). La moyenne après anesthésie était de  $1,5 \pm 1,5$ . Aucune différence significative n'était notée entre les conditions avant anesthésie et après anesthésie.

La plus grande moyenne du quotient de Romberg longueur était notée avant anesthésie ( $1,4 \pm 0,5$ ). La moyenne après anesthésie était de  $1,4 \pm 0,5$ . Aucune différence significative n'était notée entre les conditions avant anesthésie et après anesthésie.

En condition yeux ouverts, la position du X moyen était modifiée vers le côté controlatéral de l'anesthésie pour 14 sujets et du côté homolatéral de l'anesthésie pour 13 sujets (NS). En condition yeux fermés, la position du X moyen était déplacée vers le côté controlatéral de l'anesthésie pour 21 sujets et vers le côté homolatéral de l'anesthésie pour 6 sujets. Une différence significative était notée en condition yeux fermés ( $X^2 = 3,97$  – degré de liberté = 1,  $P < 0,05$ ) (Tableau I).

Tableau I Répartition des sujets selon leur déviation posturale après anesthésie tronculaire du nerf alvéolaire inférieur en condition yeux ouverts (YO) et yeux fermés (YF)

	Déviation % (n)		
	Controlatérale	Homolatérale	Total
YO	52 (14)	48 (13)	100 (27)
YF	78 (21)	22 (6)	100 (27)

### VI.3. Discussion

En ce qui concerne la suppression d'une partie des afférences trigéminales, cette étude démontre une relation significative entre l'anesthésie trigéminale et le contrôle postural. Premièrement, le contrôle postural se détériore significativement en condition yeux ouverts après anesthésie du point de vue de la surface. Deuxièmement, le centre de pression des pieds a été déplacé vers le côté controlatéral de l'anesthésie en condition yeux fermés.

Une anesthésie unilatérale des afférences trigéminales de la région manducatrice, une des informations sensorielles du contrôle postural, dégrade les performances posturales.

Ventre-Dominey *et al.* (1996) ont étudié les effets de la suppression des afférences proprioceptives du fait d'une lésion unilatérale du nerf trijumeau induite par une thermocoagulation unilatérale pour névralgie. Les mesures de performance de pointage manuel vers des cibles visuelles ont montré que la proprioception extraoculaire est nécessaire à la localisation spatiale chez l'homme

Aucune différence n'a été mise en évidence entre les conditions avant anesthésie yeux fermés et après anesthésie yeux fermés alors qu'une différence significative a été démontrée entre les mêmes conditions yeux ouverts (S et paramètre L/S). Ceci peut être expliqué non seulement par la détérioration des valeurs en condition yeux fermés avant anesthésie du fait de l'absence des informations visuelles, mais aussi par le poids important des informations

vestibulaires sans la vision, avec ou sans anesthésie, le tout aboutissant à rendre difficile le fait de mettre en évidence une différence significative.

La tendance à une diminution des quotients de Romberg surface et longueur en condition après anesthésie pourrait être expliquée par les relations existantes entre les afférences trigéminales et la stabilisation du regard. En condition après anesthésie, les sujets ont des dérèglements de l'afférence trigéminale, et de ce fait, la stabilisation du regard est dégradée. Ivanenko *et al.* (1999) ont montré l'existence de relations entre la proprioception nucale, les noyaux vestibulaires et le contrôle visuel de la posture. En condition yeux fermés après anesthésie, les afférences visuelles étaient bloquées et aucune perturbation de la stabilisation du regard ne pouvait déranger le sujet. De ce fait, le quotient yeux fermés sur yeux ouverts semble décroître en condition après anesthésie.

En condition yeux fermés, la latéralisation due à la proprioception altérée par l'anesthésie n'était plus compensée par un référentiel visuel et l'oreille interne ne suffisait pas à maintenir une verticalité parfaite. La modification unilatérale de l'afférence trigéminale a modifié la position du centre de pression des pieds dans le plan frontal. Sans *et al.* (1983) ont démontré le rôle du faisceau latéral vestibulo-spinal sur le contrôle postural. L'effet majeur exercé par ce faisceau est excitateur sur les muscles extenseurs du membre inférieur et inhibiteur sur les muscles fléchisseurs du membre inférieur. Cette relation explique la déviation posturale vers le côté controlatéral due à l'anesthésie unilatérale. L'anesthésie induisant une contraction de la jambe homolatérale du fait de l'inhibition de ce faisceau, le poids du corps est reporté sur la jambe controlatérale.

## VII. JUSTIFICATION DE LA TROISIEME ETUDE

Après avoir montré les répercussions possibles d'une modification de la proprioception cranio-faciale à l'aide d'une modification expérimentale de l'occlusion dentaire sur le contrôle postural et sur la stabilisation du regard (protocole 1), nous avons pu mettre en évidence les répercussions d'une inhibition unilatérale de la proprioception véhiculée par le nerf mandibulaire sur le contrôle postural à l'aide d'une anesthésie loco-régionale. Après inhibition, le contrôle postural se dégrade et le centre de pression des pieds se déplace du côté controlatéral à l'anesthésie.

Ces deux protocoles ont mis en évidence une possible détérioration du contrôle postural associée à une dégradation de la stabilisation du regard pour le protocole 1.

A ce stade de notre étude, il était intéressant de vérifier s'il est possible d'obtenir une amélioration du contrôle postural en ajustant la proprioception cranio-faciale par l'intermédiaire de l'utilisation d'une gouttière d'occlusion imposant une position d'occlusion en relation centrée. Dans ce troisième protocole, nous avons donc étudié le contrôle postural avec et sans la gouttière d'occlusion en relation centrée.

## VIII. AMELIORATION DU CONTROLE POSTURAL APRES MODIFICATION DE LA PROPRIOCEPTION TRIGEMINALE (PROTOCOLE 3)

### VIII.1. Sujets et méthodes

#### VIII.1.1. Sujets

Cinq sujets, pour l'instant, ont été inclus dans cette étude. Tous ont donné leur consentement éclairé avant le début de l'étude. Aucun n'a présenté, lors des six derniers mois, de lésions musculaires, articulaires ou osseuses des membres inférieurs pouvant interférer avec le contrôle postural. Les sujets avec des subluxations ou des luxations méniscales de l'articulation temporo mandibulaire ont été éliminés de l'étude.

Cette étude étant actuellement en cours, le nombre de sujets va augmenter.

#### VIII.1.2. Méthodes

Afin de mettre en évidence une éventuelle amélioration de la posture corporelle après modification expérimentale de l'occlusion dentaire, trois types de matériel ont été utilisés en suivant 2 conditions d'enregistrement : la première chez un sujet ayant son occlusion dentaire en position d'intercuspitation maximale et la deuxième en occlusion de relation centrée en utilisant des gouttières interocclusales spécifiques identiques au protocole 1.

➤ La plate-forme de type Equitest (Neurocom International, Inc., Clackamas, OR) :

Nashner a développé une méthode visant à tester le contrôle vestibulaire de la posture (Nashner *et al.*, 1982 ; Black, 1985 ; Black et Nashner, 1985).

Le premier test est appelé test d'organisation sensorielle. Le patient doit se tenir debout sur une plate-forme, qui est un capteur de forces verticales, capable de rotations dans

le plan frontal sur un axe identique à celui formé par les 2 chevilles du sujet. Le patient se trouve face à un paysage qui prend tout son champs de vision et qui est lui même capable d'une rotation suivant l'axe précédent. La plate-forme mesure les changements de position du centre de pression des pieds durant les 20 secondes d'enregistrement. Les conditions de ce test sont au nombre de 6 (Fig. 24). Pour les conditions 1 à 3, la plate-forme est fixe. De ce fait, les afférences proprioceptives sont correctes mais les afférences visuelles sont variables. Dans la condition 1, la vision n'est pas modifiée ; dans la condition 2, le sujet ferme les yeux ; dans la condition 3, les afférences visuelles sont faussées étant donné que le paysage réalise des rotations proportionnelles à la déviation corporelle. Pour la condition 3, les informations visuelles et proprioceptives sont en conflit, les informations proprioceptives indiquent un mouvement mais les informations visuelles indiquent de façon erronée une absence de mouvement.

En ce qui concerne les conditions 4 à 6, la surface de la plate-forme est asservie aux mouvements corporels en avant ou en arrière et les conditions visuelles sont variables comme précédemment. Dans la condition 4, le panorama est fixe ce qui engendre à nouveau un conflit entre les informations visuelles qui indiquent un mouvement et les informations proprioceptives qui indiquent une absence de mouvement. Dans la condition 5, les yeux sont fermés. Cela indique de façon erronée une absence de mouvement en se fiant aux informations proprioceptives. Dans ce cas, les seules informations fiables concernant la force de gravité proviennent des afférences vestibulaires. Dans la condition 6, les mouvements de la plate-forme sont asservis aux mouvements corporels vers l'avant ou l'arrière. A nouveau, les seules informations fiables concernant la force de gravité proviennent des afférences vestibulaires.

Pour chaque condition, le sujet subit 3 enregistrements et la performance du contrôle postural est mesurée en terme de moyenne relative par rapport à la stabilité théorique

maximale. Les scores vont de 0 à 100, 0 représentant une chute et 100 indiquant la meilleure stabilité possible. La capacité du sujet à utiliser les informations des systèmes somatosensoriel, visuel ou vestibulaire afin d'assurer son équilibre est déterminée en divisant respectivement la performance obtenue aux conditions 2, 4 ou 5 à la performance de la condition 1. Les résultats moyennés des 6 différentes conditions donnent un score composite d'équilibre représentant la performance globale du test d'organisation sensorielle. C'est ce score composite qui est utilisé dans nos résultats.

Le deuxième test utilisé sur la plate-forme Equitest est le test de coordination motrice. Le patient subit 3 séries de translations de la surface de la plate-forme vers l'arrière puis vers l'avant de faible, moyenne et grande amplitudes.

Le dernier test utilisé sur la plate-forme Equitest est le test d'adaptation. Le patient subit 3 rotations de la surface de la plate-forme vers l'arrière puis vers l'avant.

Pour ces deux derniers tests, les temps de latence nécessaires pour recouvrer la stabilité posturale, définis comme le temps entre le début du mouvement de la plate-forme et le début de la réponse motrice musculaire du sujet en ms, sont enregistrés pour chaque jambe et moyennés afin d'obtenir une valeur unique pour chaque condition du test de coordination motrice et du test d'adaptation.

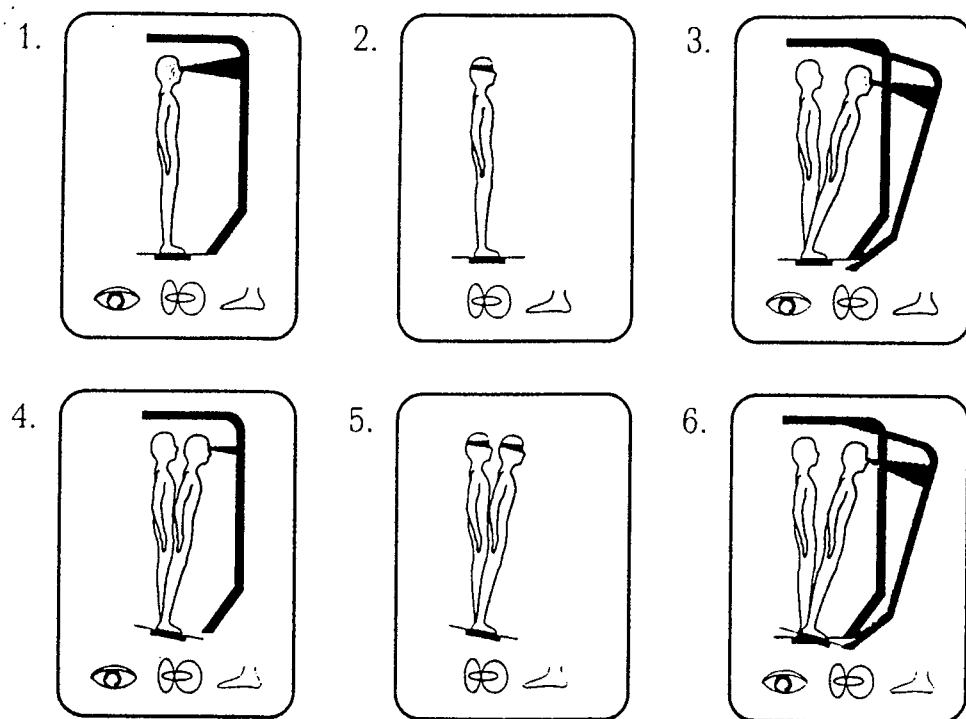


Figure 24 - Conditions du test d'organisation sensorielle de la plate-forme Equitest  
(Neurocom International, Inc., Clackamas, OR)

➤ La craniocorpographie :

La technique, mise au point par Claussen (1970, 1988), consiste à enregistrer le déplacement de différents marqueurs lumineux, à l'aide d'un appareil photographique dont l'objectif est dirigé vers un miroir fixé au plafond, au dessus du sujet, lors de la réalisation d'une épreuve de piétinement d'Unterberger (Unterberger, 1938 ; Fukuda, 1959 ; Fukushima et Hinoki, 1985). Le sujet porte un casque muni de deux de ces marqueurs, l'un sur le front, l'autre sur l'occiput; un repère lumineux est également disposé sur chaque épaule (Fig. 25).



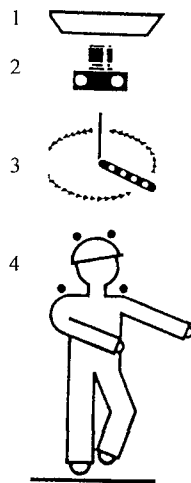


Figure 25 - Craniocorpographie, dispositif expérimental : miroir convexe (1), appareil photographique (2), référentiel par bras rotatif (3), marqueurs lumineux (4). (Claussen, 1970).

Les sujets devaient effectuer 80 pas sur place (piétinement), en chaussettes, à leur rythme, un bandeau devant les yeux, dans une pièce sombre et insonorisée. Tous les sujets ont été soumis à deux examens, sans gouttières d'occlusion donc en position d'occlusion d'intercuspidation maximale et avec gouttière d'occlusion imposant une position en occlusion en relation centrée.

