

Troubles musculosquelettiques du membre supérieur

Facteurs de risque en conception assistée par ordinateur (CAO) et en saisie

Cet article est la synthèse, en français, de deux publications, en anglais, dans la revue *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)* ⁽¹⁾.

Les troubles musculosquelettiques (TMS) engendrés par le travail informatisé sont signalés dans de nombreuses enquêtes épidémiologiques [1].

En effet, depuis la fin des années 1980, la survenue de TMS chez les opérateurs sur écran de visualisation a rapidement augmenté, notamment aux États-Unis. Les parties du corps concernées sont principalement la nuque, les épaules, le bas du dos ainsi que, de plus en plus, les mains et les poignets [1]. Ainsi, la prévalence du syndrome du canal carpien est parfois élevée chez les opérateurs sur écran [2, 3]. Cette pathologie est également dominante lors de l'utilisation de la souris [4]. Les autres TMS associés à l'emploi de ce périphérique d'entrée sont la neuropathie cubitale, la téno-synovite du poignet, des doigts et l'épicondylite [1].

Les facteurs à l'origine des TMS sont multiples. Parmi eux figurent les facteurs individuels (antécédents médicaux, état de santé, âge, sexe...), l'organisation du travail, les facteurs psychosociaux, le stress ainsi que les sollicitations biomécaniques que sont les forces, les angles des articulations et la répétitivité des gestes [1, 5]. Dans le travail informatisé, de nombreuses études ont établi un lien entre les facteurs psychosociaux et les TMS. Parmi ces facteurs figurent les exigences du travail (charge de travail quantitative perçue, pression du travail, attention), le contrôle sur le travail (contrôle sur les décisions liées au travail, participation), le contenu du travail (compétition, incertitude sur la tâche, habiletés requises), les relations

sociales (soutien social du supérieur hiérarchique et des collègues, interaction entre le travail et des clients difficiles) et l'avenir professionnel [6]. Les facteurs psychosociaux agissent sur les TMS principalement par le biais du stress. Celui-ci entraînerait notamment une augmentation du tonus musculaire [7]. Quant aux sollicitations biomécaniques liées au travail sur écran, elles sont souvent étudiées en laboratoire [8, 9] et peu sur le terrain. Par ailleurs, ces études ne portent souvent que sur une seule articulation et ne comportent pas toujours le recueil de données subjectives.

Afin de mieux connaître l'incidence de tous ces facteurs de risque sur les TMS du membre supérieur dans des tâches informatisées *in situ*, l'INRS a entrepris une étude de terrain en secteur tertiaire. Les hypothèses formulées dans cette étude sont, d'une part, que le contexte de réalisation de la tâche et son contenu déterminent le niveau de plaintes de TMS et que, d'autre part, il existe une typologie des contraintes biomécaniques selon la tâche.

Pour cela, deux groupes d'une quarantaine d'opérateurs qui effectuent des tâches de conception assistée par ordinateur (CAO) ou de saisie ont été choisis car dans ces deux tâches l'outil informatique est beaucoup utilisé. Ces deux populations travaillent en région parisienne dans des organismes publics. La population de CAO est composée exclusivement d'hommes alors que celle de saisie est composée uniquement de femmes. Cette disparité en matière de sexe entre les deux populations ne résulte pas d'un choix délibéré des auteurs mais reflète la réalité sociale de ces emplois.

F. CAIL ET M. APTEL

Département Homme
au travail, INRS

(1) CAIL F.,
APTEL M. –
*Biomechanical stresses
in computer aided design
and in data entry.*
JOSE. 2003 ;
9 : 235-55.

CAIL F., APTEL M. –
*Incidence of stress and
psychosocial factors on
musculoskeletal disorders
in CAD and data entry.*
JOSE. 2005 ; 11 : 119-
30.



Documents
pour le Médecin
du Travail
N° 104
4^e trimestre 2005

Méthodologie

La méthodologie utilisée comportait une étude ergonomique, l'application d'un questionnaire et des mesures biomécaniques réalisées sur le membre supérieur droit. Pour chaque population, toutes ces investigations ont été réalisées à la suite. Le questionnaire a été proposé à un échantillon de 30 hommes en CAO et de 26 femmes en saisie qui travaillent au moins 4 heures par jour sur écran et qui étaient volontaires. Les entretiens étaient individuels et s'effectuaient dans des locaux isolés.

ÉTUDE ERGONOMIQUE

Une analyse de l'activité des salariés a été réalisée à l'aide d'observations durant le travail et d'entretiens avec ceux-ci et avec leur hiérarchie. Des mesures de dimensionnement ont été pratiquées sur la totalité des postes de CAO et sur la majorité des postes de saisie. Ces mesures concernaient la hauteur, la longueur et la largeur des plans de travail, la position de l'écran par rapport au niveau des yeux, la disposition du clavier et de la souris sur la table, les dimensions de ces périphériques d'entrée et les appuis sur le plan de travail. Enfin, le temps d'utilisation des périphériques d'entrée a été évalué à partir des enregistrements vidéo effectués lors de la métrologie biomécanique.

