

**MINISTÈRE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE DE
NANCY**

AMPHITHEATRES : DES ETUDIANTS EN BIEN MAUVAISE POSTURE

**Mémoire présenté par Marion JACQUET
Etudiante en 3^{ème} année de masso-kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masseur-Kinésithérapeute.
2012-2013**

SOMMAIRE

RESUME	Page
1. INTRODUCTION	1
2. SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ACTUELLES	2
2.1. Biomécanique de la position assise	2
2.1.1. Courbures rachidiennes	2
2.1.2. Pression des disques intervertébraux	4
2.1.3. Musculature	5
2.1.4. Système capsulo-ligamentaire	6
2.1.5. Aspect vasculaire et nerveux	7
2.1.6. Aspect viscéral	8
2.2. Particularités de la position assise d'écriture/de lecture	8
2.3. Caractéristiques de l'étudiant en cycle supérieur	9
2.4. L'amphithéâtre, composant incontournable du paysage étudiantin	11
3. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	13
4. MATERIEL ET METHODE	14
4.1. Perception du confort et de l'inconfort de l'installation (expérience 1)	14
4.1.1. Population	14
4.1.2. Matériel expérimental	14
4.1.3. Méthode	14
4.1.4. Méthode d'analyse des résultats	14
4.2. Comparaison de l'ergonomie de l'installation actuelle avec celle d'une « bonne installation » (expérience 2)	15
4.2.1. Matériel expérimental	15
4.2.2. Méthode	15
4.2.3. Méthode d'analyse des résultats	16
4.3. Adéquation des dimensions du mobilier actuel aux données anthropométriques (expérience 3)	16

4.3.1. Population	16
4.3.2. Matériel expérimental	17
4.3.3. Méthode	17
4.3.4. Méthode d'analyse des résultats	18
5. RESULTATS	18
5.1. Perception du confort et de l'inconfort de l'installation	18
5.1.1. Inconfort	18
5.1.2. Commentaires des étudiants	19
5.1.3. Confort	20
5.2. Comparaison de l'ergonomie de l'installation actuelle avec celle d'une « bonne installation »	21
5.3. Adéquation des dimensions du mobilier actuel aux données anthropométriques	23
6. DISCUSSION	26
6.1. Expérience 1	26
6.2. Expérience 2	27
6.3. Expérience 3	28
7. CONCLUSION	29
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

RESUME

L'objectif de ce mémoire est de déterminer si les amphithéâtres fréquentés par les étudiants en cycle supérieur, permettent à ces derniers de suivre des cours dans un maximum de sécurité en terme de prévention des TMS, de confort et d'efficacité.

Après avoir rappelé les effets des positions assises sur les différentes structures anatomiques du corps humain, nous détaillerons, à travers l'exemple du grand amphithéâtre de l'IFMK de Nancy, le ressenti des usagers quant au confort et à l'inconfort de l'installation. Nous étudierons ensuite son dessin et son aspect anthropométrique.

Ce travail s'achève par une discussion dans laquelle nous revenons sur la réalisation des différentes expérimentations et sur leurs limites pour appréhender une situation où de nombreux paramètres sont à prendre en considération. Les conclusions tirées de cette étude, facilement applicables à d'autres amphithéâtres de France, permettent d'affirmer que de nombreux étudiants n'évoluent pas dans un cadre ergonomique alors que des solutions simples et accessibles pourraient être mises en place.

Mots clés français : amphithéâtre, ergonomie, étudiant, TMS, position assise.

Mots clés anglais : lecture hall, lecture theatre, ergonomics, student, MSDs, sitting posture.

1. INTRODUCTION

Les troubles musculo squelettiques (TMS) constituent, depuis plus de dix ans, une problématique de santé publique majeure. En effet, le nombre de maladies professionnelles reconnues a plus que doublé entre 2001 et 2010. Cette augmentation brutale est en lien avec « l'explosion » des TMS qui représentent 85 % des 50 000 cas répertoriés cette année là [1]. Ces troubles caractérisés par des douleurs et des gênes fonctionnelles affectent les muscles, les tendons, les articulations et les nerfs des membres et du tronc [2].

Parmi les principaux sites douloureux, le rachis lombaire et le rachis cervical, biomécaniquement indissociables, sont les plus fréquemment incriminés. Une étude réalisée dans les Pays-de-Loire en 2002, sur un échantillon représentatif de 3 710 salariés âgés de 20 à 59 ans, montre une prévalence des lombalgies au cours des 12 derniers mois s'élevant à 59 % chez les hommes et 54 % chez les femmes [3].

La croissance continue de ces douleurs rachidiennes est constatée dans tous les pays industrialisés. Le développement des technologies modernes a fait de la station assise, la plus commune des postures de travail.

La position assise, perçue à l'origine comme une position de repos par rapport à la station debout doit être considérée comme une source de danger sous certaines conditions [4]. La population estudiantine (population active de demain) est tout particulièrement soumise à ces longues heures passées assis, que ce soit à la maison ou en cours. Il paraît donc incontournable de s'intéresser à ses conditions de travail. De tout temps, le choix de l'amphithéâtre comme type d'aménagement des salles de cours est caractéristique du cycle supérieur. En effet, les rangées de sièges disposées par paliers selon un plan incliné, permettent à un grand nombre d'auditeurs d'avoir une vue dégagée sur l'enseignant. L'amphithéâtre apparaît comme un choix judicieux pour mettre un maximum d'étudiants sur une surface donnée. Cependant, permet-il aux étudiants de suivre les cours dans un « maximum de confort, de sécurité et d'efficacité » [5] ? Son mobilier offre t-il de bonnes conditions de travail à ses utilisateurs ?

« Acteur de santé publique par définition, le masseur kinésithérapeute devient, par son rôle complémentaire d'ergonome, un acteur dans le monde de la qualité » résumait Gilles Barette [6]. C'est donc dans cette optique que nous étudierons le mobilier du grand amphithéâtre de l'IFMK de Nancy et son adéquation aux données anthropométriques.

2. SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ACTUELLES

2.1. Biomécanique de la position assise

2.1.1. Courbures rachidiennes

Par convention, l'Homme occidental s'assoit sur un plan horizontal. Or, dès 1953, Keegan [7] démontre que le passage de la station debout à la position assise sur un support horizontal crée un effacement de la courbure lombaire. (fig.1)



Figure 1 : Superposition de clichés radiographiques montrant l'effacement de la lordose lombaire lors du passage en position assise. D'après Keegan [7]

En effet, lorsque l'amplitude maximale des articulations coxo fémorales est atteinte, les fléchisseurs de hanche sont relâchés contrairement aux ischio-jambiers. Leur mise en tension entraîne une bascule postérieure du bassin qui permet d'obtenir les derniers degrés nécessaires

à l'assise sur un support horizontal. Or, le sacrum, élément central de la ceinture pelvienne, directement lié à la colonne lombaire, entraîne par sa bascule une diminution de la lordose lombaire. Le système ligamentaire rachidien postérieur est étiré, les disques intervertébraux sont en compression.

En 1962, Schoberth [8] précise ce mouvement en montrant que la position assise sur une surface horizontale, amène l'articulation coxo-fémorale en flexion de 50° et le bassin en rétroversion de 40° . (fig.2)

Cette rétroversion de bassin entraîne une délordose lombaire, de 30° environ, ce qui ramène le centre de gravité du tronc en avant et permet ainsi l'équilibre en position assise sans dossier.

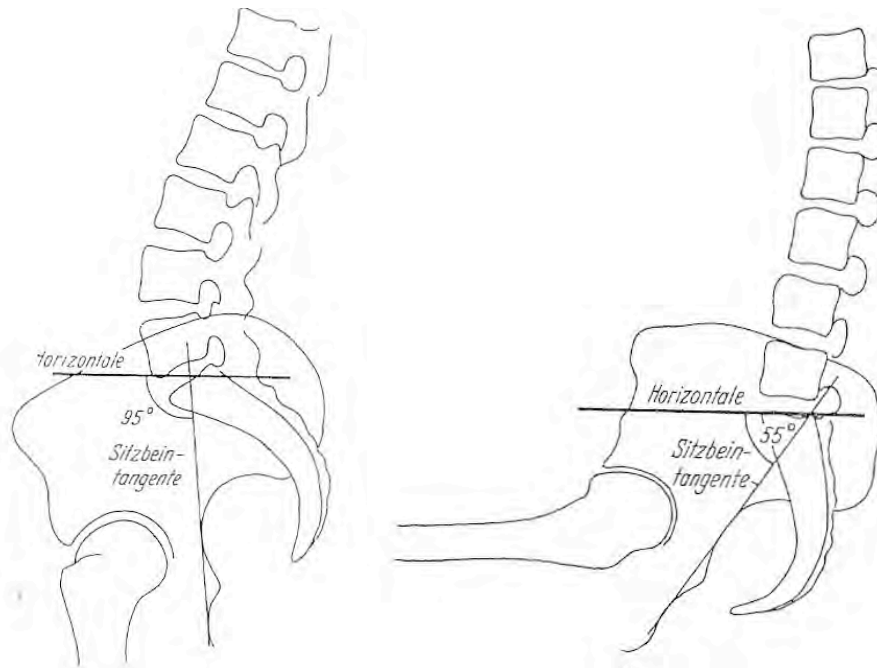


Figure 2 : Participation de la rétroversion pelvienne à la position assise horizontale.

D'après Schoberth [8].

Pour conserver la courbure physiologique lombaire, il faut donc maintenir une ouverture de l'angle tronc-cuisse comprise entre 110 et 135° selon les auteurs.

Dans les années 70 apparaissent les notions d'« angles de confort » et de « géométrie de moindre contrainte ». Il s'agit de trouver pour chaque articulation du corps humain les angulations permettant la détente musculaire et capsulaire la plus complète possible pour obtenir une pression intra articulaire minimale. Thornton à travers ses expériences en

apesanteur [9] et Verriest par la conception de sièges d'automobiles [10], confirment que pour assurer une pression minimale au niveau des articulations inter-corporéales et inter-apophysaires du rachis, il est nécessaire de maintenir un angle tronc-cuisse d'environ 128° (fig. 3).

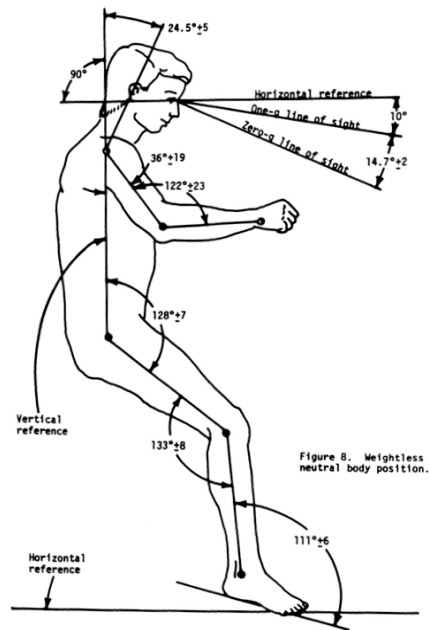


Figure 3 : Le corps en apesanteur selon Thornton [9]

2.1.2. Pression des disques intervertébraux

En 1976, Nachemson [11] montre par des mesures invasives que la pression intradiscale augmente avec la flexion lombaire, ce qui corrobore le principe de position de moindre contrainte. Or, depuis les premières recherches sur les pressions intra-discales, de nouvelles méthodes et de nouveaux instruments ont permis de conclure que la pression intradiscale n'est pas plus élevée en position assise redressée que debout [12]. Les données épidémiologiques montrent également que la station assise n'est pas plus responsable de la dégénérescence des disques intervertébraux et des douleurs lombaires que la station debout [13]. Il faut donc rechercher les causes de douleur dans une autre structure anatomique.

