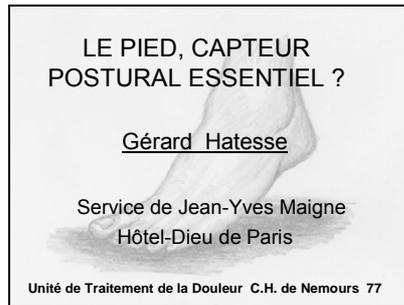


## -1-LE PIED, CAPTEUR POSTURAL ESSENTIEL



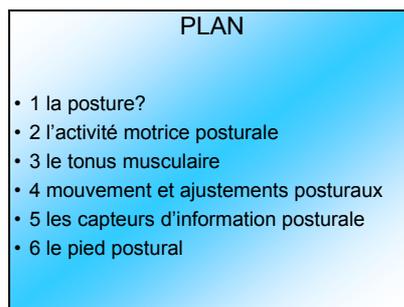
1\_

-2-Chers amis,

Nous allons tenter, à l'occasion de cette réunion, de survoler la notion de posture en analysant succinctement les différents systèmes qui permettent à l'homme de se tenir debout.

Nous tenterons d'approcher schématiquement les désordres posturaux provoqués par les perturbations issues de nos capteurs intéro et extéroceptifs.

Nous nous concentrerons enfin, bien sûr, sur le pied, capteur d'informations et effecteur essentiel de l'équilibre orthostatique.



2\_

-3-Le pied de l'homme est l'interface entre son corps et sa planète.



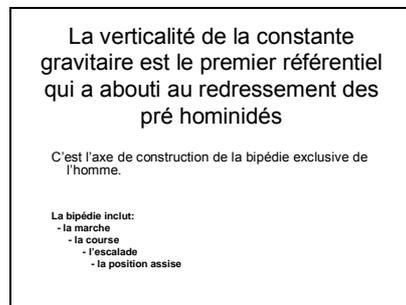
3\_

-4- Cette planète Terre lui impose dès sa naissance une contrainte constante, pratiquement invariante : **la verticale gravitaire, G**, qui est tendue entre son centre de masse et le centre de la Terre.



4\_

-5- Les pré-hominins puis l'humanité se sont référés à cette verticale gravitaire pour se redresser afin d'aboutir à la Bipédie exclusive qui est propre à notre espèce.

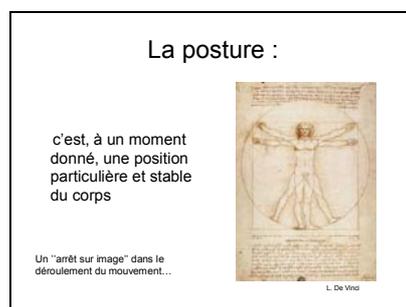


5\_

## ■ 1 ° LA POSTURE -6-

C'est une notion statique, mais qui ne peut être dissociée du mouvement, comme un arrêt sur image, cette notion s'étend à l'équilibre et à l'aplomb.

**C'est une position particulière et stable du corps dans l'espace à un moment donné**



6\_

Le maintien de la posture est un phénomène actif du système nerveux, phénomène autonome et autorégulé.

## ■ 2 ° L'ACTIVITE MOTRICE POSTURALE POSSEDE TROIS GRANDES FONCTIONS -7-

1 – Lutter contre la gravité qui favorise la flexion

- 2 – Maintenir l'équilibre du corps immobile face aux contraintes extérieures
- 3 – Coordonner le maintien du corps en équilibre afin de pouvoir déclencher l'exécution d'un mouvement, tout mouvement perturbant l'équilibre préétabli.

L'activité motrice posturale répond à 3 grandes fonctions:

- lutter contre la **gravité**
- maintenir de l'**équilibre**
  - assurer la **stabilité corporelle** afin de commander un geste ou un déplacement sans perturber l'équilibre

7\_

L'activité posturale repose sur le maintien contrôlé du tonus musculaire, contrôle qui ne disparaît que pendant certaines phases du sommeil paradoxal.

### ■ 3° LE TONUS MUSCULAIRE COMPREND DEUX COMPOSANTES -8-

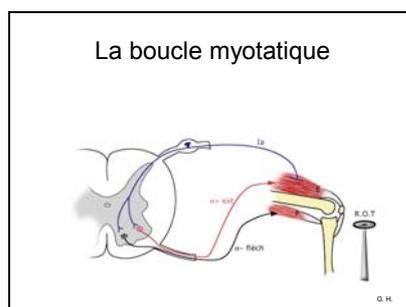
- 1 – La force active due à la contraction musculaire
- 2 – La force passive liée aux propriétés viscoélastiques du muscle.