QUESTIONNAIRE

Le questionnaire utilisé comportait quatre parties : les plaintes de TMS des membres supérieurs et du dos, les symptômes de stress, les facteurs psychosociaux et le vécu du travail [10].

La partie concernant les symptômes de stress abordait les problèmes cardio-vasculaires, l'angoisse, les problèmes gastro-intestinaux et l'anxiété. La partie évoquant les facteurs psychosociaux du travail concernait la charge de travail en général et, au moment de la passation, les sollicitations de l'attention engendrées par la tâche, la pression temporelle du travail, l'auto-contrôle sur le travail, la participation dans celui-ci, le soutien social tant de la hiérarchie que des collègues et l'avenir professionnel. Les questions posées sur le vécu du travail étaient relatives à l'organisation temporelle du travail, à l'environnement physique, au poste de travail et à l'utilisation des périphériques d'entrée.

Des regroupements de réponses concernant les plaintes de TMS du membre supérieur, l'état de stress

et les facteurs psychosociaux ont été réalisés afin d'établir des scores qui varient de 0 à 100 [10]. Des calculs de χ^2 ont ensuite été effectués à partir du score de TMS afin de comparer les deux échantillons. De plus, le test de Student (t) a été utilisé pour juger des différences entre les moyennes des scores de stress et de facteurs psychosociaux dans les deux échantillons, entre les moyennes des scores de stress, des scores de facteurs psychosociaux selon la présence ou non de plaintes de TMS dans chaque échantillon.

ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE

Une étude physiologique a été effectuée afin de quantifier les contraintes biomécaniques de forces, d'angles et de répétitivité subies par le membre supérieur droit.

Les forces ont été évaluées au moyen de l'électromyogramme (EMG) des muscles fléchisseurs de la main et des doigts, des muscles extenseurs du poignet et du muscle trapèze. Les EMG bruts ont été enregistrés au cours d'une épreuve d'étalonnage et au cours du travail, puis intégrés (EMGi). Pour l'étalonnage concernant les muscles fléchisseurs et extenseurs, le sujet était assis, le bras vertical en légère abduction. L'angle entre le bras et l'avant-bras était de 90°. L'avant-bras était horizontal et reposait dans une gouttière. Avec le majeur, l'annulaire et l'auriculaire repliés, le pouce et l'index serraient les deux branches d'un dynamomètre qui permet d'exercer des efforts maximaux de pinçage. Pour l'étalonnage du trapèze, le sujet était debout avec les membres supérieurs en abduction à 90° et les mains pendantes durant 20 secondes [11]. L'EMG intégré enregistré au cours de l'étalonnage correspond à l'effort maximal isométrique pour les fléchisseurs et extenseurs ou l'effort sous maximal pour le trapèze. Toute valeur d'EMGi pendant le travail est ensuite rapportée à la valeur d'étalonnage correspondante. La force est donc exprimée en pourcentage de cette valeur de référence.

L'angle du poignet dans le plan flexion-extension au cours du travail a été mesuré en continu au moyen d'un goniomètre de marque Penny-Giles®. La précision de la chaîne de mesure est de l'ordre de 5°. Par convention, cet angle est affecté du signe + en flexion et du signe - en extension. Les opérateurs ont été filmés de dos au moyen d'un caméscope afin de déterminer l'angle d'abduction de leur bras droit. Cette abduction a été mesurée au moyen d'un goniomètre sur image fixe d'un écran de télévision.

Le signal angulaire de flexion-extension du poignet a été dérivé par rapport au temps. Chaque changement de signe de la dérivée est défini comme un mouvement qui est comptabilisé en nombre de

mouvements par minute. Cette variable représente la répétitivité des gestes des opérateurs.

Seuls des opérateurs droitiers, sans pathologie reconnue du membre supérieur droit et ayant passé le questionnaire ont été retenus. Durant ces mesures biomécaniques, les opérateurs ont été filmés avec une caméra vidéo.