2.1.3. Musculature

Chez un sujet assis, les muscles para-vertébraux ne sont pas au repos. Les para-vertébraux superficiels, principalement constitués de fibres de type IIb, au métabolisme anaérobie, assurent la dynamique du rachis (lors des changements de position par exemple) tandis que les para-vertébraux profonds, riches en fibres de type I assurent la stabilité active du rachis par leur rôle tonique [14]. L'endurance de ce dernier type de fibre est due à son métabolisme aérobie. Or, le fait de maintenir une contraction statique prolongée entraîne une hypoxie. Là est l'origine de la fatigue de ces muscles. Toute contraction musculaire devenant source d'inconfort nécessite un temps de récupération.

La sensation d'inconfort est atteinte d'autant plus rapidement et conservée d'autant plus longtemps que la contraction musculaire est forte. En position debout, la projection du centre de gravité du tronc et des membres supérieurs passe par le sommet de la courbure lombaire. Les muscles spinaux se contractent de manière intermittente pour maintenir le corps en équilibre. Le bras de levier de ces muscles est considéré comme nul. En position assise, du fait de la délordose lombaire, la projection du centre de gravité passe en avant de la colonne vertébrale. Lorsque le bras de levier des muscles postérieurs atteint 5cm, ils développent une force égale au poids de la partie supérieure du corps pour éviter une chute en avant. Milner et al. [15] ont également montré que le temps de récupération musculaire n'est pas proportionnel au temps de maintien. Dans le cas de contraction très importante, le temps de récupération peut atteindre 12 fois le temps de contraction.

En plus de la fatigue, le recrutement musculaire comporte l'inconvénient d'augmenter la pression intra-discale. Si la contraction musculaire n'est pas alternée régulièrement avec des phases de repos, la nutrition du disque qui est assurée par les phénomènes de compression /décompression ne s'effectue plus correctement. Le risque à long terme est la dégénérescence du fibrocartilage, la protrusion discale et le contact avec un nerf spinal (fig.4).

L'arrêt de la contraction musculaire qui se produit dès que le bassin effectue une bascule postérieure réduit la fatigue. Or, sans contrôle par les éléments actifs, la stabilité du rachis postérieur repose exclusivement sur le système capsulo-ligamentaire.

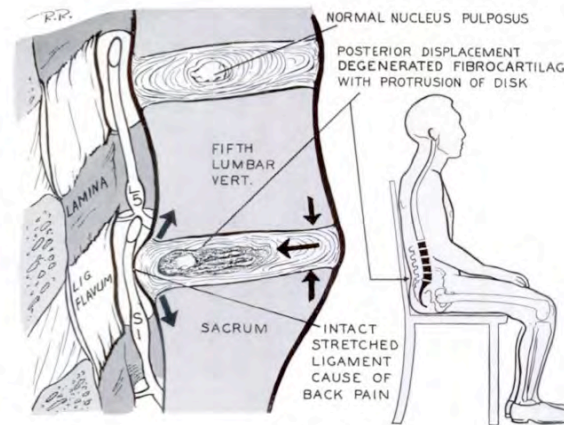


FIG. 2
Drawing to illustrate the anatomy and mechanics of posterior protrusion of a degenerated fifth lumbar intervertebral disc during sitting in a right-angled position.

THE JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY

Figure 4 : Illustration de la protrusion d'un 5^e disque inter-vertébral dégénératif lors de la station assise à angle droit. D'après Keegan [7].

2.1.4. Système capsulo-ligamentaire (fig. 5)

Les articulations zygapophysaires orientent les mouvements des vertèbres entre elles. Les capsules de ces articulations sont également des limites à la flexion rachidienne tout comme le système ligamentaire postérieur. En cas de mise en tension excessive du système capsulo-ligamentaire, il se produit une sensation algique.

Là se trouve l'origine des douleurs des postures « avachies ». Mais ce n'est pas le seul problème qu'elles engendrent. En effet, Dolan [17] a montré qu'une réponse faible des muscles para-vertébraux associée à un étirement des ligaments spinaux postérieurs, dus à cette posture en flexion lombaire, perturbent la proprioception. Plus cette position est maintenue dans le temps et plus les erreurs de repositionnement sont grandes.

Le système capsulo-ligamentaire étant essentiellement constitué de collagène, il est plus extensible chez le sujet jeune que chez le sujet âgé. Voilà pourquoi les plus jeunes tolèrent mieux les positions en cyphose lombaire mais aussi pourquoi il peut être dangereux, d'un point de vue proprioceptif, d'adopter sur de longues périodes ces mauvaises postures.

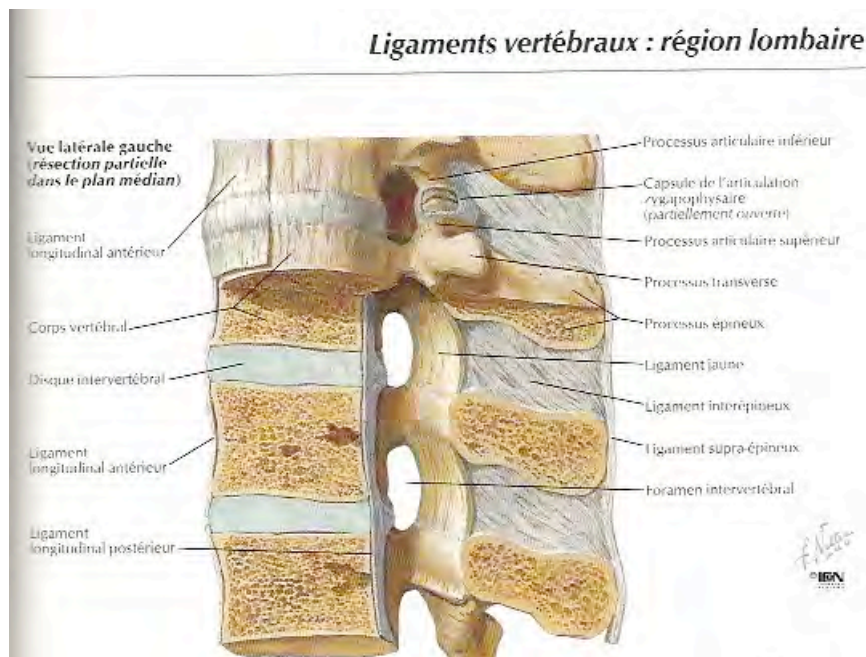


Figure 5 : Illustration du système capsulo-ligamentaire de la région lombaire par Netter [16].

2.1.5. Aspect vasculaire et nerveux

La peau humaine ne présente pas les mêmes propriétés dans toutes les régions du corps. La peau qui recouvre les tubérosités ischiatiques est épaisse, riche en collagène, peu mobile, peu vascularisée et peu innervée alors que pour le revêtement cutané de la face postérieure des cuisses, c'est le contraire. Il est donc important de choisir une assise plutôt dure où l'appui principal est centré sur la région fessière plutôt qu'un siège mou qui répartit les pressions de manière égale entre fesses, cuisses créant ainsi des compressions vasculo-nerveuses et donc un inconfort [18] [19].

Le creux poplité, zone sensible, du fait du passage des artères et veines poplitées, du nerf tibial et du nerf fibulaire commun, doit aussi éviter les compressions. Une assise trop haute conduit à une compression à la face postérieure de l'extrémité inférieure de la cuisse. Un siège trop bas impose une flexion trop prononcée des genoux. Un siège trop profond conduit à une compression par le bord antérieur de l'assise. Il faut donc prendre en compte ces paramètres dans le choix du siège.

2.1.6. Aspect viscéral

Le fait d'être assis, penché au dessus d'un document crée une compression du thorax et de l'abdomen qui peut gêner la ventilation et la digestion. Pour éviter cette compression viscérale, il est donc préférable d'incliner le plan de travail et de rapprocher le document de l'opérateur. [19]

2.2. Particularités de la position assise d'écriture/de lecture

Comme nous l'avons vu précédemment, une bonne position assise passe par le maintien de l'ouverture de l'angle tronc-cuisse à environ 120°. S'asseoir sur un siège comportant un dossier incliné en arrière sur la verticale et une assise inclinée en avant sur l'horizontale remplit cette condition (il est nécessaire de basculer en arrière l'ensemble dossier-assise pour ne pas glisser vers l'avant). Le tronc repose sur le dossier, les muscles se relâchent et la courbure lombaire s'accroît [20]. De plus, une partie du poids du tronc est transmise au sol par l'intermédiaire du dossier, et non de l'assise, ce qui décharge les disques intervertébraux. Cette position, idéale pour le repos n'est malheureusement pas adaptée au travail de bureau. En effet, l'écriture et la lecture, que ce soit sur un support papier ou numérique ont en commun un paramètre qui prend le pas sur tous les autres : la distance œil-document. [18]

Les adultes, contrairement aux jeunes enfants, ne sont pas capables d'adapter rapidement leur vision en cas de changement de distance entre leurs yeux et le support sur lequel ils travaillent. Pour conserver une distance leur permettant une bonne « mise au point » sur un document, ils vont donc modifier l'ensemble de leur posture. Ainsi, un document placé sur une table trop basse entraîne inévitablement l'enroulement vertébral jusqu'à la région lombaire. Voilà pourquoi il est impossible de dissocier plan de travail et siège pour l'aménagement d'un bureau.

Dans une « géométrie de moindre contrainte » (fig. 3), la tête est inclinée sur le tronc de 24° +/- 5° (le regard est incliné de 15° sous l'horizontale). Le *ligamentum nuchae* est suffisant pour maintenir cette faible chute de la tête, les muscles de la nuque sont au repos et n'interviennent qu'en tant que structure visco-élastique. Les capteurs sensoriels de l'oreille

interne sont également au repos puisque le canal semi circulaire horizontal, orienté vers le bas et l'arrière lorsque la tête est redressée, se trouve alors dans le plan transversal.

Une solution pour rapprocher l'œil du document sans avoir à se pencher sur ce dernier est le pupitre incliné. Freudenthal et ses collaborateurs [21] ont montré qu'une table inclinée de 10° sur l'horizontale permet de réduire de 8° les flexions de tête et de tronc. Cela se traduit par une réduction de 20 à 30 % de l'effort développé pour maintenir la position du tronc et par une diminution de la flexion lombaire.

2.3. Caractéristiques de l'étudiant en cycle supérieur

Aujourd'hui des centaines d'études ergonomiques s'intéressent au travail en position assise que ce soit chez les adultes ou chez les enfants mais il existe une catégorie de la population, particulièrement exposée à la station assise prolongée, qui fait très peu parler d'elle : la population estudiantine en cycle supérieur.