L'activité posturale repose sur la régulation du tonus musculaire

- Le **tonus musculaire** réunit 2 composantes:
  - la **force active**, c'est la contraction
  - la **force passive**, ce sont les propriétés visco-élastiques du muscle strié squelettique.

8\_

Le tonus postural est auto contrôlé par la boucle myotatique. -9-



9\_

Les muscles impliqués dans la posture sont les muscles para rachidiens et les muscles extenseurs des membres inférieurs.

La conservation du schéma corporel érigé de l'homme, exige une adaptation de chaque instant face aux déséquilibres provoqués par les gestes ou les déplacements.

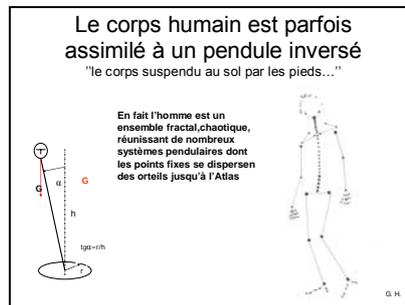
**-10-** Tout mouvement doit être associé à une posture initiale, elle en est le référentiel de départ avant même son déclenchement.

La posture est associée au mouvement car elle est le référentiel du point de départ du déplacement avant même son déclenchement



10\_

-11- Le corps humain est classiquement décrit comme un pendule inversé, oscillant autour de la projection au sol de son centre de masse, il est en fait constitué d'un ensemble de segments mobiles les uns par rapport aux autres.



11\_

La moindre sollicitation d'un de ces segments mobile n'est possible que par la stabilisation des autres segments. Cette stabilisation est obtenue grâce aux ajustements posturaux.

Les capteurs répartis dans les muscles, tendons, capsules, ligaments et dans la peau, contrôlent en permanence le mouvement dans sa bonne réalisation ou son éventuelle perturbation.

Une perturbation prolongée au niveau de ces capteurs va entraîner une gestion inadaptée de l'équilibre et une désorganisation du mouvement.

#### ■ 4° LES AJUSTEMENTS POSTURAUX -12-

sont indispensables à la réalisation des mouvements, ils sont de deux types : l'**anticipation** au mouvement et la **compensation** :

Les ajustements posturaux sont de 2 types:

- **L'ANTICIPATION** qui intervient **a priori** et donc avant toute exécution motrice et
- **LA COMPENSATION** déclenchée **a posteriori** dès la perception d'un déséquilibre

12\_

1 – L'ANTICIPATION au mouvement est déclenchée *a priori*, avant l'exécution motrice, elle prépare au déséquilibre prévisible que provoquera le mouvement commandé.

2 – LA COMPENSATION intervient *a posteriori* dès que la perturbation liée au déséquilibre est perçue.

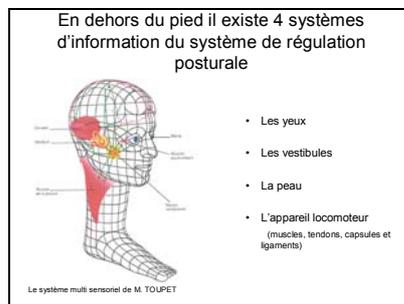
En cas de perception diminuée ou perturbée, le système a tendance à favoriser la fixation des pièces mobiles entre elles figeant la posture. Ce cas se rencontre notamment chez les sujets âgés aux performances sensorielles émoussées.

o o o

Avant d'aller plus loin dans l'analyse du "**capteur podal**", nous allons survoler les autres systèmes récepteurs et fournisseurs d'informations sur la régulation posturale, en évoquant les désordres qu'ils peuvent entraîner.

Ces systèmes, au nombre de cinq sont : -13-

- les yeux
- le vestibule
- la peau
- l'appareil locomoteur
- et l'appareil manducateur



13\_

Les informations issues de ces 5 systèmes vont aboutir à la région bulbo-protubérantielle du tronc cérébral sur les formations réticulées : -14 -

++Le **renforcement** du tonus des muscles antigravitaires est assuré par la Formation Réticulée **Activatrice** Protubérantielle.

-- La Formation Réticulée **Inhibitrice** Bulbaire est la grande voie de **l'inhibition motrice**.

### La régulation centrale du tonus des muscles antigravitaires

- La formation réticulée protubérantielle est **ACTIVATRICE**
- La formation réticulée bulbaire est **INHIBITRICE**

14\_

## ■ : LA VISION -15-

L'œil possède deux régions sensorielles différentes sur le plan fonctionnel :

- la rétine centrale, fovéale, propre aux grands primates et à l'homme, qui sert à regarder précisément, et
- la rétine périphérique qui voit globalement le monde environnant.

### La rétine possède 2 régions sensorielles

- La rétine **centrale** pour la vision "fine" qui abrite la plupart de nos 6 millions de cônes
- La rétine **périphérique** qui analyse notre environnement avec près de 120 millions de bâtonnets



\_15\_

La vision est essentielle pour fournir :

1 – des informations sur la **verticalité** qui sont en permanence comparées aux informations vestibulaires.