Description des échantillons et des situations de travail

L'échantillon de CAO est exclusivement masculin (N=30) et celui de saisie est exclusivement féminin (N=26). La différence d'âge entre ces deux échantillons n'est pas significative puisqu'elle est de 42,5 ans \pm 11,3 en CAO et de 44,0 ans \pm 7,8 en saisie. Le niveau de qualification requis pour la tâche de CAO est un DUT de Génie civil ; pour la tâche de saisie, aucune qualification spécifique à l'activité n'est requise. La durée moyenne journalière de travail sur écran diffère peu entre CAO et saisie puisqu'elle est respectivement de 6,7 h \pm 1,3 et de 6,3 h \pm 1,4. La souris est l'outil dominant dans la tâche de CAO tandis que dans la tâche de saisie, c'est le clavier (figure 1). L'écran est trop haut par rapport aux yeux à tous les postes de saisie. Pourtant, seules 62 % des opératrices le signalent. La distance moyenne entre les opérateurs et leur souris est de 39,8 cm \pm 11,3 en CAO et de 35,3 cm \pm 7,0 en saisie. Les mesures effectuées montrent que ce périphérique d'entrée est en dehors de la zone d'atteinte (35 – 45 cm) pour 38 % des opérateurs de CAO. D'ailleurs, d'après les résultats du questionnaire, 40 % de ces opérateurs considèrent

que leur souris est éloignée. Dans les deux tâches, l'emploi de la souris entraîne généralement un appui de l'avant-bras. La distance moyenne du clavier est de 27,3 cm \pm 3,7 en saisie alors qu'elle est de 17,7 cm \pm 10,3 en CAO. Étant donné que le bord du clavier devrait se situer à 10-15 cm du bord de la table, ce périphérique d'entrée est donc trop éloigné en saisie ; cela est dû à la pose des documents papier entre les opératrices et leur clavier. Un appui du poignet est signalé par des opérateurs dans les deux tâches durant l'utilisation du clavier.

En CAO, les opérateurs travaillent sur des projets qui peuvent durer plusieurs années mais ils doivent respecter des délais qu'ils considèrent comme de plus en plus courts. Par ailleurs, le cahier des charges est particulièrement contraignant. De plus, plusieurs services peuvent être concernés par un même projet sans toutefois que les procédures de dessin soient standardisées entre les équipes. Enfin, les opérateurs s'inquiètent d'une privatisation éventuelle de leur unité.

En saisie, les opératrices travaillent en petits groupes dans de petites structures qui favorisent les contacts entre tous les agents. Elles peuvent organiser librement la répartition de leurs tâches. Ces opératrices fournissent un service dont l'utilité est reconnue. Par ailleurs, une journée toutes les trois semaines, elles assurent l'accueil des assurés. Elles ont donc un contact avec les personnes dont elles gèrent les dossiers.

Résultats

TROUBLES MUSCULOSQUELETTIQUES (TMS)

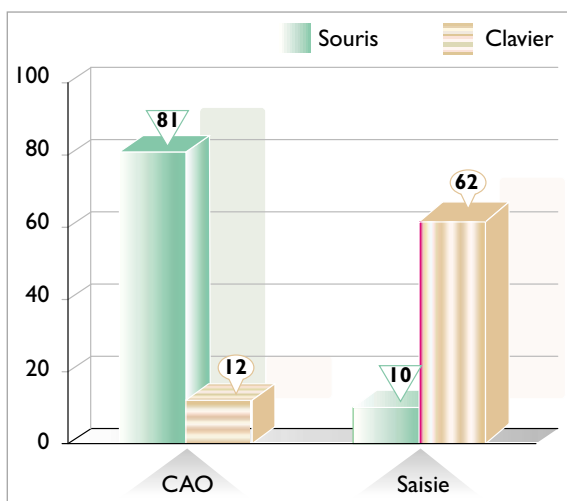
Le pourcentage d'opérateurs qui se plaignent du cou est plus élevé en saisie (50) qu'en CAO (33) mais la différence n'est pas significative ($\chi^2=1,60$; $p=0,21$).

La différence entre les plaintes au membre supérieur droit et celles au membre supérieur gauche (figure 2) est significative en CAO ($\chi^2 = 56$) = 6,90 ; $p<0,01$) et très proche du seuil de signification en saisie ($\chi^2=3,77$; $p=0,05$).

STRESS ET FACTEURS PSYCHOSOCIAUX

Le score concernant les problèmes cardiovasculaires est significativement ($t=3,36$; $p<0,001$) plus élevé en saisie (22,9 \pm 27,8) qu'en CAO (5,0 \pm 8,8). Pour les trois autres scores, les différences ne sont pas significatives.

Fig. 1 : Répartition temporelle de l'utilisation des périphériques d'entrée selon la tâche.



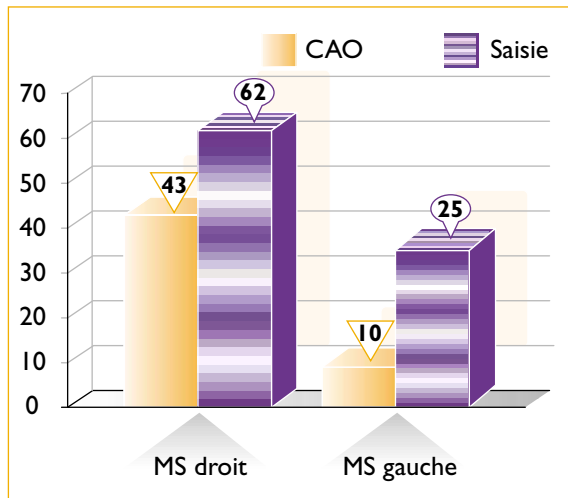


Fig. 2 : Scores TMS aux membres supérieurs (MS) selon la tâche.