En France, on estime qu'environ 55 % des jeunes d'une génération accèdent à l'enseignement supérieur, que ce soit immédiatement après leur baccalauréat ou un an après [22]. Ces étudiants sont, en général, de jeunes adultes (entre 18 et 30 ans environ). Ils ont donc terminé leur croissance, ou sont sur le point de la terminer. Le vieillissement comme le sous-tend la notion d' « adulte » ne s'applique donc pas encore à eux.

Globalement, les amplitudes de flexion de hanche et de flexion lombaire diminuent avec l'avancée en âge [23]. Cependant, la comparaison entre une population d'enfants âgés de 8 à 10 ans avec une population de jeunes adultes (18 à 23 ans), permet de constater le phénomène inverse. La flexion dans le complexe lombo-pelvi-fémoral est de 109° dans le premier groupe et de 128° dans le second (les parts respectives de flexion lombaire et de flexion de hanche sont comparables dans les deux populations et confirment les conclusions de Schoberth) [24]. Les effets néfastes, liés à l'étirement des structures postérieures, risquent donc d'être plus conséquents chez les étudiants que chez les enfants.

En ce qui concerne les capacités d'adaptation visuelles, les étudiants ont perdu une grande partie des facultés qu'ils présentaient durant leur enfance. Il est donc d'autant plus important de leur proposer un plan de travail surélevé.

L'adulte jeune est par définition dynamique mais avec la sédentarisation de nos modes de vie, le temps de loisirs ne peut compenser les heures passées à travailler en flexion lombaire. De plus, l'existence de liens entre faible endurance des extenseurs lombaires, faible niveau d'activité physique et développement de douleurs lombaires chez de étudiants de 18 à 30 ans a été démontrée [25].

Enfin, l'étudiant présente des caractéristiques psychosociales particulières. Il se préoccupe peu des conséquences à long terme des mauvaises postures qu'il peut prendre au cours d'une journée même s'il reconnaît souffrir du dos. Bedyk [26] explique à travers l'exemple de l'ordinateur portable que l'aspect pratique prime sur la douleur tant que celle-ci cesse après une pause.

Contrairement à un enfant, l'étudiant est soumis aux facteurs de risque liés au mode de vie adulte fraîchement acquis : consommation de tabac et d'alcool, alimentation et sommeil déséquilibrés. Une récente enquête, menée auprès d'étudiants américains âgés de 18 à 22 ans, montre que les douleurs rachidiennes constituent le problème de santé physique le plus fréquemment rapporté et que parmi les facteurs de risque incriminés, l'aspect psycho-social est non négligeable [27].

En conclusion, si le type de travail des étudiants est assez proche de celui demandé depuis leur enfance, leur physiologie et leur mode de vie sont ceux d'un adulte. Ces deux derniers points sont des portes ouvertes vers des TMS potentiels. Des dispositions, en termes d'aménagement de leurs conditions de travail, ont-elles été prises pour pallier ces facteurs de risque ?

2.4. L'amphithéâtre, composant incontournable du paysage étudiantin

De tout temps, le choix de l'amphithéâtre comme type d'aménagement des salles de cours est caractéristique du cycle supérieur. Sa configuration permet à chaque étudiant d'avoir une vue dégagée sur l'enseignant en contrebas, quelle que soit sa place. L'amphithéâtre est également une solution judicieuse pour optimiser l'espace. Ce gain de place ne se fait-il pas au dépend du confort de chacun ? Sa configuration favorise-t-elle une « bonne posture » pour la prise de notes et l'écoute attentive du cours ? Ses dimensions sont-elles en adéquation avec la morphologie des étudiants ?

Comme nous l'avons vu précédemment, il n'existe pas de position assise idéale cependant certaines configurations de l'ensemble table-chaise sont plus que d'autres à même de retarder l'apparition d'inconfort et de TMS.

Plusieurs ergonomes ont tenté de proposer des solutions d'assises plus ergonomiques, que les chaises traditionnelles. Parmi tous les concepts proposés pour mieux adapter la tâche à l'Homme, les plus célèbres sont : la « kneeling chair » ou assise sur les genoux, la « saddle chair » de Bendix reproduisant la position que l'on adopte sur la selle d'un cheval ou encore l'« Anthropological Morphological Physiological seatcushion » de W & P Snyder, un coussin constitué de différentes densités de mousse permettant une meilleure répartition de pressions sur l'assise.

Toutes ces solutions comportent malheureusement des défauts qui ont rendu leur utilisation anecdotique. Seul A.C. Mandal [28] a su répandre son mobilier dans de nombreux pays. Si ses installations sont encore présentes dans les écoles des pays nordiques c'est sans doute parce qu'il propose un concept où table et chaise ne peuvent être considérées séparément (fig. 6).



Figure 6 : Mobilier scolaire « de type Mandal »

Ce mobilier ajustable à chacun comporte tous les éléments nécessaires à une bonne posture rachidienne (cf. paragraphe 2.1.). Malheureusement, il présente aussi les inconvénients de ses avantages : il nécessite des réglages personnalisés et son coût est assez élevé. Deux éléments qui ne répondent pas aux impératifs d'une installation collective d'un amphithéâtre. Par chance, il ne paraît pas impossible de transposer les principes ergonomiques de base, au mobilier qui se rencontre fréquemment en amphithéâtre. En effet, M.G. Helander [29] a prouvé que l'Homme ne pouvait pas faire la différence ni entre deux hauteurs de chaises différentes de moins de 2 cm ni entre deux inclinaisons d'assise ou de dossier différentes de moins de 3°. Ceci nous prouve que pour être ergonomique, le mobilier ne doit pas nécessairement être personnalisé.

Le dessin de l'installation n'est cependant pas le seul garant d'une bonne posture. Il faut s'assurer de l'adéquation du mobilier aux dimensions de ses utilisateurs : c'est l'anthropométrie. C'est justement sur ce point que de récentes études ont démontré l'inadéquation du mobilier scolaire aux mensurations des élèves [30], [31], [32], [33]. Cette inadéquation du mobilier aux enfants les oblige à prendre des positions plus ou moins délétères. Il paraît donc incontournable d'effectuer une étude similaire dans les amphithéâtres pour vérifier que la majorité des étudiants a accès à un mobilier adapté à sa morphologie.

3. METHODE DE RECHERCHE BILIOGRAPHIQUE

Aspect ergonomique et anthropométrique du mobilier pour amphithéâtre.

Nous avons effectué une recherche bibliographique afin de vérifier l'existence de littérature traitant de notre problématique. Nous avons pour cela interrogé les bases de données suivantes : Science Direct, Pubmed, Réédoc, PEDro, Kinédoc, Cochrane Library ainsi que le serveur de l'IFMK de Nancy pour sa littérature grise. Cette recherche a eu lieu entre le 1/09/12 et le 22/11/12.

Les mots clés français utilisés sont : ergonomie, amphithéâtre, étudiant, TMS, position assise. Les mots clés anglais utilisés sont : lecture hall, lecture theatre, ergonomics, student, MSDs, sitting posture.

Le nombre de résultats obtenus et de résultats retenus figurent à l'Annexe I.

Les recherches portent principalement sur l'actualité des cinq dernières années sauf pour les documents de référence en ergonomie et en biomécanique.

Nous avons effectué des recherches à la Bibliothèque Universitaire de la Faculté de Médecine de Nancy et consulté celle de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy.

Nous avons pris contact avec le Commandant Stéphane Imbert, ancien responsable Hygiène Sécurité et Environnement au Service Départemental d'Incendie et de Secours de Meurthe et Moselle afin d'obtenir les normes en vigueur dans les amphithéâtres.

Nous avons consulté le Pôle Norm'info du groupe Afnor pour rechercher les différentes normes s'appliquant aux amphithéâtres. Seules les normes relatives aux risques d'incendie les concernent.

Nous avons également pris contact, avec le cabinet d'architecture « A (b+d) architecture » ayant réalisé la rénovation du grand amphithéâtre de l'IFMK de Nancy en 2006. Il nous a mis en contact avec le fournisseur du mobilier de l'amphithéâtre (A2M diffusion). Celui-ci nous a donné les coordonnées du fabricant de mobilier : l'entreprise MUSSIDAN Sièges. Ce dernier interlocuteur ne nous a malheureusement pas fourni de plus amples informations sur ses produits.

4. MATERIEL ET METHODE

4.1. Perception du confort et de l'inconfort de l'installation (expérience 1).

4.1.1. Population :

Nous avons sollicité les 65 étudiants de deuxième année ne présentant pas de pathologie rachidienne majeure (hernie discale, scoliose...).

4.1.2. Matériel expérimental :

Questionnaire de confort et d'inconfort de Helander et Zhang [34]. Ce questionnaire en langue anglaise a été traduit par nos soins, nous avons ajouté une rubrique « vos remarques » à la fin du questionnaire (Annexe II). Il a été traité avec le logiciel Excell 2011.

4.1.3. Méthode :

Le questionnaire est distribué aux étudiants présents dans l'amphithéâtre, après 4 heures de cours espacées chacune de 10 minutes de pause environ. Pour chaque question, les étudiants doivent entourer le chiffre qui correspond à leur impression du moment. Les étudiants sont invités à noter leurs remarques dans la rubrique prévue à cet effet. Le questionnaire est anonyme.

4.1.4. Méthode d'analyse des résultats :

Grâce au logiciel Excel 2011, nous calculons le score médian obtenu pour chaque question, les scores moyens et médians d'inconfort et de confort, le critère le plus fortement impliqué dans le score d'inconfort et le critère le plus fortement impliqué dans le score de confort. Nous analysons les différents commentaires laissés par les étudiants puis les regroupons par catégories.

4.2. Comparaison de l'ergonomie de l'installation actuelle avec celle d'une « bonne installation » (expérience 2).

4.2.1. Matériel expérimental :

- Un mètre rigide
- Un niveau à bulle
- Un rapporteur
- Un schéma au centième d'un siège du grand amphithéâtre pour reporter les données mesurées. (Annexe IV)
- Le schéma figurant à la page 28 du document du fabricant de mobilier australien Sebel ainsi que les commentaires qui l'accompagnent. (Annexe V) [19]
- Des données anthropométriques récentes fournies par le projet de recherche "DINBelg 2005" [35]. Nous utilisons les données moyennes d'une population mixte.
- L'arrêté du 5 février 2007 portant approbation de diverses dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP). (Annexe VI) [36]
- La fiche pratique de sécurité ED 70 de l'INRS pour le réglage du siège de travail [37]
- Les nouvelles normes concernant le mobilier scolaire NF EN 1729-1. Nous avons utilisé le code taille 6 (Annexe VII). [38]

4.2.2. Méthode :

La comparaison des deux schémas (Annexes IV et V) porte sur les points suivants :

- La distance assise-sol
- L'inclinaison de la partie postérieure de l'assise par rapport à l'horizontale
- L'inclinaison de la partie antérieure de l'assise par rapport à l'horizontale
- La profondeur de l'assise
- La largeur de l'assise
- La forme du bord antérieur de l'assise

- La forme globale du dossier
- L'inclinaison du dossier sur la verticale
- La distance table (dans sa partie la plus basse)-sol
- L'inclinaison de la table par rapport à l'horizontale
- La profondeur de la table
- La distance séparant la partie la plus basse de la table du bord antérieur de l'assise lorsque celle-ci est horizontalisée (en utilisant les projections verticales de ces deux éléments).
- La distance séparant la partie la plus basse de la table du bord antérieur de l'assise lorsque celle-ci est repliée.