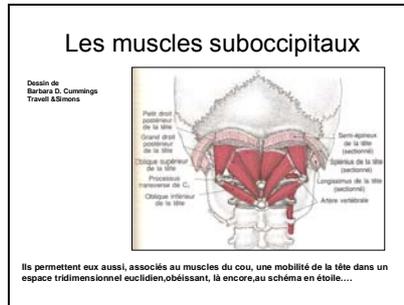
Toute divergence ou distorsion entre la perception visuelle et la perception vestibulaire sera source de malaise : nausées, inadaptation aux verres progressifs, vertiges ...

2-et une confirmation de **la stabilité de l'environnement** en cas de doute perceptif.

La vision binoculaire permet aussi la perception des **reliefs** et des **distances**.

Mais l'amplitude limitée des mouvements des yeux doit être associée à des déplacements plus amples de la tête obtenus grâce aux muscles cervicaux.

-16- Les mouvements extrêmement précis de stabilisation de la tête et d'orientation du regard sont autorisés par les petits muscles verniers sous-occipitaux.



16\_

Les déplacements de l'œil dans l'orbite analysent aussi en permanence l'orientation de l'œil, ce qui permet de se situer dans l'espace.

Cet ensemble œil/cou, peut être à l'origine de cervicalgies en cas d'anomalie de l'oculocéphalogyrie.

## ■ 2 : LE VESTIBULE

En cas de mouvements complexes ou de perte du contact avec le sol, la référence spatiale n'est plus le pied mais la **tête** porteuse de ses capteurs visuels et vestibulaires, qui devient la plateforme des référentiels posturaux.

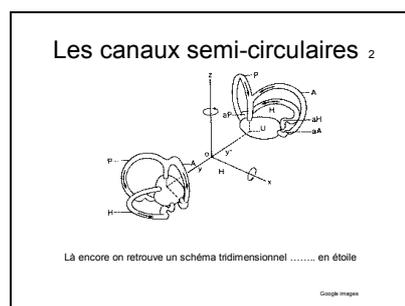
Cette stabilisation céphalique facteur indispensable de la stabilité du regard repose sur 3 grands systèmes :

- . L'oculomotricité couplée à la musculature cervicale,
- . le travail en symétrie des Articulations Temporo Mandibulaires
- . et le système vestibulaire

Le vestibule contient deux types de capteurs qui sont des accéléromètres:

**linéaires** : le système otolithique constitué par les macula et

**angulaires** : les **canaux semi-circulaires** qui sont au nombre de trois pour chaque oreille interne -17-



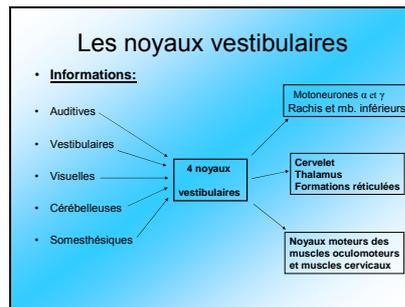
17\_

Les informations fournies par l'oreille interne vont permettre des réactions de compensation dynamique liées à la déstabilisation de la tête.

**-18-Les Noyaux Vestibulaires**, au nombre de quatre, intègrent en permanence les informations posturales de l'ensemble des capteurs pour les rediriger vers :

- les **motoneurones** des muscles axiaux du rachis et des extenseurs des membres inférieurs,
- les **noyaux moteurs** des muscles **oculomoteurs** et **cervicaux**

- le **cervelet** et le **thalamus** et les formations **réticulées**



18-

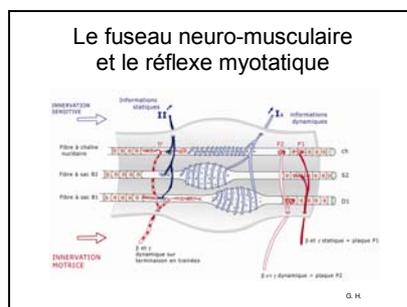
### ■ 3 : LA PRORIOCEPTION MUSCULAIRE

La proprioception musculosquelettique est fournie par un ensemble des capteurs somesthésiques musculo-tendineux et articulaires.

On retrouve au niveau du muscle strié squelettique deux types de capteurs spécifiques : le fuseau neuromusculaire et l'organe tendineux de Golgi.

#### . le fuseaux neuromusculaires( FNM) : -19-

Positionné en parallèle aux fibres musculaires striées contractiles, il est traversé par des fibres musculaires dites intrafusales qui possèdent une innervation sensitive et motrice propre.



19\_

Cette innervation fusimotrice est essentielle pour maintenir l'information sur la contraction musculaire en cours.