En ce qui concerne la perception des facteurs psychosociaux, seuls les scores suivants sont significatifs (figure 3).

En CAO :

- le score de pression temporelle (SPT) est significativement ($t=2,31$; $p<0,02$) plus élevé qu'en saisie,
- le score de manque de participation (SMP) est significativement ($t=6,76$; $p<0,001$) plus élevé qu'en saisie.

En saisie :

- le score de charge de travail (SCT) est significativement ($t=2,89$; $p<0,01$) plus élevé qu'en CAO,
- le score de manque de soutien du chef (SMSCF) est significativement ($t=2,76$; $p<0,01$) plus élevé qu'en CAO,

- le score de manque de soutien des collègues (SMSCL) est significativement ($t=2,07$; $p<0,05$) plus élevé qu'en CAO.

Dans les deux tâches, une majorité d'opérateurs juge leur tâche comme étant intéressante (71 % en CAO et 64 % en saisie) et complexe (55 % en CAO et 59 % en saisie). Ces différences entre CAO et saisie pour l'intérêt et la complexité du travail ne sont pas significatives. Par ailleurs, 90 % des opérateurs de CAO et 88 % des opératrices de saisie signalent que leur travail les oblige à mémoriser assez ou beaucoup d'informations ; cette différence n'est pas significative.

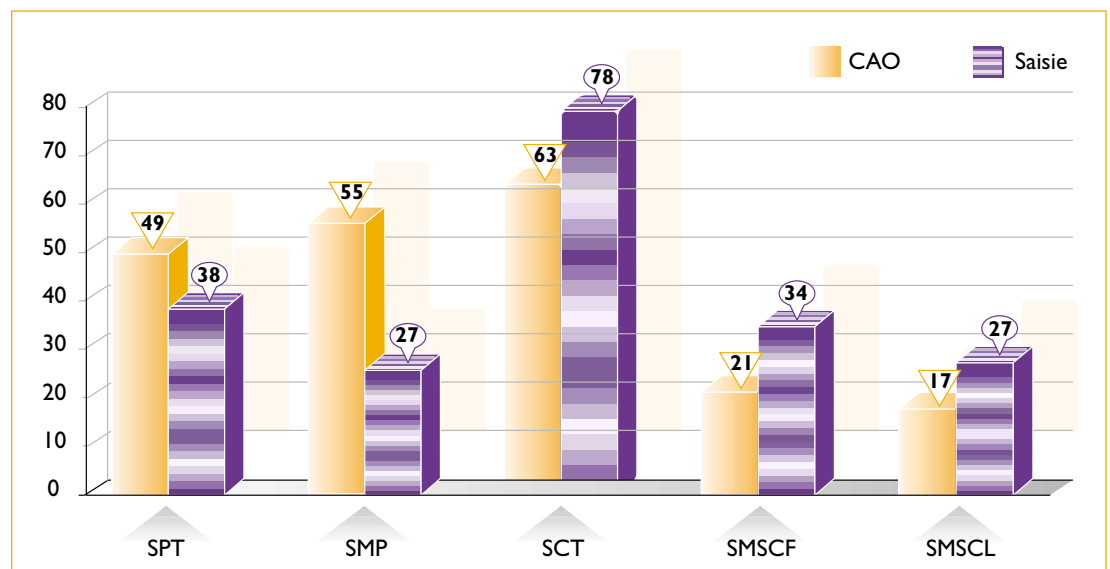
DONNÉES BIOMÉCANIQUES

En CAO, l'angle moyen de l'épaule dans le plan abduction-adduction est significativement ($t=3,22$; $p<0,01$) plus élevé qu'en saisie (figure 4).

En saisie, l'électromyogramme (EMG) moyen du muscle trapèze est significativement plus élevé ($t=3,37$; $p<0,01$) avec l'emploi du clavier qu'avec celui de la souris en CAO et la répétitivité moyenne dans le plan flexion-extension est significativement plus élevée ($t=9,60$; $p<0,001$) avec le clavier qu'avec la souris en CAO.

En revanche, l'angle moyen du poignet dans le plan flexion-extension ne diffère pas significativement entre l'emploi de la souris en CAO (-33 ± 8) et celui du clavier en saisie (-33 ± 8). De même, l'EMG moyen des muscles fléchisseurs ne diffère pas significativement entre l'utilisation de la souris en CAO ($19\% \pm 11$) et celle du clavier en saisie ($13\% \pm 8$).