4.2.3. Méthode d'analyse des résultats :

Nous comparons les données de l'installation réelle à celles du schéma théorique en considérant comme significative une différence supérieure à 2 cm ou 3° [29].

4.3. Adéquation des dimensions du mobilier actuel aux données anthropométriques (expérience 3).

4.3.1. Population :

Nous avons recruté par appel 6 étudiants (3 hommes et 3 femmes) dont les tailles respectives correspondent à celles des catégories « petit », « moyen » et « grand » de la population de chaque sexe. La catégorie « petit » représente le 5^e centile de la population, la catégorie « moyen » représente la médiane et la catégorie « grand » représente le 95^e centile. Par ces trois catégories, 90 % de la population sont donc représentés. Les hommes mesurent (avec une précision de +/- 1cm) 1,64 m, 1,76m, 1,89m. Les femmes mesurent (avec cette même précision) 1,53 m, 1,64 m, 1,75m.

4.3.2. Matériel expérimental :

- Une toise pour objectiver la taille des sujets et la distance sol-objectif de l'appareil photographique.
- Les données anthropométriques « DINBelg 2005 » également utilisées dans l'expérience précédente [35]
- Un appareil photographique numérique sur trépied
- Des repères colorés autocollants
- Les valeurs angulaires de la « géométrie de moindre contrainte » établies par Thornton [9].
- Un rapporteur
- Le logiciel de traitement d'image Adobe Photoshop CS4 extended version 11.0

4.3.3. Méthode :

Quand l'étudiant est assis, en sous-vêtements et chaussures, dans l'amphithéâtre en bout de rang. Nous plaçons des repères colorés autocollants au niveau du tragus de l'oreille, des centres articulaires de l'articulation gléno-humérale, du coude et du poignet, du grand trochanter, des centres articulaires du genou et de la cheville. Nous leur demandons d'adopter leurs positions d'écoute attentive et d'écriture habituelles en leur précisant de ne pas croiser les cuisses ou les chevilles. Ils sont alors photographiés. L'objectif de l'appareil photographique, en position verticale, est situé à 84 cm du sol et à 113 cm du bout de la table (photographie de l'installation à l'Annexe VIII). L'horizontalité de l'appareil est vérifiée avant chaque série de photos.

Avec l'aide du logiciel de traitement d'image et du rapporteur, nous évaluons les valeurs angulaires des articulations de la cheville, du genou, de la hanche, de l'épaule, du coude et du rachis cervical par rapport au tronc.

4.3.4. Méthode d'analyse des résultats :

Nous comparons les valeurs obtenues par les photographies à celles fournies par Thornton [9]. Nous considérons comme significative une différence dépassant l'écart-type proposé par l'auteur pour chaque articulation.

5. RESULTATS

5.1. Perception du confort et de l'inconfort de l'installation.

5.1.1. Inconfort

Les étudiants ont attribué, pour chaque question, une note de 1 à 9. Les scores médians, obtenus par les différents paramètres d'inconfort sont présentés à la figure 7.

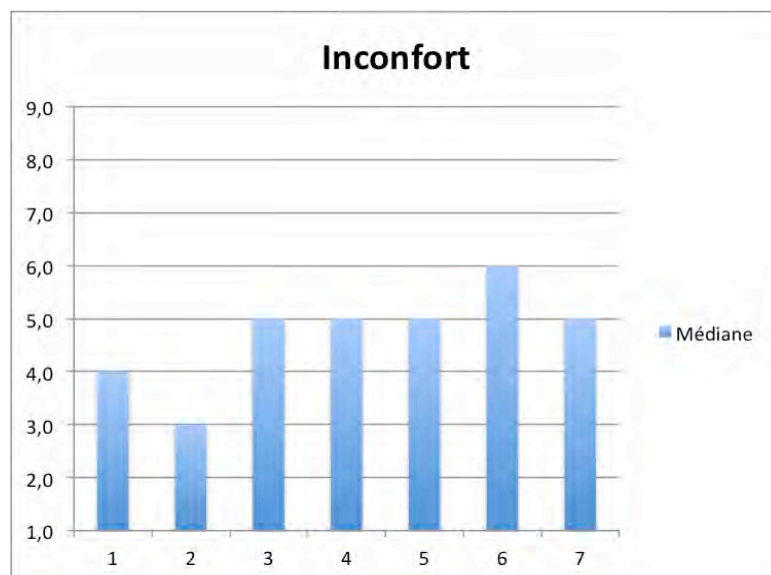


Figure 7 : Graphique présentant le score médian obtenu pour chaque question. En abscisse : le numéro de la question. En ordonnée : le score médian.

Le score moyen d'inconfort est de 4,7 sur 9. Le score médian d'inconfort est de 4,7 également.

Le paramètre le plus fortement impliqué dans ces scores fait l'objet de la question 6 : « je me sens fatigué(e) ». Le score médian atteint par cette question est 6/9

5.1.2. Commentaires des étudiants

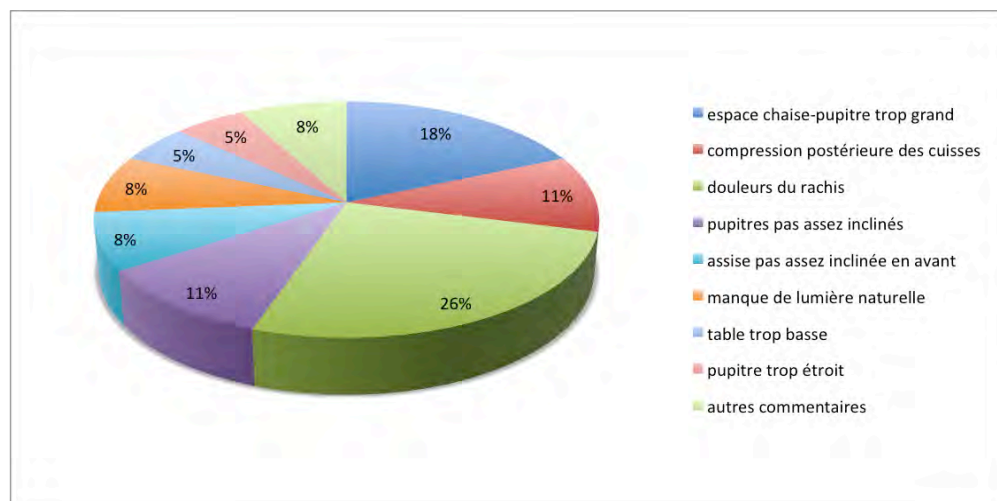


Figure 8 : Diagramme sectoriel présentant la fréquence des différentes remarques faites par les étudiants.

27 étudiants sur les 65 interrogés ont écrit une ou plusieurs remarques. Nous les avons regroupées en 9 catégories et présentées dans le diagramme sectoriel ci-dessus.

Les commentaires émis sont pour la plupart à mettre en relation avec la notion d'inconfort.

La majorité (26 %) des commentaires concerne les douleurs rachidiennes. L'espace chaise-pupitre trop grand est la deuxième remarque la plus fréquemment formulée. Les autres commentaires dénoncent tous un problème de conformation de l'installation sauf un, volontairement non traité dans ce mémoire, mais qui a toute son importance dans une démarche d'ergonomie : le manque de lumière naturelle.

5.1.3. Confort

Les étudiants ont attribué, pour chaque question, une note de 1 à 9. Les scores médians, obtenus par les différents paramètres de confort sont présentés à la figure 9.

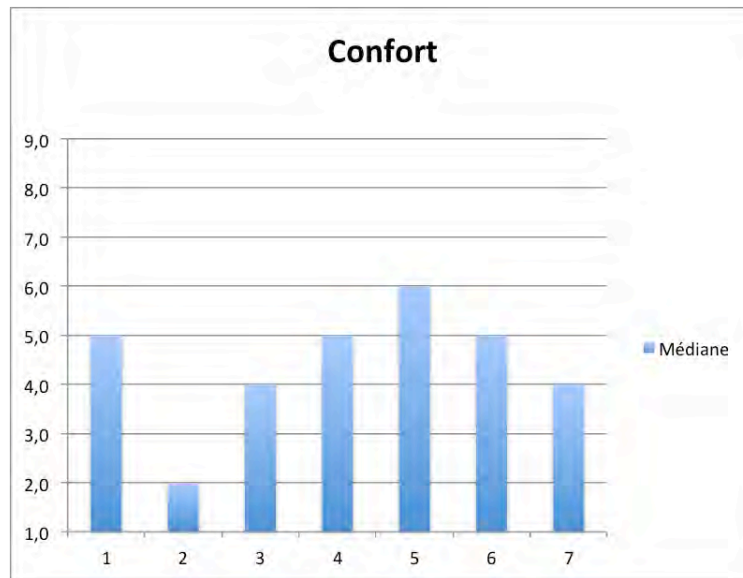


Figure 9 : Graphique présentant le score médian obtenu pour chaque question. En abscisse : le numéro de la question. En ordonnée : le score médian.

Le score moyen de confort est de 4,3 sur 9. Le score médian de confort est de 4,4 sur 9. Le paramètre le plus fortement impliqué dans ces scores fait l'objet de la question 5 « La chaise est esthétique ». Le score médian atteint par cette question est 6/9. Le score d'inconfort est donc plus élevé que celui du confort.

Ce questionnaire avait pour but d'obtenir un avis global des étudiants vis à vis de leur installation. Il en ressort que, si l'amphithéâtre est esthétique, il est source de fatigue et de douleurs rachidiennes probablement en lien avec une ergonomie pauvre. Nous cherchons à savoir, par les comparaisons suivantes, si les hypothèses, tirées des résultats de ce questionnaire, se vérifient.

5.2. Comparaison de l'ergonomie de l'installation actuelle avec celle d'une « bonne installation ».

Sont synthétisées dans le tableau ci-dessous, pour chaque point de comparaison, les valeurs respectivement retrouvées pour la « bonne installation » et pour l'installation actuelle.

Tableau I : Comparaison de l'ergonomie d'une « bonne installation » et de l'installation actuelle en 13 points.