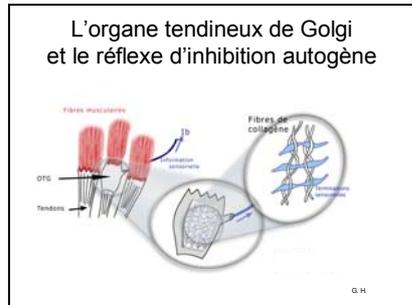
**Le FNM mesure la longueur et la variation de longueur du muscle: ils analysent donc la TENSION exercée par la contraction du muscle strié (un raccourcissement de  $1/10^{\text{ème}}$  de mm suffit à l'information)**

**Le FNM est le point de départ du réflexe myotatique**

Plus un muscle est destiné à une activité fine et précise, plus il est riche en FNM, avec un maximum pour les oculomoteurs, les muscles nucaux et sous-occipitaux ou les muscles intrinsèques de la main et du pied...

#### . l'Organe Tendineux de Golgi(OTG) : -20-

Ces capteurs sont situés au niveau des tendons de tous les muscles squelettiques, à l'extrémité de quelques fibres, en série avec celles-ci.



20\_

La contraction musculaire provoque un étirement des fibres de collagène contenues dans les OTG, qui sont tressées autour des terminaisons nerveuses sensorielles.

**L'OTG est à l'origine du réflexe d'inhibition autogène,**

Son seuil d'activation est particulièrement bas (forces développées de l'ordre du milligramme)

Cette inhibition autogène autrefois considérée comme un simple "disjoncteur" intervenant en cas de tension excessive, semble plutôt devoir être considérée comme un système amortisseur.

Nous négligerons volontairement les différents capteurs capsulaires et articulaires qui n'ont rien de spécifique au niveau du pied, mais qui sont pourvoyeurs d'informations posturales capitales notamment sur les angles des pièces osseuses entre elles, notamment dans les mouvement de grande amplitude ou en fin de course articulaire.

- 21- La proprioception posturale repose donc sur un faisceau d'informations qui doivent être congruentes : par exemple la flexion du coude va me faire "remonter" des données parallèles issues des fuseaux du biceps, des Golgi du triceps, des "goniromètres articulaires" et enfin des mécanorécepteurs cutanés qui vont intégrer les modifications spatiale de ma peau.



21\_

#### ■ 4 : LA PEAU

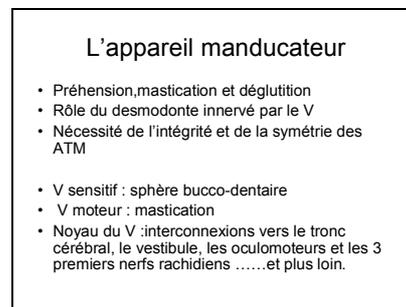
La peau avec sa grande diversité de capteurs est un "organe" d'informations mécaniques, thermiques et nociceptives :

Les informations **mécaniques** (pression, étirement, tension) sont discriminatives c'est la voie de *l'analyse et de la connaissance* (voie lemniscale).

Les informations **nociceptives et thermiques**, sont la voie de *l'alarme* (voie extra-lemniscale).

Les cicatrices "pathologiques" peuvent, elles aussi, en interrompant les voies de la sensibilité superficielle, entraîner des modifications de la posture surtout si elles sont associées à des déstructurations musculaires sous-jacentes.

## ■ 5 : L'APPAREIL MANDUCATEUR -22-



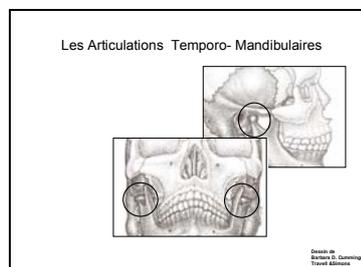
22\_

Bien qu'il ne s'agisse pas, à proprement parler d'un capteur postural, les anomalies observées à son niveau retentissent régulièrement sur le système postural.

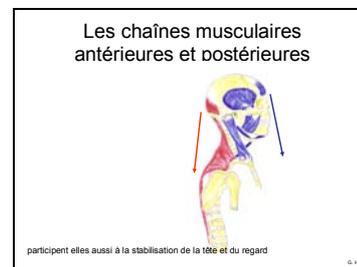
En effet, les ATM fournissent au SNC des informations sur l'horizontalité de la tête, élément capital de la stabilisation oculo-labyrinthique.

**-23-** Les ATM, accrochées sous un crâne horizontal, doivent fonctionner de façon synchrone, et symétrique comme une balançoire sous son portique.

**-24-** De plus, l'appareil manducateur est une clé de voûte tendue entre les chaînes musculaires cervicales antérieures et postérieures.



