

OREGE
**Un outil simple d'évaluation
des facteurs de risque biomécaniques
de TMS du membre supérieur**

OREGE

Un outil simple d'évaluation des facteurs de risque biomécaniques de TMS du membre supérieur

M. Aptel, S. Faraudie, L. Tronchet
INRS, Département Homme au travail
Laboratoire Biomécanique et ergonomie

J.J. Atain-Kouadio, CRAM du Nord-Est

Publication réalisée dans le cadre d'un projet européen SAFE.

Ce document est édité avec la participation financière de la Commission européenne.
Ni la Commission européenne, ni aucune personne agissant en son nom
n'est responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations émises ci-après.

NS 196
novembre 2000

SOMMAIRE

| | Pages |
|---|-------|
| I INTRODUCTION | 1 |
| 1. CADRE GENERAL DES PROJETS EUROPEENS SAFE | 1 |
| 2. OBJECTIF ET DEMARCHE DE L'ETUDE SUR LES TMS | 1 |
| II GENERALITES | 3 |
| 1. LES TROUBLES MUSCULO-SQUELETTIQUES | 3 |
| 1.1. TMS : des maladies professionnelles | |
| 1.2. Données statistiques sur les TMS et les problèmes de prévention | 4 |
| 2. FACTEURS DE RISQUE DE TMS | 4 |
| 2.1. Facteurs de risque personnels et extra professionnels | 5 |
| 2.2. Facteurs de risque professionnels | 5 |
| 2.3. Evaluation des facteurs de risque biomécaniques de TMS | 7 |
| III OUTILS SIMPLES : SYNTHESE | 9 |
| 1. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES OUTILS SIMPLES RETENUS | 10 |
| 1.1. Evaluation des positions articulaires en situation de travail | 10 |
| 1.1.1. Check-lists | 10 |
| 1.1.2. Outils analytiques | 11 |
| 1.2. Evaluation de la répétitivité d'un geste en situation de travail | 11 |
| 1.2.1. Check-lists | 12 |
| 1.2.2. Outils analytiques | 12 |
| 1.3. Evaluation de l'effort en situation de travail | 12 |
| 1.3.1. Check-lists | 12 |
| 1.3.2. Outils analytiques | 12 |
| 1.3.3. Conclusion | 13 |

| | |
|---|--------|
| 1.4. Evaluation synthétique du risque | 13 |
| 1.5. Validation des outils simples retenus | 14 |
| 1.6. Autres critères d'évaluation proposés par la grille | 14 |
| 1.6.1. Compétence des utilisateurs | 14 |
| 1.6.2. Description des moyens utilisés dans l'outil | 14 |
| 1.6.3. Temps de recueil et de dépouillement des données | 14 |
| 2. SYNTHESE | 15 |
| IV PROTOCOLE ET METHODE | 19 |
| 1. OUTIL DE REFERENCE | 19 |
| 1.1. Mesure des positions articulaires | 20 |
| 1.2. Mesure de la répétitivité des mouvements | 20 |
| 1.3. Quantification de l'effort | 20 |
| 1.4. Présentation résumée de l'outil de référence | 20 |
| 2. OUTIL SIMPLE ANALYTIQUE | 21 |
| 2.1. Evaluation des positions articulaires | 21 |
| 2.2. Evaluation de la répétitivité des mouvements | 21 |
| 2.3. Evaluation de l'effort | 21 |
| 2.4. Présentation résumée de l'outil simple | 22 |
| 3. COMPARAISON DES 2 OUTILS | 22 |
| 4. PRESENTATION DES SITUATION EXPERIMENTALES | 23 |
| 5. TRAITEMENT DES DONNEES | 25 |
| V RESULTATS | 27 |
| 1. EVALUATION DES ANGLES | 27 |
| 1.1. Comparaison angulaires | 27 |
| 1.2. Degré d'imprécision/précision dans l'évaluation des angles | 28 |
| 1.3. Analyse qualitative | 29 |
| 1.4. Conclusion | 32 |
| 2. EVALUATION DE LA REPETITIVITE | 32 |
| 2.1. Comparaisons pour la main droite | 32 |
| 2.2. Comparaisons pour la main gauche | 33 |
| 3. EVALUATION DES EFFORTS | 34 |
| 3.1. Présentation des EMGw | 34 |
| 3.2. Présentation des Estim | 34 |
| 3.3. Comparaison intra-individuelle entre EMGw et Estim | 35 |
| 3.4. Comparaison entre Estim et EMGw à partir des moyennes interindividuelles | 35 |

| | |
|--|-----|
| VI DISCUSSION | 37 |
| 1. UNE METHODE COMPOSEE D'OUTILS DE NATURE DIFFERENTE | 38 |
| 1.1. Evaluation des positions articulaires du poignet | 38 |
| 1.2. Evaluation de la répétitivité des mouvements de la main | 38 |
| 1.3. Evaluation des efforts de préhension de la main | 38 |
| 1.4. Conclusion | 39 |
| 2. CRITERES DE PERTINENCE D'UN OUTIL SIMPLE "IDEAL" | 41 |
| | |
| VII PRESENTATION D'OREGE | 43 |
| 1. ATTENDUS ET OBJECTIFS | 43 |
| 2. CONTENU | 43 |
| 2.1. Evaluation de l'effort | 44 |
| 2.1.1. Echelle d'évaluation complétée par l'utilisateur | 44 |
| 2.1.2. Echelle d'auto-évaluation présentée à l'opérateur | 45 |
| 2.1.3. Confrontation avec l'opérateur | 46 |
| 2.2. Evaluation des positions articulaires | 46 |
| 2.3. Evaluation de la répétitivité | 48 |
| 2.3.1. Echelle d'évaluation complétée par l'utilisateur | 48 |
| 2.3.2. Echelle d'auto-évaluation présentée à l'opérateur | 48 |
| 2.3.3. Confrontation avec l'opérateur | 49 |
| 3 SYNTHESE | 49 |
| | |
| BIBLIOGRAPHIE | 53 |
| | |
| ANNEXE 1 : Grille d'analyse des outils simples retenus | 59 |
| ANNEXE 2 : Analyse des outils simples retenus | 65 |
| ANNEXE 3 : Tableau de synthèse des outils simples retenus | 121 |

I INTRODUCTION

1. CADRE GENERAL DES PROJETS EUROPEENS SAFE

Le programme européen d'action pour la sécurité, intitulé SAFE, a pour objectif général d'améliorer la sécurité, l'hygiène et la santé sur le lieu de travail et de prévenir ou réduire les risques professionnels, notamment dans les petites et moyennes entreprises. Les projets présentés dans le cadre de ce programme doivent promouvoir l'élaboration de solutions pratiques pour faire face aux risques professionnels, contribuer à la définition d'outil de lutte contre les Accidents du Travail et les Maladies Professionnelles et mettre en œuvre des démarches novatrices.

2. OBJECTIF ET DEMARCHE DE L'ETUDE SUR LES TMS

L'objectif de la présente étude est d'élaborer un outil, fondé principalement sur l'observation de l'activité et qualifié "d'outil simple" permettant d'évaluer les principales causes biomécaniques responsables des Troubles Musculo-Squelettiques (TMS). Cet outil simple s'applique exclusivement au membre supérieur. Il doit être utilisable par une seule personne au poste de travail, après une formation de 4 à 6 jours.

L'étude comporte trois étapes. En premier lieu, réaliser une analyse des données bibliographiques existantes. En effet, de nombreux outils simples sont proposés dans la littérature pour évaluer les facteurs de risque de TMS dont il convient de faire la synthèse. Puis, sur la base des données recensées, un outil simple sera élaboré qui sera confronté à des données issues d'un outil de référence, fondé sur des mesures biomécaniques. Cette comparaison permettra de s'assurer si cet outil simple peut se substituer à l'outil de référence. A l'issue de cette confrontation, le contenu et les conditions d'utilisation de l'outil simple pourront être définis.

II GENERALITES

1. LES TROUBLES MUSCULO-SQUELETTIQUES

Les opérateurs d'entreprises de main d'œuvre peuvent être victimes d'atteintes de l'appareil locomoteur appelés Troubles Musculo-Squelettiques (TMS). La solution pour limiter et/ou résoudre ces problèmes passe nécessairement par une intervention ergonomique dans laquelle différents acteurs de l'entreprise sont impliqués.

1.1. TMS : des maladies professionnelles

Les TMS recouvrent diverses pathologies de l'appareil musculosquelettique dont la douleur est l'expression la plus manifeste. La douleur est le plus souvent associée à une gêne fonctionnelle qui peut parfois être invalidante. Les TMS concernent tous les segments corporels permettant à l'homme de se mouvoir et de travailler, mais c'est au niveau du dos et du membre supérieur qu'ils sont les plus fréquents. Ce document ne traite que des TMS du membre supérieur.

Les études épidémiologiques, ergonomiques, psychologiques et biomécaniques (voir le rapport de synthèse édité par le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1997) ont montré que les TMS du membre supérieur résultent d'abord de l'application de contraintes biomécaniques soutenues et/ou répétées lors du travail qui dépassent les capacités fonctionnelles de l'opérateur. Mais le stress et les facteurs psychosociaux sont aussi des facteurs de risque favorisant la survenue de ces maladies selon des modalités encore mal élucidées. Enfin, malgré d'important progrès dans la connaissance de ces maladies et de leurs facteurs de risque, les mécanismes physiopathologiques qui conduisent aux TMS restent encore méconnus.

Les TMS sont le résultat d'un déséquilibre entre les sollicitations biomécaniques et les capacités fonctionnelles de l'opérateur dans un contexte de travail où, le plus souvent, les marges de manœuvres de l'opérateur s'amenuisent. Les capacités fonctionnelles dépendent de l'âge, du sexe, de l'état physiologique et psychologique, des antécédents personnels. Lorsque ces sollicitations sont supérieures aux capacités fonctionnelles, la probabilité de survenue d'un TMS est majorée. A l'inverse, si ces sollicitations sont inférieures alors le risque de TMS est faible.

1.2. Données statistiques sur les TMS et problèmes de prévention

En France, les TMS, indemnisés au titre du tableau 57 des Maladies Professionnelles (MP), constituent la première cause de maladies professionnelles reconnues. En 1998, 8972 cas étaient reconnus et indemnisés contre 2602 en 1992 (année qui a suivi la modification du tableau 57 des MP). En 1998, Ils constituaient 67 % des maladies professionnelles reconnues alors qu'ils n'en représentaient que 40 % en 1992. Du fait notamment de leur prévalence élevée, ces affections sont donc devenues une priorité de prévention. Cette augmentation du nombre de MP 57 reconnues et indemnisées peut s'expliquer par une modification du contenu du travail dans les entreprises. Ainsi, l'apparition de nouvelles techniques a entraîné une fragmentation et une spécialisation des tâches, une diminution de la charge physique de travail et des impératifs de rendement accrus. En conséquence, les nouveaux postes de travail sont souvent caractérisés par des mouvements répétitifs et stéréotypés qui sollicitent tout particulièrement les mains et les membres supérieurs (Pujol, 1993).

Actuellement, il est relativement aisé de décrire cliniquement ces pathologies et de les diagnostiquer. De plus, les multiples données statistiques ou épidémiologiques disponibles permettent de circonscrire les secteurs professionnels où la prévalence est la plus élevée. Cependant, de nombreuses connaissances font encore défaut pour développer un modèle physiopathologique qui relie le travail et le risque de TMS. En particulier, il n'est pas encore possible de prédire la survenue d'un TMS chez un salarié exposé sur son lieu de travail du fait de cette absence de modèle. Par ailleurs, aucun outil simple ne fait l'unanimité pour évaluer les facteurs de risque de TMS au poste de travail. Idéalement, ces outils devraient évaluer, de la façon la plus précise possible, les facteurs de risque et prédire la survenue du risque en étant simple d'usage et fiable.

2. FACTEURS DE RISQUE DE TMS

Trois familles de facteurs de risque peuvent être distinguées (figure 1) :

- les facteurs personnels,
- les facteurs extra professionnels,
- les facteurs professionnels.