Paramètres	« Bonne installation »	Installation actuelle
Distance assise-sol	446 (hauteur creux poplité-sol sans chaussure). Avec 20mm de talons : 466	460
Inclinaison de la partie postérieure de l'assise par rapport à l'horizontale	5°	Siège entièrement incliné en arrière de 10°
Inclinaison de la partie antérieure de l'assise par rapport à l'horizontale	10° à 30° vers l'avant	10° vers l'arrière
Profondeur de l'assise	2/3 de 496 (longueur fesse-creux poplité) = 330	330 partie mousse 370 partie bois (contact obligatoire)
Largeur de l'assise	387 (largeur des hanches)	360 partie mousse 400 partie bois (contact obligatoire)
Forme du bord antérieur de l'assise	Incurvé vers le bas	Dans le plan horizontal (la partie mousse ne recouvre pas le bord antérieur)

Forme globale du dossier dans le plan sagittal	Convexe en avant. Le point le plus saillant est compris entre 170 et 220 mm de l'assise.	Plate
Inclinaison du dossier sur la verticale	Sa partie supérieure est inclinée de 15° vers l'arrière par rapport à la verticale	Globalement incliné vers l'arrière de 10° par rapport à la verticale
Distance table (dans sa partie la plus basse)-sol	760 d'après la norme NF EN 1729-1	745
Inclinaison de la table par rapport à l'horizontale	10°	2°
Profondeur de la table	> 330 ; 457 dans l'idéal	375
Distance séparant la partie la plus basse de la table du bord antérieur de l'assise lorsque celle-ci est dépliée	0	50
Distance séparant la partie la plus basse de la table du bord antérieur de l'assise lorsque celle-ci est repliée	Au minimum 350 d'après l'arrêté du 5 février 2007 (Annexe IV)	395

Les mesures, dont l'unité n'est pas précisée directement dans le tableau, sont exprimées en mm. Les mesures différant de plus de 20mm ou de 3° avec la « bonne installation » sont surlignées en rouge ainsi que les différences majeures de forme.

Il ressort de ce tableau que, sur 13 critères, 9 ne concordent pas avec une « bonne installation » (en admettant que la partie bois de l'assise n'est pas conçue pour être en contact avec son utilisateur).

Les critiques des étudiants concernant la conformation sont confirmées excepté sur deux points : la table est d'une hauteur et d'une largeur convenable. Après environ 7 années d'utilisation, la déformation constatée de la mousse sur son bord antérieur (fig. 10) confirme l'appui punctiforme de la face postérieure des cuisses sur la partie antérieure de l'assise résultant de son dessin inapproprié. Ce contact punctiforme se fait donc avec un plan dur puisque la mousse est définitivement comprimée.



Figure 10 : Photographies montrant l'écrasement de la mousse au bord antérieur de l'assise.

Nous constatons également que, si l'espace table-assise était réduit au minimum imposé par la norme incendie, l'installation respecterait (à 5mm près) les recommandations d'ergonomie.

5.3. Adéquation des dimensions du mobilier actuel aux données anthropométriques.

Les tableaux suivants présentent les valeurs angulaires définies par Thornton dans le cadre de la « géométrie de moindre contrainte » et celles constatées sur les 6 sujets dans les positions d'écoute attentive et d'écriture. Toutes les valeurs sont exprimées en degrés. Les valeurs en rouge sont en dehors des limites fixées par Thornton.

Tableau II : Valeurs de confort articulaire selon Thornton

	Cervicales	Epaule	Coude	Hanche	Genou	Cheville
Minimum	19	17	98	121	125	105
Maximum	29	55	146	135	141	117

Tableau III : Valeurs constatées sur les sujets féminins dans les positions d'écoute attentive et d'écriture.

	1,53 écoute	1,53 écrit	1,64 écoute	1,64 écrit	1,75 écoute	1,75 écrit	Compatibilité
Cervicales	50	67	53	67	37	50	0/6
Epaule	1	45	37	48	52	70	4/6
Coude	120	130	137	127	132	?	5/5
Hanche	112	103	117	87	90	72	0/6
Genou	80	57	67	62	72	72	0/6
Cheville	110	100	77	72	72	74	5/6
Compatibilité	2/6	2/6	2/6	2/6	2/6	0/5	Total : 10/35

« ? » signifie que l'analyse photographique ne permet pas d'obtenir cette valeur (l'articulation n'est pas dans un plan sagittal)

Tableau IV : Valeurs constatées sur les sujets masculins dans les positions d'écoute attentive et d'écriture

	1,64 écoute	1,64 écrit	1,76 écoute	1,76 écrit	1,89 écoute	1,89 écrit	Compatibilité
Cervicales	45	85	47	45	52	85	0/6
Epaule	7	40	2	50	9	43	3/6
Coude	130	110	112	110	108	117	6/6
Hanche	127	87	107	77	122	85	2/6
Genou	95	97	72	82	47	72	0/6
Cheville	100	100	85	90	80	95	0/6
Compatibilité	2/6	2/6	1/6	2/6	2/6	2/6	Total : 11/36

Il ressort de ces tableaux de comparaison que globalement, l'installation n'est pas en accord avec les principes de Thornton que ce soit chez les hommes ou chez les femmes. Seule l'amplitude de coude respecte, chez tous les sujets, la « géométrie de moindre contrainte ». En rassemblant les résultats des hommes et des femmes pour les deux positions étudiées et en exprimant les fractions sous forme de pourcentages, nous constatons que pour la catégorie « petit », la compatibilité est d'environ 33 %. Pour la catégorie « moyen » elle est d'environ 29 % et pour la catégorie « grand », elle s'élève à environ 25 %. En conclusion, plus la personne est grande et moins l'installation est confortable pour elle.

La colonne cervicale est dans tous les cas trop fléchie. Ce problème peut être du à une table trop basse et /ou trop faiblement inclinée. L'expérience précédente nous permet de conclure qu'il s'agit avant tout d'un problème d'inclinaison.

L'épaule est fréquemment mieux positionnée en position d'écriture qu'en position d'écoute attentive. La table étant trop éloignée de l'assise, le sujet ne peut y reposer ses bras lorsqu'il est assis au fond du siège ce qui explique un angle trop fermé dans cette position.

Le coude respecte toujours les angles de confort mais, sur les photographies, nous constatons que ce dernier ne repose pas sur la table. Il faut donc fournir un effort musculaire pour conserver les avant bras sur la tablette.

La hanche est, la plupart du temps, trop fléchie du fait de la déclive globale du siège. Pour maintenir un angle tronc-cuisse ouvert en position d'écoute attentive, certains sujets avancent leurs fesses et réalisent une chute arrière du tronc qui repose sur le dossier. Si cette position est maintenue longtemps, les muscles spinaux se relâchent et la lordose lombaire diminue, le bénéfice de l'ouverture de cet angle est donc perdu progressivement.

Les genoux sont toujours trop fléchis. Une ouverture plus grande de cet angle conduirait à une tension plus forte des ischio-jambiers et donc à une accentuation de la rétroversion du bassin qui serait d'autant plus néfaste pour les lombaires. Inverser l'inclinaison de l'assise placerait les genoux dans une position plus confortable.

La cheville est également fléchie de manière excessive sauf chez les sujets les plus petits. Cette flexion permet au pied, déporté sous l'assise, de reposer à plat au sol.

6. DISCUSSION

6.1. Expérience 1

Nous constatons qu'il ne se dégage pas de forte dominante en faveur du confort ou de l'inconfort de l'installation. Nous savons que l'appréciation de l'inconfort varie en fonction du moment de la journée et non en fonction de la durée d'utilisation [34]. Or, le questionnaire a été rempli en fin de matinée pour des raisons inhérentes à l'emploi du temps des étudiants. Le score d'inconfort aurait sans doute été plus élevé si le questionnaire avait été présenté en fin de journée. De plus, le questionnaire ayant été distribué juste avant la pause de midi, nous pouvons supposer que certains étudiants, pressés d'aller déjeuner, n'ont pas pris le temps d'écrire de remarque. Là aussi, les résultats auraient peut être été différents si les élèves avaient bénéficié de quelques minutes, dans leurs heures de cours habituelles, pour répondre aux questions.

L'ambiance lumineuse, évoquée par certains étudiants et volontairement non abordée dans ce mémoire est un élément qu'il faudrait étudier plus en détail afin de déterminer pour quelle part il participe au score d'inconfort et plus particulièrement à l'élément « fatigue ». En effet, certaines longueurs d'ondes présentes dans la lumière naturelle et non dans la lumière

artificielle, ont des répercussions non négligeables sur le rythme circadien [39], l'humeur, la vigilance et les capacités d'apprentissage [40].

La fatigue est une notion complexe qui ne peut être uniquement imputée à la biomécanique. Lorient [41] explique qu'un travailleur contraint de rester statique et très concentré durant plusieurs heures développe ce qui est nommé communément la « mauvaise fatigue » dont les origines sont « plus « nerveuse » ou psychologique que physique ou musculaire ». Ce même auteur explique que les TMS sont une manière d'exprimer un problème de santé mentale : « il est plus facile de dire « j'ai mal au dos » que « je déprime » ».

6.2. Expérience 2

Pour la comparaison des deux installations, il aurait été préférable de disposer des données du fabricant pour éviter les biais lors des mesures. Malheureusement, celui-ci n'a pas accédé à notre requête.

De même, les données anthropométriques françaises les plus récentes n'étant pas accessibles au public, nous avons dû nous contenter de données belges. Cependant, nous pouvons supposer que ces populations européennes, géographiquement proches, ne présentent pas de différences majeures de morphologie.

Les données concernant les réglages d'un poste de travail dont la tâche principale est l'écriture ne sont pas clairement établies ; c'est pourquoi nous avons utilisé diverses sources pour trouver ces informations. Par exemple, pour définir la distance table-sol, nous avons eu recours aux dernières normes concernant le mobilier scolaire (Annexe VII) car le réglage de la hauteur du bureau, définie en fonction de la hauteur du coude, correspond au réglage d'un poste informatique. A l'inverse, la profondeur du siège n'étant pas décrite dans ces récentes normes, nous avons utilisé les recommandations concernant les sièges de bureau.

6.3. Expérience 3

Cette expérience ne ressemble pas aux nombreuses études anthropométriques utilisées pour évaluer l'adéquation du mobilier scolaire aux élèves. En effet, la plupart d'entre elles se base sur des schémas de personnages assis sur un plan horizontal maintenant une posture redressée et ce, sans dossier (fig.11). Comme nous l'avons vu dans le cadre des rappels biomécaniques, cette posture n'est pas physiologique. De plus, elle ne prend pas en compte le plan de travail. Ce type de schéma ne peut donc pas être un point de départ à l'étude de l'adéquation des étudiants à leur poste de travail.

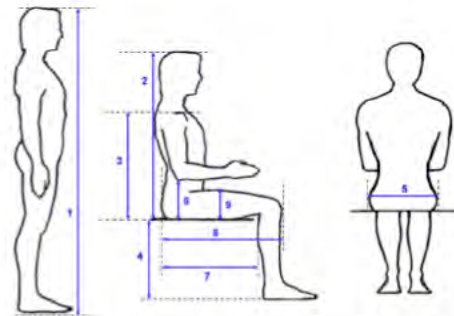


Fig. 1. Representation of anthropometric measurements: (1) stature; (2) sitting height; (3) sitting shoulder height; (4) popliteal height; (5) hip breadth; (6) elbow-seat height; (7) buttock-popliteal length; (8) buttock-knee length; (9) thigh clearance.

Figure 11 : Représentation des mesures anthropométriques d'un homme debout et assis.

C'est pourquoi nous avons choisi de nous fonder sur la « géométrie de moindre contrainte » qui permet de maintenir une activité dans le temps et de limiter les risques d'apparition d'un TMS.

Cette expérience démontre que la catégorie la mieux installée est celle des « petits ». On pourrait en conclure que tables et chaises sont trop petites mais d'après l'expérience précédente, la hauteur du mobilier est adaptée à la plupart de ses usagers. Les résultats de cette expérience peuvent s'expliquer par le fait que les « petits » peuvent plus facilement trouver des solutions posturales correctes que les « grands » à partir d'un mobilier dont le dessin n'est pas idéal [20]. En menant une étude anthropométrique classique, nous observerions probablement que l'amphithéâtre est adapté à la majorité des étudiants mais une telle étude ne nous permettrait pas de conclure sur leur confort en situation de travail.