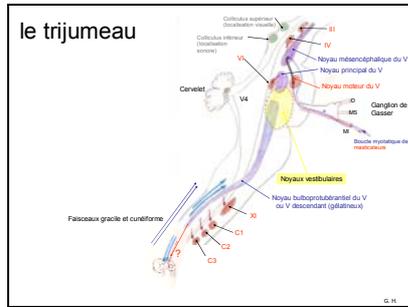
23\_



24\_

**-25-** Le nerf Trijumeau (V) joue un rôle postural capital dans la proprioception des muscles manducateurs et oculomoteurs. Ses connexions neuronales avec le nerf vestibulaire (VIII) et ses interconnexions avec les noyaux moteurs du cou : C1, C2, C3 et Spinal (XI) en font un élément essentiel de la stabilisation céphalique.

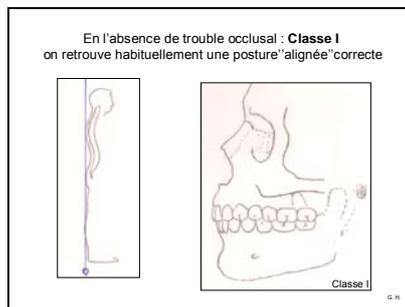
On vient de décrire des connexions privilégiées du V jusqu'au niveau de la moelle terminale qui ferait de cet énorme noyau du trijumeau un relais capital de la gestion globale de l'aplomb....



25\_

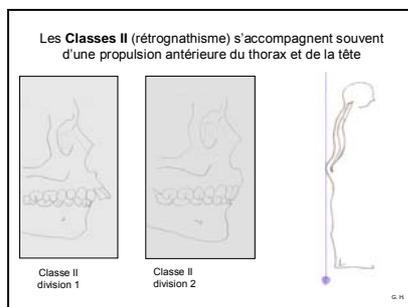
Cette organisation complexe du V permettrait peut-être d'approcher les modifications posturales globales liées aux problèmes de l'articulé dentaire : schématiquement trois types posturaux correspondant aux 3 classes d'occlusion:

. classe I : pas de trouble occlusal= posture normale. -26-



26\_

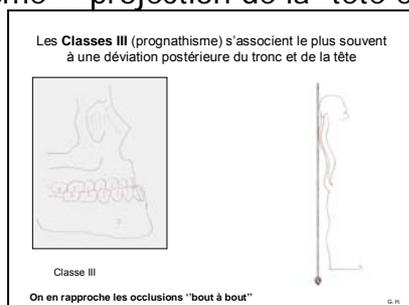
. classe II.1: associant rétrognathisme et incisives supérieures orientées vers l'avant)= projection du tronc et de la tête vers l'avant. -27-



27\_

. classe II.2: associant rétrognathisme et incisives supérieures orientées vers l'arrière = même projection vers l'avant du haut du corps

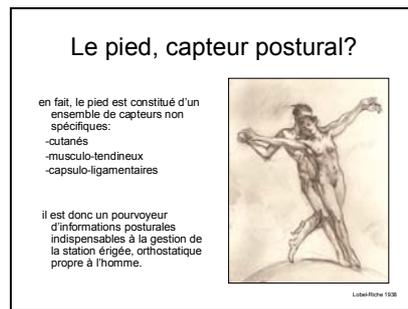
. classe III : prognathisme = projection de la tête et du tronc vers l'arrière -28-



28\_

## ■ POUR EN REVENIR AU PIED ; LE PIED, EST-IL UN CAPTEUR POSTURAL ?

-29-



29\_

En fait, le pied réunit un ensemble de capteurs cutanés et musculosquelettiques, non spécifiquement posturaux mais dont les informations vont permettre de gérer la verticalité et l'aplomb.

Ces capteurs podaux sont pourvoyeurs d'informations somesthésiques : mécaniques, thermiques, chimiques, métaboliques et douloureuses.

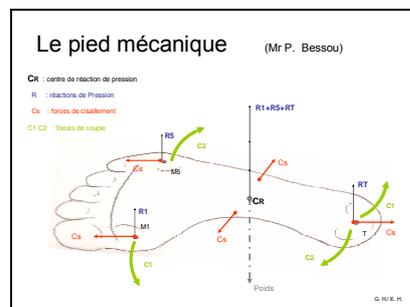
Les informations podales tout comme les informations visuelles, vestibulaires ou somesthésiques extra podales vont aboutir à un ensemble de structures médullaires puis centrales impliquées dans le maintien de l'aplomb.

**Le passage à la bipédie exclusive** a nécessité l'acquisition de quatre performances :

- . le maintien d'un équilibre orthostatique
- . une posture correctement perçue pour pouvoir déclencher chacun de nos gestes ou déplacements
- . des référentiels égocentrés contrôlant nos mouvements
- . des référentiels exocentrés autorisant nos déplacements dans l'espace.