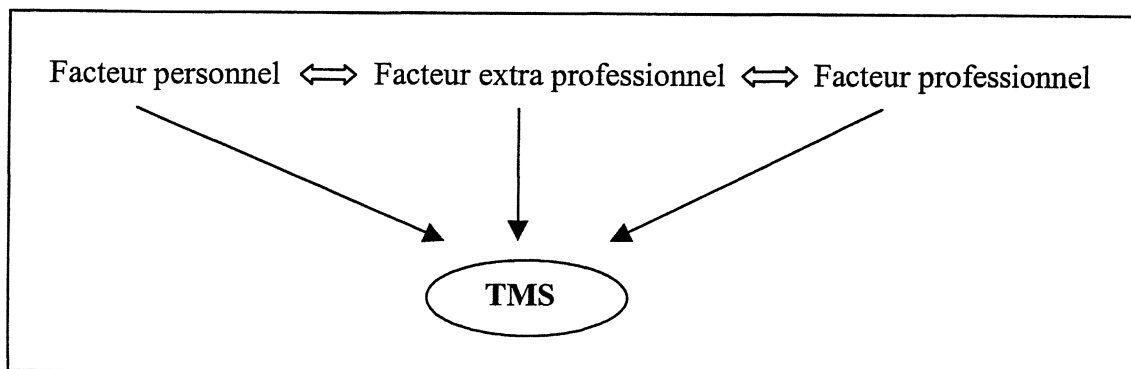


Figure 1 : Facteurs de risque de TMS

2.1. Facteurs de risque personnels et extra professionnels

Les facteurs de risque personnels sont liés au patrimoine génétique et à l'histoire médicale de l'opérateur. Ces phénomènes sont le plus souvent irréductibles et n'entrent pas dans le champ de la prévention.

Les facteurs de risque extra professionnels tels que les activités sportives ou de loisirs (le tennis ou le cyclisme, la musique, le tricot...) peuvent favoriser la survenue des TMS (Pujol, 1993). Il convient pourtant de rappeler que l'accroissement de l'incidence des TMS est surtout lié aux facteurs de risque professionnels comme maintes études épidémiologiques l'ont montrée [étude de l'Agence Nationale d'Amélioration des Conditions de Travail (ANACT) - Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM) 1996 ou NIOSH 1997].

2.2. Facteurs de risque professionnels

Les facteurs de risque professionnels sont maintenant bien identifiés. Ils sont de nature biomécanique ou psychosociale.

Les facteurs de risque biomécaniques sont :

- les positions articulaires extrêmes,
- les efforts excessifs,
- la répétitivité des gestes,
- le travail en position statique maintenue.

Un temps de récupération insuffisant augmente significativement l'effet des facteurs biomécaniques.

Le tableau 1 établi par le NIOSH, (1997) présente une synthèse sur la validité des relations entre les facteurs de risque biomécaniques et les TMS du membre supérieur.

| REGION ANATOMIQUE <i>Facteur de risque</i> | Relation Très évidente | Relation évidente | Relation suspectée |
|---|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| CERVICALE ET CERVICO-BRACHIALE <i>Répétitivité</i> <i>Effort</i> <i>Position articulaire</i> <i>Vibration</i> | ♦ | ♦ ♦ | ♦ |
| EPAULE <i>Répétitivité</i> <i>Effort</i> <i>Position articulaire</i> <i>Vibration</i> | | ♦ ♦ | ♦ ♦ |
| COUDE <i>Répétitivité</i> <i>Effort</i> <i>Position articulaire</i> <i>Combinaison</i> | ♦ | ♦ | ♦ ♦ |
| MAIN/POIGNET Syndrome du Canal Carpien <i>Répétitivité</i> <i>Effort</i> <i>Position articulaire</i> <i>Vibration</i> <i>Combinaison</i> Tendinite <i>Répétitivité</i> <i>Effort</i> <i>Position articulaire</i> <i>Combinaison (Présence d'au moins 2 facteurs de risque)</i> | ♦ ♦ | ♦ ♦ ♦ ♦ ♦ | ♦ |

Tableau 1 : Solidité des relations entre les facteurs de risque biomécanique et les TMS du membre supérieur (source NIOSH 1997)

Les facteurs psychosociaux (organisation du travail, contrôle sur son travail, relations interpersonnelles dans le travail....) jouent également un rôle dans la survenue des TMS par l'intermédiaire du stress (Bongers et coll. 1993, Houtman et coll. 1994, Kuorinka et Forcier 1995, NIOSH 1997). La figure 2 présente une hypothèse de relation entre le risque de TMS et les deux familles de facteurs de risque. Il est admis que le stress est une des conséquences sur l'organisme des facteurs de risque psychosociaux ; il doit donc être recherché. Les facteurs psychosociaux peuvent être déterminés à l'aide d'entretiens spécialisés ou de questionnaires, voir par exemple Kuorinka et Forcier (1995) ou Cail et coll. (1995).

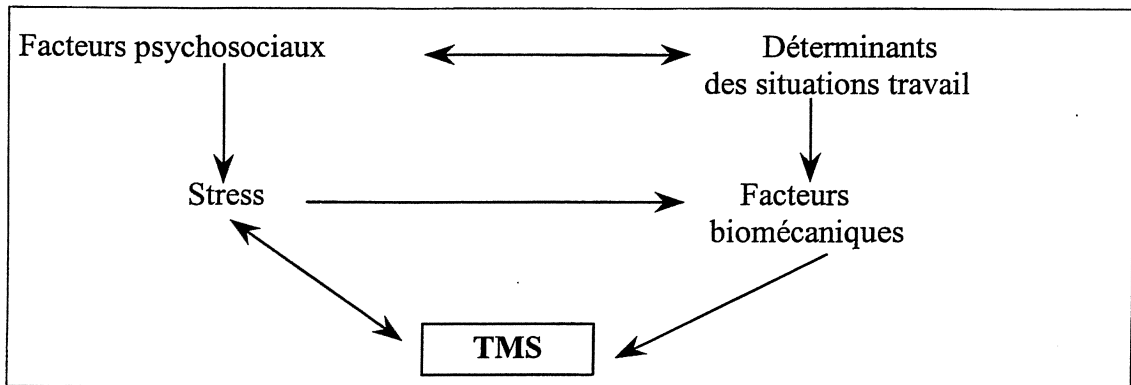


Figure 2 - Relation entre facteurs de risque psychosociaux et biomécaniques et le risque de TMS (hypothèse)

Enfin, il convient de noter que les facteurs de risque professionnels et extra professionnels sont de même nature. Ils se différencient uniquement par leur origine puisque les uns sont présents dans l'entreprise et les autres dans la vie extra professionnelle.

2.3. Evaluation des facteurs de risque biomécaniques de TMS

Les facteurs de risque biomécaniques de TMS ont été identifiés dans les années 1980. Ce sont : la répétitivité des mouvements, les positions articulaires extrêmes et les efforts excessifs. La mesure de ces facteurs était alors réservée à des équipes d'ergonomes et de physiologistes disposant de moyens techniques lourds. Ainsi, les efforts de préhension sont évalués à l'aide de l'électromyogramme de surface intégré (EMGi) des muscles du membre supérieur. Les positions articulaires et la répétitivité sont quantifiées à l'aide de goniomètres qui mesurent les angles entre les segments articulaires du membre supérieur. La répétitivité est calculée à partir de la dérivée du signal angulaire qui exprime la vitesse du mouvement.

Le coût des interventions ergonomiques en entreprise mettant en œuvre de telles techniques et le manque de spécialistes équipés et formés à ces techniques font que ce type d'intervention en entreprise reste marginal. C'est pourquoi, des outils simples ont été proposés, surtout au cours des années 1990 (figure 3). Les outils simples sont des outils d'évaluation des facteurs de risque de TMS qui ne nécessitent pas d'appareil de mesure particuliers. Ils sont utilisables directement sur le terrain et se basent sur l'observation directe de l'activité de travail du salarié ou sur l'enregistrement vidéo de celle-ci. Les outils simples sont faciles à mettre en œuvre, peu coûteux et fournissent rapidement une estimation du risque de TMS. Ces outils sont nombreux et récents comme en témoigne la figure 3.

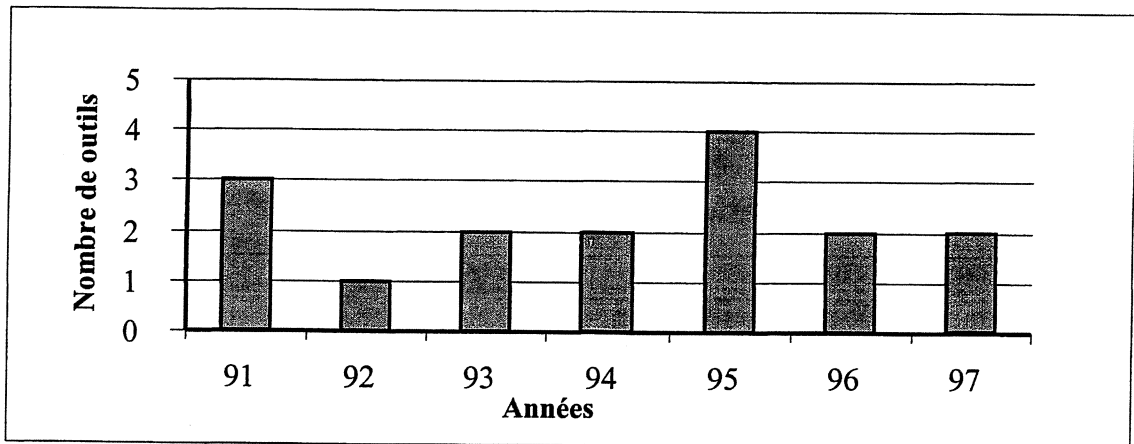


Figure 3 : Années de publication de 16 outils simples recensés.

III OUTILS SIMPLES : SYNTHÈSE

Après une recherche bibliographique dans les banques de données "International Occupational Safety and Health Information Centre" et "US National Institute for Occupational Safety and Health", 16 articles présentant autant d'outils simples d'évaluation des facteurs de risque de TMS ont été retenus puis analysés. Une grille de cotation a été élaborée suite à une première analyse de ces 16 outils simples. Chacun des 16 outils simples a été ré-analysés au moyen de cette grille afin de comparer ces outils selon des critères communs. La grille d'analyse est présentée en annexe 1 et l'analyse des 16 outils simples recensés en annexe 2. Une représentation synthétique sous forme de tableau des outils évalués est présentée en annexe 3.

Seule la synthèse est présentée dans ce chapitre.

Les outils simples peuvent être classés en trois familles : les check-lists, les outils analytiques et les outils "inclassables".

- Les check-lists, très simples d'utilisation, ne proposent qu'une évaluation globale des facteurs de risque. En fait, elles doivent être considérées comme des outils de dépistage qui ne permettent pas de conduire d'action de prévention. Elles se présentent sous forme de questions posées aux opérateurs qui appellent le plus souvent des réponses binaires (oui ou non). Les check-lists sont donc peu flexibles et spécifiques au contexte où elles sont mises en œuvre. Il y a donc un risque potentiel d'oublier des aspects importants du travail si l'utilisateur se limite à répondre aux questions.
- Les outils analytiques prennent en compte spécifiquement les trois facteurs de risque biomécaniques, voire les facteurs psychosociaux. Ils permettent le plus souvent une évaluation destinée à conduire une transformation du travail afin de réduire le risque de TMS. Ces outils visent donc à évaluer les facteurs de risque au poste de travail et à prédire la survenue du risque de TMS. Ils s'intègrent généralement dans une démarche globale de prévention des TMS qui inclut une analyse de

l'activité. Les outils analytiques proposent pratiquement tous, un moyen d'évaluation spécifique pour chacun des facteurs de risque.

- Les outils « inclassables » sont au nombre de 2 ; CSST, (1991) et Saldana et coll. (1994). Le premier ne prend pas en compte explicitement les facteurs de risque mais propose plutôt une démarche ergonomique (cf. annexe 2) fondée sur une action participative des acteurs de l'entreprise. Le second propose un outil informatisé de recensement des plaintes des opérateurs (cf. annexe 2). Bien que n'entrant pas dans le cadre des objectifs de l'étude, ces outils méritent d'être cités car ils complètent les outils d'évaluation des facteurs de risque biomécaniques. CSST (1991) est intéressant parce que la démarche qu'il propose peut être mise en œuvre dans les PME-PMI au prix de quelques précautions.