Fig. 3 : Moyennes de scores de facteurs psychosociaux selon la tâche.



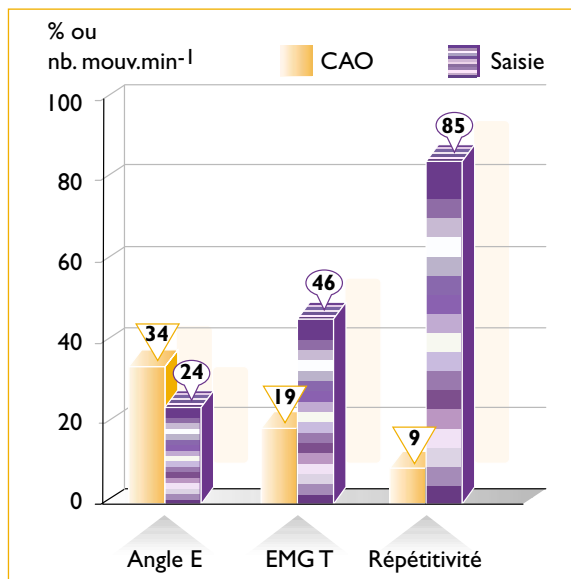


Fig. 4 : Angle de l'épaule (E), électromyogramme du trapèze (EMG T) et répétitivité du poignet.

RELATIONS ENTRE PLAINTES DE TMS ET AUTRES DONNÉES

Chez les opérateurs de CAO qui se plaignent de douleurs aux membres supérieurs :

- le score moyen d'anxiété est de $28,0 \pm 17,9$ alors que chez ceux qui ne se plaignent pas ce score est de $16,7 \pm 10,6$; la différence est significative ($t = 2,15$; $p < 0,05$) ;

- le score moyen de pression temporelle du travail est de $57,4 \pm 17,5$ alors que chez ceux qui ne se plaignent pas ce score est de $42,9 \pm 14,4$; la différence est significative ($t = 2,49$; $p < 0,05$).

Chez les opératrices de saisie qui se plaignent de douleurs aux membres supérieurs le score moyen d'anxiété est de $28,7 \pm 18,0$ alors que chez celles qui ne se plaignent pas ce score est de $14,2 \pm 12,8$; la différence est significative ($t = 2,14$; $p < 0,05$).

Par ailleurs, les opératrices qui se plaignent de douleurs au poignet-main droit ont un angle moyen dans le plan flexion-extension de $-36,7 \pm 7,3$ lors de l'emploi du clavier, alors que chez celles qui ne se plaignent pas de ce poignet, cet angle est de $-26,4 \pm 4,3$; la différence est significative ($t = 2,55$; $p < 0,02$).

Discussion

L'étude réalisée a montré que les niveaux de plaintes de TMS ne diffèrent guère entre CAO et saisie, surtout pour le membre supérieur droit. En revanche, les plaintes concernant le membre supérieur droit sont plus nombreuses que pour le membre supé-

rieur gauche surtout en CAO, comme l'ont également constaté Jensen et al. [12] dans cette tâche. Dans les deux tâches, ces plaintes sont probablement liées à l'utilisation importante de la souris en CAO et du clavier en saisie, avec la main droite. Chez les opératrices de saisie qui se plaignent du poignet-main droit, l'angle moyen de ce poignet est davantage en extension que chez celles qui ne s'en plaignent pas. Il existe donc une relation entre plaintes au poignet et angle articulaire de ce dernier. D'ailleurs, l'extension du poignet durant la frappe est un fort déterminant du syndrome du canal carpien car elle augmente la pression intracanalair [13]. Cette extension est plus importante lorsque le poignet est appuyé pendant la frappe que s'il est flottant. Dans cette étude, 42 % des opératrices signalent un tel appui durant l'utilisation du clavier. Le manque de formation à la frappe peut expliquer en partie ce comportement car les opératrices qui reçoivent une telle formation tapent le plus souvent sans appui.