-30- Le pied est, par son rôle d'interface homme/planète est l'organe "primaire" de l'équilibration .Le système multi sensoriel du pied en fait un capteur des variations de la projection au sol du centre de masse).

Le pied possède à lui seul 80% des récepteurs de tout le membre inférieur.



30\_

La stabilité "parfaite" est obtenue par la superposition idéale de la projection du centre de masse sur le centre de pression.

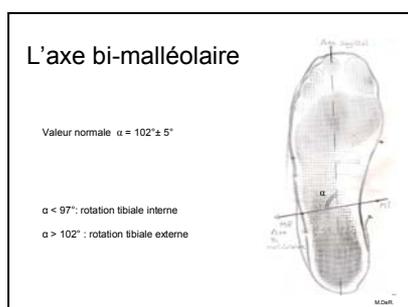
Equilibre et postures sont des activités musculaires qui coûtent peu cher sur le plan énergétique car le pied assure des ajustements et non des mouvements propres

## ■ LES MUSCLES DU PIED ET DE LA JAMBE

Sans revenir trop pesamment sur l'anatomie musculaire du pied on peut admettre deux types d'activités motrices à ce niveau :

- . les muscles intrinsèques qui déforment sa structure et donc ses appuis,
- . les muscles de la jambe qui modifient les rapports de l'alignement pied/jambe.

-31-La flexion de la cheville est déterminée par un axe bi-malléolaire dont l'angle obtus antéro-externe est d'environ 100°.



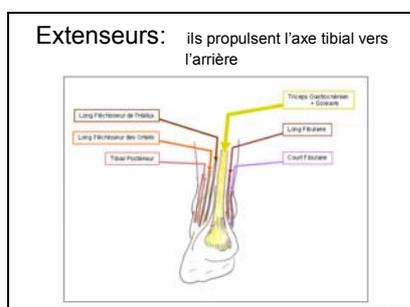
31\_

Les muscles dont les tendons passent en avant de cette ligne sont fléchisseurs du pied sur la jambe, ceux qui passent en arrière sont extenseurs.

Le pied est donc bien un "régulateur postural", mais étant fixé au sol, on peut admettre que les contractions de muscles de jambe vont modifier les angles de la cheville, donc la verticalité de la jambe, et aussi la posture corporelle.

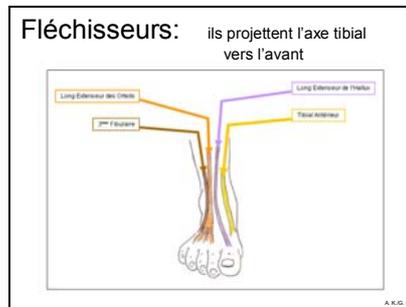
L'analyse au podoscope permet de visualiser cette déformabilité du pied et la fluctuation des zones d'appui.

-32-Les **6 extenseurs de cheville** vont donc freiner ou empêcher la chute en avant, en ramenant le centre de masse vers l'arrière



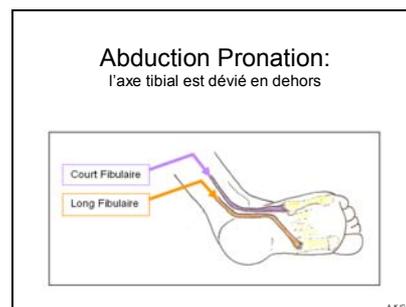
32\_

-33-Les **4 fléchisseurs de cheville** vont "ramener" le centre de masse vers l'avant.



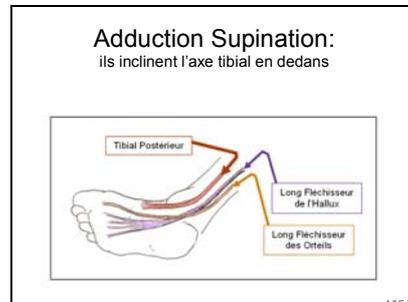
33\_

-34- Les **2 abducteurs- pronateurs/éverseurs** vont dévier l'axe corporel en dehors.



34\_

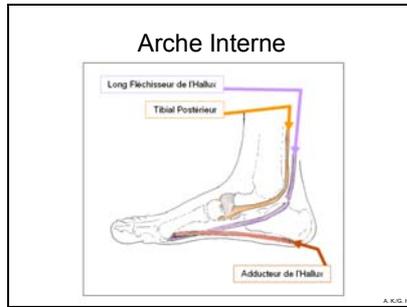
-35- Les **adducteurs-supinateurs/inverseurs** feront "glisser" la projection vers l'intérieur.