Les outils analytiques sont parfois qualifiés d'outil de substitution. Un outil de substitution est un outil analytique dont le niveau de précision est validé au moyen d'une comparaison avec un outil de référence. Pour l'évaluation des facteurs de risque biomécaniques, l'outil de référence est un outil qui se base sur une mesure des gestes. Ainsi, les goniomètres mesurent les positions articulaires et permettent de calculer les mouvements et l'électromyogramme de surface permet de déterminer les efforts musculaires.

Par nature, les check-lists ne peuvent être validées par un outil de référence. En effet, elles ne prennent pas en compte spécifiquement les facteurs de risque biomécaniques. En revanche, les outils analytiques peuvent l'être. Or, aucun des outils analytiques retenus ne l'a été. En fait, le plus souvent, la validation des outils analytiques se fonde sur des critères tels que la cohérence des réponses de 2 évaluateurs formés à l'outil. Il est pourtant indispensable de connaître de degré de précision des outils analytiques par rapport à un outil de référence. C'est précisément l'un des objectifs de cette étude.

1. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES OUTILS SIMPLES RETENUS

Cette synthèse sera présentée pour 2 familles d'outils simples : à savoir les check-lists ou les outils analytiques. La synthèse suit le plan proposé dans la grille (cf. annexe 1). Le tableau 2 récapitule pour les 16 outils analysés, les critères et/ou les moyens retenus par leurs auteurs pour évaluer les 3 facteurs de risque biomécaniques.

1.1. Evaluation des positions articulaires en situation de travail

1.1.1. Check-lists

Les check-lists proposent des questions à réponse binaire (oui/non) sur les positions articulaires des différentes articulations (Kemmlert, 1995 ; Keyserling et coll. 1993 ; Kilbom 1997 ; Silverstein, 1997). Les questions explorent de façon simple les degrés de liberté et l'amplitude des différents mouvements de l'articulation considérée.

Par exemple, Kemmlert (1995) propose la question suivante : « est-ce que le travail répétitif ou soutenu est réalisé quand le cou est » :

- penché en avant (oui/non),
- penché sur le côté ou à moitié tourné (oui/non),
- sévèrement tourné (oui/non),
- penché vers l'arrière (oui/non).

Keyserling et coll., (1993) proposent une question encore plus simple : « existe-t-il une déviation du poignet ? ».

La situation de travail est considérée comme à risque de TMS lorsqu'une ou plusieurs réponses affirmatives sont apportées à la question.

1.1.2. Outils analytiques

Les positions articulaires représentent un facteur de risque de TMS du membre supérieur pour lequel des valeurs angulaires limites ont pu être établies. Plusieurs auteurs proposent une liste de positions articulaires à risque, en particulier pour les mains et les poignets. Ils classent les positions articulaires du membre supérieur en zones dont le niveau de risque est de plus en plus important (McAtamney et Corlett, 1993 ; Moore et Garg, 1995 ; St Vincent et coll., 1994). Une des difficultés est de reconnaître de façon fiable ces positions articulaires, en particulier si les mouvements sont rapides. La vidéo joue un rôle clé dans l'évaluation des différentes positions des chaînons articulaires du membre supérieur. Elle permet plus facilement, grâce au ralenti ou à l'arrêt sur image, d'apprécier plus facilement une position articulaire à classer. La figure 9 présente une illustration de ces classes de risque pour le membre supérieur.

1.2. Evaluation de la répétitivité d'un geste en situation de travail

La répétitivité des mouvements est un facteur de risque essentiel de TMS du membre supérieur (NIOSH, 1997). L'examen de la littérature montre qu'il existe plusieurs outils pour déterminer si une activité de travail est ou non répétitive.

1.2.1 Check-lists

L'évaluation de la durée d'un cycle de travail et/ou de celle de chacune des activités constitutives d'un cycle est un critère retenu par de nombreux auteurs, (Keyserling et coll. 1993 ; Kilbom 1997). Ce critère présuppose une définition de la notion de cycle de travail. Le "cycle de travail" est défini comme une période de travail pendant laquelle l'opérateur réalise les mêmes actions¹. La durée de travail quotidienne peut être définie comme une succession de cycles de travail. Une "action" est définie comme étant la réalisation de mouvement(s) de segment(s) corporel(s) ayant une même finalité dans le travail.

Les auteurs précités considèrent qu'il existe un lien entre une durée de cycle de travail inférieure à 30 secondes et/ou une même activité¹ occupant plus de 50% du temps de travail et

¹ Les termes "action" et "activité" sont employés en lieu et place de tâche qui serait la traduction la plus juste. Cette substitution témoigne d'une volonté des auteurs de prendre en compte le travail réel et non le travail prescrit.

la survenue de TMS. Ces limites ont souvent été retenues par la communauté scientifique comme critère de répétitivité sans pour autant faire l'unanimité.

1.2.2. Outils analytiques

La notion de mouvement articulaire est définie différemment suivant les auteurs. Weston et coll. (1997), déterminent le nombre de positions articulaires extrêmes, c'est-à-dire le nombre de flexions du poignet supérieures à 30° et le nombre d'extensions du poignet supérieures à 45°. Moore et Garg (1995), mesurent le nombre de mouvements de l'articulation par seconde lors d'une observation directe ou sur un film vidéo.

Stetson et coll. (1991), définissent la répétitivité comme le nombre total d'actions réalisées par la main pendant un cycle de travail. Meyer et coll. (1997) proposent de considérer le nombre de "Touchers de la main", c'est-à-dire le nombre de contacts directs de la main ou d'un outil maintenu par la main, avec un élément matériel qui compose le poste de travail ou un objet posé sur le plan de travail. Latko et coll. (1997), apprécient la répétitivité de façon subjective grâce à une échelle d'auto-évaluation où l'utilisateur estime la vitesse des mouvements du membre supérieur.

Il existe donc une grande diversité de moyens pour évaluer la répétitivité. Cependant, la plupart de ces outils n'évaluent pas directement le nombre de mouvements à la différence des outils analytiques évaluant les angles qui eux, évaluent directement ce facteur de risque. La difficulté de compter un nombre de mouvements avec un moyen simple est la principale explication. C'est pourquoi, les auteurs ont proposé des critères indirects pour estimer le facteur de risque répétitivité et, dès lors, ont élaboré des moyens simples qui resteront par nature moins précis que des outils qui évaluent directement le nombre de mouvements.

1.3. Evaluation de l'effort en situation de travail

1.3.1. Check-lists

Dans les check-lists, le poids des objets est souvent considéré comme un critère d'évaluation de l'effort musculaire. Or, le poids de l'objet ne figure pas toujours l'intensité de l'effort exercé par l'opérateur car dans de nombreuses situations, l'opérateur peut exercer un effort musculaire important sans porter d'objet. Le critère retenu dans les check-list est donc très imprécis. Les questions utilisées dans les check-lists pour évaluer les efforts sont donc réductrices.

Keyseling et coll. (1993) ; Silverstein. (1997) établissent qu'une charge dépassant 4 à 5 kg augmente significativement l'effort et qu'une charge d'au moins 1 kg est excessive lors de la prise digitale pulpaire. Par exemple, Keyserling et coll. (1993) proposent la question suivante : "l'opérateur doit-il soulever, porter, pousser ou tirer des objets de plus de 4,5 kg ?".

1.3.2. Outils analytiques

Deux moyens sont très souvent utilisés pour évaluer les efforts dans les outils analytiques :

- les échelles d'auto-évaluation,
- les mesures dynamométriques.

◆ Echelles d'auto-évaluation

Il existe deux types d'échelles d'auto-évaluation.

Le premier type d'échelle est un segment de droite de longueur fixe dont seules les extrémités sont qualifiées. L'opérateur interrogé place sa réponse sur le segment. Ce type d'échelle est appelé échelle numérique ou linéaire (cf. Atain Kouadio, 1997).

Le second type d'échelle, comme "the category rating scale", propose de choisir parmi une série de 5 à 7 qualificatifs celui qui décrit le mieux la situation de l'opérateur interrogé. L'échelle la plus communément utilisée pour quantifier le niveau des efforts des doigts et des efforts de préhension est l'échelle de perception de l'effort de BORG CR10, (Borg, 1990). Cette échelle est graduée de "0 = pas d'effort" à "10 = effort le plus important ressenti". Latko et coll. (1997) proposent des échelles spécifiques aux TMS du membre supérieur.

En raison de leur commodité d'usage, les échelles d'auto-évaluation permettent aussi d'évaluer l'effort au fur et à mesure de l'exécution d'une tâche et peuvent aussi être utiles à long terme pour apprécier l'efficacité d'une intervention ergonomique. Par ailleurs, elles permettent de rendre compte des variations interindividuelles. Les échelles d'auto-évaluation sont souvent utilisées seules ou en association avec d'autres outils d'évaluation (pesée cf. ci dessous).

◆ Les dynamomètres et la pesée des objets

Certains auteurs utilisent un dynamomètre ou des jauges de contraintes pour estimer l'effort musculaire exercé par l'opérateur. D'autres auteurs recommandent la pesée des objets. Cette approche s'apparente à celle décrite au paragraphe 1.3.1.

1.3.3. Conclusion

La diversité des moyens proposés par la communauté scientifique internationale pour évaluer un effort musculaire en situation de travail témoigne de la difficulté d'aboutir à un consensus sur un outil d'évaluation. La signification de l'information obtenue par ces différents moyens vaut d'être posée dans la mesure où les champs de ce qu'ils investiguent sont probablement très différents.

1.4. Evaluation synthétique du risque

L'évaluation synthétique d'un risque de TMS est une intégration, souvent grâce à un score, des informations recueillies par les différents moyens évaluant les 3 facteurs de risque biomécaniques. Cette évaluation synthétique est proposée par la plupart des 16 outils retenus. Les autres outils identifient la présence de facteurs de risque au poste sans estimer un risque résultant. Pour autant, aucun de ces scores n'est validé en termes de prévision du risque. Aussi est-il opportun de s'interroger pour savoir si les scores proposés par ces outils sont vraiment informant car dans ce domaine les connaissances font encore défaut, quel que soit l'outil utilisé, y compris la métrologie biomécanique. Certains des outils qui proposent un score global définissent parfois des valeurs seuils au-dessus desquelles le risque de TMS augmente et la nécessité de transformer le poste est plus pressante (ex. Mac Atamney et Corlett, 1993 ou Silverstein, 1997).

1.5. Validation des outils simples retenus

Il est indispensable que les outils simples soient validés. Cela permet de connaître la fiabilité des informations obtenues avec l'outil. Cette validation est le plus souvent réalisée en comparant la cohérence des résultats de différents utilisateurs. Mais il n'est pas rare de constater que certains auteurs ne proposent aucun protocole de validation.

1.6. Autres critères d'évaluation des outils simples

Les critères présentés ci-dessous ont été défini pour évaluer la dimension opérationnelle des outils proposées. Trois critères sont proposés.

1.6.1. Compétence des utilisateurs

Des difficultés apparaissent rapidement pour certains outils lorsqu'il s'agit de :

- Situer correctement des positions articulaires par rapport à des plans anatomiques de référence ou évaluer une position articulaire.
- Evaluer un effort du membre supérieur qui peut être modifié par des facteurs intrinsèques à l'opérateur (stress, expérience de l'opérateur...).

En conséquence, la question de la compétence de l'utilisateur de l'outil est posée. Quelle formation doit-il avoir, aussi bien en termes de formation initiale (médecin du travail, ergonomiste, hygiéniste du travail...) qu'en termes de formation spécifique à l'outil. Très peu d'articles l'évoquent clairement. La grille qui a été développée retient trois niveaux de compétence (cf. annexe 1) :

- pas de compétence en ergonomie,
- des compétences en ergonomie sont nécessaires,
- l'utilisateur doit être ergonomiste.