Chaque sujet avait pour consigne de compter lui-même ses pas et de les effectuer à sa propre cadence. Les bras accompagnaient librement les mouvements des membres inférieurs. Le bandeau n'était pas enlevé entre les deux phases de l'expérimentation.

Les paramètres retenus sont :

- le déplacement linéaire, c'est-à-dire la longueur du segment de droite entre le point de départ et le point d'arrivée,
- les oscillations latérales, déterminées à partir des oscillations de la tête et du corps (entre les deux épaules),

- la déviation angulaire, correspondant à l'angle fait par l'axe de la direction de départ et l'axe joignant le point de départ au point d'arrivée,
- la rotation du corps, correspondant à l'angle existant entre les positions de départ et d'arrivée de l'axe des épaules ou du corps, c'est-à-dire l'angle que décrit le corps sur son propre axe (Fig. 26).

Pour ces deux derniers paramètres, deux indices sont envisagés indépendamment l'un de l'autre : le sens (droite / gauche) et l'amplitude (en degrés).

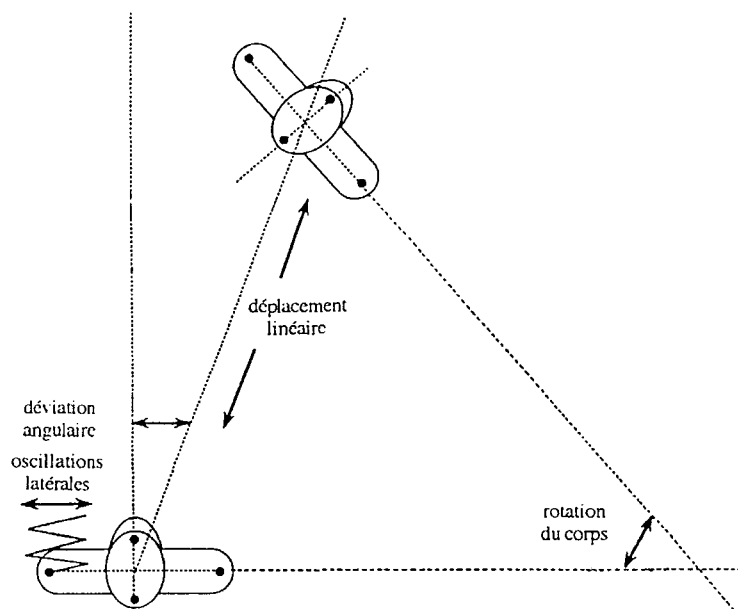


Figure 26 - Craniocorpographie. Représentation schématique des résultats obtenus lors d'une épreuve de piétinement d'Unterberger (Perrin *et al.*, 1998).

### VIII.1.3. Statistiques

Actuellement, 5 sujets ont été inclus dans cette étude. Ce nombre étant trop faible pour réaliser des statistiques sur les résultats obtenus, nous attendons que le recrutement augmente. Les résultats actuels sont présentés en moyennes et écarts types.

#### **VIII.1.4. Agréments**

Les épreuves posturographiques se sont déroulées dans le même environnement que celui du protocole 1 (voir p. 48).

### **VIII.2. Résultats**

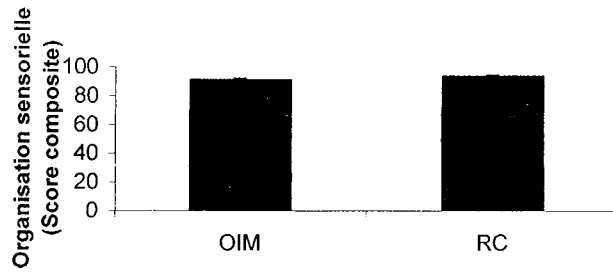
Les résultats ne concernent que les 5 sujets actuellement inclus dans ce protocole.

#### ➤ Equitest :

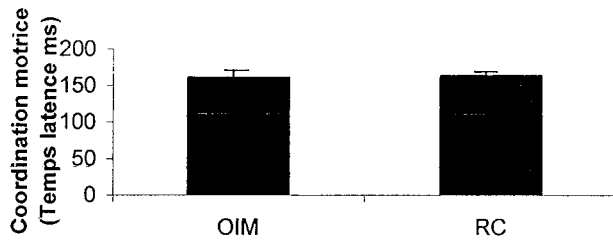
Le meilleur score composite d'équilibre pour le test d'organisation sensorielle est obtenu en condition d'occlusion en relation centrée ( $93,6 \pm 0,8$ ). Il est de  $91,0 \pm 0,9$  en occlusion d'intercuspitation maximale (Fig. 27 a).

Pour le test de la coordination motrice, le temps de latence le plus court est obtenu en occlusion d'intercuspitation maximale ( $160,5 \text{ ms} \pm 15,5$ ). Il est de  $163,5 \text{ ms} \pm 4,5$  en occlusion en relation centrée (Fig. 27 b).

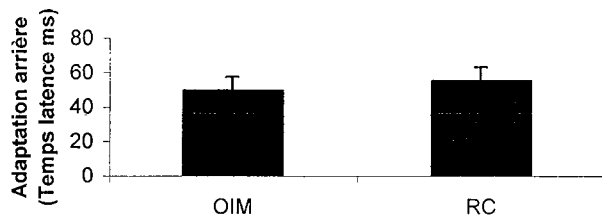
Pour le test d'adaptation, le temps de latence le plus court concernant les rotations vers l'arrière est obtenu en occlusion d'intercuspitation maximale ( $49,6 \text{ ms} \pm 8,8$ ). Il est de  $55,6 \text{ ms} \pm 8,7$  en occlusion en relation centrée (Fig. 27 c). Concernant les rotations vers l'avant le temps de latence le plus court est obtenu en occlusion d'intercuspitation maximale ( $42,8 \text{ ms} \pm 7,2$ ). Il est de  $53 \text{ ms} \pm 8,7$  en occlusion en relation centrée (Fig. 27 d).



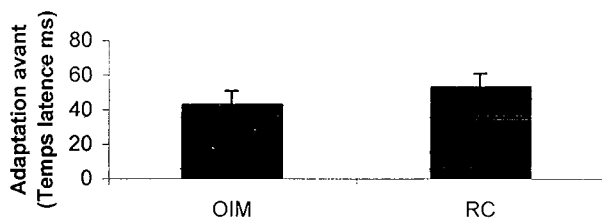
a



b



c



d

Figure 27 - Score composite du test d'organisation sensorielle (a), temps de latence du test de coordination motrice (b), temps de latence du test d'adaptation après rotation vers l'arrière (c) et temps de latence du test d'adaptation après rotation vers l'avant (d) durant les 20 secondes selon la position d'occlusion dentaire (moyenne). OIM : occlusion d'intercuspitation maximale. RC : occlusion en relation centrée.

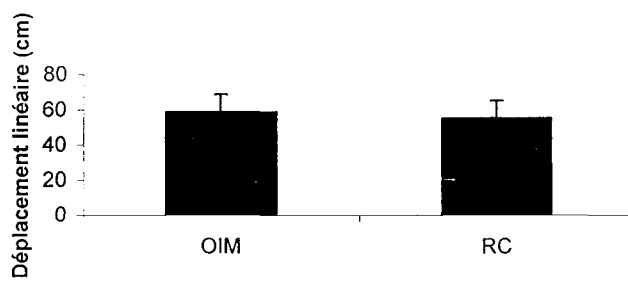
➤ Craniocorpographe :

Le déplacement linéaire le plus court est obtenu en condition d'occlusion en relation centrée ( $55,2 \text{ cm} \pm 12,5$ ). Il est de  $58,8 \text{ cm} \pm 8,8$  en occlusion d'intercuspitation maximale (Fig. 28 a).

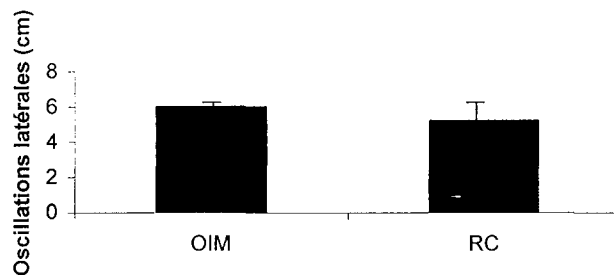
Les oscillations latérales les plus faibles sont obtenues en condition d'occlusion en relation centrée ( $5,2 \text{ cm} \pm 0,9$ ). Elles sont de  $6,0 \text{ cm} \pm 0$  en occlusion d'intercuspitation maximale (Fig. 28 b).

La déviation angulaire la plus faible est obtenue en condition d'occlusion en relation centrée ( $11,8^\circ \pm 6,4$ ). Elle est de  $16,2^\circ \pm 9,6$  en occlusion d'intercuspitation maximale (Fig. 28 c).

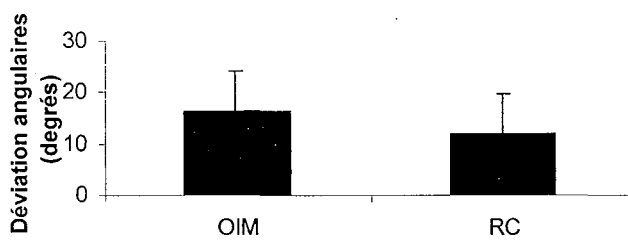
La rotation du corps la plus faible est obtenue en condition d'occlusion en relation centrée ( $17,4^\circ \pm 13,4$ ). Elle est de  $18,4^\circ \pm 10,1$  en occlusion d'intercuspitation maximale (Fig. 28 d).



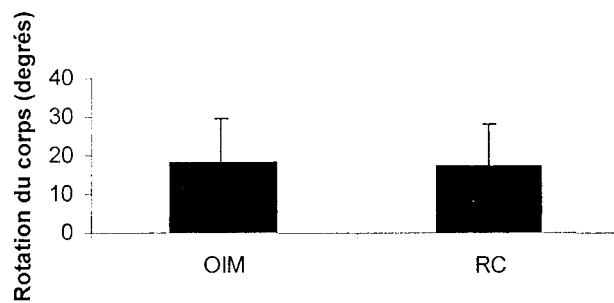
a



b



c



d

Figure 28 – Déplacement linéaire (a), oscillations latérales (b), déviation angulaire (c) et rotation du corps (d) selon la position d'occlusion dentaire (moyenne). OIM : occlusion d'intercuspitation maximale. RC : occlusion en relation centrée.

### VIII.3. Discussion

L'analyse à ce stade de cette étude semble orienter vers de meilleurs résultats lors du test d'organisation sensorielle de la plate-forme Equitest et des mesures de déplacement linéaire, d'oscillations latérales, de déviation angulaire et de rotation du corps réalisées à l'aide du craniocorpographe lorsque le sujet a son occlusion dentaire en position de relation centrée par rapport à la position d'occlusion en intercuspitation maximale.

Paradoxalement, pour les tests de coordination motrice et d'adaptation de la plate-forme Equitest, les temps de latence sont augmentés lorsque le sujet a son occlusion dentaire en position de relation centrée par rapport à la position d'occlusion en intercuspitation maximale mais les moyennes sont très proches entre les 2 conditions de mesure.

Il semble donc que les relations mises en évidence entre les afférences trigéminales et les noyaux des nerfs XI (Meyer *et al.*, 1973 ; Browne *et al.*, 1993) responsable de la posture céphalique par l'intermédiaire des muscles trapèzes et sterno-cléido-mastoïdiens, les noyaux des nerfs III, IV et VI responsables de l'oculo-motricité (Buisseret *et al.*, 1991) donc de la stabilisation du regard et les relations avec les noyaux vestibulaires responsables de l'intégration des afférences sensorielles pour élaborer les réponses motrices réflexes compensatoires nécessaires au maintien de l'équilibre (Buisseret-Delmas *et al.*, 1999) peuvent non seulement intervenir dans la moindre précision du contrôle postural et de la stabilisation du regard après modification de la proprioception cranio-faciale mais également augmenter leur précision après ajustement de la proprioception cranio-faciale en réglant la position d'occlusion dentaire en position d'occlusion en relation centrée qui représente une position d'équilibre neuromusculaire.

Si la tendance observée dans le protocole 3 se confirmait lors de l'augmentation de l'effectif, il paraîtrait donc possible d'améliorer le contrôle postural en modifiant les afférences trigéminales.

## IX. DISCUSSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Les trois protocoles de notre étude ont pu mettre en évidence les répercussions possibles des afférences trigéminales sur le contrôle postural et sur la stabilisation du regard. Ces deux fonctions représentent les mouvements compensatoires réflexes permettant le contrôle de l'équilibre après intégration centrale des différentes afférences sensorielles provenant des systèmes somesthésique (proprioceptifs et exteroceptifs), vestibulaire et visuel.

Une modification expérimentale de l'occlusion dentaire a pu mettre en évidence une répercussion sur le contrôle postural (protocole 1, et 3) ainsi que de la stabilisation du regard (protocole 1) lors d'un dérèglement de cette occlusion dentaire en induisant une déviation occlusale mais également une amélioration du contrôle postural en ajustant cette occlusion dentaire dans une position d'équilibre neuromusculaire (occlusion de relation centrée) (protocole 3).

Une inhibition partielle et unilatérale des afférences trigéminales (protocole 2) donc de la proprioception cranio-faciale induit une diminution de la qualité du contrôle postural aussi bien en ce qui concerne la dépense d'énergie nécessaire que de sa précision.

Les afférences trigéminales peuvent être reliées à différentes structures du tronc cérébral aidant au maintien de l'équilibre. L'équilibre est contrôlé, après intégration des afférences sensorielles par les noyaux vestibulaires, par des réponses motrices compensatoires visant à la stabilisation du regard (réflexe vestibulo-oculaire) et à la stabilisation du corps dans l'espace (réflexe vestibulo-spinal).