Finalement, l'adéquation des différentes catégories d'étudiants au mobilier, d'un point de vue anthropométrique, est faussée par le dessin inapproprié de ce mobilier.

Notre étude porte sur deux positions adoptées par chaque sujet or, il est évident qu'au cours de plusieurs heures passées en position assise, il en adopte bien plus. Il serait intéressant de filmer chaque sujet, une journée durant, afin d'étudier les différentes positions prises par chacun.

L'autre intérêt de filmer les étudiants serait d'observer l'évolution de chaque posture au cours du temps. Ici, chaque photographie a été prise dans la minute suivant l'installation du sujet. Celui-ci n'est donc pas encore soumis à la fatigue et adopte une posture plutôt redressée. Nous pouvons supposer que les courbures, non physiologiques, du rachis observées sur les photographies le seront encore moins au bout que plusieurs minutes.

Un autre défaut de cette étude est qu'elle ne s'intéresse qu'au plan sagittal or, beaucoup d'étudiants adoptent une attitude non équilibrée dans le plan horizontal lors de l'écriture qui est par essence une activité asymétrique. Le côté dominant s'avance et se déplace pour écrire tandis que l'autre, statique, stabilise le support papier et décharge le rachis en supportant une partie du poids de la tête et du tronc. Cette attitude entraîne également une inclinaison de la tête. Cette station déséquilibrée prolongée tend à majorer les contraintes qui s'exercent sur les différents tissus.

7. CONCLUSION

L'étude du grand amphithéâtre de l'IFMK de Nancy nous permet d'affirmer que malgré un cadre esthétique qui participe à l'impression de confort de l'installation, l'inconfort prédomine. Cette notion se traduit en particulier par des douleurs rachidiennes, localisation préférentielle des TMS, et par une fatigue dont l'origine reste encore à déterminer. Si les facteurs psycho-sociaux ont un rôle important dans l'apparition de la fatigue chez les étudiants, l'aspect biomécanique ne doit pas être écarté. En effet, le mobilier ne respectant pas les principes ergonomiques de base, il est impossible d'en nier les effets immédiats mais aussi

et surtout ses conséquences à plus long terme. Ces problèmes de conception empêchent également d'apprécier l'adéquation au mobilier des différentes tailles d'utilisateurs.

Les conclusions tirées de l'étude de cet amphithéâtre sont aisément applicables à de nombreux autres amphithéâtres puisque le marché de l'amphithéâtre en France est détenu par deux principaux acteurs dont les produits présentent de fortes similitudes. (fig. 12)

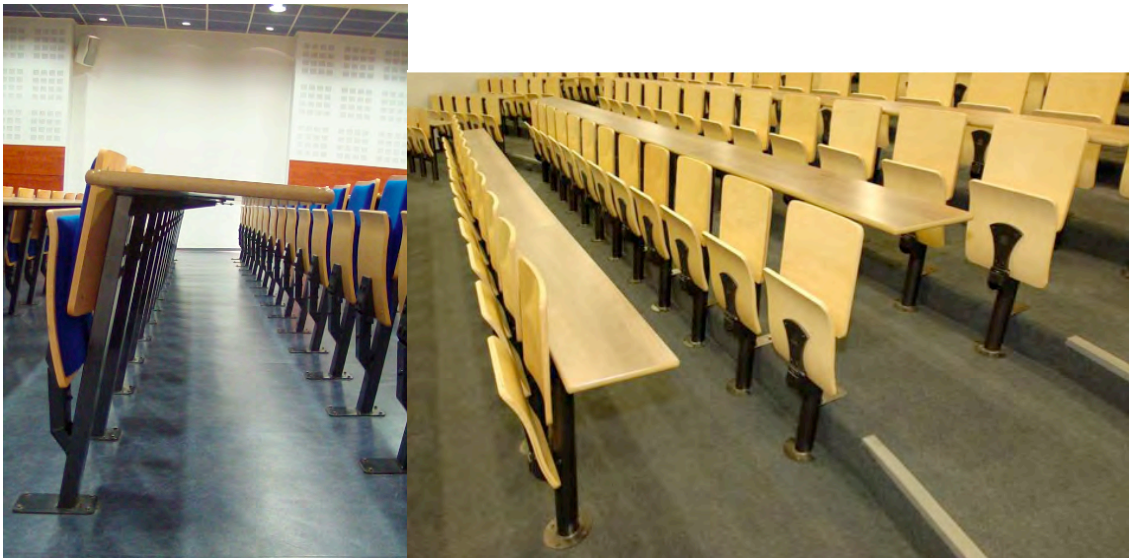


Figure 12 : A gauche, photographie de l'amphithéâtre de l'IFMK de Nancy, équipé du mobilier de la société Mussidan sièges. A droite, photographie d'un amphithéâtre de Chambray équipé par la société Delagrave.

Si les conditions de travail des étudiants sont aujourd'hui peu à même de favoriser leur concentration et leurs processus d'apprentissage, des solutions pourraient facilement être apportées. Puisqu'il s'agit avant tout de modifier le dessin du mobilier et non la qualité et la quantité des matériaux utilisés, les coûts de fabrication n'en seraient pas nécessairement plus élevés.

De plus, nous avons vu qu'il était possible de respecter à la fois les principes ergonomiques de base et les normes de sécurité contre l'incendie [36] [42] [43].

Dans le cadre de la prévention des TMS, il paraît indispensable d'encourager le développement de ces solutions afin d'éviter aux générations futures les effets néfastes d'une mauvaise posture.

BIBLIOGRAPHIE

1. INSEE. Les maladies professionnelles. Mise à jour du 18 décembre 2012.
http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/default.asp?page=dossiers_web/dev_durable/maladies_professionnelles.htm
(Page consultée le 17/01/13)
2. INRS. Troubles musculo squelettiques en question, tout savoir sur les TMS. 20 octobre 2011.
<http://www.inrs.fr/accueil/header/actualites/tms-questions.html> (Page consultée le 17/01/13)
3. VAILLANT J., - Troubles musculo-squelettiques d'origine professionnelle : dernières données épidémiologiques (3ème partie).*Kinesither.Scient.*, 2010, 513, p.55-56.
4. CORLETT E.N., - Sitting as a hazard. *Safety Science*, 2008, 46, 5, p. 815–821
5. WISNER, A. Réflexion sur l'ergonomie (1962-1995). Octarès Edition, 1995. 158 p. ISBN 978-2906769243
6. BARETTE G., DECOURCELLE O., TRIADOU P. – Ergonomie, kinésithérapie et santé au travail
7. KEEGAN J. J., - Alteration of the lumbar curve related to posture and seating. *J Bone Joint Surg Am.*, 1953, 3, 35-A, p. 589-603
8. SCHOBERTH H., *Sitzhaltung, Sitzschaden, Sitzmöbel* mit einem Geleitwort. Springer, 1962. 194 p. OCLC : 491530413
9. THORTON W.E. - Anthropometric changes in weightlessness. In: *Anthropometric Source Book. Vol. 1. : Anthropometry for Designers*. Yellow Springs : Webb Associates, 1978.
10. VERRIEST J.P. – Les sièges d'automobiles. *La Recherche*, 1986, 17, 179, p. 912-920
11. NACHEMSON A.L.- Disc pressure measurements. *Spine*, 1981, 1, 6, p. 93-97
12. CLAUS A, HIDES J, MOSELEY GL, HODGES P. - Sitting versus standing: does the intradiscal pressure cause disc degeneration or low back pain? *J Electromyogr Kinesiol.*, 2008, 4, 18, p. 550-558.
13. LIS A.M., BLACK K.M.,- Association between sitting and occupational LBP. *Eur Spine J.*, 2007, 2, 16, p. 283–298
14. JOHNSON M.A., POLGAR J., WEIGHTMAN D., APPLETON D. -Data on the

distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. *J Neurol Sci.* 1973, 1, 18, p. 111-129

15. MILNER N.P., CORLETT E.N., O'BRIAN C. A model to predict recovery from maximal and submaximal isometric exercise. In CORLETT E.N., WILSON J., MANENICA I. *Ergonomics Of Working Postures: Models, Methods And Cases.* Zadar : Taylor & Francis 1986. p.126-135.

16. NETTER F.H. - Atlas d'anatomie humaine. 2e édition. Masson, 1999. 600p. ISBN 978-2224025939

17. DOLAN K.J., GREEN A. – Lumbar spine reposition sense: the effect of a 'slouched' posture. *Man Ther.* 2006, 3, 11, p. 202-207.

18. VIEL E., ESNAULT M. -Lombalgies et cervicalgies de la position assise: Conseils et exercices. Paris : Masson, 1999. 163 p. ISBN-13: 978-2225836237

19. SEBEL FURNITURE LTD. Education furniture research : how well designed school furniture can reduce discomfort and promote good posture. 2002.
<http://www.sebelfurniture.com/uk/files/master/Sebel%20%20Education%20Furniture%20Research.pdf> (document consulté le 16/08/12).

20. CORLETT E.N., Background to sitting at work: research-based requirements for the design of workseats. *Ergonomics*, 2006, 14, 49, p.1538-46

21. FREUDENTHAL A., VAN RIEL M.P.J.M., MOLENBROEK J.F.M., SNIJDERS C.J. - The effect on sitting posture of a desk with a ten-degree inclination using an adjustable chair and table .*Applied Ergonomics*, 1991, 22, 5, p. 329-336.

22. MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE. *L'état de l'enseignement supérieur et de la recherche en France.* Décembre 2011, mise à jour le 29 mai 2012.
<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid24683-cid59111/l-etat-de-l-enseignement-superieur-et-de-la-recherche-n-5-decembre-2011.html> (page consultée le 31/08/2012)

23. INTOLO P., MILOSAVLJEVIC S., BAXTER D.G., CARMAN A.B., PAL P., MUNN J.- The effect of age on lumbar range of motion : a systematic review. *Man Ther*, 2009, 6, 14, p.596-604

24. TULLY E.A., WAGH P., GALEA M.P. – Lumbo femoral rhythm during hip flexion in young adults and children. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002, 20, 27, p. 432-440

25. HANDRAKIS J.P., FRIEL K., HOFFNER F., AKINKUNLE O., GENOVA V., ISAKOV E., MATHEW J., VITULLI F. - Key characteristics of low back pain and disability in college-aged adults: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*, 2012, 7, 93, p. 1217-24

26. BENEDYK R. Chapter 49. University students' view of the design and use of their study environment. In Contemporary Ergonomics and Human Factors 2010. Keele, UK : Martin Anderson, 2010. p.301-310.
27. GILKEY D.P., KEEFE T.J., PEEL J.L., KASSAB O.M., KENNEDY C.A. – Risk factors associated with back pain: a cross-sectional study of 963 college students. J Manipulative Physiol Ther, 2010, 2, 33, P. 88-95
28. MANDAL A.C. - The seated man (Homo Sedens) the seated work position. Theory and practice. Appl Ergon, 1981, 1, 12, p.19-26
29. HELANDER M. - Forget about ergonomics in chair design? Focus on aesthetics and comfort! Ergonomics, 2003, 13-14, 46, p.1306-1319
30. DIANAT I., KARIMI M.A., ASL HASHEMI A., BAHRAMPOUR S. – Classroom furniture and anthropometric characteristics of Iranian highschool students: Proposed dimensions based on anthropometric data. Appl Ergon, 2013, 1, 44, p.101-108
31. AGHA S.R. – School furniture match to students' anthropometry in the Gaza Strip. Ergonomics, 2010, 3, 53, p.344-354
32. WINGRAT J.K., EXNER C.E. - The impact of school furniture on fourth grade children's on-task and sitting behavior in the classroom: a pilot study. Work, 2005, 3, 25, p.263-272
33. SAARNI L., NYGARD C.H., KAUKIAINEN A., RIMPELA A. - Are the desks and chairs at school appropriate ? Ergonomics, 2007, 10, 50, p. 1561-1570
34. HELANDER M.G., ZHANG L. - Field studies of comfort and discomfort in sitting. Ergonomics, 1997, 9, 40, p.895-915
35. MOTMANS, Roeland. DINBelg 2005. [En ligne].
<http://www.dinbelg.be/anthropometrie.htm> (Page consultée le 09/07/12)
36. LEGIFRANCE. Arrêté du 5 février 2007 portant approbation de diverses dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP). [En ligne].
http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=1EE3049CF70D9FEFD6FF2C09F362ECD6.tpdjo16v_2?cidTexte=JORFTEXT000000822296&categorieLien=id#JORFSCTA00000912624 (Page consultée le 2/11/12)
37. ROCHER, M. Fiche pratique de sécurité ED 70. Décembre 2003. [En ligne].
http://www2.ac-clermont.fr/hygiene-securite/Risques_et_ambiances/Poste%20informatique/ed70.pdf (Page consultée le 21/12/12).
38. MILLENIUM COLLECTIVITES. Les tailles en mobilier scolaire. [En ligne].
<http://www.millennium-collectivites.fr/certification/> (Page consultée le 3/11/12)

39. TOUITOU Y. La mélatonine, pour quoi faire ? Discussion. Bulletin de l'Académie nationale de médecine, 2005, 189, 5, p. 879-891.

40. LEHRL S., GERSTMAYER K., JACOB J.H., FRIELING H., HENKEL A.W., MEYRER R., WILTFANG J., KORNUBER J., BLEICH S. - Blue light improves cognitive performance. J Neural Transm. 2007, 4, 114, p. 457-60.

41. LORIOL M. - Donner un sens à la plainte de fatigue au travail. L'année sociologique, 2003, 53, 2, p. 459-485

42. LEGIFRANCE. Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP). CO 34 à CO 41. [En ligne].
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000290033&fastPos=1&fastReqId=1408629589&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte#LEGISCTA000020303939> (Page consultée le 2/11/12)

43. LEGIFRANCE. Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP). AM 18. [En ligne].
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000020303557#LEGIARTI000020304498> (Page consultée le 2/11/12)

ANNEXES

- ANNEXE I : Résultats de la recherche bibliographique
- ANNEXE II : Traduction en français du questionnaire Inconfort/Confort de Zang et Helander
- ANNEXE III : Résultats du questionnaire
- ANNEXE IV : Schéma au centième de l'installation actuelle
- ANNEXE V : Schéma utilisé comme modèle d'une « bonne installation »
- ANNEXE VI : Extrait de l'article L. 28 de l'arrêté du 5 février 2007
- ANNEXE VII : Normes Afnor 2006 concernant le mobilier scolaire
- ANNEXE VIII : Photographie du matériel utilisé pour photographier les étudiants en position d'écoute attentive et d'écriture
- ANNEXE IX : Photographies des sujets en position écoute attentive et d'écriture

Annexe I

Résultats de la recherche bibliographique

Base de données	Recherche simple	Recherche avancée	Mots clés	AND	limites	Résultats obtenus	Résultats retenus	Documents conservés / catégorie
Mémoires ILFMK	oui		ergonomie			4	Aucun, ne concernent pas la bonne population	
			lombalgie			17	Aucun, pas la bonne population	
			lombalgie	étudiant		0		
		oui	Amphithéâtre			0		
Science Direct 1/09/12		oui	Lecture theatre	ergonomics	>2006	9	0, aucun article ne traite des amphithéâtres universitaires	
		oui	Lecture hall	ergonomics	>2006	20	1	
		oui	msds	students	>2006 domaine « medicine and dentistry »	62	0	
		oui	msds	students	>2006 domaine « nursing and health profession »	26	0	
8/09/12		oui	Young adult	msds	>2006	138	1	
		oui	Secondary students	Back pain	>2006	4735	5 concernant la population recherchée	[25] étude en simple aveugle ; [27] étude transversale ; [13] revue de la littérature
		oui	« secondary students »	« back pain »	>2006	5	0	
		oui	amphitheatre	ergonomics		5	0	
		oui	« epidemiology »	« back pain » AND « students »	>2006	921	5	
15/09/12		oui	ergonomics	« sitting posture »	>2006	317	17	[4] ; [12] revue de la littérature

1/10/12			« lumbar spine »	« posture » dans la catégorie « nursing and health professions »	>2005	887	7 dont 4 que j'ai déjà. Les autres documents ne traitent pas de lombalgies chroniques	[17]
26/10/12	oui		« furniture »	AND « anthropometry* » AND « students »		196	10	[30] étude randomisée transversale ; [31] étude randomisée ; [32] étude contrôlée ; [33] étude randomisée
Pubmed O8/12	oui	oui	« ergonomics »	«comfort » AND « chair »		19	2	[29] revue de la littérature ; [34] étude randomisée
23/09/12			« lecture theatre »	ergonomics		0		
		oui	« lecture hall »	ergonomics		0		
		oui	msds	student	> ou = 2007	6	0	
		oui	« youngadult »	« msds »	> ou = 2007	31	0	
		oui	« secondary students »	« back pain »	> ou = 2007	0		
		oui	Amphitheatre	ergonomics		0		
		oui	Epidemiology and « back pain »	student	> ou = 2007	56	7 dont 3 que j'ai déjà	
			ergonomics	« sitting posture »	> ou = 2007	32	4 dont 2 que j'ai déjà	
30/10/12	oui	oui	« sittingwork »	« back pain »		114	5	[20]
22/11/12		oui	« Lumbar range of motion »		> ou = 2007	29	1	[23] revue de la littérature
		oui	« range of motion »	« Tully » dans la rubrique auteur		9	1 Document appartenant à la revue de la littérature trouvée ci dessus	[24] comparaison de mesures répétées entre 2 groupes
Réédoc 29/09/12		oui	Ergonomic*		> ou = 2007	37	1	
		oui	Ergonomi*	assise	> ou = 2007	20	0	
		oui	assise		> ou = 2007	28	1	
		oui	TMS	Etudiant*	> ou = 2007	0		
		oui	Douleur*	Etudiant*		1	0	
		oui	Amphitheatre /lecture theatre /lecture hall			0		
		oui	Ergonomi*		> ou =	59	4	

					2007			
PEDro 30/09/12		oui	Subdiscipline = ergonomics and occupational health	guidelines	> ou = 2007	1	0	
		oui	Cf ci-dessus	Systematic review	> ou = 2007	58	0	
		oui	Cf ci-dessus	Clinical trials	> ou = 2007	111	0	
Kinédoc 1/10/12		oui	Thème : ergonomie		> ou = 2007	22	1	
		oui	Thème : physiologie biomécanique		> ou = 2007	72	0	
		oui	Thème : hygiène et prévention		> ou = 2007	75	2	
		oui	« assise »		> ou = 2007	213	1	
		oui	« amphithéâtre »			0		
		oui	Thème : anatomie		> ou = 2007	39	0	
		oui	« TMS »		> ou = 2007	34	2	[3] revue de la littérature
Cochrane Library 9/10/12		oui	« ergonomie »		Entre 2007 et 2012	8	0	
		oui	« back pain »	« student »	idem	12	0	
		oui	« lecture hall », « lecture theatre » ou « amphithéâtre »			0		
			« biomechanic »	« sit* »	Entre 2007 et 2012	1	0	
		oui	« biomechanic »	« back »	idem	0		
		oui	« kinesiology »	« back »	idem	0		
		oui	« sitting »	« posture »	idem	10	0	
		oui	« musculoskeletal disorders »	« ergonomic »	idem	5	0	
			Musculoskeletal disorders »	« student »	idem	3	0	

Annexe II

Traduction en français du questionnaire Inconfort/Confort de Zang et Helander

CONFORT les facteurs de confort sont côtés ci-dessous

Je me sens détendu(e)	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Je me sens ressourcé(e)	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
La chaise est souple, moelleuse	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
La chaise est spacieuse	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
La chaise est esthétique	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
J'aime bien cette chaise	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Je me sens confortablement installé(e)	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Vos remarques:			

INCONFORT les facteurs d'inconfort sont côtés ci-dessous

Mes muscles sont douloureux	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
J'ai les jambes lourdes	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Je ressens des pressions irrégulières sur l'assise ou le dossier de la chaise	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Je me sens raide	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Je me sens tendu(e)(par opposition à « reposé(e) »)	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Je me sens fatigué(e)	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		
L'installation est inconfortable	Pas du tout	Modérément	Extrêmement
	1 2 3 4 5 6 7 8 9		

Annexe III

Résultats du questionnaire

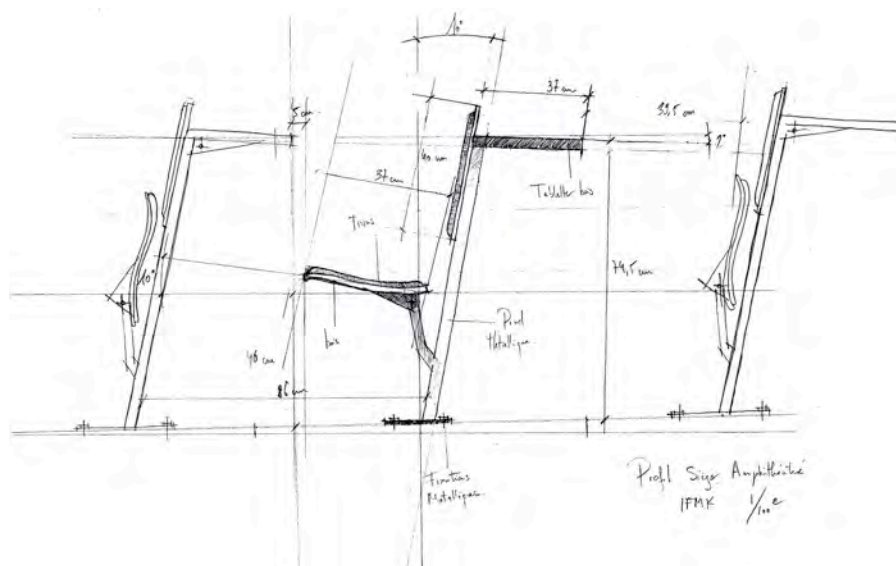
INCONFORT								
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Total
Moyenne	4,3	3,3	4,7	4,7	4,8	5,8	5,2	4,7
Médiane	4,0	3,0	5,0	5,0	5,0	6,0	5,0	4,7
Ecart type	1,8	2,2	2,2	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1
Variance	3,4	4,8	4,6	4,2	4,1	4,5	4,6	4,3
Minimum	1	1	1	1	1	1	1	1,0
Maximum	7	9	9	9	9	9	9	8,7
1er quartile	3	1	3	3	4	5	4	3,3
3eme quartile	6	5	6	6	6	7	7	6,1