Selon leurs niveau de complexité, les outils ont été classés dans l'un des 3 niveaux de compétence.

1.6.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

Ce critère décrit les moyens utilisés pour mener à bien l'analyse. Tous les moyens proposés dans les outils sont peu coûteux et facile d'utilisation. Ils sont donc bien des outils simples. En outre, il apparaît que les moyens proposés sont relativement peu nombreux au regard du nombre d'outils proposés dans la littérature.

1.6.3. Temps de recueil et de dépouillement des données

Le temps de recueil et de dépouillement est essentiel pour l'utilisateur car il figure sa charge de travail (cf. annexe 3). La plupart des check-lists sont conçues pour permettre un examen rapide des postes afin de déterminer ceux qui sont susceptibles de présenter un risque et qui nécessitent une étude plus approfondie. En revanche, les outils analytiques impliquent un temps de recueil et de dépouillement plus long (Keyserling et coll., 1991 ; St Vincent et coll., 1994 ...).

2. SYNTHÈSE

Il convient d'abord de rappeler que les outils simples ne peuvent remplacer la démarche de prévention des TMS. La prévention des TMS passe par une démarche ergonomique (Aptel et coll. 1993, Saint Vincent et coll. 1994, Franchi et coll. 1997). Un outil simple d'évaluation des facteurs de risque biomécaniques de TMS n'est qu'un des outils à intégrer dans la démarche ergonomique. La figure 4 le rappelle. Par ailleurs, l'analyse détaillée des 16 outils simples retenus permet de dégager un certain nombre d'éléments d'appréciation.

1) De nombreux outils ont été proposés dans la littérature. La recherche bibliographique a permis de recenser plus d'une vingtaine d'outils simples. Il n'existe donc pas d'outil simple qui fasse actuellement l'unanimité. Pour autant, un questionnement rapide de médecins du travail montre que la plupart de ces outils sont peu connus, hormis RULA (Mac Atamney et Corlett 1993) qui a été traduit en français par l'INRS et mis à la disposition des préventeurs. Cette diversité de l'offre témoigne de l'absence de consensus dans la communauté scientifique sur le choix d'outil simple.

2) Tous les outils simples n'ont pas le même objectif. Deux familles au moins sont à distinguer : les check-lists et les outils analytiques. D'autres familles pourraient être proposées comme celle des outils de dépistage des plaintes relatives à l'état de santé au moyen de questionnaires spécialisés. Le choix d'une famille d'outil se fonde alors sur l'intention de l'utilisateur. Il choisira, par exemple, une check-list s'il veut dépister des situations de travail à risque et un outil analytique qu'il insèrera la démarche ergonomique s'il veut transformer le travail.

3) S'il existe un grand nombre d'outils d'évaluation des facteurs de risque biomécaniques, les moyens d'évaluation de l'effort, la répétitivité et des angles sont restreints. En effet, la plupart des auteurs proposent, peu ou prou, la même liste de moyens pour évaluer les 3 facteurs de risque biomécaniques (cf. tableau 2). En conséquence, l'élaboration d'un outil simple synthétique issu de l'analyse des données bibliographiques n'est pas un objectif insurmontable. En revanche, l'interprétation des résultats en termes de risque de TMS reste difficile et le calcul d'un score global est une gageure. En effet, la méconnaissance des mécanismes physio-pathologiques à l'origine de ces affections et/ou la multifactorialité des facteurs de risque font qu'il est encore prématuré de proposer des indices prédictifs de risque. Mais cette difficulté n'est absolument pas spécifique aux outils simples. Elle ne peut donc être considérée comme un obstacle à leur développement. Il s'agit là d'un enjeu de recherche qui est indépendant de l'outil d'évaluation des facteurs de risque de TMS du membre supérieur.

4) D'autres critères que ceux liés à l'évaluation des facteurs de risque biomécaniques doivent être pris en compte. Ces critères figurent la fonctionnalité de l'outil. En effet, le temps de mise en œuvre et les compétences requises pour l'utilisateur doivent être indiqués.

5) Après analyse des outils au moyen de l'ensemble des critères recensés dans la grille présentée en annexe 1, trois critères sont considérés comme essentiels pour évaluer les outils :

- la fiabilité de l'outil dans l'étude des facteurs de risque biomécaniques,
- le niveau de compétence en ergonomie requis pour utiliser efficacement l'outil,
- la rapidité de mise en œuvre de l'outil.

Les autres sont relativement secondaires par rapport aux trois critères retenus. Par exemple, la simplicité des outils est un critère théoriquement important. Mais, seuls celui proposé par Keyserling et coll. (1991) et Moore et Garg (1995) nécessitent une instrumentation. Tous les autres n'en nécessitent pas. Ce critère est donc peu discriminant. En ce qui concerne le critère "validation de l'outil", il est également apparu d'un faible pouvoir discriminant car la rigueur des procédures de validation apparaît relative (voir point 6, ci-dessous).

6) Enfin, le champ de précision dans l'évaluation des 3 facteurs de risque biomécaniques des outils simples analytiques doit être étudié. En particulier, est-il possible de parler d'outil de substitution à propos de ces outils simples ? Aucun des 16 outils simples recensés n'est validé par rapport à un outil de référence. Aussi, à partir des outils recensés dans cette synthèse, un outil simple a été élaboré afin d'être comparé à la métrologie biomécanique. Il est ainsi possible de comparer la mesure d'un angle à son évaluation. En revanche, les outils simples conçus pour évaluer la répétitivité ne sont le plus souvent que des évaluations indirectes de celle-ci. Parmi les outils proposés seul le nombre de toucher de la main (NTM) proposé par Meyer et coll. (1997) permet une comparaison avec l'outil de référence. Pour les efforts, seuls les approches psycho-physiologiques, répondent aux exigences requises pour être comparées à un outil de référence puisqu'ils permettent une "quantification" de l'évaluation. De plus, ils ont fait leurs preuves et sont largement employés.

Le choix des moyens qui constituent l'outil simple analytique à comparer à l'outil de référence est donc cohérent avec les données de la littérature. Il est alors possible de déterminer le niveau de précision de cet outil simple.

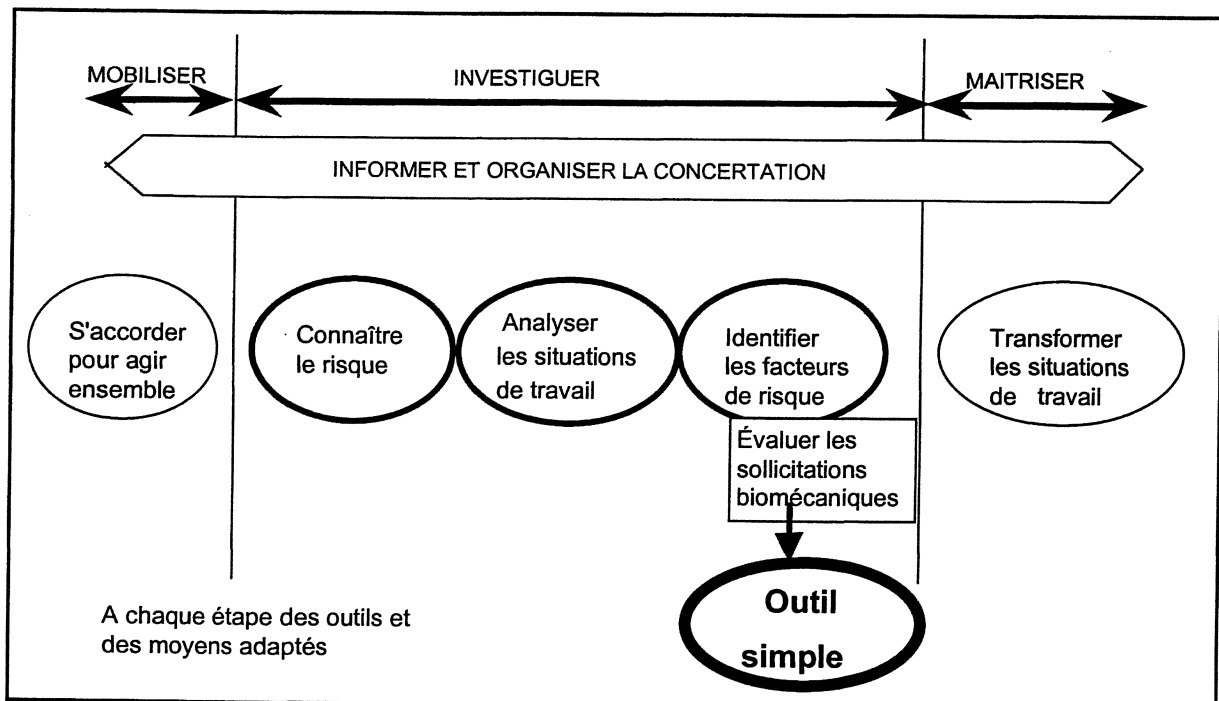


Figure 4 : Organisation de la démarche ergonomique

| AUTEURS | ANNEE | METHODE | EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE | | |
|--|------------------|---|---|---|--|
| | | | REPETITIVITE | EFFORT | AMPL. ARTICULAIRE |
| OUTILS INCLASSABLES | | | | | |
| CSST "PLEIN DOS... SALDANA et coll. | 1991 1994 | Plan d'action d'amélioration des postes de travail afin de limiter les problèmes de TMS. Outil axé sur la prise en compte des plaintes des opérateurs. | / | / | / |
| CHECK-LIST | | | | | |
| KEYSERLING et coll. | 1993 | Check-list à réponse binaire ou triple. | <i>Valeur limite</i> Temps de cycle ≤ 30 secondes. La même tâche répétée plus de 50% du temps de cycle. | <i>Valeur limite</i> Poids des objets : 4,5 kg Poids des outils : 2,5 kg | Le risque est présent si la réponse est affirmative. |
| KEMMLERT | 1995 | Check-list à réponse binaire. | Le risque est présent si la réponse est affirmative. | Le risque est présent si la réponse est affirmative. | Le risque est présent si la réponse est affirmative. |
| KILBOM | 1997 | Check-list à réponse binaire. | <i>Valeur limite</i> Temps de cycle ≤ 30 secondes. La même tâche répétée plus de 50% du temps de cycle. Taux de répétitivité du mouvement. | Estimation subjective de l'effort exercé. | Le risque est présent si la réponse est affirmative. |
| NIA | 1995 | Check-list sous forme de tableaux, correspondants à différents niveaux de risque. | | <i>Valeur limite</i> 15% de la FMV. | Le risque est présent la réponse est affirmative. |
| SILVERSTEIN | 1997 | Check-list à questions binaires et pondération par la durée d'exposition pour les réponses positives. | <i>Valeur limite</i> Identification des cycles courts ≤ 15 secondes. | <i>Valeur limite</i> Force ou charge de 5 kg pour une prise à pleine main. Force ou charge de 1 kg pour une prise par les doigts. Effort statique maintenu dans le temps | Questions sur les postures à risque. |

Tableau 2 : Moyens utilisés dans les 16 outils simples recensés.