Buisseret-Delmas *et al.* (1999) ont démontré que, dans les noyaux vestibulaires, l'information sensorielle provenant des récepteurs faciaux est additionnée à celle récupérée des afférences proprioceptives du cou et du corps. Les connexions des zones respectives des noyaux vestibulaires recevant les afférences trigéminales suggèrent que les entrées



sensorielles de la face pourraient influencer le contrôle vestibulaire des mouvements des yeux et de la tête. Pinganaud *et al.* (1999) ont montré que les neurones de la partie caudale du noyau mésencéphalique du trijumeau se projettent majoritairement vers le noyau vestibulaire médian, inférieur et latéral et modérément vers la partie périphérique du noyau vestibulaire supérieur. Ces auteurs ont suggéré que ces relations anatomiques sont impliquées dans les mécanismes de coordination oeil-tête.

Dans notre étude, le contrôle postural est dégradé non seulement quand les informations visuelles sont supprimées mais également quand les afférences trigéminales sont bloquées.

Buisseret-Delmas *et al.* (1999) ont montré que, dans les noyaux vestibulaires, il existe une information sensorielle en provenance des récepteurs de la face en complément de ceux en provenance du cou et du corps. Des traceurs, wheat germ agglutinin conjugated to horseradish peroxidase (WGA-HRP), biocytine ou amine dextrane biotinylé (BDA) ont été injectés dans les noyaux trigéminaux ou dans les noyaux vestibulaires dans le but d'établir l'existence d'une relation entre ces deux structures. Delfini *et al.* (2000) ont étudié les projections vestibulo dentaires chez le rat en utilisant à la fois du BDA comme traceur antérograde ou rétrograde transporté dans le noyau cérébelleux latéral (qui est impliqué dans le contrôle des mécanismes vestibulo oculo moteurs) mais aussi un complexe de WGA-HRP couplé à de l'or colloïdal comme traceur rétrograde transporté dans les noyaux vestibulaires. Ils ont conclu en l'existence de connexions vestibulo dentaires reliées aux fonctions posturales et vestibulo oculo-motrices.

Les afférences faciales s'ajoutent à celles provenant du cou et des niveaux spinaux inférieurs en apportant une importante information somatosensorielle de la face et des muscles oculaires. Les connexions des zones respectives des noyaux vestibulaires recevant les afférences trigéminales suggèrent que les afférences sensorielles en provenance de la face

pourraient influencer le contrôle vestibulaire des mouvements de la tête et du cou. Pinganaud *et al.* (1999) ont démontré que les neurones individuels du noyau trigéminal mésencéphalique envoient des connexions vers les noyaux vestibulaires. Ces résultats suggèrent que ces relations anatomiques sont impliquées dans les mécanismes de la coordination tête/cou. De plus, Deriu *et al.* (1999) ont démontré que les signaux vestibulaires pouvaient moduler l'activité des unités motrices trigéminales innervant les muscles masticateurs. Ils suggèrent que les afférences extragémiales pourraient contrôler la contraction de ces muscles. Tolu et Pugliatti (1993) ont montré la même relation. L'afférence vestibulaire permet un contrôle excitatoire tonique sur l'activité du muscle masseter et l'afférence de la macule vestibulaire exerce un contrôle asymétrique sur l'activité des muscles masseter de chaque côté en relation avec le déplacement de la tête dans l'espace.

Des fibres afférentes directes de premier ordre trigémino-cérébelleuses ont été mises en évidence par Jacquart *et al.* (1990) en utilisant des injections de marqueurs Nuclear Yellow et Granular Blue respectivement dans l'hémicervelet et dans le nerf mandibulaire homolatéral. Ces fibres seraient impliquées dans le contrôle statique et dynamique de l'appareil manducateur. Toutes les afférences susceptibles de modifier le tonus musculaire se projettent sur différents lobes du cervelet. La richesse des connexions efférentes du cervelet lui permet d'assurer un contrôle sur les structures à l'origine des grandes voies motrices impliquées dans le tonus (Strazielle, 1996). Une modification de la proprioception cranio-faciale peut donc interférer sur la qualité du contrôle tonique musculaire.

Le réflexe vestibulo-oculaire permet de stabiliser le regard en induisant des mouvements de contre-rotation oculaire compensant les mouvements de la tête (Cohen, 1974).

Meyer *et al.* (1981) ont montré des relations entre les afférences dento-myo-articulaires et les noyaux des nerfs crâniens responsables de la motricité oculaire (nerf

oculomoteur : III ; nerf trochléaire : IV ; nerf abducens : VI). Cette relation oculo trigéminale a été démontrée par Buisseret *et al.* (1991) en utilisant une injection de peroxydase dans les muscles oculo-moteurs comme un marqueur qui diffuse dans le ganglion de Gasser, dans le sous noyau caudal du nerf trigéminal ainsi que dans la moelle cervicale (C1-C2).

Expérimentalement, un traceur (WGA-HRP) injecté dans les muscles extra-oculaires chez le chat, mettant en évidence tout le trajet du tractus trigéminal depuis le mésencéphale jusqu'au premier niveau cervical du tronc cérébral, montre des relations entre les afférences extra-oculaires et le ganglion de Gasser (Buisseret, 1991). Ces études mettent en évidence une relation entre les afférences trigéminales et le noyau de nerfs oculo-moteurs. Une modification de la proprioception crano-faciale pourrait donc influencer sur le réflexe vestibulo-oculaire et ainsi perturber la stabilisation du regard.

Le réflexe vestibulo-spinal permet de contrecarrer la tendance à la chute par l'adaptation de la contraction des muscles antigravitaires. Les fibres vestibulo-spinales se répartissent en deux faisceaux principaux : le faisceau vestibulo-spinal médian provenant des noyaux vestibulaires médian et descendant et le faisceau vestibulo-spinal latéral provenant des noyaux vestibulaires latéral et descendant (Sans *et al.*, 1983 ; Roman et Thomassin, 2000).

La perturbation de l'occlusion dentaire modifie la proprioception myo-articulaire crano-faciale, une des entrées sensorielles pour le contrôle de l'équilibre. Les afférences dento-myo-articulaires du système manducateur se projettent sur le noyau du nerf spinal (XI) qui a en charge la motricité du muscle sterno-cléido-mastoïdien et du muscle trapèze. En intervenant sur la motricité tonique des muscles nucaux, il est vraisemblable que les afférences trigéminales interfèrent sur la régulation fine de la posture orthostatique (Meyer et Baron, 1981).

Meyer *et al.* (1973) ont montré que les afférences trigéminales pouvaient avoir des répercussions sur la régulation fine de la posture orthostatique en intervenant sur la motricité tonique des muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze. Une modification de la position de la tête est induite du fait des relations entre les nerfs moteurs V et XI via le faisceau longitudinal médian (Meyer et Baron, 1973). Browne *et al.* (1993) ont démontré l'existence d'une inhibition des muscles masseter ainsi qu'une co-inhibition des muscles sterno-cléido-mastoïdiens après stimulation trigéminale, qui était obtenue mécaniquement par une stimulation du menton et électriquement par une stimulation de la gencive maxillaire antérieure. Des potentiels postsynaptiques inhibiteurs ont été mis en évidence au niveau des motoneurons du XI après stimulation du nerf trijumeau par Nishimura *et al.* (1992). Ceci pourrait modifier la posture de la tête du fait de l'inhibition des muscles masseters et sterno-cléido-mastoïdiens. Une influence sur le réflexe vestibulo-spinal est donc possible après modification de la proprioception cranio-faciale.

L'ensemble de ces associations au sein du tronc cérébral entre les afférences trigéminales et les principales structures responsables du maintien de l'équilibre (noyaux des nerfs XI, III, IV et VI ainsi que l'ensemble des noyaux vestibulaires) permet donc d'expliquer les répercussions d'une modification de la proprioception cranio-faciale sur le contrôle postural, par le biais du réflexe vestibulo-spinal, et la stabilisation du regard, par le biais du réflexe vestibulo-oculaire, mises en évidence au cours de nos différents protocoles.

Le protocole 3 pourrait montrer si une amélioration du contrôle postural est possible après ajustement de la position de l'occlusion dentaire, ouvrant ainsi des perspectives de traitement des troubles posturaux chez des patients chez lesquels les traitements conventionnels ont échoué. Des perspectives sont également envisageables dans le domaine du sport de haut niveau où les performances sportives pourraient être améliorées dans des disciplines où la posture et la stabilisation du regard jouent un rôle prépondérant.

## X. CONCLUSION

Les deux réponses réflexes motrices permettant le maintien de l'équilibre après intégration centrale des différentes afférences sensorielles ont été testées dans notre étude, le réflexe vestibulo-oculaire grâce aux épreuves de tir (protocole 1), le réflexe vestibulo-spinal grâce aux différents tests posturographiques (protocole 1, 2 et 3).

Les différents protocoles de notre étude démontrent le rôle des afférences sensorielles trigéminales sur le contrôle postural, ainsi que sur la stabilisation du regard. Le fait de modifier ce groupe d'afférences peut d'une part détériorer le contrôle postural et la stabilisation du regard mais également les améliorer dans le cas où la position d'occlusion dentaire est ajustée de manière à obtenir une position d'équilibre neuromusculaire représentée par l'occlusion en relation centrée.

Une modification expérimentale des afférences trigéminales, soit en modifiant l'occlusion dentaire (protocoles 1 et 3), soit en anesthésiant unilatéralement une des branches du nerf trijumeau (protocole 2), donc d'une partie des afférences somato-sensorielles qui ne sont pas en relation avec le système porteur, pourrait influencer la régulation fine du contrôle postural. En conséquence, toute modification des afférences trigéminales pourrait avoir des répercussions sur le maintien de l'équilibre.

## XI. BIBLIOGRAPHIE

Amblard B, Crémieux J, Marchand A, Carblanc A. Lateral orientation and stabilisation of human stance. *Exp. Brain Res.*, 1985 ; 61 : 21-37.

Bercy P, Tenenbaum H. *Parodontologie du diagnostic à la pratique*. De Boeck & Larcier, Paris, 1996, 289 pp.

Berthoz A. How does the cerebral cortex process and utilize vestibular signals ? *In*: Baloh RW, Halmagyi M (Eds). Oxford University Press, New York, Oxford, 1996, pp. 113-125.

Black FO. Vestibulospinal function assessment by moving platform posturography. *Am. J. Otol.*, 1985 ; 5 : 39.

Black FO, Nashner LM. Postural control in four classes of vestibular abnormalities. *In*: Igarashi M, Black FO (Eds). *Vestibular and Visual Control of Posture and Locomotor Equilibrium*. Karger, Basel, 1985, 271 pp.

Bracco P. Observations on the correlation between posture and jaw position : a pilot study. *J. Craniomandib. Pract.*, 1998 ; 16 : 252-258.

Brodal A, Pompeiano O. The vestibular nuclei in the cat. *J. Anat.*, 1957 ; 91 : 438-454.

Browne PA, Clark GT, Yang Q, Nakano M. Sternocleidomastoid muscle inhibition induced by trigeminal stimulation. *J. Dent. Res.*, 1993 ; 72 : 1503-1508.

Buisseret P. Primary projection of receptors of extrinsic ocular muscles: anatomical results. *Agressologie*, 1991 ; 32 : 178-179.

Buisseret-Delmas C, Compoin C, Delfini C, Buisseret P. Organisation of reciprocal connections between trigeminal and vestibular nuclei in the rat. *J. Comp. Neurol.*, 1999 ; 401 : 153-168.

Carleton SC, Carpenter MB. Afferent and efferent connections of the medial, inferior and lateral vestibular nuclei in the cat and monkey. *Brain Res.*, 1983 ; 278 : 29-51.

Claussen CF. Über eine gleichgewichtsfunktionsprüfung mit hilfe der Cranio-Corpo-Graphie (CCG) und polarkoordinaten im raum. *Arch. Klin. Exp. Ohr-Nas-Kehlk-Heilk.*, 1970 ; 196 : 256-261.

Claussen CF, Claussen E. Objective and quantitative vestibular spinal testing by means of computer-video-cranio-corpo-graphy. *Adv. Oto-Rhino-Laryngology*, 1988 ; 42 : 43-49.

Cohen B. The vestibulo-ocular reflex arc. *In* : H Kornhuber (Eds) : *Handbook of sensory physiology. Vestibular system. Vol. VI part. I.* Springer Verlag, New-York, 1974.

Collard M. Voies vestibulaires : de la structure à la fonction. *Rev. Prat. (Paris)*, 1994 ; 44 : 295-298.

Conti P, Beaubaton D. Utilisation des informations visuelles dans le contrôle du mouvement ; étude de la précision des pointages chez l'homme. *Le travail humain*, 1976 ; 39 : 19-32.

Crémieux J, Perrin P, Mesure S. Posture, équilibre et activités physiques et sportives. *In* : H Lamendin, D Courteix (Eds) : *Abrégé en biologie et pratique sportive.* Masson, Paris, 1995, pp. 98-113.

Delfini C, Diagne M, Angaut P, Buisseret P, Buisseret-Delmas C. Dentatovestibular projections in the rat. *Exp. Brain. Res.* 2000 ; 135 : 285-292.

Deriu F, Podda MV, Chessa G, Tolu E. Trigeminal integration of vestibular and forelimb nerve inputs. *Arch. Ital. Biol.*, 1999 ; 137 : 63-73.

Diener HC, Dichgans J, Guschlbauer B, Mau H. The significance of proprioception on postural stabilization as assessed by ischemia. *Brain. Res.*, 1984 ; 296 : 103-109.

Dubois JP, Levame JH. *Anatomie descriptive du pied humain.* Maloine, Paris, 1966, 429 pp.

Enjalbert M, Rabishong P, Micaléff JP, Péruchon E, Viel E, Eledjam JJ, Pélissier J. Sensibilité plantaire et équilibration. *In* : J Pélissier, V Brun, M Enjalbert (Eds) : Posture, équilibration et médecine de rééducation. Masson, Paris, 1993, pp. 9-23.

Epedema AH, Gerrits NM, Voogd J. Commissural and intrinsic connections of the vestibular nuclei in the rabbit : a retrograde labeling study. *Exp. Brain Res.*, 1988 ; 71 : 129-146.

Fujimoto M, Hayakawa L, Hirano S, Watanabe I. Changes in gait stability induced by alteration of mandibular position. *J. Med. Dent. Sci.*, 2001 ; 48 : 131-136.