35\_

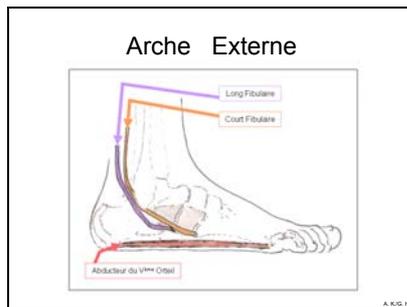
La **voûte plantaire** que l'on peut schématiser par 3 arches tendues entre 3 points d'appui : têtes des 1<sup>er</sup> et 5<sup>ème</sup> métatarsiens et tubérosités postérieures du calcaneum, va voir sa structure se modifier sous l'effet des contraintes que les différents muscles y exercent.

-36- L'**arche interne** a pour clé de voûte le scaphoïde.



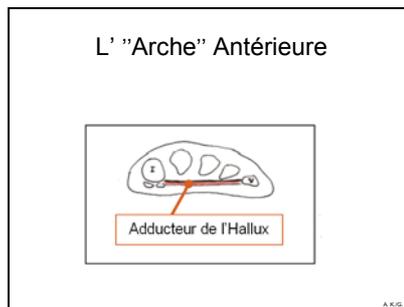
36\_

-37- L'arche externe a pour clé de voûte la grande apophyse du calcaneum.



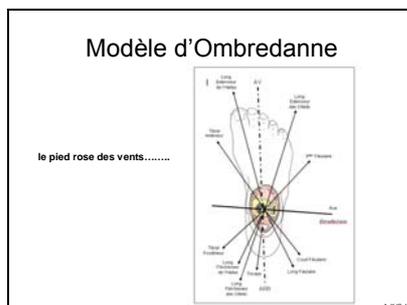
37\_

-38- L'« arche antérieure » est un terme abusif car cette voûte virtuelle disparaît dès l'appui au sol.



38\_

-39- Le modèle d'Ombredanne avec son schéma en étoile ou plutôt en rose des vents montre bien tous les axes d'oscillation qu'autorise le pied, point de départ du pendule corporel...



39\_

■ 8 : EXISTE-T-IL DES ANOMALIES POSTURALES LIEES AUX ANOMALIES PODALES ?

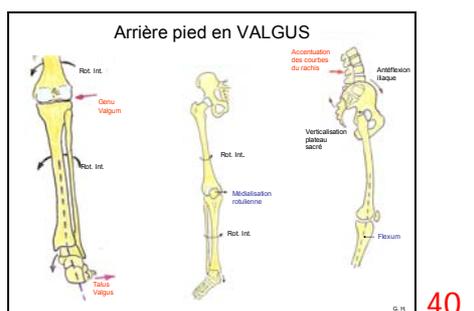
Tout comme les troubles de l'oculomotricité ou de l'articulé dentaire, les anomalies de l'appui au sol vont entraîner schématiquement des déséquilibres posturaux que l'on va tenter de schématiser :

Les structures articulaires et leurs surfaces orientées imposent des axes aux différentes pièces osseuses.

Une modification du tonus, même modérée, va donc entraîner une modification de ces axes.

Deux exemples seront plus explicites :-40-

- 1- **Un arrière-pied en VALGUS**, avec pronation de l'avant-pied va provoquer par effondrement astragalo(talo)-calcanéen interne:
  - une rotation interne des axes tibiaux et fémoraux,
  - favorisant le genu valgum avec
  - une désaxation médiale de la rotule et
  - une tendance au flexum du genou avec un membre inférieur apparemment plus court.



40\_

La rotation interne du fémur, en appuyant sur la partie postérieure de l'os coxal entraînera :

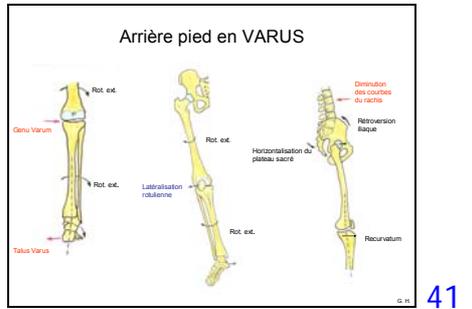
- une antéflexion de l'ensemble ilion-sacrum;
- le plateau sacré ainsi verticalisé va aboutir à
- une augmentation des courbures rachidiennes (cyphose et lordose accentuées avec augmentation des contraintes zygapophysaires).

## **2. L'arrière-pied en VARUS : -41-**

Ici, l'effondrement talo-calcanéen externe entraîne des effets opposés :

- une rotation externe des axes tibiaux et fémoraux,
- favorisant le genu varum et une désaxation externe de la rotule et une tendance au recurvatum du genou.