| AUTEURS | | ANNEE | METHODE | EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE | |
|--|------|--|--|--|---|
| | | | REPETITIVITE | EFFORT | AMP. ART. |
| OUTILS SIMPLES ANALYTIQUE INTEGRABLES DANS UNE DEMARCHE ERGONOMIQUE | | | | | |
| KEYSERLING et coll. | 1991 | Outil intégrée dans une démarche ergonomique afin de dire si l'opérateur est exposé aux facteurs de risque de TMS et de définir la situation à risque. | Temps de cycle ≤ 30 secondes. La même tâche répétée plus de 50% du temps de cycle. Nombre d'actions par unité de temps. | Appréciation subjective Port de charge. Prise sollicitante. | Liste de postures à risque. |
| LATKO et coll. | 1997 | Echelle d'auto-évaluation. | Durée et fréquence des pauses. Estimation à l'aide d'une échelle d'auto-évaluation. | Estimation à l'aide d'une échelle d'auto-évaluation | Liste de postures à risque. |
| MC ATAMNEY et CORLETT | 1993 | Outil analytique fondé sur de nombreuses grilles. | <i>Valeur limite</i> Posture statique maintenue plus d'une minute. Posture répétée plus de 4 fois par minute. | <i>Valeur limite</i> Force ou charge intermittente de 2 à 10 kg Charge statique ou effort répétitif de 2 à 10 kg Effort ou charge statique ou répété >10 kg | Liste de postures à risque. |
| MOORE et GARG | 1995 | Outil analytique fondé sur de nombreuses grilles. | Nombre d'effort par minute. Durée de l'action. Vitesse de travail. | Echelle de Borg. | Liste de classes angulaire. |
| OWAS | 1992 | Outil analytique fondé sur de nombreuses grilles. | Voir colonne AMP. ART. | <i>Valeur limite</i> Effort ou charge < 10 kg 10 kg < charge < 20 kg Effort ou charge > 20 kg | Classification des postures grâce à un tableau qui intègre la notion de répétitivité. |
| OCCHIPINTI et COLOMBINI | 1996 | Outil analytique fondé sur de nombreuses grilles. | <i>Valeur limite</i> 30 actions / minute. | Echelle de Borg. | Liste de postures à risque. |
| STETSON et coll. | 1991 | | Nombre d'action de la main par cycle. Durée d'exposition. | <i>Valeur limite</i> Force ou charge de 4 kg pour une prise à pleine main. Force ou charge de 1 kg pour une prise par les doigts. | Liste de postures à risque. |
| ST VINCENT et coll. | 1994 | Outil intégrée dans une démarche ergonomique présenté sous forme de grille d'analyse. | <i>Valeur limite</i> Temps de cycle ≤ 30 secondes. La même tâche répétée plus de 50% du temps de cycle. Nombre de prises sollicitantes. Nombre de cycles par jour. | Estimation qualitative. | Liste de postures à risque. |
| WESTON, FREIVALDS | 1997 | Check-list à réponse binaire. | | Effort exercé / FMV. | Questions sur les postures à risque. |

IV PROTOCOLE ET METHODE

Il s'agit de déterminer le degré de précision de l'outil analytique simple destiné à évaluer les facteurs de risque biomécaniques de TMS en le comparant à un outil de référence. Si la précision de l'évaluation est suffisante, alors cet outil analytique peut être qualifié d'outil de substitution. A défaut, son intérêt en tant qu'outil simple sera discuté dans le cadre des attendus de la démarche générale de prévention des TMS du membre supérieur.

Les sollicitations biomécaniques du poignet qui sont les plus étudiées serviront de support à cette comparaison.

1. OUTIL DE REFERENCE

L'outil de référence permet de :

- Mesurer les positions articulaires.
- Calculer la répétitivité des mouvements du poignet.
- Quantifier les efforts musculaires des muscles fléchisseurs du poignet.

Il se fonde sur la métrologie biomécanique dont les principaux intérêts sont :

- la précision des mesures des facteurs de risque par l'analyse quantitative,
- l'objectivité des mesures car elles sont indépendantes de l'utilisateur,
- la reproductibilité des mesures.

1.1. Mesure des positions articulaires

Les mouvements de flexion et d'extension des 2 poignets exécutés au cours du travail sont mesurés en continu au moyen de 2 goniomètres de marque PENNY-GILES® dont les caractéristiques sont décrites dans l'article de Ojima et coll. (1991). La précision de la chaîne de mesure est de l'ordre de 5°. Le signal analogique issu des capteurs est numérisé à une fréquence de 10 Hertz. Six cents valeurs d'angle de flexion et d'extension du poignet sont ainsi recueillies par minute. Par convention, les angles mesurés en flexion seront comptés positivement et ceux mesurés en extension seront comptés négativement.

1.2. Mesure de la répétitivité des mouvements

Le signal angulaire de flexion/extension du poignet est dérivé par rapport au temps. Les changements de signe de la dérivée sont décomptés et correspondent au nombre de mouvements par minute du poignet. Le nombre total de changement de signe de la dérivée par minute représente la répétitivité des gestes des opérateurs.

1.3. Quantification de l'effort

Les efforts de préhension des 2 mains sont quantifiés au moyen de l'électromyogramme (EMG) des muscles fléchisseurs de la main et des doigts. Les EMG sont enregistrés au cours d'une épreuve d'étalonnage et du travail, puis intégrés. Le pas d'intégration de l'EMG est de 500 millisecondes.

Pendant l'étalonnage, le sujet est assis, le bras vertical en légère abduction. L'angle entre le bras et l'avant-bras est de 90°. L'avant-bras est horizontal et repose dans une gouttière. La main, en semi-pronation (position « neutre »), tient une poignée qui mesure les efforts de préhension de la main. L'EMG intégré maximal enregistré au cours de l'étalonnage correspond à l'effort maximal de préhension isométrique dénommé Emax. Toute valeur d'EMG intégré pendant le travail (EMGw) sera ensuite rapportée à cette valeur d'étalonnage et exprimée en % de l'électromyogramme qui correspond à Emax.

Les mesures sont faites pour les 2 poignets. Parallèlement à ces mesures biomécaniques, l'opérateur est filmé avec une caméra vidéo. Les séquences d'enregistrement de l'activité de travail durent 10 minutes environ et sont répétées 2 ou 3 fois.

1.4. Présentation résumée de l'outil de référence

L'effort de préhension, la répétitivité et les positions articulaires extrêmes sont les 3 facteurs de risque biomécaniques de TMS. L'EMG des fléchisseurs et les goniomètres permettent de les mesurer. Cependant, aucun critère ni aucune valeur limite ne font l'unanimité dans la littérature pour déterminer dans l'absolu un niveau admissible de sollicitation. Le tableau 3 récapitule les techniques de mesure des trois facteurs de risque biomécaniques de TMS employés dans l'outil de référence.

| FACTEUR DE RISQUE | OUTILS ET GRANDEURS OBTENUES |
|------------------------|---|
| Positions articulaires | Goniomètres placés sur la face dorsale des poignets (mesure en degré) |
| Répétitivité | Goniomètres ; nombre de mouvement par minute calculés à partir de la dérivée du signal angulaire en fonction du temps |
| Effort | EMGw des muscles fléchisseurs de la main et des doigts, En % de l'EMGmax |

Tableau 3 : Mesures des facteurs de risque par l'outil de référence.

2. OUTIL SIMPLE ANALYTIQUE

2.1. Evaluation des positions articulaires du poignet

Les positions articulaires du poignet en flexion/extension sont évaluées à partir des enregistrements vidéo. L'expérimentateur relève 50 valeurs d'angle par séquence pour chaque poignet. Les 50 valeurs relevées ne sont pas issues d'un échantillonnage strict des mais d'un choix de l'expérimentateur selon des critères relevant de l'observation de l'activité de travail du salarié à partir des enregistrements vidéo.

2.2. Evaluation de la répétitivité des mouvements

Pour évaluer la répétitivité des mouvements, le critère retenu est le nombre de touchers de la main par minute proposé par Meyer et coll. (1997), c'est-à-dire le nombre de contacts entre la main ou l'outil et les objets placés sur ou dans l'environnement immédiat du poste de travail. L'expérimentateur compte le nombre de touchers sur plusieurs périodes de travail de 1 minute, exprimé en toucher par minute.

2.3. Evaluation de l'effort

L'évaluation de l'effort est réalisée à l'aide d'une échelle d'auto-évaluation. Cette évaluation est dénommée Estim. L'opérateur transcrit sur l'échelle (figure 5) l'intensité de l'effort perçu. Pour cela, il répond à la question suivante : « quelle est l'intensité de l'effort que vous venez de réaliser, "l'effort max" correspond à celui que vous avez réalisé lors de l'épreuve d'étalonnage ? »

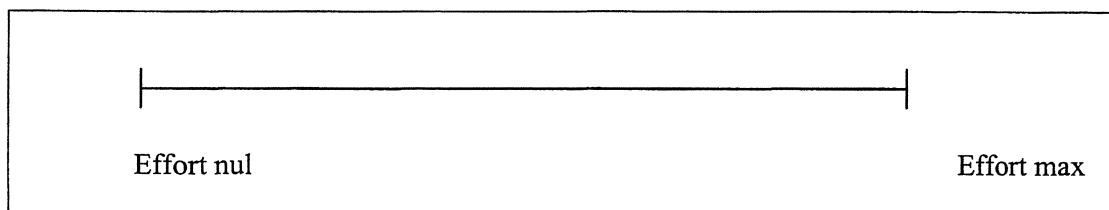


Figure 5 : Echelle d'auto-évaluation (Estim).

L'opérateur place une marque à l'endroit de son choix pour représenter l'intensité de l'effort qu'il a réalisé (Estim). Pour ce faire, l'observateur présente, à l'aide d'un porte-document, une feuille avec une seule échelle visuelle analogique, d'une longueur de 100 mm, sans graduation intermédiaire, avec deux bornes (Nul et Emax, cf. fig. 5).

Le traitement des réponses se fait en mesurant, à l'aide d'un décimètre, la longueur entre la borne "Nul" et la marque inscrite par l'opérateur. Cette mesure sera convertie en pourcentage (100 % correspond à Emax). Par exemple, 32 mm correspond à 32% de Emax. La réponse recueillie est donc « une valeur relative » puisque le système de référence initialisé chez l'opérateur est fonction de l'effort maximal volontaire réalisé au cours de l'étalonnage.

2.4. Présentation résumée de l'outil simple

Le tableau 4 présente les 3 outils spécifiques retenus dans l'outil simple analytique pour évaluer les 3 facteurs de risque biomécaniques de TMS.

| FACTEUR DE RISQUE | OUTIL |
|-------------------------------|---|
| Positions articulaires | Observation sur film vidéo de 50 positions de chaque poignet (estimation directe) |
| Répétitivité | Nombre de touchers de la main par minute (NTM, estimation indirecte) |
| Effort | Echelle d'auto-évaluation (Estim, estimation indirecte) |

Tableau 4 : Moyens spécifiques d'évaluation des facteurs de risque de l'outil simple

3. COMPARAISON DES 2 OUTILS

Le tableau 5 présente les 2 outils utilisés. Par ailleurs, la mise en œuvre de l'outil simple nécessite d'observer l'activité de l'opérateur avant de l'appliquer pour effectuer l'évaluation la plus précise possible.

| FACTEUR DE RISQUE | OUTIL DE REFERENCE | OUTIL LEGERE ANALYTIQUE |
|-------------------------------|---|--|
| Positions articulaires | Goniomètre, en degré (dans le plan flexion/extention) | Observation des positions du poignet, en degré |
| Répétitivité | Nombre de mouvements de la main par min (dérivée du signal angulaire) | Nombre de "toucher de la main" par minute |
| Effort | EMG de travail, en % de EMGmax | Estimation de l'effort par une échelle d'auto-évaluation |

Tableau 5 : Synthèse des protocoles expérimentaux pour les 2 outils

4. PRESENTATION DES SITUATIONS EXPERIMENTALES

La répétitivité et les positions articulaires ont été étudiées dans trois entreprises dénommées E1, E2 et E3. E1 est une entreprise de fabrication de ski, E2 une entreprise de montage d'appareils audio et vidéo et E3 une entreprise de câblage électrique pour l'automobile. Les efforts sont étudiés dans 2 autres entreprises, dénommées E4 et E5. E4 est une entreprise de montage d'automobiles et E5 une blanchisserie industrielle.