Fukuda T. The stepping test. Two phases of the labyrinthine reflex. *Acta Otolaryngologica* (Stockh), 1959 ; 50 : 95-108.

Fukushima H, Hinoki M. Role of the cervical and lumbar proprioceptors during stepping. An electromyographic study of the muscular activities of the lower limbs. *Acta Otolaryngologica* (Stockh), 1985 ; 419 : 91-105.

Gacek RR. The course and central termination of first order neurons supplying vestibular end organs in the cat. *Acta Otolaryngol. Suppl.*, 1969 ; 254 : 1-66.

Gagey PM. Le bilan postural. *Agressol.*, 1987 ; 28 : 925-929.

Gangloff P, Louis JP, Perrin P. Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects. *Neurosci. Lett.*, 2000 ; 293 : 203-206.

Gangloff P, Perrin P. Unilateral trigeminal anaesthesia modifies postural control in human subjects. *Neurosci. Lett.*, 2002 ; 330 : 179-182.

Garbee WF. Craniomandibular orthopedics and athletic performance in the long distance runner: a three year study. *Cranio Clin. Int.*, 1991 ; 1 : 99-105.

Gauchard G, Lascombes P, Kuhnast M, Perrin P. Influence of different types of progressive idiopathic scoliosis on static and dynamic postural control. *Spine*, 2001 ; 26 : 1052-1058.



Gaudy JF, Arreto CD. Manuel d'analgésie en odontostomatologie. Masson, Paris, 1999, 174 pp.

Guyton AC. Neurophysiologie. Paris, Masson, 1984, 357 pp.

Hancock GR, Butler MS, Fischman MG. On the problem of two-dimensional error scores: measures and analyses of accuracy, bias, and consistency. *Journal of motor behavior*, 1995 ; 27 : 241-250.

Hongo T, Kudo N, Tanaka R. The vestibulospinal tract: crossed and uncrossed effects on hindlimb motoneurons in the cat. *Exp Brain Res.*, 1975 ; 24 : 37-55.

Hugel F, Cadopi M, Kohler F, Perrin Ph. Postural control of ballet dancers: a specific use of visual input for artistic purposes. *Int. J Sports Med.*, 1999 ; 20 : 86-92.

Huggare J, Harkness E. Association between head posture and dental occlusion. *J. Dent. Res.*, 1993 ; 72 : 255.

Isableu B, Ohlmann T, Crémieux J, Amblard B. Selection of spatial frame of reference and postural control variability. *Exp. Brain Res.*, 1997 ; 114 : 584-589.

Ivanenko YP, Grasso R, Lacquaniti F. Effect of gaze on postural responses to neck proprioceptive and vestibular stimulation in humans. *J. Physiol.*, 1999 ; 519 : 301-314.

Jacquart G, Strazielle C. Afférences trigémino-cérébelleuses de premier ordre mises en évidence par la méthode du double marquage en fluorescence retrograde chez le rat. *Bull. Assoc. Anat. (Nancy)*, 1990 ; 74 : 9-13.

Kaufman RS. Case reports of TMJ repositioning to improve scoliosis and the performance by athletes. *NY State Dent. J.*, 1980 ; 46 : 206-209.

Lacour M, Barthelemy J, Borel L, Magnan J, Xerri C, Chays A, Ouaknine M. Sensory strategies in human postural control before and after unilateral vestibular neurotomy. *Exp. Brain Res.*, 1997 ; 115 : 300-310.

Lacour M, Borel L. Vestibular control of posture and gait. *Arch. Ital. Biol.*, 1993 ; 131 : 81-104.

Lacour M, De Waele C. La compensation vestibulaire ou plasticité des fonctions vestibulaires. *In* : Magnan J, Freyss G, Conraux C (Eds), *Troubles de l'équilibre et vertiges*. Société française d'oto-rhino-laryngologie, Paris, 1997, pp. 123-139.

Leblanc A. Imagerie anatomique des nerfs crâniens. Méthode d'investigation pour l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et tomodensitométrie (CT). Springer-Verlag, Berlin, 1989, 277 pp.

Legent F, Perlemuter L, Vandembrouck C. Oreille, cahier d'anatomie ORL – Tome I. Masson, Paris, 1979, pp. 71-92.

Lestienne F, Berthoz A, Mascot JC, Koitcheva V. Effets posturaux induits par une scène visuelle en mouvement linéaire. *Agressologie*, 1976 ; 17C : 37-46.

Magnusson M, Enbom H, Johansson R, Pyykkö I. The importance of somatosensory information from the feet in postural control in man. *In* : T Brandt, W Paulus, W Bles, M Dieterich, S Krafczyk A Straube. *Disorders of posture and gait*. Thieme Verlag, Stuttgart, 1990, pp. 190-193.

Massion J. Fonctions motrices. *In* : *Encycl. Méd. Chir. (Neurologie)*. Elsevier SAS, Paris, 1994, 17-002-D-10, 21 pp.

Massion J, Viallet F. Posture, coordination, mouvement. *Rev. Neurol.*, 1990 ; 146 : 536-542.

Mesure S, Pellas F, Delarque A, Crémieux J. Contrôle visuel de la posture et entraînement : *In* : J Péliissier, V Brun, M Enjalbert (Eds) : *Problèmes en médecine de rééducation*. Masson, Paris, 1993, pp. 33-41.

Meyer J, Baron JB. Variation de l'activité tonique posturale orthostatique au cours d'une anesthésie régionale du trijumeau. *Agressol.*, 1973 ; 14 : 37-43.

Meyer J, Baron JB. La régulation posturale orthostatique. Participation des afférences du trijumeau. Application au tir sportif. *Sport et médecine*, 1981 ; 8 : 31-34.

Nashner LM, Black FO, Wall C. Adaptation to altered support and visual conditions during stance. *J. Neuroscience*. 1982 ; 2 : 536-544.

Nishimura Y, Asahara T, Higuchi K, Tanaka T. Synaptic inhibition of accessory motoneurons evoked by stimulation of the trigeminal nerve in the cat. *Brain Res.*, 1992 ; 585 : 291-294.

Nobili A, Adversi R. Relationship between posture and occlusion: a clinical experimental investigation. *J. Craniomandib. Pract.*, 1996 ; 14 : 274-285.

Paulus WM, Straube A, Brandt T. Visual stabilization of posture: physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain*, 1984 ; 107 : 1143-1163.

Pavard B, Berthoz A, Lestienne F. Rôle de la vision dans l'évaluation du mouvement linéaire. Interaction visuo-vestibulaire et effets posturaux. *Le travail humain*, 1976 ; 39 : 115-138.

Pélissier J, Brun V, Enjalbert M. Posture, équilibration : quelques repères pour le rééducateur. *In* : J Pélissier, V Brun, M Enjalbert (Eds) : Posture, équilibration et médecine de rééducation. Masson, Paris, 1993, 26, pp. 1-9.

Penfield, W, Rasmussen T. The cerebral cortex of man - A clinical study of localization of function. Macmillan, New-York, 1957.

Perrin C, Conraux C, Collard C, Freyss G, Sauvage JP. L'équilibre en pesanteur et impesanteur. Arnette, Paris, 1987, 413 pp.

Perrin P, Jeandel C, Perrin CA, Bene MC. Influence of visual control, conduction, and central integration on static and dynamic balance in healthy older adults. *Gerontology*, 1997 ; 43 : 223-231.

Perrin P, Lestienne F. Mécanismes de l'équilibration humaine : exploration fonctionnelle, application au sport et à la rééducation. Masson, Paris, 1994, 165 pp.

Perrin P, Perrin C. Sensory afferences and motor control of equilibrium using static and dynamic posture tests. *Ann. Otolaryngol. Chir. Cervicofac.*, 1996 ; 113 :133-146.

Perrin P, Perrot C, Deviterne D, Denis G, Schneider D. Intérêt de la crâniocorpographie dans l'évaluation des afférences somatosensorielles. *STAPS*, 1998 ; 46-47 : 53-64.

Perrin P, Perrot C, Deviterne D, Ragaru B, Kingma H. Dizziness in discus throwers is related to motion sickness generated while spinning. *Acta. Otolaryngol.*, 2000 ; 20 : 390-395.

Pinganaud G, Bourcier F, Buisseret-Delmas C, Buisseret P. Primary trigeminal afferents to the vestibular nuclei in the rat: existence of a collateral projection to the vestibulo-cerebellum. *Neurosci. Lett.*, 1999 ; 264 : 133-136.

Pompeiano O, Brodal A. Spino-vestibular fibers in the cat. An experimental study. *J. Comp. Neurol.*, 1957 ; 108 : 353-382.

Pompeiano O, Mergner T, Corvaja N. Commissural, perihypoglossal and reticular afferent projections to the vestibular nuclei in the cat : an experimental anatomical study with horseradish peroxidase. *Arch. Ital. Biol.*, 1978 ; 116 : 130-172.

Pozzo T, Berthoz A. Physiologie du système vestibulaire et troubles de l'équilibre locomoteur. *In* : P Dupont (Eds) : *Les troubles de l'équilibre*. Frison-Roche, Paris, 1992, pp. 11-25.

Rigal R. Motricité humaine ; fondements et applications pédagogiques – Tome I. Vigot, Québec, 1985, pp. 231-254.

Ripoll H. Stratégies oculomotrices impliquées dans l'exécution des habiletés sportives de précision. *In* : G Azémar, D Beaubaton, A Durey (Eds) : *Neurosciences du sport*. INSEP, Paris, 1987, pp. 301-328.

Rohen JW, Yokochi C, Lütjen-Drecoll E. Anatomie humaine : atlas photographique d'anatomie systématique et topographique. 3<sup>ème</sup> éd. Maloine, Paris, 1999, 486 pp.

Roll JP, Roll R. La proprioception extra-oculaire comme élément de référence posturale et de lecture spatiale des données rétinienne. *Agressol.*, 1987 ; 28 : 905-912.

Roman S, Thomassin JM. Physiologie vestibulaire. *In* : *Encycl. Méd. Chir. (Oto-Rhino-Laryngologie)*. Elsevier SAS, Paris, 2000, 20-198-A-10, 14 pp.

Rozenzweig D, Rozenzweig G, Laxenaire M, Flot F. Algies et dysfonctionnements de l'appareil manducateur. Propositions diagnostiques et thérapeutiques. *CdP*, Paris, 1994, 487 pp.

Rouvière H, Delmas A. Anatomie humaine descriptive, topographique et fonctionnelle, Vol. 1, Tête et cou. 14<sup>ème</sup> éd. Masson, Paris, 1997, 608 pp.

Sans A, Raymond J. Fonction vestibulaire et équilibration. *In* Y. Guerrier and A. Uziel, *Physiologie neurosensorielle en ORL*. Masson, Paris, 1983, pp. 130-165.

Sauvage JP, Orsel S, Morin R. Physiologie vestibulaire. *In* : *Encycl. Méd. Chir. (Oto-rhino-laryngologie)*. Paris, 1992 ; 20-037-A-10 : 15 pp.

Schulmann DL, Godfrey B, Fisher AG. Effect of eye movements on dynamic equilibrium. *Phys. Ther.*, 1987 ; 67 : 1054-1059.

Sharifi R, Pourreyron L. Occlusion Performances motrices. *Inf. Dent.*, 1998 ; 36 : 2689-2694.

Sharifi Milani R, Deville De Perriere D, Lapeyre L, Pourreyron L. Relationship between dental occlusion and posture. *J. Craniomandib. Pract.*, 2000 ; 18 : 127-134.

Shinoda Y, Ohgaki T, Futami T, Sugiuchi Y. Vestibular projections to the spinal cord : the morphology of single vestibulospinal axons. *Prog. Brain Res.*, 1988 ; 76 : 17-27.

Simpson JI. The accessory optic system. *Ann. Rev. Neurosci.*, 1984 ; 7 : 13-41.

Smith SD. Adjusting mouthguards kinesiology in professional football players. *NY State Dent. J.*, 1982 ; 48 : 298-301.

Strazielle C. Etude neuroanatomique des voies et sites trigéminaux et non trigéminaux impliqués dans le système manducateur à l'aide de marqueurs vitaux en fluorescence et histochimie chez le rat. Th. Doct. Univ. : Neurosciences, Nancy 1, 1996 : 173 pp.

Thoumie P, Do MC. Changes in motor activity and biomechanics during balance recovery following cutaneous and muscular deafferentation. *Exp. Brain. Res.*, 1996 ; 110 : 289-297.

Tolu E, Pugliatti M. The vestibular system modulates masseter muscle activity. *J. Vestib. Res.*, 1993 ; 3 : 163-171.

Unterberger S. Neue objective registrierbare Vestibularis-Drehreaktion, erhalten durch Treten auf der Stelle. Der "Tretversuch". *Archiv für Ohr.-, Nas.- und Kehlkopf Heilkunde*, 1938 ; 145 : 478.

Ventre-Dominey J, Dominey PF, Sindou M. Extraocular proprioception is required for spatial localization in man. *Neurorep.*, 1996 ; 7 : 1531-1535.

Woda A. *Abrégé de physiologie oro-faciale*. Paris, Masson, 1983, 229 pp.

Zelena J, Soukup T. The in-series and in-parallel components in rat hindlimb tendon organs. *Neurosci.* 1983 ; 9 : 899-910.

## **XII. ANNEXES**

### **XII.1. Publications internationales à comité de lecture**

1. *Neuroscience Letters*. 2000 ; 293 : 203-206
2. *Neuroscience Letters*. 2002 ; 330 : 179-182.
3. *Neuroscience Letters*. 2002 ; 329 : 96-100.
4. *International Journal of Neuroscience*. (accepté).