CONFORT								
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Total
Moyenne	4,5	2,1	4,4	5,0	6,1	4,4	3,9	4,3
Médiane	5,0	2,0	4,0	5,0	6,0	5,0	4,0	4,4
Ecart type	1,8	1,3	1,7	2,2	1,7	2,1	1,9	1,8
Variance	3,2	1,8	3,1	4,9	3,0	4,3	3,5	3,4
Minimum	1	1	1	1	1	1	1	1,0
Maximum	9	7	9	9	9	9	8	8,6
1er quartile	3	1	3	3	5	3	2	2,9
3eme quartile	5	3	5	7	7	6	5	5,4

REMARQUES	
Espace chaise-pupitre trop grand	7
Compression postérieure des cuisses	4
Douleurs du rachis	10
Pupitres pas assez inclinés	4
Assise pas assez inclinée en avant	3
Manque de lumière naturelle	3
Table trop basse	2
Pupitre trop étroit	2
Autres commentaires	3

Annexe IV

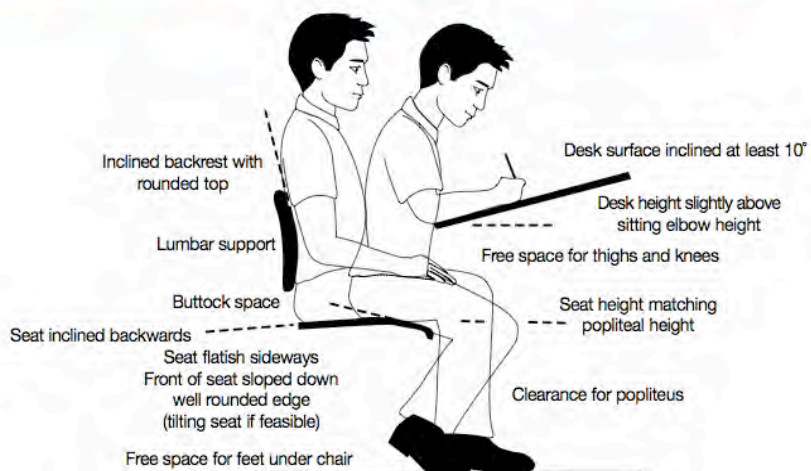
Schéma au centième de l'installation actuelle



Annexe V

Schéma utilisé comme modèle d'une « bonne installation » [19]

Chair/Desk To Encourage Good Posture



Annexe VI

Extrait de l'article L. 28 de l'arrêté du 5 février 2007 portant approbation de diverses dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP). [36]

Article L. 28 Rangées de sièges

En complément des dispositions de l'article AM 18 :

§ 1. Lorsque des rangées de sièges sont constituées, elles doivent être réalisées :

a) Soit conformément aux dispositions de l'article AM18 (§ 2). Dans ce cas, l'espacement entre rangées doit permettre le passage libre, en position verticale, d'un gabarit de 0,35 m de front, de 1,20 m de hauteur et de 0,20 m comme autre dimension.

L'essai du gabarit doit être fait soit entre les rangées de sièges relevés si les dossiers sont fixes, soit entre une rangée de sièges relevés et une rangée de sièges inclinés dans leur position d'occupation si ces derniers sont mobiles.

AM 18 : voir la référence [43] de la bibliographie.

Annexe VII

Normes Afnor 2006 concernant le mobilier scolaire. [38]

Les tailles en mobilier scolaire :

Les tailles en mobilier scolaire

Depuis Octobre 2006, une nouvelle norme (NF EN 1729-1) concernant les tailles du mobilier scolaire est entrée en vigueur.
Pour passer commande, nous vous conseillons de mesurer la hauteur des tables et chaises à remplacer puis de vous référer au tableau ci-dessous.
Nous sommes à votre disposition pour vous guider dans vos choix.

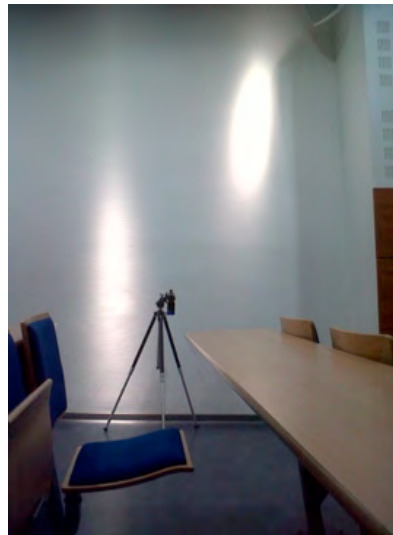
Classe (à titre indicatif)	Taille de l'utilisateur (en cm)	Code taille suivant NF EN 1729-1	Chaise : hauteur d'assise en cm	Table : hauteur du plan de travail en cm
CRECHE	jusqu'à 80	/	18	36 - 40
MATERNELLE	80 à 95	0	21	40
	93 à 116	1	26	46
	108 à 121	2	31	53
	119 à 142	3	35	59
PRIMAIRE	133 à 159	4	38	64
	146 à 176,5	5	43	71
	159 à 188	6	46	76
SECONDAIRE	174 à 207	7	51	82

A titre d'information, nous vous communiquons le tableau de correspondance des tailles avec l'ancienne norme (XP D 60602).

	Code taille							
Nouvelle norme : NF EN 1729-1	0	1	2	3	4	5	6	7
Ancienne norme : XP D 60602	1N	2N	3N	4N	/	5N	6N	7N

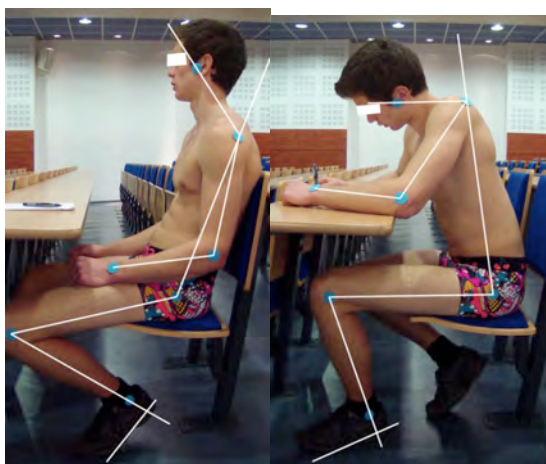
Annexe VIII

Photographie du matériel utilisé pour photographier les étudiants en position d'écoute attentive et d'écriture.

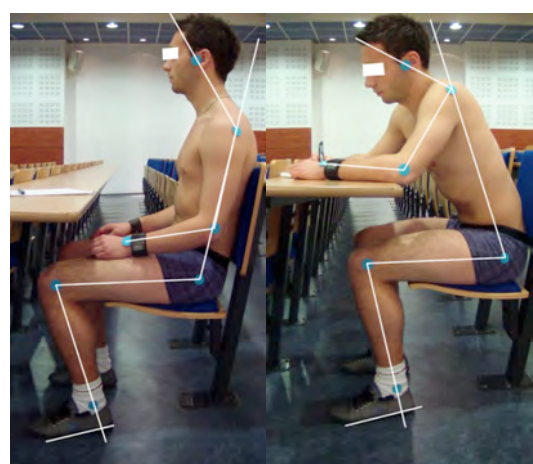


Annexe IX

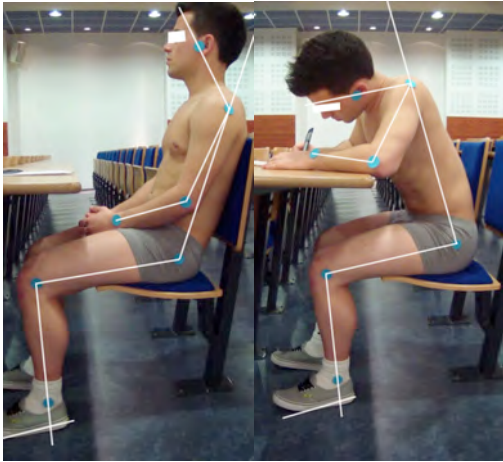
Photographies des sujets en position écoute attentive et d'écriture. Les sujets masculins sont présentés par ordre décroissant de tailles, les sujets féminins également.



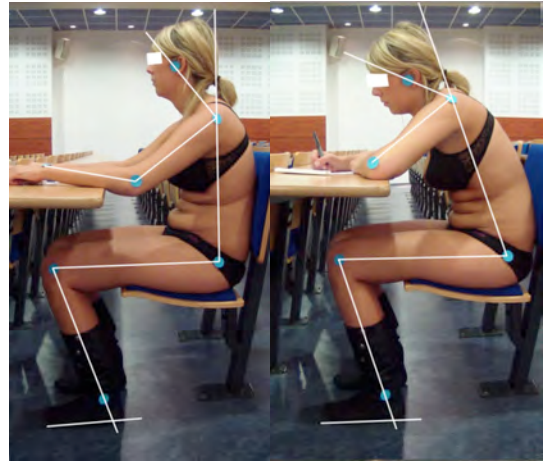
Grand



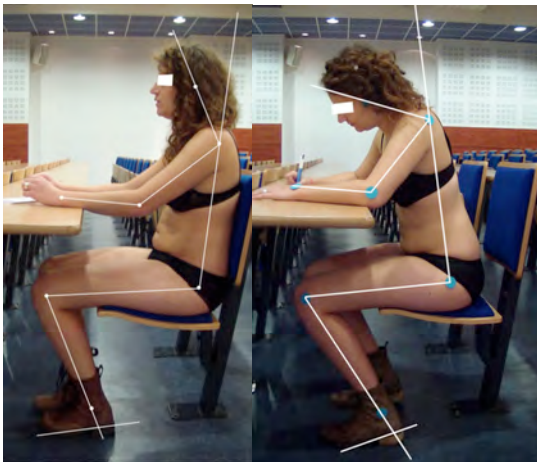
Moyen



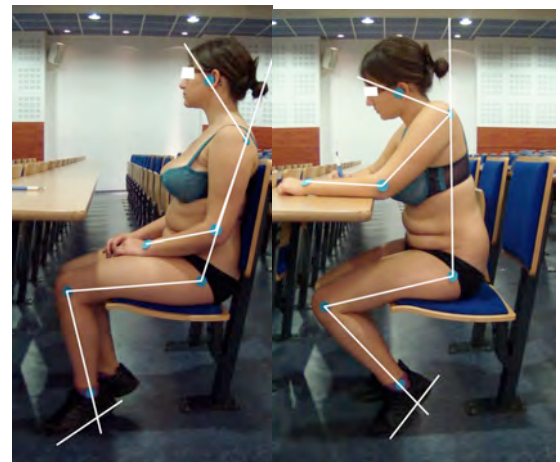
Petit



Grande



Moyenne



Petite