A chaque séquence d'enregistrement des données, correspond un salarié et un poste de travail (tableau 6). L'expérimentation porte sur 15 séquences de 10 minutes. Dans l'entreprise E3, c'est un élément de la tâche qui a été étudié, qualifié de situation ; à savoir le déchirement d'un ruban d'adhésif. Le tableau 7 présente l'appellation des postes de travail étudiés.

| ENTREPRISES | NOMBRE DE SEQUENCES | NOMBRE DE SUJETS | NOMBRE DE POSTES |
|---|---------------------|------------------|------------------|
| POSITIONS ARTICULAIRES ET REPETITIVITE | | | |
| E1 | 5 | 4 | 3 |
| E2 | 5 | 3 | 3 |
| E3 | 5 | 2 | 3 |
| EFFORT | | | |
| E4 | 4 | 4 | 2 |
| E5 | 3 | 3 | 1 |

Tableau 6 : Présentation des séquences étudiées

| SEQUENCES | | POSTES DE L'ENTREPRISE 1 | |
|------------------------------------|--|---|--|
| A | | Poste de prépose Glissière, ligne intermédiaire | |
| B | | Poste de soudage levier, ligne intermédiaire | |
| C | | Poste de montage levier, ligne intermédiaire | |
| D | | Poste de soudage levier, ligne intermédiaire | |
| E | | Poste de prépose Glissière, ligne intermédiaire | |
| POSTES DE L'ENTREPRISE 2 | | | |
| F | | Poste de montage avec visseuse | |
| G | | Poste de montage avec visseuse | |
| H | | Poste de montage avec pince spéciale | |
| I | | Poste de montage avec pince spéciale | |
| J | | Poste de pose de vitres | |
| SITUATION DE L'ENTREPRISE 3 | | | |
| K | | 2 -Déchirement à l'aide d'un « dérouleur-déchireur » fixé au mur. | |
| | | 1- Déchirement bimanuel, sans « dérouleur-déchireur ». | |
| | | 3- Déchirement à l'aide d'un « dérouleur-déchireur » posé sur un plan fixe. | |
| L | | 1- Déchirement bimanuel, sans « dérouleur-déchireur ». | |
| | | 3- Déchirement à l'aide d'un « dérouleur-déchireur » posé sur un plan fixe. | |
| | | 2 -Déchirement à l'aide d'un « dérouleur-déchireur » fixé au mur. | |
| M | | 1- Déchirement bimanuel, sans « dérouleur-déchireur ». | |
| | | 3- Déchirement à l'aide d'un « dérouleur-déchireur » posé sur un plan fixe. | |
| | | 2 -Déchirement à l'aide d'un « dérouleur-déchireur » fixé au mur. | |
| N | | 3- Déchirement à l'aide d'un « dérouleur-déchireur » posé sur un plan fixe. | |
| | | 1- Déchirement bimanuel, sans « dérouleur-déchireur ». | |
| | | 2 -Déchirement à l'aide d'un « dérouleur-déchireur » fixé au mur. | |
| O | | 1- Déchirement bimanuel, sans « dérouleur-déchireur ». | |
| | | 2 -Déchirement à l'aide d'un « dérouleur-déchireur » fixé au mur. | |
| | | 3- Déchirement à l'aide d'un « dérouleur-déchireur » posé sur un plan fixe. | |

Tableau 7 : Description des Postes de travail dans les entreprises E1, E2 et E3

L'effort est évalué dans les entreprises E4 et E5. Quatre sujets, travaillant sur deux postes de travail, sont sélectionnés pour l'entreprise E4 et 3 sujets travaillant sur le même poste pour l'entreprise E5 (tableaux 7 et 8).

| POSTES DE L'ENTREPRISE 4 | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| P | UET 2 soubassement |
| Q | UET 2 soubassement |
| R | UET 4 Ligne d'Assemblage Général |
| S | UET 4 Ligne d'Assemblage Général |
| POSTES DE L'ENTREPRISE 5 | |
| T | Tunnel et train de finition |
| U | Tunnel et train de finition |
| V | Tunnel et train de finition |

Tableau 8 : Présentation des postes de travail des entreprises E4 et E5

5. TRAITEMENT DES DONNEES

Le traitement des données se déroule comme suit :

- 1) Evaluation des facteurs de risque par l'outil simple analytique :
 - estimation de l'effort in situ,
 - identification des positions articulaires au laboratoire à partir de l'enregistrement vidéo,
 - calcul de la répétitivité au laboratoire à partir de l'enregistrement vidéo,
 - 2) Dépouillement des données issues de l'outil de référence au laboratoire.
 - 3) Comparaison des résultats.
- ◆ Afin de comparer les résultats angulaires issus des deux outils, une étude de la corrélation (R. de Bravais-Pearson) est réalisée entre les valeurs estimées et les valeurs mesurées. Le coefficient de corrélation juge de la qualité de la corrélation entre les valeurs mesurées et estimées et la variance expliquée R^2 permet de mesurer la qualité du modèle testé. Un calcul de l'écart entre la valeur mesurée et la valeur estimée permet de définir la précision de l'évaluation des angles. Pour cela, la valeur absolue de la différence entre l'angle mesuré et l'angle estimé est calculée. Un écart inférieur à 15° est considéré comme acceptable. Si l'écart est supérieur à 15° , alors l'évaluation est considérée comme imprécise. Le nombre d'estimations supérieures à 15° est exprimé en % du nombre total d'estimation.

Par ailleurs, les données sont analysées au moyen de critères qualitatifs. La **visibilité** prend en compte la position de la caméra par rapport aux membres supérieurs de l'opérateur filmé ainsi que tous les phénomènes qui pour une raison quelconque empêchent l'expérimentateur de repérer le membre supérieur, en particulier les 2 mains comme par exemple, des gants trop amples, des reflets.... Ainsi, si la visibilité est limitée alors elle sera cotée (-). Inversement, elle sera cotée (+) si elle est satisfaisante. La **lisibilité** concerne le parallaxe qui peut induire une erreur d'évaluation des positions angulaires de la part de l'expérimentateur. Ainsi, si la lisibilité est limitée alors elle sera cotée (-). Inversement, elle sera cotée (+) si elle est satisfaisante. L'effet **expérimentateur** prend en compte l'expérience acquise par celui ci au fil de ses évaluations ainsi que les biais dans le choix des angles évalués. En effet, au fil de ses évaluations, l'expérimentateur peut orienter le choix des positions angulaires en fonction de la facilité qu'il a de les évaluer. Ainsi, si l'effet expérimentateur est considéré comme inexistant alors il sera coté (-). Inversement, il sera coté (+) s'il existe.

- ◆ Pour la répétitivité, l'expérimentateur compte le nombre de touchers de la main" par minute sur 8 périodes de 1 minute pour chaque séquence, soit 15 x 8 données de répétitivité. Le nombre de contacts est relevé pendant plusieurs cycles de travail, au cours de la journée de travail. La comparaison entre les valeurs mesurées et les valeurs estimées est réalisée à partir du coefficient de corrélation.
- ◆ Pour les efforts, l'estimation de l'intensité de l'effort sur l'échelle d'auto évaluation est comparée à l'EMGw correspondant. Un effort est une action musculaire de travail qui dure 1 à 3 secondes, préalablement choisi en commun par l'expérimentateur et l'opérateur. La comparaison entre les valeurs mesurées et les valeurs estimées est réalisée à partir du coefficient de corrélation.



V RESULTATS

1. EVALUATION DES ANGLES

1.1. Comparaison angulaires

Le tableau 9 présente les moyennes en degré des angles mesurés et des angles évalués par entreprise. Dans chaque entreprise, les différences entre les moyennes des mesures et celles de leur évaluation sont faibles. L'écart maximal observé est de 6 degré (E2 main droite).

| | MAIN DROITE | | | MAIN GAUCHE | | |
|-----------|-------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| | Nombre de mesures | Moyenne des Mesures | Moyenne des Evaluations | Nombre de mesures | Moyenne des Mesures | Moyenne des Evaluations |
| E1 | 235 | -20 (20) | -19 (28) | 236 | -19 (22) | -17 (21) |
| E2 | 201 | -26 (23) | -20 (20) | 201 | -23 (19) | -22 (24) |
| E3 | 239 | -16 (27) | -22 (17) | | | |

Tableau 9 : Moyennes des angles évalués et des angles mesurés pour chacune des 3 entreprises

Le tableau 10 présente les résultats des comparaisons entre les angles évalués et les angles mesurés pour chacune des séquences et pour les 2 mains. La corrélation entre l'angle évalué et celui mesuré par l'outil de référence est significative au seuil de 5 % dans 14 séquences sur 15 pour la main droite et 9 des 10 séquences de la main gauche, voire au seuil de $p < 1$ % dans 20 des 25 corrélations. L'évaluation est donc liée significativement à la mesure de référence.

Pour évaluer, en première intention, la qualité du modèle testé, la variance expliquée (R^2) est utilisée. Plus elle est proche de 100 %, plus la qualité du modèle est importante. La variance expliquée est faible puisqu'elle oscille entre 15 % et 53 % pour les corrélations significatives au seuil de 5 %. En outre, les variations de R^2 sont fortes. Seules 5 corrélations voient leur variance expliquée être supérieure à 40 %. Les cases grisées du tableau 10 correspondent à ces situations où la variance R^2 est supérieure à 40 %.

| Postes | Coefficient de Corrélation | P-value * = p < 5 % ** = p < 1 % | R ² (Variance Expliquée) | Nom des Fichiers | Coefficient de Corrélation | P-value | R ² (Variance Expliquée) |
|-----------------------|----------------------------|--|--|-----------------------|----------------------------|---------|--|
| E1 Main Droite | | | | E2 Main Droite | | | |
| A | 0,67 | ** | 45,4% | F | 0,39 | ** | 15,7% |
| B | 0,45 | ** | 20,0% | G | 0,67 | ** | 45,0% |
| C | 0,66 | ** | 43,7% | H | 0,57 | ** | 33,3% |
| D | 0,14 | ns | 2,0% | I | 0,51 | ** | 26,9% |
| E | 0,45 | ** | 20,9% | J | 0,51 | ** | 26,3% |
| E1 Main Gauche | | | | E2 Main Gauche | | | |
| A | 0,2 | ns | 4,30% | F | 0,38 | * | 14,40% |
| B | 0,4 | ** | 16,40% | G | 0,43 | ** | 18,70% |
| C | 0,72 | ** | 52,50% | H | 0,55 | ** | 30,20% |
| D | 0,48 | ** | 23,30% | I | 0,40 | ** | 16,6% |
| E | 0,35 | * | 12,65% | J | 0,47 | ** | 22,20% |
| E3 Main Droite | | | | | | | |
| K | 0,52 | ** | 27,60% | | | | |
| L | 0,4 | ** | 16,30% | | | | |
| O | 0,34 | * | 11,80% | | | | |
| M | 0,57 | ** | 33,00% | | | | |
| N | 0,48 | ** | 23,70% | | | | |

Tableau 10 : Comparaisons des angles évalués avec ceux mesurés

Légende : en grisé sont figurées les relations où la variance expliquée dépasse 40 %
* = p < 5 % ** = p < 1 %, ns = non significatif

1.2. Degré d'imprécision/précision dans l'évaluation des angles

Un indice a été conçu afin de mieux connaître le niveau d'imprécision/précision dans l'évaluation de l'angle de flexion/extension du poignet. Cet indice dénombre les évaluations où l'expérimentateur a fait une erreur d'évaluation supérieure à 15° par rapport à la valeur mesurée (VM). Les valeurs de l'indice par entreprise sont de 40 % pour l'entreprise E1, 52 % pour l'entreprise E2 et 54% pour l'entreprise E3. L'évaluation des angles est donc imprécise (tableau 11).

| Postes | VM - VE >15° (% / Eff.) |
|-----------------------|------------------------------|
| E1 Main Droite | |
| A | 38,3% |
| B | 21,7% |
| C | 66,7% |
| D | 56,3% |
| E | 20,4% |
| E1 Main Gauche | |
| A | 51,1% |
| B | 41,3% |
| C | 39,0% |
| D | 50,0% |
| E | 28,6% |
| E2 Main Droite | |
| F | 73,2% |
| G | 59,0% |
| H | 30,2% |
| I | 37,8% |
| J | 63,4% |
| E2 Main Gauche | |
| F | 65,0% |
| G | 56,4% |
| H | 51,2% |
| I | 52,6% |
| J | 46,3% |

| Postes | Séquence | VM - VE > 15° (% / Eff.) | VM - VE >15° par séquence |
|-----------------------|-------------|-------------------------------|--------------------------------|
| E3 Main Droite | | | |
| K | Situation 1 | 40,0% | 52,2% |
| | Situation 2 | 66,7% | |
| | Situation 3 | 53,3% | |
| L | Situation 1 | 41,2% | 40,0% |
| | Situation 2 | 35,3% | |
| | Situation 3 | 43,8% | |
| M | Situation 1 | 70,6% | 70,0% |
| | Situation 2 | 64,7% | |
| | Situation 3 | 75,0% | |
| N | Situation 1 | 58,8% | 55,3% |
| | Situation 2 | 53,3% | |
| | Situation 3 | 53,3% | |
| O | Situation 1 | 33,3% | 43,5% |
| | Situation 2 | 69,2% | |
| | Situation 3 | 33,3% | |

Tableau 11 : Degré d'imprécision dans l'évaluation des angles
(VM = valeur mesurée ; VE = valeur évaluée)

1.3. Analyse qualitative ou spécifique

Au vu de ces résultats, une analyse qualitative a été conduite afin de déterminer les motifs de cette faible précision dans l'évaluation des angles. Les observations et les commentaires sont présentés par entreprises.