### **XII.2. Communication à des congrès scientifiques**

5. Communications à des congrès scientifiques

**Annexe 1 :**

***Neuroscience Letters***

**Gangloff P, Louis JP, Perrin P**

**2000 ; 293 : 203-206.**



## Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects

Pierre Gangloff<sup>a,b,c</sup>, Jean-Paul Louis<sup>c</sup>, Philippe P. Perrin<sup>a,b,d,\*</sup>

<sup>a</sup>*Equilibration et Performance Motrice, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (UFR STAPS), Université Henri Poincaré-Nancy 1, 30 rue du Jardin Botanique, 54600 Villers-lès-Nancy, France*

<sup>b</sup>*National Institute for Health and Medical Research (INSERM), U 420, Faculté de Médecine, Vandoeuvre-lès-Nancy, France*

<sup>c</sup>*Faculté de Chirurgie Dentaire, Université Henri Poincaré-Nancy 1, Nancy, France*

<sup>d</sup>*Laboratoire d'Exploration Fonctionnelle, Service ORL, Centre Hospitalier Universitaire de Nancy, Vandoeuvre-lès-Nancy, France*

Received 19 July 2000; received in revised form 13 September 2000; accepted 14 September 2000

### Abstract

Repercussion of dental occlusion was tested upon postural and gaze stabilization, the latter with a visuo-motor task evaluated by shooting performances. Eighteen permit holders shooters and 18 controls were enrolled in this study. Postural control was evaluated in both groups according to four mandibular positions imposed by interocclusal splints: (i) intercuspisal occlusion (IO), (ii) centric relation (CR), (iii) physiological side lateral occlusion and (iv) controlateral occlusion, in order to appreciate the impact of the splints upon orthostatism. Postural control and gaze stabilization quality decreased, from the best to the worst, with splints in CR, IO and lateral occlusion. In shooters, the improvement in postural control was parallel to superior shooting performance. A repercussion of dental occlusion upon proprioception and visual stabilization is suggested by these data. © 2000 Elsevier Science Ireland Ltd. All rights reserved.

**Keywords:** Posture; Dental occlusion; Gaze stabilization; Proprioception; Visual afferences; Trigeminal afferences

Dental occlusion studies reported in the past few years have allowed to postulate a possible relationship between dental occlusion and posture control [1,8,12]. Empirically, coaches advise high level sportsmen to wear occlusal splints during competitions in order to increase motor performances in such sports as baseball [9], football [15] and race-running [5].

When in the upright position, permanent oscillations are generated to maintain balance. Sensorial afferences are provided from proprioceptive, tactile, vestibular and visual receptors. Proprioception of the mandibular system, which arises from the masticatory muscular system and dento alveolar ligaments is secured by the trigeminal nerve (fifth cranial nerve) [14].

Alterations of the manducatory system, resulting from lesions in the masticatory muscles or dento alveolar ligaments, could induce a perturbation of the visual stabilization, and generate postural imbalances. This might prove especially damageable in activities requiring the best possible balance, such as professional shooters.

Complex nervous interactions regulate the function of oculo-cephalogyr synergetic centres. Such interactions can help in maintaining a proper masseter tone in order to keep the mandibular axis in the correct position [16]. Besides, Buisseret-Delmas et al. [3] and Pinganaud et al. [13] have demonstrated the existence of relationships between trigeminal and vestibular nuclei in the rat. As vestibular inputs represent an important afferent way for postural stabilization, position of the mandibular axis could impact on postural control.

Here we report a study devised to determine a possible repercussion of dental occlusion on postural control and gaze stabilization.

Thirty-six subjects were included in the study. All of them provided informed consent prior to the study. None of them had had, during the past 6 months, muscular, joint or bone lesions of the lower limbs, possibly interfering with postural control. Subjects with meniscus subluxation or luxation of the temporo mandibular joint were excluded from the study.

First, 18 subjects with irreproachable bucco dental hygiene were included as a control group for postural evaluation (P group) in various conditions of induced abnor-

\* Corresponding author. Fax: +33-383-902-842.

E-mail address: philippe.perrin@staps.uhp-nancy.fr (P.P. Perrin).

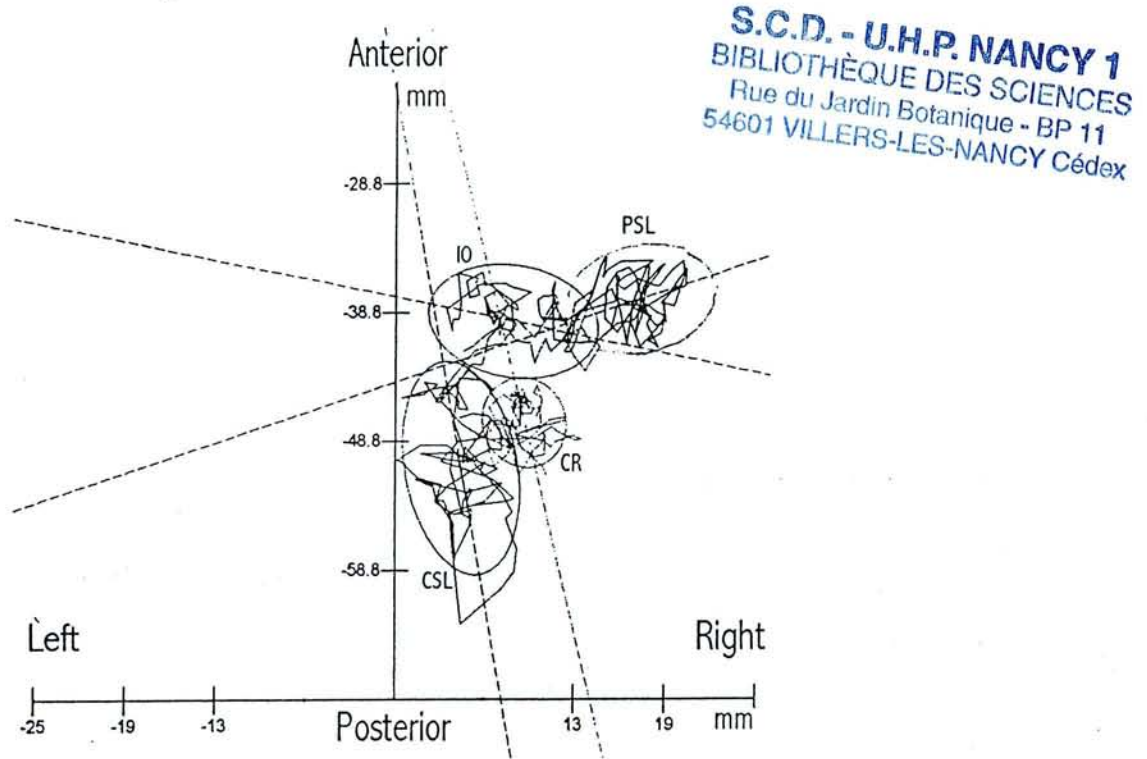


Fig. 1. Statokinesigrams. Typical curves obtained in four occlusal positions: centric relation (CR), intercuspatal occlusion (IO), physiological side (PSL) and contralateral side lateralities (CSL) for the same subject.

mal dental occlusion. Then, 18 high level shooters were tested to appreciate gaze stabilization with the same type of dental occlusion disruption (GS group).

Spontaneous occlusion defaults in the frontal plane were evaluated for the 36 subjects in order to determine their chronic deviation side, which corresponds to the physiological side of this deviation.

To evaluate repercussions of dental occlusion experimental modifications, the mandibular position was jammed in four defined positions. Intercuspatal occlusion (IO) was obtained by asking the subject to clench his/her teeth. This position is neutral but not symmetric, occlusion defaults being noted in majority of the general population. For the three other positions, specific artefacts were prepared for each subject using autopolymerizable resin wedges (GC, Tokyo, Japan) on articulators incisor shafts, frontal plane gaps being reproducible. Centric relation (CR) was attained by placing the mandibular condyles in a symmetric position in their respective glenoid cavity. This position is achieved using specific indented occlusion waxes by a bimanual manipulation of each subject's mandible and controlled with a second manipulation in order to verify occlusion similarity. This corresponds to a facial symmetric position, and achieves neuromuscular equilibrium. For laterality occlusion positions, a mandibular gap of 3 mm was set in the frontal plane on the right or the left. IO was considered to determine reference laterality. The first side of laterality was considered that corresponding to the side of

gap between IO and CR. Subjects never were aware of the splint they were wearing.

Posturographic measurements (QFP Systèmes, Nice, France) were recorded in the same place and environmental conditions for all P group subjects. Centre of foot pressure (CFP) displacements were recorded during 20 s and represented by a statokinesigram (Fig. 1). For each occlusion position, one test was recorded in eyes open condition and then a second one in eyes closed condition.

Body oscillation was evaluated by computing the displacement of the CFP over time and by measuring the sway area contained in the confidence ellipse including 90% of the positions sampled. This procedure eliminates 10% of the extreme points in order to delete CFP values which could be induced by quasivoluntary movements not indicative of the amount of postural sway [10]. Oscillation surface is a statistic measurement of the dispersion of CFP and therefore a precise evaluation of how the postural system stabilizes the subject in relation to his environment [4]. Data were expressed as median, first quartile and third quartile values. The energy used by the subject to stand steady [7] was then appreciated by the coefficient X way area (XWA), which was calculated as follows:  $XWA = ((4 - W)/(4 - A)) \times WA$ .

In the GS group, four series of five shots (shooting distance: 10 m) were performed in each of the four predefinite mandibular positions. In accordance with their discipline, shooters used their own airgun or air rifle. After each round of shots, the score and accuracy were recorded.

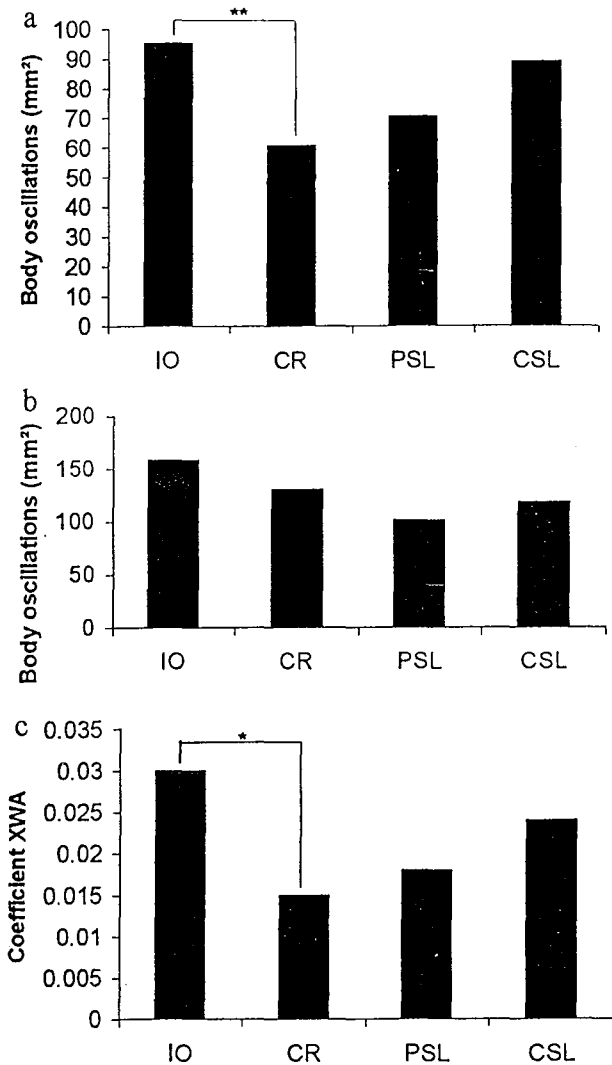


Fig. 2. Body oscillation surface in eyes open (a) and closed (b) conditions and XWA coefficient (eyes open condition) (c) during 20 s record according to dental occlusion position (median). IO, intercuspal occlusion. CR, centric relation. PSL, physiological side laterality occlusion. CSL, controlateral side laterality occlusion.

Centroid coordinates were used to calculate the bidimensional variable error (BVE), which represents a shooting dispersion surface evaluation [6].

For the P group, a non-parametric statistic test (*t* of Wilcoxon and Spearman) was used to compare the four series of measurements. For the GS group, Student's *t*-test allowed to compare the results.

For postural performances, the lowest surface covered by the CFP was noted in eyes open condition in CR (median: 60.8 mm<sup>2</sup>. First quartile: 41.7 mm<sup>2</sup>; third quartile: 106 mm<sup>2</sup> for the 20 s recording). Surface values were higher for the three other mandibular positions: 95.2 mm<sup>2</sup> (59.4–114) in IO, 70.6 mm<sup>2</sup> (54.8–149.3) in physiological side laterality (PSL) and 89.1 mm<sup>2</sup> (65.4–108.3) in controlateral side laterality (CSL). In eyes closed condition, the median was

130.05 mm<sup>2</sup> (79.6–198.1) in CR; 157.7 mm<sup>2</sup> (97.4–197.1) in IO; 100.3 mm<sup>2</sup> (85.4–148.8) in PSL and 117.8 mm<sup>2</sup> (82.8–209.6) in CSL (Fig. 2a,b).

The median XWA coefficient, in eyes open condition, was 0.015 (0.011–0.025) in CR; 0.018 (0.011–0.042) in PSL; 0.024 (0.013–0.037) in CSL and 0.030 mm<sup>3</sup> (0.015–0.038) in IO (Fig. 2c). A statistically significant difference was noted for the surface parameter in eyes open condition ( $P < 0.01$ ) and for the XWA coefficient between CR and IO ( $P < 0.05$ ).

In the GS group, the mean score was 40.3 points ( $\pm 4.4$ ) in IO; 43.3 points ( $\pm 4.8$ ) in CR; 41.1 points ( $\pm 4.7$ ) in PSL and 40.7 points ( $\pm 4.8$ ) in CSL (Fig. 3a). A statistically significant difference was noted between CR and IO ( $P < 0.01$ ) and between CR and CSL ( $P < 0.05$ ). The mean BVE was 1.82 ( $\pm 0.94$ ) in CR, 2.16 ( $\pm 0.80$ ) in IO, 2.18 ( $\pm 1.09$ ) in PSL and 2.31 points ( $\pm 1.31$ ) in CSL (Fig. 3b). A statistically significant difference was noted between CR and IO ( $P < 0.05$ ).

The best results were always obtained in CR. Laterality occlusions induced a tendency towards lower body stabilization, and an increase of energy consumption for postural control. A better performance and a decrease of shooting dispersion surface was observed when GS subjects had occlusion set in PSL rather than in CSL.