Dans les deux échantillons, il existe un lien entre les plaintes de TMS et le stress. Ce résultat est conforme à celui de la littérature scientifique [1]. Il existe également une relation entre les plaintes de TMS et les facteurs psychosociaux liés à la pression temporelle chez les opérateurs de CAO. Selon Smith [14], il semble très plausible que le stress au travail engendré par une mauvaise organisation du travail et une perception négative des facteurs psychosociaux puisse avoir une influence majeure sur le développement et la gravité des TMS de l'extrémité du membre supérieur chez les utilisateurs d'écran. L'examen des résultats concernant ces facteurs psychosociaux montre que la charge de travail est considérée comme étant, en moyenne, plus importante en saisie qu'en CAO. Il en est de même pour le manque de soutien social du responsable hiérarchique immédiat et des collègues. En revanche, la tâche de saisie est jugée comme étant aussi complexe que la tâche de CAO alors qu'intrinsèquement la complexité de la première est moindre que celle de la seconde. En fait, le jugement porté sur cette complexité est relatif au niveau de formation des opérateurs. Or, ce niveau est moindre en saisie qu'en CAO. Qui plus est, l'intérêt au travail en saisie est similaire à celui de la CAO et il est plus élevé que dans une saisie bancaire où 80 % des opératrices jugeaient leur tâche comme étant monotone et où la frappe au clavier était continue [15]. Généralement, les tâches de saisie de données sont considérées comme étant monotones et répétitives [16]. L'insatisfaction au travail y est forte et le niveau de stress est plus élevé dans ce type de tâche informatisée que dans celles effectuées en mode conversationnel [15]. Les facteurs psychosociaux y sont également jugés comme étant négatifs. En effet, diverses études montrent que dans la saisie de données, les opératrices n'ont pas de contrôle sur leur travail, que leur performance peut être contrôlée et que

leurs perspectives de promotion sont réduites [17]. Dans la présente saisie, les conditions de travail sont différentes. En effet, l'organisation du travail présente certains avantages pour les opératrices tels que le contact entre elles et avec les assurés dont elles suivent les dossiers ; elles disposent également d'une certaine autonomie de gestion. Le contexte de travail s'avère donc plus adéquat pour ces opératrices que pour celles de la saisie en général. En CAO, la pression temporelle et le manque de participation sont, en moyenne, plus incriminés qu'en saisie. Généralement, les tâches de CAO sont ressenties comme étant créatives et plutôt motivantes de par, notamment, la variété des tâches, le contrôle sur son travail et la responsabilité [18]. Dans la présente CAO, quelques contraintes tempèrent ce jugement. Cela indique que la classification traditionnelle où la saisie est équivalente à tâche répétitive, monotone et stressante et la CAO à tâche variée, intéressante et moins stressante, est trop simpliste. L'organisation du travail et son contexte peuvent modifier sensiblement ces associations. Il est donc indispensable de prendre en compte ces facteurs afin d'établir une classification plus proche de la réalité. Cette meilleure qualité perçue des conditions de travail dans l'activité de saisie étudiée que celle dans une saisie intensive de données numériques analysée 20 ans auparavant [15] peut expliquer l'absence de différence significative concernant l'état de stress entre les opératrices de saisie et les opérateurs de CAO, excepté pour les problèmes cardio-circulatoires. Pour ceux-ci, le score concernant ces problèmes est plus important en saisie qu'en CAO. Cette différence peut être liée à la tâche mais également au sexe. En effet, l'échantillon de saisie est exclusivement féminin alors que celui de CAO est exclusivement masculin. Or, il a été démontré que la réactivité du système cardiovasculaire lors d'un test de stress mental augmente avec l'âge chez les femmes mais pas chez les hommes [19].

En ce qui concerne les contraintes biomécaniques, l'angle moyen du poignet dans les deux tâches est en extension et en dehors de la zone neutre. Pour la frappe au clavier, cet angle est supérieur à ceux obtenus en laboratoire par Serina et al. [8] qui est de -20° et par Simoneau et al. [9] qui est de -17° , mais dans ces deux expériences les opérateurs disposaient d'un mobilier ajustable à leur morphologie ce qui n'était pas le cas pour les populations étudiées. Avec la souris, des angles moyens du poignet en flexion-extension entre -25° et -29° selon le type de souris ont été mesurés au laboratoire par Keir et al. [20]. Dans son étude, Walhström [21] obtient une valeur moyenne de $-26^\circ \pm 6$ chez des opérateurs qui utilisent la souris. Dans ces deux études, les opérateurs disposaient également d'un mobilier ajustable. Néanmoins, la valeur obtenue dans la présente étude est cohérente avec celles des études pré-citées. L'angle moyen de l'épaule est plus important avec l'uti-