◆ Entreprise E1

Pour l'entreprise E1, les tâches sont toutes exécutées à un rythme rapide mais observable. Les commentaires sont rapportés dans le tableau 12.

| POSTE | HYPOTHESES | CRITERES |
|-------|--|---------------------------------------|
| A | <u>MD</u> : on a une bonne visibilité pour les deux séquences mais l'axe de la main n'est pas souvent perpendiculaire au plan de la caméra, ce qui peut expliquer la faible précision. | Visibilité (+) Lisibilité (-) |
| E | <u>MG</u> : elle est située au premier plan, mais elle n'est pas toujours visible au cours du cycle, ce qui limite le choix des angles à observer. Pour le second poste, l'amélioration du résultat peut-être due à un effet « expérimentateur », mais le résultat reste faible. | Visibilité (-) Expérimentateur (+) |
| B | <u>MD</u> : les résultats sont médiocres car les mains sont peu visibles à cause de l'éclairage qui "éblouit". L'écart entre les deux séquences peut aussi être expliqué par des angles de vue différents de la caméra. | Visibilité (-) Lisibilité (-) |
| D | <u>MG</u> : elle est peu visible à cause de l'éclairage. | Visibilité (-) |
| C | Les deux mains sont parfaitement visibles et toujours perpendiculaires à l'axe de la caméra. | Visibilité (+) Lisibilité (+) |

Tableau 12 : Commentaires de l'expérimentateur pour l'entreprise E1

Pour l'entreprise E1, il semble que l'effet expérimentateur intervienne rarement. En revanche, l'effet des conditions d'observation, c'est-à-dire les effets lisibilité et visibilité jouent un rôle important.

◆ **Entreprise E2**

Pour cette entreprise, les manches des blouses gênent la visibilité des mains pendant l'évaluation. De plus, la caméra est éloigné de l'opérateur, ce qui diminue aussi la visibilité des mains. Il existe un effet Expérimentateur important au vu des résultats si différents pour deux postes identiques. Les commentaires sont rassemblés dans le tableau 13.

| POSTE | HYPOTHESES | CRITERES |
|-------|---|---------------------|
| F | <u>MD</u> : on peut observer une grande différence entre les deux postes, bien que ce soit la même situation avec le même sujet et le même angle de vue de la caméra. Est-ce un effet expérimentateur ? | Expérimentateur (+) |
| G | <u>MG</u> : cette main est peu visible car elle est hors du champ de la caméra, elle est cachée par des pièces ou par la main droite. | Visibilité (-) |
| H | <u>MD</u> : Les résultats sont moyens (c'est-à-dire entre 15 et 40%) et l'écart entre les deux estimations est faible. | Visibilité (-) |
| I | <u>MG</u> : Peut-être qu'à la seconde séquence l'expérimentateur a cherché à observer d'autres angles, pour éviter de mesurer toujours les mêmes. | Expérimentateur (+) |
| J | Le sujet réalise des petits gestes précis, peu variés sur 20 pièces identiques à la suite. Il est alors difficile de faire un choix dans les angles à observer. | Expérimentateur (+) |

Tableau 13 : Commentaires de l'expérimentateur pour l'entreprise E2

◆ **Entreprise E3**

Pour E3, il est possible de conduire une analyse plus spécifiques des données. Ainsi, l'étude des corrélations est réalisée pour les 5 séquences et pour les 3 situations expérimentales qui compose chacune des 5 séquences (voir tableau 14). L'examen du tableau 14 montre une variation importante des R^2 dans les différentes situations.

| SEQUENCE | POSTE | Nombre de mesures | Coefficient de Corrélation de la situation | Coefficient de Corrélation de la séquence | P-value | P-value de la séquence | R ² | R ² de la séquence |
|----------|-------------|-------------------|--|---|---------|------------------------|----------------|-------------------------------|
| K | Situation 1 | 16 | 0,71 | 0,52 | 0,0018 | 0,0002 | 51,40% | 27,60% |
| | Situation 2 | 15 | 0,59 | | 0,019 | | 35,25% | |
| | Situation 3 | 15 | -0,14 | | 0,6 | | 2,08% | |
| L | Situation 1 | 17 | 0,87 | 0,4 | 0 | 0,0036 | 76,00% | 16,30% |
| | Situation 2 | 17 | 0,037 | | 0,88 | | 0,14% | |
| | Situation 3 | 16 | -0,27 | | 0,3 | | 7,30% | |
| O | Situation 1 | 18 | 0,5 | 0,34 | 0,03 | 0,019 | 25,50% | 11,80% |
| | Situation 2 | 13 | 0,33 | | 0,25 | | 11,43% | |
| | Situation 3 | 15 | -0,03 | | 0,9 | | 0,12% | |
| M | Situation 1 | 17 | 0,8 | 0,57 | 0 | 0 | 69,20% | 33,00% |
| | Situation 2 | 17 | 0,76 | | 0,0003 | | 59,00% | |
| | Situation 3 | 16 | 0,08 | | 0,76 | | 0,66% | |
| N | Situation 1 | 17 | 0,72 | 0,48 | 0,001 | 0,0005 | 52,10% | 23,70% |
| | Situation 2 | 15 | 0,6 | | 0,017 | | 36,40% | |
| | Situation 3 | 15 | 0,06 | | 0,82 | | 0,38% | |

Tableau 14 : Corrélations entre les angles mesurés et évalués dans l'entreprise E3.

Globalement, le modèle est imprécis pour les cinq séquences car R^2 est toujours inférieur à 33 %. Mais, en réalisant une corrélation pour chaque situation, on remarque une certaine cohérence entre les différents résultats d'une même situation. En effet, R^2 est élevé pour les situations 1 alors qu'il est faible pour les situations 3. Cette constante dans les résultats montre donc que les conditions expérimentales déterminées par les situations influencent la qualité et partant la précision de l'évaluation des angles. En termes de précision dans l'évaluation, cela confirme l'importance de la Visibilité et de la Lisibilité.

1.4. Conclusion

La précision de l'évaluation des positions articulaires est tributaire de la maîtrise des effets Visibilité et Lisibilité. Plus ces effets sont maîtrisés, plus l'évaluation des angles est précise. De plus, l'effet Expérimentateur témoigne que ce dernier tente, en modifiant les angles à évaluer, de retenir les situations qu'il juge les plus faciles à évaluer.

2. EVALUATION DE LA REPETITIVITE

Les résultats de l'évaluation de la répétitivité des mouvements de la main obtenus à partir de l'application des deux outils sont présentés dans les tableaux 15 et 16. Ces tableaux indiquent pour chaque séquence, le nombre de touchers de la main (NTM) estimés par minute et le nombre de mouvements mesurés par minute.

2.1. Comparaisons pour la main droite

Une comparaison entre les 8 valeurs mesurées et les 8 valeurs évaluées d'une même séquence est réalisée pour connaître la précision de l'évaluation (tableau 15). Les résultats des 2 mains sont présentés séparément.

| Postes | Nbre de mesures | Coefficient de Corrélation | P-value | R^2 | Postes | Nbre de mesures | Coefficient de Corrélation | P-value | R^2 |
|-----------------------|-----------------|----------------------------|---------|-------|-------------------------|-----------------|----------------------------|---------|-------|
| E1 Main Droite | | | | | E2 Main Droite | | | | |
| A | 8 | 0,45 | ns | 21 % | F | 8 | 0,24 | ns | 6 % |
| B | 8 | -0,027 | ns | 0 % | G | 8 | 0,48 | ns | 24 % |
| C | 8 | 0,66 | ns | 45 % | H | 8 | 0,92 | p < 5% | 85 % |
| D | 8 | 0,01 | ns | 0 % | I | 8 | 0,32 | ns | 11 % |
| E | 8 | 0,14 | ns | 2 % | J | 6 | 0,8 | p < 5% | 64 % |
| E3 Main Droite | | | | | Tout Main Droite | | | | |
| K | 8 | -0,37 | ns | 14 % | TOUT | 114 | 0,51 | p < 5% | 26 % |
| L | 7 | -0,17 | ns | 3 % | | | | | |
| O | 7 | 0,19 | ns | 4 % | | | | | |
| M | 8 | -0,77 | p < 5 % | 60 % | | | | | |
| N | 6 | 0,20 | ns | 4 % | | | | | |

Tableau 15 : Comparaison du nombre de toucher de la main droite au nombre de mouvements de la main droite

(ns = non significatif ; MD = main droite ; MG = main gauche)

Pour la main droite, la corrélation n'est significative ($p < 0,05$) que pour 3 postes. La corrélation est donc rare entre l'évaluation de la répétitivité et le nombre de toucher. Cependant, le faible effectif de l'échantillon impose un fort coefficient de corrélation pour que la relation soit significative. Si l'on inclus dans un même fichier l'ensemble des évaluations des 15 séquences des trois entreprises, alors la corrélation est significative au seuil de 1 %. La relation explique 26 % de la variance totale (tableau 15, tout main droite) ce qui indique que le modèle reste peu précis.

L'examen attentif des résultats des 15 séquences montre toutefois que la variance expliquée est très variable d'une séquence à l'autre. Il convient donc d'admettre que la précision de l'outil NTM dépend d'un certain nombre de phénomènes à déterminer. L'observation qualitative des gestes au moyen de l'enregistrement vidéo montre qu'il existe des mouvements sans toucher chez le sujet J (mouvement d'approche) ou des mouvements avec un objet maintenu chez le sujet D (action sur un objet). De plus, la visibilité des mouvements influence le dénombrement des NTM. Autrement dit, la précision de l'évaluation de la répétitivité avec le NTM est sensible au contenu de la tâche et aux conditions d'observation de celle-ci. En revanche, aucun effet de l'expérimentateur n'a pu être mis en évidence.

2.2. Comparaisons pour la main gauche

Le tableau 16 présente les résultats des différentes corrélations pour la main gauche. Un seul coefficient de corrélation est significatif ($p < 0,05$) pour la main gauche (poste G). Là encore, si l'on inclus dans un même fichier l'ensemble des évaluations des 10 séquences des 2 entreprises, la corrélation est significative au seuil de 1 % mais le modèle n'explique que 16 % de la variance totale. L'évaluation de la répétitivité est donc aussi imprécise pour la main gauche que la main droite et les mêmes phénomènes explicatifs sont retrouvés.

| Postes | Effectif | Coefficient de Corrélation | P-value | R ² | Postes | Effectif | Coefficient de Corrélation | P-value | R ² |
|-------------------------|----------|----------------------------|------------|----------------|-----------------------------------|----------|----------------------------|------------|----------------|
| E1 Main Gauche | | | | | E2 Main Gauche | | | | |
| A | 8 | 0,68 | ns | 46 % | F | 8 | 0,37 | ns | 14 % |
| B | 8 | -0,05 | ns | 1 % | G | 8 | 0,89 | $p < 5 \%$ | 81 % |
| C | 8 | 0,3 | ns | 10 % | H | 8 | 0,46 | ns | 22 % |
| D | 8 | 0,5 | ns | 25 % | I | 8 | 0,26 | ns | 7 % |
| E | 8 | 0,3 | ns | 9 % | J | 6 | 0,12 | ns | 2 % |
| TOUT Main Gauche | | | | | Main Gauche et main droite | | | | |
| TOUT | 78 | 0,4 | $p < 5 \%$ | 16 % | MD + MG | 192 | 0,44 | $p < 5 \%$ | 20 % |

Tableau 16 : Comparaison du nombre de toucher de la main gauche au nombre de mouvements de la main gauche
(ns = non significatif ; MD = main droite ; MG = main gauche)

En résumé, l'outil NTM propose une mesure indirecte de la répétitivité. Mais cet outil n'est informant de celle-ci que dans certaines limites qui dépendent essentiellement du type d'activité de travail et des conditions d'enregistrement. Enfin, aucun effet expérimentateur n'est observé.