A hierarchy can therefore be established for both groups,

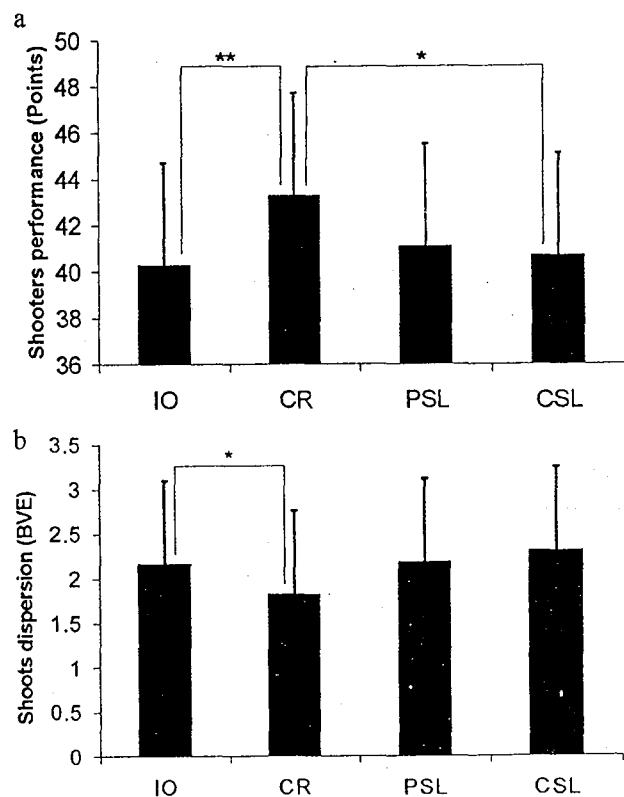


Fig. 3. Shooters performance (a) and shoots surface dispersion (BVE) (b) according to dental occlusion (mean). IO, intercuspal occlusion. CR, centric relation. PSL, physiological side laterality occlusion. CSL, controlateral side laterality occlusion.

from the best to the worst: CR, IO and laterality occlusion. No difference was noted between the two sides of laterality.

The data reported in this study demonstrate a clear relationship between dental occlusion and postural control. A better balance control and improved shooting performances were obtained when occlusion was artificially set on the CR, a position providing a facial symmetric position and neuro-muscular equilibrium. The relationship observed here between this proprioceptive and motor output aiming to gaze stabilization by oculo-motricity and to posture stability by lower limbs extensor tone adaptation, suggests a role of trigeminal afferences in posture control. Occlusal perturbation modifies the myo-joint proprioception, one of the sensorial inputs crucial for balance control. Moreover, dento-muscular-joints afferences of the manducator system project on the accessory nerve (XI) nucleus in charge of sterno cleido mastoidal and trapeze muscles motricity. By intervening on the tonic motricity of the neck muscles, trigeminal afferences are likely to infer on the fine regulation of orthostatic posture [11].

For shooters, the lower performance and increase of shooting dispersion surface when the mandible was in a unwedged position indicate that gaze stabilization is not optimal in this however natural circumstance. Meyer et al. [11] have shown relationships between dento-muscular-joints afferences and the cranial nerve nucleus, responsible for ocular motricity (oculo motor nerve: III; trochlear nerve: IV; abducens nerve: VI). This oculo trigeminal relation was demonstrated by Buisseret et al. [2], using peroxydase injection into oculo motor muscles as a marker which diffuses in the Gasser node, in the caudal sub nucleus of the trigeminal nerve and in the cervical brainstem (C1-C2). Furthermore, Buisseret-Delmas et al. [3] have shown that, in vestibular nuclei (VN), sensory information from facial receptors is added to that retrieved from proprioceptive afferences of the neck and body. The connections of the respective zones of the VN receiving trigeminal afferents suggest that sensory inputs from the face may influence vestibular control of eye and head movements. Pinganaud et al. [13] have shown that neurons in the caudal part of the trigeminal mesencephalic nucleus project mainly to the medial, inferior and lateral VN and moderately to the peripheral part of the superior vestibular nucleus. These authors have suggested that these anatomical relations are involved in mechanisms of eye-head coordination. For high level shooters, obtaining high level performances requires both the obtention of a perfect visuo-motor task for aiming and an optimal regulation of orthostatic postural tonic activity for body stability. The two complementary parts of our study tested both the proprioceptive input and gaze stabilization, and demonstrate repercussions of experimental dental occlusion modification on both parts of this possible sensori-motor chain.

The better results obtained when dental occlusion was set in CR could be explained by the optimal symmetry achieved in such conditions. Our data suggest that such divides as prepared here to set the mandible in CR could be proposed to high level sportsmen requiring optimal balance control in the practice of their sport. Better postural control performances in PSL than in CSL could be explained by a possible adaptation or habituation mechanism for their chronic mandibular unwedge.

- [1] Bracco, P., Observations on the correlation between posture and jaw position: a pilot study, *J. Craniomandib. Pract.*, 16 (1998) 252–258.
- [2] Buisseret, P., Primary projection of receptors of extrinsic ocular muscles: anatomical results, *Agressologie*, 32 (1991) 178–179.
- [3] Buisseret-Delmas, C., Compoin, C., Delfini, C. and Buisseret, P., Organisation of reciprocal connections between trigeminal and vestibular nuclei in the rat, *J. Comp. Neurol.*, 401 (1999) 153–168.
- [4] Gagey, P.M., Le bilan postural, *Agressologie*, 28 (1987) 925–929.
- [5] Garbee, W.F., Craniomandibular orthopedics and athletic performance in the long distance runner: a three year study, *Cranio Clin. Int.*, 1 (1991) 99–105.
- [6] Hancock, G.R., Butler, M.S. and Fischman, M.G., On the problem of two-dimensional error scores: measures and analyses of accuracy, bias, and consistency, *J. Mot. Behav.*, 27 (1995) 241–250.
- [7] Hugel, F., Cadopi, M., Kohler, F. and Perrin, Ph., Postural control of ballet dancers: a specific use of visual input for artistic purposes, *Int. J. Sports Med.*, 20 (1999) 86–92.
- [8] Huggare, J. and Harkness, E., Association between head posture and dental occlusion, *J. Dent. Res.*, 72 (1993) 255.
- [9] Kaufman, R.S., Case reports of TMJ repositioning to improve scoliosis and the performance by athletes, *NY State Dent. J.*, 46 (1980) 206–209.
- [10] Lacour, M., Barthelemy, J., Borel, L., Magnan, J., Xerri, C., Chays, A. and Ouaknine, M., Sensory strategies in human postural control before and after unilateral vestibular neurotomy, *Exp. Brain Res.*, 115 (1997) 300–310.
- [11] Meyer, J. and Baron, J.B., La régulation posturale orthostatique. Participation des afférences du trijumeau. Application au tir sportif, *Sport Méd.*, 8 (1981) 31–34.
- [12] Nobili, A. and Adversi, R., Relationship between posture and occlusion: a clinical experimental investigation, *J. Craniomandib. Pract.*, 14 (1996) 274–285.
- [13] Pinganaud, G., Bourcier, F., Buisseret-Delmas, C. and Buisseret, P., Primary trigeminal afferents to the vestibular nuclei in the rat: existence of a collateral projection to the vestibulo-cerebellum, *Neurosci. Lett.*, 264 (1999) 133–136.
- [14] Rouvière, H. and Delmas, A., *Anatomie Humaine Descriptive, Topographique et Fonctionnelle*, Vol. 1, Tête et cou, Masson, Paris, 1974, 608 pp.
- [15] Smith, S.D., Adjusting mouthguards kinesiologically in professional football players, *NY State Dent. J.*, 48 (1982) 298–301.
- [16] Tolu, E. and Pugliatti, M., The vestibular system modulates masseter muscle activity, *J. Vestib. Res.*, 3 (1993) 163–171.

**Annexe 2 :**

***Neuroscience Letters***

**Gangloff P, Perrin P**

**2002 ; 330 : 179-182**

## Unilateral trigeminal anaesthesia modifies postural control in human subjects

Pierre Gangloff<sup>a,b,c</sup>, Philippe P. Perrin<sup>a,c,d,\*</sup>

<sup>a</sup>National Institute for Health and Medical Research (INSERM), U 420, Faculté de Médecine, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

<sup>b</sup>Faculté de Chirurgie Dentaire, Université Henri Poincaré-Nancy 1, Nancy, France

<sup>c</sup>Equilibration et Performance Motrice, UFR STAPS, Université Henri Poincaré-Nancy 1, 30 rue du Jardin Botanique, 54600 Villers-lès-Nancy, France

<sup>d</sup>Laboratoire d'Exploration Fonctionnelle, Service ORL, Centre Hospitalier Universitaire de Nancy, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

Received 22 March 2002; received in revised form 9 July 2002; accepted 10 July 2002

### Abstract

The influence of trigeminal afferences on postural stabilization was tested. Twenty-seven subjects were recruited to evaluate the impact of trigeminal disturbance on orthostatic postural control before and after unilateral truncular anaesthesia of the mandibular nerve. Balance control quality was assessed using static posturography by means of statokinesigrams and lateral deviation. Postural control monitored by measuring the area covered by the centre of foot pressure decreases after anaesthesia in the eyes open condition. Postural deviation in the eyes closed condition was observed after anaesthesia in the contralateral side of anaesthesia. These data document the effects of trigeminal afferences on postural stabilization. © 2002 Elsevier Science Ireland Ltd. All rights reserved.

**Keywords:** Posture; Proprioception; Afferent pathways; Visual pathways; Vestibular nuclei; Trigeminal nerve; Anaesthesia; Local

In the orthostatic condition, the human body oscillates continuously to maintain balance control. Sensorial afferences are provided from proprioceptive, tactile, visual and vestibular receptors. Proprioception of the mandibular system, arising from the masticatory muscular system receptors (neuromuscular spindles, Golgi tendon organs), the periodontal ligament receptors (thick, myelinated and encapsulated nerve endings) or the temporo mandibular joint (TMJ) receptors (Ruffini and Pacini corpuscles or Golgi tendon organs in periarticular tissues and free nervous endings in the subsynovial space) is secured by the trigeminal nerve (the largest cranial nerve) [15]. Unilateral thermocoagulation for trigeminal neuralgia induces proprioceptive deafferentation. Performance measurements of manual pointing to foveated visual targets have shown that extraocular proprioception is required for spatial localization in man [20]. Relationships between the trigeminal nucleus and vestibular nuclei (VN) have been demonstrated

in the rat [3,14]. Sensorial afferences are integrated by VN inducing reflex motor responses in the lower limbs (vestibulo-spinal reflex) [13]. Relationships between the trigeminal nucleus and the oculomotor system have been reported [2]. An experimental 'modification' of trigeminal afferences could alter visual dynamic postural attitude [17] and gaze or posture stabilization in human subjects [7]. The medial longitudinal fasciculus, linking nerves V, III, IV, VI and XI, is the most important brainstem association path and links the different oculo-cephalogynergetic centres [12]. These inter-relations show that the information contributed by the trigeminal afferent could be linked to the other types of afferences involved in balance control. Perturbation in the manducator system, coming from the masticatory muscles, the periodontal ligaments or the TMJ, could therefore induce postural control perturbation due to the relations between several nerve nuclei within the brainstem. The contribution of proprioception input from the legs to postural control was evidenced using a bilateral ischaemia appliance at ankle or thigh level [6]. The importance of somatosensory inputs from the plantar soles to postural control was investigated using ice-cold water [11] and local anaesthesia [18]. Comparing the EMG responses of the soleus and tibialis anterior muscles with and without

\* Corresponding author. Equilibration et Performance Motrice, UFR STAPS, Université Henri Poincaré-Nancy 1, 30 rue du Jardin Botanique, 54600 Villers-lès-Nancy, France. Tel.: +33-383-682-929; fax: +33-383-154-647.

E-mail address: philippe.perrin@staps.uhp-nancy.fr (P.P. Perrin).



anaesthesia during balance perturbation shows that these inputs play a marked role in postural control regulation [18].

The aim of this study was to determine the contribution and the impact of trigeminal proprioception on postural control.

Twenty-seven patients (16 men and nine women, mean age  $28 \pm 7$  years old) requiring removal of the third mandibular molar were recruited for this study. Subjects with trigeminal afference perturbations due to meniscus subluxation or luxation of the TMJ were excluded from the study.

To evaluate the impact of unilateral truncular anaesthesia of the trigeminal nerve on postural performance, mepivacaine was injected at the position of the Spix thorn on the internal side of the mandibular ramus [8]. Lingual mucosa from the third molar to the second premolar and the mandibular bone, vestibular mucosa from the second premolar to midline and chin skin became anaesthetized on the side of injection. The after anaesthesia (AA) condition was recorded once the lower hemi-lip was insensitive (1–5 min after injection, due to anatomical variations within the population). In order to nullify the effect of the simple prick in the AA condition, the oral mucosa has been stimulated before anaesthesia (BA), this stimulation being usual in order to obtain anatomical marks before injection.

All subjects underwent a static posturographic test on a vertical force platform (QFP Systèmes, Nice, France) to record the centre of foot pressure (CFP) displacements. The subject was required to remain as stable as possible but relaxed, standing barefoot on the platform, focusing on a mark 2 m away. Measurements were recorded for 20 s and the successive positions of CFP were displayed on a statokinesigram, successively BA in eyes open (EO) and eyes closed (EC) conditions and then AA in EO and EC (Fig. 1).

The parameters collected were the body sway or way ( $W$ ) and the sway area ( $A$ ) covered by the CFP. Assuming  $A$  serves as an accurate indicator of postural balance and  $W$  reflects the energy consumption,  $W/A$  indicates the energy used by the subject to stand steady [9]. Romberg quotients ( $EC_W/EO_W$  and  $EC_A/EO_A$ ) determining the extent of the visual contribution were calculated. The  $X$  mean position of CFP was noted in EO and EC, AA and BA. The body positions in the frontal plane could therefore be compared. Two groups were defined according to the side of the postural deviation (homolateral or contralateral side of anaesthesia).

Non-parametric tests are the most appropriate according to the size of the studied sample. Comparisons were performed for way, area,  $W/A$  ratio, BA and AA in EO and EC using the Friedman and Wilcoxon tests. Comparisons between Romberg's quotients were performed using the Student's  $t$ -test. The postural deviation between AA and BA was compared using a  $\chi^2$  statistic test.