lisation de la souris en CAO qu'avec celle du clavier en saisie. Cet angle est supérieur à 30° en CAO. La souris est trop éloignée du clavier chez plusieurs opérateurs affectés à cette tâche. Ce résultat est identique à celui obtenu par Karlqvist et al. [22] qui notent que, par rapport aux utilisateurs de clavier, l'angle d'abduction de l'épaule des opérateurs qui manient la souris est souvent supérieur à 30° . Or, le maniement d'une souris éloignée du clavier favorise l'apparition de douleurs non seulement au poignet mais également à l'épaule [23]. L'EMG moyen des fléchisseurs dans les deux tâches est inférieur à la limite admise qui est de 20 % de la force maximale. Avec le clavier, l'EMG moyen des fléchisseurs est comparable à ceux obtenus en laboratoire par Martin [24] qui note que, chez 4 des 5 opératrices examinées, cet EMG moyen représente 8 à 20 % de leur force maximale. Pour l'épaule, la charge musculaire est plus importante avec le clavier en saisie qu'avec la souris en CAO. Cette différence s'explique par le fait que la frappe sur la partie alphabétique du clavier s'effectue généralement sans appui alors qu'en CAO 80 % des opérateurs déclarent que le maniement de leur souris s'effectue avec l'avant-bras appuyé. Or, l'appui des avant-bras sur la table réduit l'activité électrique des muscles de l'épaule [25]. La répétitivité des mouvements en flexion-extension est 9 fois plus élevée avec l'utilisation du clavier en saisie qu'avec celle de la souris en CAO. La répétitivité des mouvements du poignet en saisie peut être qualifiée d'assez élevée par comparaison avec celle relevée dans le secteur secondaire. D'ailleurs, dans une étude en laboratoire, Serina et al. [8] constatent que les mouvements du poignet lors de la frappe au clavier sont rapides et similaires en amplitude à ceux du poignet d'ouvriers qui accomplissent des tâches présentant un risque élevé de TMS. Enfin, cette étude remet en cause le modèle mathématique de prévalence des TMS établi par le laboratoire de biomécanique et d'ergonomie de l'INRS [26]. Dans ce modèle, la répétitivité puis les forces sont les facteurs biomécaniques dominants mais il a été défini à partir des résultats d'études réalisées dans le secteur industriel pour des tâches où le travail musculaire est surtout dynamique. Il n'est probablement pas valable pour des tâches informatisées où le travail statique et la contrainte posturale ne sont pas négligeables.

Conclusion

Les plaintes de TMS sont plus nombreuses coté droit que coté gauche du fait de l'utilisation intensive de la souris ou bloc numérique du clavier. Ces plaintes sont en relation avec l'anxiété, qu'elle que soit la tâche. Elles sont également en relation avec la pression temporelle du travail en CAO. Ce résultat

met en évidence l'importance du rôle du contexte de travail sur la perception qu'ont les salariés de leur état de santé. Par ailleurs, les angles du poignet et de l'épaule sont généralement hors de la zone neutre avec le clavier et la souris mais avec l'emploi de cette dernière l'angle de l'épaule est plus important que lors de l'utilisation du clavier. La contrainte posturale de l'ensemble du membre supérieur est donc plus forte en CAO qu'en saisie. Les sollicitations biomécaniques en-

gendrées par les périphériques d'entrée concernent non seulement le poignet mais aussi l'épaule. Avec la souris, les sollicitations se manifestent surtout sous forme de contrainte posturale du poignet et de l'épaule. Avec le clavier, les sollicitations se manifestent principalement sous forme de contrainte posturale du poignet et de répétitivité des gestes. Enfin, les résultats de cette étude démontrent que l'approche globale est indispensable pour appréhender la problématique des TMS.