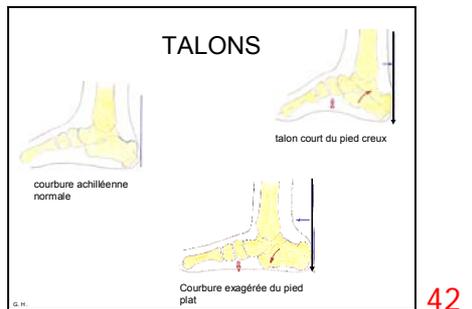
La rotation externe du fémur, en appuyant sur la partie antérieure du cotyle provoquera une extension iliaque avec horizontalisation du plateau sacré et donc diminution des courbures rachidiennes (dos plat).



41\_

-42-En plus de l'examen sur le podoscope, qui contrôle l'appui plantaire, il sera utile de contrôler enfin sur le profil la "longueur" du talon, qui reflète l'axe calcanéen :

- . une courbure achilléenne exagérée traduit un pied plat,
- . alors qu'un talon court révèle un calcanéum verticalisé creusant le pied.



42\_

## ■ AU TOTAL

Le pied est donc une structure composite dotée d'un grand nombre de propriétés sensorielles essentiellement mécaniques.

Les muscles du pied et de la jambe vont permettre à l'homme de s'adapter au sol et ainsi autoriser des corrections posturales.

De petites perturbations de l'appui au sol ou des tensions musculaires indues vont entraîner une modification des rapports des articulations entre elles.

Ces désaxations seront à l'origine de modifications posturales ou de décentrages articulaires pouvant aboutir à des tensions, douleurs ou usures prématurées.

Dans un but thérapeutique, on va pouvoir fournir au pied des informations - **cutanées** (diminution de la nociception, amélioration de la répartition de la pression au sol...),

- ou **musculo-squelettiques**, avec de petits reliefs plutôt informateurs du muscle ou des reliefs plus importants agissant alors sur les tendons ou sur les rapports des pièces osseuses.

ooo

L'axe actuel des recherches dans le domaine postural permet de relier les anomalies somesthésiques à des perturbations du tonus musculaire.

Une "entrée" proprioceptive, dentaire, visuelle ou podale peut être aussi déstabilisante qu'une anomalie vestibulaire, même si elle est moins évidente cliniquement.

**Au niveau du rachis**, ces perturbations de la contraction musculaire vont entraîner des contraintes articulaires douloureuses puis destructives, du DDIM jusqu'à l'arthrose.

**Sur les articulations périphériques**, ces contraintes vont aboutir à des désaxations, des pertes de concentricité des surfaces articulaires ou des conduites anormales du mouvement articulaire aboutissant à des micro traumatismes bientôt délabrants que l'on pourrait qualifier, en hommage à notre maître Robert Maigne, des Dérangements Douloureux Articulaires Mineurs ou DDAM ... -43-

Après le DDIM.....  
Dérangement Douloureux Intervertébral Mineur  
  
... le DDAM ??  
Dérangement Douloureux Articulaire Mineur !!  
( à suivre...)

43\_



44\_



45\_

Mes collègues et amis Philippe Monthéard et Philippe Villeneuve vont maintenant vous faire approcher le monde des orthèses podales et de la posturopodologie, avant de leur céder la parole, je tiens à les remercier, ici, pour leur amicale et précieuse collaboration.

S'arrêter un instant sur la posture, c'est regarder la bipédie et entrevoir l'ascension vers l'humanité...

***"le cumul des connaissances n'éduque pas l'intelligence, l'intelligence c'est de relier les informations ; cette liaison (ο λογος) qu'il faut saisir, c'est le critère qui gouverne tout à travers tout..."***

Héraclite d'Ephèse 550 -480 avant J.C.

### Bibliographie

et tous mes collaborateurs dévoués.....

- Robert Maigne
- Jean-Yves Maigne
- Dominique Bonneau
- Jean-Marie Souter
- Pierre-Marie Gagey
- Bernard Weber
- Ariette Hatesse
- Isabelle Cousin
- Sylvie Legendre
- Maguy Lévy
- Philippe Villeneuve
- Philippe Monthéard
- Pierre Rabischong
- Didier Orsal
- Marc Sorel
- Bernard Bricot
- Murielle de Rycke
- Janet Travell
- David Simons
- A. Delmas
- Adalbert Kapandji
- Eric Hatesse
- Sylvain Hatesse
- Daniel Richard
- Jean-jacques Gagliardi
- Gérard Hatesse

### Banque d'images

- Google images
- Adalbert Kapandji
- A. Delmas
- AFMO
- Lobel-Riche
- Gérard Hatesse
- Michel Toupet
- Travell-Simons-Cummings
- Bernard Bricot
- Pierre Bessou
- Gagey-Weber

Pour accéder au texte et aux diapositives de cet exposé:

[www.posture.fr](http://www.posture.fr)

Décembre 2005 AFMO