Global heterogeneity was noted for way values ( $P < 0.001$ ), area values ( $P < 0.01$ ) and  $W/A$  values ( $P < 0.01$ ). The lowest median way covered by CFP was noted in EO BA (150.1 mm, first quartile: 131.6 mm; third

quartile, 168.1 mm for the 20 s recording). Way values were higher for the three other conditions: 192.8 mm (141.2–258.8) in EC BA, 161.1 mm (122.5–172.3) in EO AA and 191.5 mm (169.3–255) in EC AA. Significant differences were noted between EO BA and EC BA ( $P < 0.01$ ), between EO BA and EC AA ( $P < 0.001$ ), between EO AA and EC BA ( $P < 0.01$ ), and between EO AA and EC AA ( $P < 0.001$ ) (Fig. 2). The lowest median area covered by CFP was noted in EO BA:  $84.4 \text{ mm}^2$  (57.8–102.4). Area values were higher in the three other conditions:  $114.1 \text{ mm}^2$  (71.3–181.1) in EC BA,  $113.5 \text{ mm}^2$  (69.3–163.9) in EO AA and  $126.8 \text{ mm}^2$  (62.3–220.7) in EC AA. Significant differences were noted between EO BA and the three other conditions (EO AA, EC BA and EC AA;  $P < 0.001$ ) (Fig. 2). The highest median  $W/A$  was noted in EC BA: 1.85 (1.33–2.07).  $W/A$  values were lower for the three other conditions: 1.83 (1.57–2.47) in EO BA, 1.34 (1.05–2.36) in EO AA and 1.71 (1.07–2.8) in EC AA. Significant differences were noted between EO BA and EO AA ( $P < 0.01$ ), and between EO BA and EC BA ( $P < 0.05$ ). The highest area mean of Romberg's quotient was noted BA ( $1.7 \pm 0.8$ ). The mean AA was  $1.5 \pm 1.5$ . No significant differences were noted

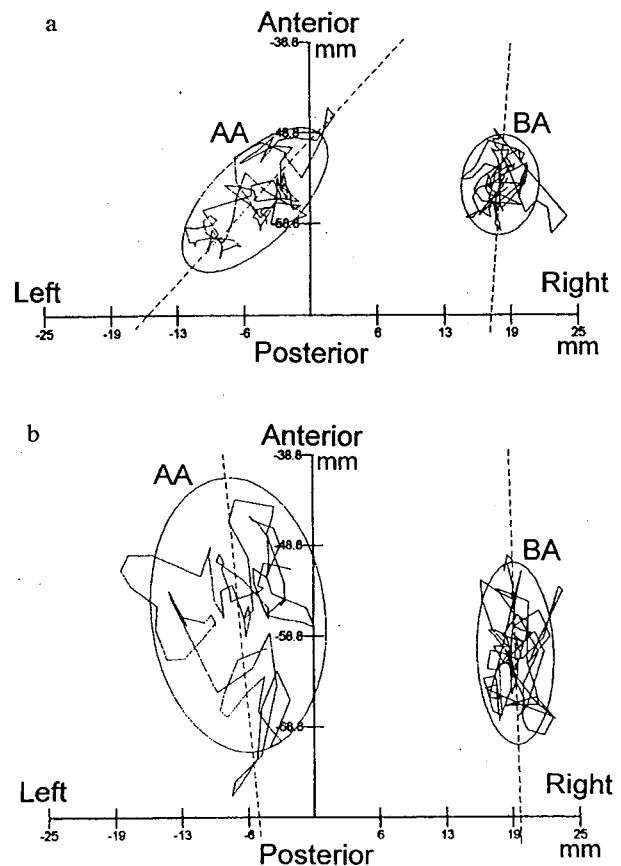


Fig. 1. Statokinesigrams. Body sway (broken line) and sway area (confidence ellipse including 90% of the centre-of-force positions sampled) over a recording period of 20 s before (BA) and after (AA) right trigeminal anaesthesia in eyes open (a) and eyes closed (b) conditions for the same subject.

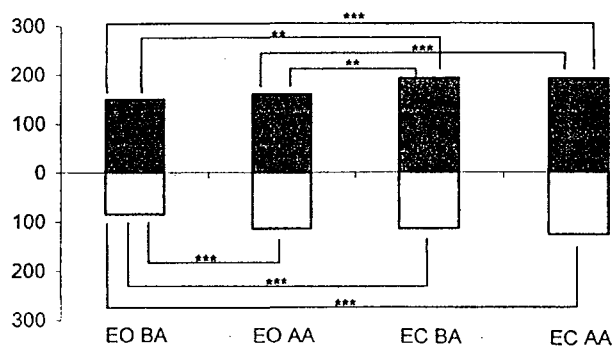


Fig. 2. Postural control performance, median values of body sway (mm, dark grey) and sway area ( $\text{mm}^2$ , light grey) (see Fig. 1) recorded before (BA) and after (AA) trigeminal anaesthesia in eyes open (EO) and eyes closed (EC) conditions.

between BA and AA conditions. The highest way mean of Romberg's quotient was noted BA ( $1.4 \pm 0.5$ ). The mean AA was  $1.4 \pm 0.5$ . No significant differences were noted between BA and AA.

In EO, the X mean position was modified in the contralateral side of anaesthesia for 14 subjects and in the homolateral side of anaesthesia for 13 subjects (NS). In EC, the X mean position was displaced to the contralateral side of anaesthesia for 21 subjects and to the homolateral side of anaesthesia for six subjects. A significant difference was noted in EC ( $\chi^2 = 3.97$ , degrees of freedom = 1,  $P < 0.05$ ) (Table 1).

This study demonstrates a significant relationship between trigeminal anaesthesia and postural control. First, postural control for area deteriorated significantly in EO after anaesthesia. Second, CFP was displaced in the contralateral side of anaesthesia in EC.

Unilateral anaesthesia of trigeminal afferences of the manducatory region, one of the items of sensorial information of balance control, degrades posture performance. Trigeminal afferences may have repercussions on the fine regulation of orthostatic posture by intervening on the tonic motricity of the sternocleidomastoid (SCM) and trapeze muscles [12]. Modification of the head position is induced because of the relations between the V and XI motor nerves via the medial longitudinal fasciculus [12]. An inhibition of the masseter muscles and co-inhibition of the SCM muscles after trigeminal stimulation was obtained mechanically by a chin tap and electrically by anterior maxillary gum stimula-

tion [1]. Postural control is impaired when trigeminal proprioception inputs are blocked by anaesthesia, head posture being modified because of masseter and SCM muscle inhibition. In our study, postural control is worse not only when visual inputs are removed, but also when trigeminal afferences are blocked.

Experimentally, a tracer wheat germ agglutinin (WGA-HRP) injected in a cat into the extraocular muscles, highlighting all the way of the trigeminal tractus from the mesencephalus to the first cervical level of brainstem, shows relations between extraocular afferences and the Gasser ganglion [2]. Balance control was better when subjects regained visual inputs and was best when subjects had no perturbation. Sensory information from facial receptors in addition to that from the neck and body was evidenced in VN [3]. WGA-HRP, biocytin or biotinylated dextran amine (BDA) were injected into the trigeminal nuclei or VN in order to establish a prominent relation between these two structures. Delfini et al. [4] have investigated dentato-vestibular projections in the rat using either BDA as an anterogradely and retrogradely transported tracer in the cerebellar nucleus lateralis (which is implicated in the control of vestibulo-oculomotor mechanisms) or a complex of WGA-HRP coupled to colloidal gold as a retrogradely transported tracer in the VN. They conclude that dentato-vestibular connections related to postural and vestibulo-oculomotor functions exist.

Facial afferences complement those from the neck and lower spinal levels in supplying important somatosensory information from the face and eye muscles. The connections of the respective zones of the VN receiving trigeminal afferences suggest that sensory inputs from the face may influence vestibular control of eye and head movements. Neurons in the caudal part of the trigeminal mesencephalic nucleus project mainly to the medial, inferior and lateral VN and moderately to the peripheral part of the superior VN, demonstrating that individual neurons of the mesencephalic trigeminal nucleus send collaterals to the VN [14]. These results suggest that these anatomical connections are involved in mechanisms of eye/head coordination. Furthermore, vestibular signals may modulate the activity of trigeminal motor units innervating masticatory muscles, suggesting that extrageminal afferences may control the contraction of these muscles [5,19]. Vestibular input elicited an excitatory tonic control on masseter muscle activity and vestibular maculae input exerted an asymmetrical control on masseter muscles of both sides in relation to the head displacement in space.

No difference has been highlighted between BA and AA conditions EC whereas a significant difference has been shown between the same conditions EO (A and W/A). This could be explained not only by the deterioration of EC BA values due to the removal of the visual input, but also by the high weight of vestibular input without vision, with or without anaesthesia, both leading to difficulties in enhancing differences.

Table 1  
Distribution of the subjects according to their postural deviation after unilateral truncular anaesthesia of the mandibular nerve in eyes open (EO) and eyes closed (EC) conditions

	Deviation (% (n))		
	Contralateral	Homolateral	Total
EO	52 (14)	48 (13)	100 (27)
EC	78 (21)	22 (6)	100 (27)



The tendency for a decrease of Romberg's quotient area and way in the AA condition could be explained by the relations between trigeminal afferences and gaze stabilization. During trigeminal afference disturbances in the AA condition, gaze stabilization is dropped. Ivanenko et al. [10] have shown relations between neck proprioception, VN and visual control of posture. In EC AA, visual inputs being blocked, no perturbation of gaze stabilization could disturb the subjects, leading to a decrease of the ratio of EC to EO in AA.

In EC, lateralization related to altered proprioception induced by anaesthesia was no longer compensated by a visual indicator and the vestibular input was not sufficient to achieve accurate verticality. Unilateral modification of trigeminal afference has shifted the CFP position in the frontal plane. The role of the vestibulo-spinal lateral fasciculus on postural control is excitatory on the extensor muscles and inhibitory on the flexion muscles of the lower limb motoneurons [16]. This relationship explains the postural deviation observed with unilateral anaesthesia on the controlateral side. As anaesthesia induces a contraction of the homolateral lower limb, due to inhibition of this fasciculus, the body weight is shifted to the controlateral lower limb.

This study demonstrates the role of the trigeminal sensorial afferences in balance control. An experimental modification of a part of somato-sensory afferences not in the support-foot interface may influence the fine regulation of postural control. Consequently, any disturbance of trigeminal afference may have repercussions in maintaining equilibrium.

- [1] Browne, P.A., Clark, G.T., Yang, Q. and Nakano, M., Sternocleidomastoid muscle inhibition induced by trigeminal stimulation, *J. Dent. Res.*, 72 (1993) 1503–1508.
- [2] Buisseret, P., Primary projection of receptors of extrinsic ocular muscles: anatomical results, *Agressologie*, 32 (1991) 178–179.
- [3] Buisseret-Delmas, C., Compoin, C., Delfini, C. and Buisseret, P., Organisation of reciprocal connections between trigeminal and vestibular nuclei in the rat, *J. Comp. Neurol.*, 401 (1999) 153–168.
- [4] Delfini, C., Diagne, M., Angaut, P., Buisseret, P. and Buisseret-Delmas, C., Dentatovestibular projections in the rat, *Exp. Brain Res.*, 135 (2000) 285–292.
- [5] Deriu, F., Podda, M.V., Chessa, G. and Tolu, E., Trigeminal integration of vestibular and forelimb nerve inputs, *Arch. Ital. Biol.*, 137 (1999) 63–73.
- [6] Diener, H.C., Dichgans, J., Guschlbauer, B. and Mau, H., The significance of proprioception on postural stabilization as assessed by ischemia, *Brain Res.*, 296 (1984) 103–109.
- [7] Gangloff, P., Louis, J.P. and Perrin, P., Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects, *Neurosci. Lett.*, 293 (2000) 203–206.
- [8] Gaudy, J.F. and Arreto, C.D., *Manuel d'Analgésie en Odontostomatologie*, Masson, Paris, 1999.
- [9] Hugel, F., Cadopi, M., Kohler, F. and Perrin, P., Postural control of ballet dancers: a specific use of visual input for artistic purposes, *Int. J. Sports Med.*, 20 (1999) 86–92.
- [10] Ivanenko, Y.P., Grasso, R. and Lacquaniti, F., Effect of gaze on postural responses to neck proprioceptive and vestibular stimulation in humans, *J. Physiol.*, 519 (1999) 301–314.
- [11] Magnusson, M., Enbom, H., Johansson, R. and Pyykkö, I., The importance of somatosensory information from the feet in postural control in man, In T. Brandt, W. Paulus, W. Bles, M. Dieterich, S. Krafczyk and A. Straube (Eds.), *Disorders of Posture and Gait*, Thieme Verlag, Stuttgart, 1990, pp. 190–193.
- [12] Meyer, J. and Baron, J.B., Variation de l'activité tonique posturale orthostatique au cours d'une anesthésie régionale du trijumeau, *Agressologie*, 14 (1973) 37–43.
- [13] Perrin, P., Perrot, C., Deviterne, D., Ragaru, B. and Kingma, H., Dizziness in discus throwers is related to motion sickness generated while spinning, *Acta Otolaryngol.*, 20 (2000) 390–395.
- [14] Pinganaud, G., Bourcier, F., Buisseret-Delmas, C. and Buisseret, P., Primary trigeminal afferents to the vestibular nuclei in the rat: existence of a collateral projection to the vestibulo-cerebellum, *Neurosci. Lett.*, 264 (1999) 133–136.
- [15] Rouvière, H. and Delmas, A., *Tête et Cou, Anatomie Humaine Descriptive, Topographique et Fonctionnelle*, 1, Masson, Paris, 1974.
- [16] Sans, A. and Raymond, J., Fonction vestibulaire et équilibration, In Y. Guerrier and A. Uziel (Eds.), *Physiologie Neurosensorielle en ORL*, Masson, Paris, 1983, pp. 130–165.
- [17] Sharifi Milani, R., Deville De Perriere, D., Lapeyre, L. and Pourreyron, L., Relationship between dental occlusion and posture, *J. Craniomandib. Pract.*, 18 (2000) 127–134.
- [18] Thoumie, P. and Do, M.C., Changes in motor activity and biomechanics during balance recovery following cutaneous and muscular deafferentation, *Exp. Brain Res.*, 110 (1996) 289–297.
- [19] Tolu, E. and Pugliatti, M., The vestibular system modulates masseter muscle activity, *J. Vestib. Res.*, 3 (1993) 163–171.
- [20] Ventre-Dominey, J., Dominey, P.F. and Sindou, M., Extraocular proprioception is required for spatial localization in man, *NeuroReport*, 7 (1996) 1531–1535.