Bibliographie

- [1] PUNNETT L, BERGQVIST U.- Visual display unit work and upper extremity musculoskeletal disorders : a review of epidemiological findings. National Institute for working Life, 1997 (ebib.arbetslivsinstitutet.se/ah/1997/ah1997_16.pdf)
- [2] SAUTER S, HALES T, BERNARD B, FINE L, ET AL. - Summary of two NIOSH field studies of musculoskeletal disorders and VDT among telecommunications and newspaper workers. In : Luczak H, Cakir A.E., Cakir G. (Eds.), Work with display units. Amsterdam : Elsevier Science Publishers ; 1993 : 229-34.
- [3] HALES TR., SAUTER SL., PETERSON MR., FINE LJ ET AL. - Musculoskeletal disorders among visual display terminal users in a telecommunications company. *Ergonomics*. 1994 ; 37 (10) : 1603-21.
- [4] FOGLEMAN M, BROGMUS G - Computer mouse use and cumulative trauma disorders of the upper extremities. *Ergonomics*. 1995 ; 38 (12) : 2465-75.
- [5] MALCHAIRE J, VERGRACHT S, COCK N - Troubles musculosquelettiques, facteurs psychosociaux, stress, personnalité, style de travail ? *Perform Hum Tech*, 2000, (103-104), pp.24-33.
- [6] CARAYON P, SMITH M - Work organization factors and upper limb musculoskeletal disorders in office. Proceedings of the International Conference on occupational disorders of the upper extremities. San Francisco : University of California ; 1994, 5 p.
- [7] CNOCKAERT J.-C - Influence du stress sur les TMS. In : Prévenir les troubles musculosquelettiques du membre supérieur. Paris : INRS ; 2000, ED 4056 : 9-22.
- [8] SERINA ER., TAL R, REMPEL D - Wrist and forearm postures and motions during typing. *Ergonomics*. 1999 ; 42 (7), 938-51.
- [9] SIMONEAU GG, MARKLIN RVV, MONROE JF. - Wrist and forearm postures of users of conventional computer keyboards. *Hum Factors*. 1999 ; 41 (3) : 413-24.
- [10] CAIL F, MOREL O, APTEL M - Méthode de prévention des troubles musculosquelettiques du membre supérieur et outils simples : III - Un outil de recueil et d'analyse des facteurs de risque : le questionnaire TMS (nouvelle version). *Doc Méd Trav*. 2000 ; 83 : 199-216.
- [11] MATHIASSEN S, BAO S, ATTEBRANT M, WINKEL J - Calibration of trapezius EMG by reference contractions. In: Winkel J, Mathiassen S et Hägg GM (Eds) - EMG amplitude as an indicator of upper trapezius load - How do we calibrate? Arbetslivsrapport. Solna : Arbetslivsinstitutet ; 1994 : 21 p.
- [12] JENSEN C, BORG V, FINSEN L, HANSEN K ET AL. - Job demands, muscle activity and musculoskeletal symptoms in relation to work with the computer mouse. *Scan J Work Environ Health*. 1998 ; 24 (5) : 418-24.
- [13] REMPEL D, HORIE S - Effect of wrist posture during typing on carpal tunnel pressure. In : Grieco A, Molteni G, Occhipinti E, Piccoli B (eds) - Work with display units '94: proceedings of the Fourth International Scientific Conference, 3. Milan : University of Milan ; 1994 : C27 - C28.
- [14] SMITH M - Work organization and psychosocial aspects of musculoskeletal problems of VDT users. Proceedings of the 5th International scientific conference : Work With Display Units. Tokyo : Waseda University ; 1997 : 3-4.
- [15] ELIAS R, CAIL F - Contraintes et astreintes devant les terminaux à écran cathodique. Notes scientifiques et techniques (NS 0043). Paris : INRS ; 1982 : 118 p.
- [16] MACKAY C, COX T - Occupational stress associated with visual display unit operation. In B. Pearce (Ed.), Health hazards of VDTs ? New York : John Wiley ; 1984 : 37-43.
- [17] CAIL F, FLORU R - Travail sur écran de visualisation et santé. Revue bibliographique. Mise à jour juin 1997. Note documentaire (ND 1938). Paris : INRS ; 1997, 17 p.
- [18] BRADLEY G - Changing roles in an electronic industry: engineers using CAD system and secretaries using word-processing system. In: Salvendy G, Sauter S Hurrell JJ Jr - Social, Ergonomic and Stress Aspects of Work with Computers. Amsterdam : Elsevier ; 1987 : 295-302.
- [19] STEPTOE A, FIELDMAN G, EVANS O, PERRY L - Cardiovascular risk and responsivity to mental stress : the influence of age, gender and risk factors. *J Cardiovasc Risk*. 1996 ; 3 (1) : 83-93.
- [20] KEIR PJ, BACH JM, REMPEL D - Effects of computer mouse design and task on carpal tunnel pressure. *Ergonomics*. 1999 ; 42 (10) : 1350-60.
- [21] WAHLSTRÖM J. - Physical load in computer mouse work. Working technique, stress and sex aspects. *Arbete och Hälsa*. Solna : Arbetslivsinstitutet ; 2001 : 34 p. (ebib.arbetslivsinstitutet.se/ah/2001/ah2001_13.pdf)
- [22] KARLQVIST L, HAGBERG M., SELIN K. - Variation in upper limb posture and movement during word processing with and without mouse use. *Ergonomics*. 1994 ; 37 (7) : 1261-67.
- [23] KARLQVIST L, HAGBERG M, WENEMARK M, ANELL R, KOSTER M - Musculoskeletal symptoms among computer assisted design (CAD) operators and evaluation of a self-assessment questionnaire. Proceedings of the Marconi input device research conference. Marshal : University of California ; 1996 : 6 p.
- [24] MARTIN B - Assessment of effort in keyboard work. Proceedings of the International Conference on occupational disorders of the upper extremities. San Francisco : University of California ; 1994 : 4 p.
- [25] AARAS A, RO O - Supporting the forearms on the table top doing VDU work: a laboratory and a field study. In : Kumar S. (Ed.), Advances in Occupational Ergonomics and Safety. Amsterdam : IOS Press ; 1998 : 549-52.
- [26] APTEL M, CAIL F - An empirical index for evaluating the biomechanical wrist stress. In: Mital A, Krueger H, Kumar S, Menozzi M et al. (Eds.) - Advances in occupational ergonomics and safety. Vol. 1. Cincinnati : International Society for Occupational Ergonomics and Safety. 1996 : 421-26.