**Annexe 3 :**

***Neuroscience Letters***

**Bolmont B, Gangloff P, Vouriot A, Perrin P**

**2002 ; 329 : 96-100**



ELSEVIER

Neuroscience Letters 329 (2002) 96–100

Neuroscience  
Letters

www.elsevier.com/locate/neulet

## Mood states and anxiety influence abilities to maintain balance control in healthy human subjects

Benoît Bolmont<sup>a,\*</sup>, Pierre Gangloff<sup>b,c</sup>, Alexandre Vouriot<sup>b,c</sup>, Philippe P. Perrin<sup>b-d,1</sup>

<sup>a</sup>UFR SciFa, Département STAPS, Université de Metz, Campus Bridoux, Avenue Général Delestraint, 57070 Metz-Borny, France

<sup>b</sup>Equilibration et Performance Motrice, UFR STAPS, Université Henri Poincaré-Nancy 1, 54600 Villers-lès-Nancy, France

<sup>c</sup>Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), U 420, Faculté de Médecine, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France

<sup>d</sup>Laboratoire d'Exploration Fonctionnelle, Service ORL, Centre Hospitalier Universitaire de Nancy, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France

Received 7 January 2002; received in revised form 24 May 2002; accepted 24 May 2002

### Abstract

Previous studies have shown that anxiety and balance disorders could be related; however, the association between psychological processes and equilibrium remains ambiguous. In this study, we have examined whether mood states and anxiety may influence the ability to use the somatosensory, visual and vestibular systems and affect balance control in healthy subjects. Seven male students were submitted to a program testing equilibrium over a 12-day period, during which moods and anxiety states were assessed using self-evaluated questionnaires. Significant negative correlations were found between moods, including anxiety, and the subject's sensory and motor systems of balance control, suggesting that low moods may alter balance performance. However, depending on the type of mood, it is likely that adverse changes in mood states may affect balance in different ways, either through the sensory organization or motor control. © 2002 Elsevier Science Ireland Ltd. All rights reserved.

**Keywords:** Mood states; Anxiety; Equilibrium; Postural control

The maintenance of equilibrium results from the integration at the central nervous system level of vestibular, somatosensory, and visual inputs, and depends on the quality and the integrity of the motor effectors aiming at compensating postural disturbances [12]. All these sensorial afferences project on, and are integrated at the vestibular nuclei of the brainstem; this allows the organization of motor reflex responses, such as the vestibulo-ocular and the vestibulo-spinal reflexes, and the occurrence of adaptive and compensatory ocular and body movements [11]. The importance and relevance of each sensory system in the control of posture has been well established through the observation of individuals deprived of sensory inputs from one or more of the three systems; this lack of input, or a lack of accurate input, generally decreases postural control performance [17].

Balance disorders and elevated levels of anxiety could be associated [5]. Previous studies have shown that individuals with postural control dysfunctions, such as vestibular disorders,

are prone to be anxious [5,9,14]. This has been suggested to result, at least partly, from somatopsychic processes; for instance, dizziness, a frightening experience, could lead to fear or panic and thus to the occurrence and development of an anxiety response [18]. Reciprocally, evidence of postural instability has been observed in subjects suffering from anxiety disorders [19]; this has led to the assumption that anxiety could affect the highly complex postural system [16]. It is likely that this association between anxiety and balance disorders, which is not restricted to clinical samples [21], may be explained by neuro-anatomic studies which have shown that common central neural circuits could be involved in the control of vestibular processing and anxiety [1,6]. However, the relationship between anxiety and postural control remains unclear. Indeed, although dizziness or disequilibrium may contribute to an escalating cycle of anxiety, anxiety in turn has been demonstrated to affect postural control, either negatively [16] or positively, by influencing the interactions of visual inputs with somatosensory and vestibular inputs [15,20].

Only few systematic and quantitative studies have investigated the relationship between postural control and

\* Corresponding author.

<sup>1</sup> Co-corresponding author.

E-mail addresses: bolmont@sciences.univ-metz.fr (B. Bolmont), philippe.perrin@staps.u-nancy.fr (P.P. Perrin).

**Annexe 4 :**

***International Journal of Neuroscience***

**Gauchard G, Gangloff P, Vouriot A, Mallié JP, Perrin P**

**(Accepté)**

## EFFECTS OF EXERCISE-INDUCED FATIGUE WITH AND WITHOUT HYDRATION ON STATIC POSTURAL CONTROL IN ADULT HUMAN SUBJECTS

GÉROME C. GAUCHARD  
PIERRE GANGLOFF  
ALEXANDRE VOURIOT

Institut National pour la Santé et la Recherche Médicale (Inserm)  
U 420 Faculté de Médecine, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

Laboratoire Equilibration et Performance Motrice  
Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques  
des Activités Physiques et Sportives (UFR STAPS)  
Villers-lès-Nancy, France

JEAN-PIERRE MALLIÉ

Laboratoire d'Exploration Fonctionnelle Rénale  
Centre Hospitalier Universitaire de Nancy  
Vandoeuvre-lès-Nancy, France

PHILIPPE P. PERRIN

Institut National pour la Santé et la Recherche Médicale (Inserm)  
U 420, Faculté de Médecine, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

Laboratoire Equilibration et Performance Motrice  
Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques  
des Activités Physiques et Sportives (UFR STAPS)  
Villers-lès-Nancy, France

Laboratoire d'Exploration Fonctionnelle  
Service ORL, Centre Hospitalier Universitaire de Nancy  
Vandoeuvre-lès-Nancy, France

Received 19 March 2002.

Address correspondence to Professor Ph. Perrin, MD, PhD, Laboratoire Equilibration et Performance Motrice, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques, des Activités Physiques et Sportives (UFR STAPS), 30, rue du Jardin Botanique, 54 600 Villers-lès-Nancy, France. E-mail: philippe.perrin@staps.uhp-nancy.fr

Postural instability can be the result of various factors, including fatigue. Although it is well known that exercise-induced fatigue may be responsible for a decrease in performance, its effects on postural control, as well as those of hydration, have been relatively little explored. This study evaluated the effects of fatigue, with and without rehydration, on postural control in ten healthy subjects who regularly practice sports activities. All subjects were submitted to 3 types of ergocycle exercises: maximal oxygen uptake ( $Vo_{2max}$ ), and submaximal exercises in no-hydrated and hydrated conditions at a power corresponding to approximately 60% of the  $Vo_{2max}$  of each subject. Static posturographic tests were performed immediately before (control) and after exercises. The postural control performance decreased from the best to the worst: control, hydration, dehydration, and  $Vo_{2max}$ . Fast Fourier transformation of the center of foot pressure showed three patterns of amplitude spectral density, with an increase of spectral amplitude for dehydration, more important for  $Vo_{2max}$  conditions. Spectral amplitudes for control and hydration conditions were relatively similar. This hierarchy suggests that fatigue mainly alters muscular effectors and sensory inputs, such as proprioception, resulting in poor postural regulation. Moreover, fluid ingestion could be responsible for the preservation of muscular functions and of sensory afferences accurately regulating postural control.

**Keywords** balance, fatigue, hydration, postural control, posturography

Postural balance is a complex function requiring the central integration of information from multiple sensory afferences (visual, vestibular, and somatosensory), leading to the selection and execution of context-specific motor responses (Keshner, Allum, & Pfaltz, 1987). Under normal conditions (stable vision, fixed support), this information is redundant but complementary, with proprioceptive and visual inputs contributing more than vestibular ones (Fitzpatrick & McCloskey, 1994).

Postural instability can result from an alteration at any level of the equilibrium regulation (Nashner, Black, & Wall, 1982; Horak, Nashner, & Diener, 1990). This has been studied particularly in elderly people, who associate decreased sensitivity in sensors (Straube, Botzel, Hawken, Paulus, & Brandt, 1988; Perrin, Jeandel, Perrin, & Bene, 1997), less effective information treatment in central nervous system (Perrin et al., 1997; Lopez, Honrubia, & Baloh, 1997), and low-performance muscular capacities (Bemben, Massey, Bemben, Misner, & Boileau, 1991). It is also known that postural control can

UNCORRECTED  
PROOFS

## **Annexe 5 :**

### **Communications à des congrès scientifiques**

C1 – Gangloff P, Louis JP, Perrin P.

Influence de l'occlusion dentaire sur la stabilisation du regard et de la posture chez le sportif.

21<sup>ème</sup> congrès de la Société Française de Médecine du Sport.

Membre du comité d'organisation.

Nancy, 04-06 octobre, 2001

Nom : **GANGLOFF**

Prénom : **Pierre**

**DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I**

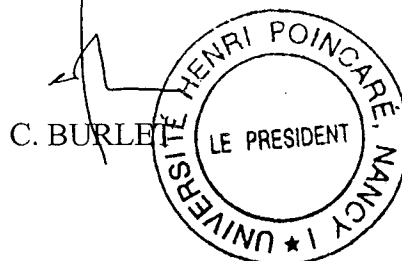
**en Neurosciences.**

VU, APPROUVE ET PERMIS D'IMPRIMER

n° 724

Nancy, le 4 décembre 2002

Le Président de l'Université



**UFR STAPS, UHP**

**Administration** – 30, rue du Jardin Botanique – 54600 VILLERS LES NANCY  
Tél : 33.(0)3.83.68.29.00. - Fax : 33.(0)3.83.68.29.02.

Mail : @staps.uhp-nancy.fr



### **Influence de la proprioception crano-faciale sur le contrôle postural et la stabilisation du regard**

La fonction d'équilibration requiert l'intégration d'informations somesthésiques (proprioceptives et extéroceptives), vestibulaires et visuelles. Ces afférences sensorielles convergent vers les noyaux vestibulaires du tronc cérébral qui les intègrent et permettent l'organisation de réponses réflexes motrices, se traduisant par des mouvements compensatoires du corps (réflexe vestibulo-spinal) et des yeux (réflexe vestibulo-oculaire). La possibilité que la proprioception crano-faciale, par l'intermédiaire de l'afférence trigéminal, puisse contribuer au contrôle postural ainsi qu'à la stabilisation du regard est débattue depuis de nombreuses années.

Le poids de la proprioception crano-faciale sur le contrôle postural ainsi que sur la stabilisation du regard a été évalué en induisant des modifications expérimentales de la proprioception trigéminal, l'une à travers une modification expérimentale de l'occlusion dentaire et l'autre à travers une anesthésie loco-régionale trigéminal unilatérale.

La stabilisation du regard et du contrôle postural se dégrade quand l'occlusion dentaire n'est plus en position de relation centrée (équilibre neuromusculaire) ou lorsqu'une partie des afférences trigéminales est inhibée par une anesthésie loco-régionale unilatérale du nerf mandibulaire. La qualité du contrôle postural semble être améliorée en ajustant l'occlusion dentaire en position de relation centrée. Le rôle des afférences sensorielles sur la stabilisation du regard ainsi que sur le contrôle postural a été mis en évidence par ces protocoles.

Ces résultats suggèrent d'une part l'existence de connexions entre les afférences trigéminales et les noyaux vestibulaires et, d'autre part, leurs connexions avec les noyaux des nerfs crâniens responsables de la motricité oculaire (nerf oculomoteur, nerf trochléaire, nerf abducens) et les voies vestibulo-spinales.

Toute modification des afférences trigéminales pourrait avoir des répercussions sur le maintien de l'équilibre. En conséquence, une modification expérimentale d'une partie des afférences somato-sensorielles qui ne sont pas en relation avec le système porteur (membres inférieurs), pourrait influencer la régulation fine du contrôle postural.

**Mots-clés :** Contrôle postural / Afférences trigéminales / Proprioception / Stabilisation du regard / Occlusion dentaire / Anesthésie.

### **Influence of crano-facial proprioception upon postural control and gaze stabilisation**

Balance control requires integration of information arising from somesthetic (proprioceptive and exteroceptive), vestibular and visual systems. These sensorial afferences converge on vestibular nuclei of the brainstem in which they are integrated, and induce motor-reflex responses, leading to compensatory movements of the body (vestibulo-spinal reflex) and eyes (vestibulo-ocular reflex). The possibility that crano-facial proprioception, through trigeminal afferences, could contribute to postural control and gaze stabilisation, has been discussed for many years.

The weight of crano-facial proprioception upon postural control and gaze stabilisation has been evaluated, by inducing several experimental modifications of crano-facial proprioception, according to three protocols. Trigeminal proprioception modification was induced by an experimental modification of dental occlusion and by an unilateral anaesthesia of the mandibular nerve.

Postural control and gaze stabilisation quality decreased either when dental occlusion was not in centric relation condition (neuromuscular equilibrium) or when a part of trigeminal afferences is inhibited by unilateral anaesthesia of the mandibular nerve. Postural control accuracy increased when dental occlusion was set in centric relation position. The role of sensorial afferences upon postural control and gaze stabilisation appeared to be essential in these three protocols.

These results suggest on one hand connections between trigeminal afferences and vestibular nuclei and on the other hand, their connections with oculo-motor nerve nuclei (oculomotor nerve, trochlear nerve and abducens nerve) and vestibulo-spinal pathways.

Any modification of trigeminal afferences could thus have repercussions upon balance control. Consequently, an experimental modification of a part of somato-sensory afferences, not related to support structures (lower legs), might influence the fine regulation of postural control. Therefore, a postural control and gaze stabilisation increment would be possible through modifications of crano-facial proprioception.

**Key-words :** Postural control / Trigeminal afferences / Proprioception / Gaze stabilisation / Dental occlusion / Anaesthesia.