3. EVALUATION DES EFFORTS

Estim représente l'estimation de l'effort par l'opérateur et EMGw, l'EMG de travail pour lequel l'opérateur fait une estimation. Les résultats d'EMGw et de Estim sont présentés par sujet puis pour chacune des 2 entreprises. Les corrélations entre les sujets et pour les 2 entreprises sont rapportées.

3.1. Présentation des EMGw

Neuf à 26 évaluations d'actions ont été réalisées par salarié dans l'entreprise E4 et 6 à 10 dans l'entreprise E5 (tableau 17).

| Salariés | E4 | | | | E5 | | |
|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | P | Q | R | S | T | U | V |
| Nombre de valeurs relevées | 26 | 9 | 23 | 9 | 10 | 7 | 6 |
| Moyenne | 57 | 70 | 42 | 85 | 45 | 42 | 48 |
| Ecart-type | 22 | 12 | 15 | 14 | 26 | 24 | 38 |

Tableau 17 : EMGw des 7 salariés étudiés en % de Emax

L'EMGw est plus élevé dans l'entreprise E4 que dans l'entreprise E5 (tableau 18). Si le résultat global des deux entreprises est considéré, 73 % des valeurs sont comprises dans l'intervalle (30-90), 18% dans l'intervalle (90-100) et 9% dans l'intervalle (0-30).

| | E4 | E5 | E Total |
|-------------------|------|-----|---------|
| Nombre de valeurs | 67 | 23 | 90 |
| Moyenne | 64 | 45 | 55 |
| Ecart-type | 18,3 | 3,1 | 16,5 |

Tableau 18 : EMGw moyen des 2 entreprises et général (% de Emax).

3.2. Présentation des Estim

Le tableau 19 présente les résultats de Estim par salarié et le tableau 20 les résultats pour les 2 entreprises.

| | E4 | | | | E5 | | |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | P | Q | R | S | T | U | V |
| Nombre de valeurs | 26 | 9 | 23 | 9 | 10 | 7 | 6 |
| Moyenne | 54 | 46 | 42 | 48 | 12 | 13 | 26 |
| Ecart-type | 14 | 5 | 7 | 13 | 8 | 9 | 10 |

Tableau 19 : Estim des 7 salariés étudiés (en %)

| | E4 | E5 | E |
|-------------------|-----|-----|------|
| Nombre de valeurs | 67 | 23 | 90 |
| Moyenne | 47 | 17 | 34 |
| Ecart-type | 4,6 | 7,8 | 17,1 |

Tableau 20 : Estim par entreprise et général (en %).

L'examen des moyennes de Estim par entreprises montre que l'estimation de l'intensité de l'effort est plus élevée pour les salariés de E4 que pour ceux de E5. Ce résultat est cohérent avec celui d'EMGw. Par ailleurs, l'étendue des valeurs de Estim est plus étroite, aussi bien pour E4 (23/76) que pour E5 (5/44), que celle des EMGw.

3.3. Comparaisons intra-individuelles entre EMGw et Estim

Le nombre de corrélations intra-individuelles significatives entre EMGw et Estim est faible. Ces corrélations ne sont pas significatives ($P > 0,05$) pour cinq sujets (P, Q, S, T et V). Pour le sujet U, la distribution est bi-modale ce qui ne permet pas de valider les résultats de cette corrélation. Elle n'est donc significative que pour le sujet R (tableau 21).

| Sujets | Nombre de points | EMGw | Estim | r | p |
|--------|------------------|---------|---------|-------|---------|
| P | 26 | 57 (22) | 54 (14) | -0,22 | ns |
| Q | 9 | 70 (12) | 46 (5) | 0,03 | ns |
| R | 23 | 42 (15) | 42 (7) | 0,44 | p < 5 % |
| S | 9 | 85 (14) | 48 (13) | 0,39 | ns |
| T | 10 | 45 (26) | 12 (8) | -0,11 | ns |
| U | 7 | 42 (24) | 13 (9) | 0,89 | * |
| V | 6 | 48 (38) | 26 (10) | 0,62 | ns |

Légende :
 ns = non significatif
 $p > 0,05$
 * répartition bi-modale

Tableau 21 : Corrélations intra-individuelles entre EMGw et Estim.

3.4. Comparaison entre Estim et EMGw à partir des moyennes interindividuelles

L'ensemble des sujets sous-estiment l'intensité de l'effort avec l'échelle d'auto évaluation. (Estim) Estim est toujours inférieure à EMGw (figure 6). La différence est significative entre EMGw et Estim (Mann-Whitney Test $p < 0,05$). Il n'y a pas d'influence de la tâche sur l'estimation puisque le phénomène est observé dans les 2 entreprises.

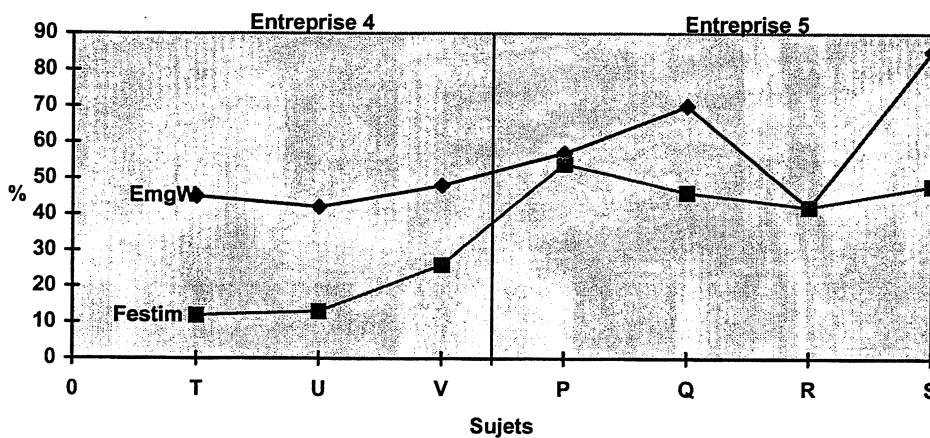


Figure 6 : Représentation des valeurs : EMGw et Estim.

Au vu des résultats des deux entreprises (E4 et E5) qui présentent des niveaux de sollicitations différents, il apparaît une relative cohérence dans les résultats. Estim est lié au travail mais il existe aussi un effet opérateur qui ne peut être négligé. En conséquence, Estim ne peut être considérée comme un outil de substitution mais reste globalement en relation avec l'outil de référence comme en témoigne la cohérence des données par entreprise. Enfin, il semble que la précision de l'évaluation s'améliore avec la répétition des évaluations de l'opérateur.

VI DISCUSSION

La prévention des TMS du membre supérieur passe nécessairement par une étude ergonomique. Cette étude ergonomique vise à transformer les situations de travail dans le but de réduire les risques de TMS. La figure 4 décrit les phases successives de cette démarche ergonomique. Pour chacune de ces phases, des outils sont développés. Certains sont propres à la prévention des TMS, d'autres ne le sont pas. Ainsi, les questionnaires visant à recueillir des plaintes relatives à l'état de santé sont couramment utilisés en médecine du travail ou en épidémiologie et sont évidemment à employer dans le cadre d'une action de prévention orientée autour d'un problème de santé. L'outil de Saldana et coll. (1994) en est un exemple. Les outils utilisés dans l'analyse ergonomique proprement dite, ne sont pas spécifiques de la démarche de prévention des TMS. Ainsi, l'analyse de l'activité n'est pas spécifique et s'organise autour des méthodes propres à l'ergonomie. En revanche, la mise en évidence des facteurs de risque psychosociaux et biomécaniques passe par l'utilisation d'outils dédiés qui doivent s'insérer dans la démarche ergonomique et compléter l'action de l'ergonome pour mieux identifier les facteurs de risques et leurs déterminants. Il existe aussi des outils ergonomiques entièrement orientés vers un problème de santé au travail. L'outil "plein le dos, plein les bras" (CSST, 1991) est une illustration très simplifiée mais pertinente de ce type de démarche ergonomique appliquée à la santé.

Les facteurs biomécaniques sont les principaux facteurs de risque de TMS du membre supérieur (NIOSH 1997). Ainsi, les efforts, la répétitivité des gestes et les positions articulaires extrêmes sont responsables de la survenue de TMS. Pour autant, la seule évaluation des facteurs de risque biomécaniques bien qu'elle soit nécessaire au diagnostic ergonomique n'est pas suffisante et ne peut, en aucun cas, remplacer l'ensemble des actions incluses dans la démarche ergonomique.

De nombreux outils simples destinés à évaluer les facteurs de risque biomécaniques sont proposés dans la littérature. Un outil simple est un moyen pour observer au mieux ce qui se déroule au poste de travail en termes de facteurs de risque biomécaniques. Outre le fait que l'outil simple doit être adapté à l'usage auquel il est destiné, il doit l'être aussi à l'utilisateur. En effet, tout outil implique la maîtrise de connaissances et de compétences sans lesquelles il est inopérant.

1. UNE METHODE COMPOSEE D'OUTILS DE NATURE DIFFERENTE

L'outil simple analytique retenu pour être comparé à l'outil de référence est composé de 3 outils de nature différente. Les angles sont évalués directement au moyen de l'enregistrement vidéo. C'est donc la même grandeur qui est évaluée par l'outil simple et l'outil de référence. Ce n'est pas le cas pour la répétitivité. En effet, l'outil NTM est une estimation indirecte de la répétitivité des mouvements du poignet. En conséquence, cet outil ne peut être qu'une représentation de la grandeur de référence, à savoir le nombre de mouvements du poignet. La situation est encore différente pour l'évaluation de l'effort puisqu'une estimation de l'opérateur est comparée à l'EMG de ses muscles fléchisseurs.

1.1. Evaluation des positions articulaires du poignet

Il existe une relation statistiquement significative entre l'angle mesuré et son évaluation. Cependant, la précision de cette évaluation est faible puisque près de la moitié des angles évalués diffèrent de plus de 15° de l'angle mesuré avec le goniomètre. L'évaluation des angles au moyen de la vidéo ne peut donc être considérée comme une voie de substitution en raison d'une trop grande imprécision. Elle permet toutefois une évaluation sommaire de ces angles. L'examen qualitatif des enregistrements vidéo permet d'expliquer les raisons de la faible précision de l'évaluation des positions articulaires. Elles sont logiques. Plus la main sera visible, plus la caméra sera perpendiculaire à l'axe avant-bras main et plus la précision de l'évaluation sera accrue. Ce constat n'a rien d'original mais cette expérience a permis de l'objectiver. Une connaissance préalable de l'activité de travail de l'opérateur associée à une bonne visibilité et lisibilité sont de nature à améliorer la pertinence de l'évaluation. Il apparaît aussi que l'enregistrement vidéo réalisé en respectant les recommandations citées ci-dessus assure une meilleure qualité de l'évaluation pour l'expérimentateur que l'observation directe des gestes du membre supérieur lors des différentes actions de travail.

1.2. Evaluation de la répétitivité des mouvements de la main

La répétitivité des mouvements de la main est mal évaluée avec NTM car le nombre de corrélation significative entre NTM et le nombre de mouvements, calculé à partir de la dérivé du signal angulaire, est réduit. NTM n'est donc pas un outil de substitution. L'imprécision tient avant tout aux limites intrinsèques de cet outil et peu à un effet expérimentateur. Plus le mouvement de la main à une finalité exprimable par un toucher, plus NTM est précis. Or, les mouvements de la main ne sont pas uniquement déterminés par leur finalité. Le contenu de l'activité de l'opérateur requiert aussi d'autres mouvements que NTM ne peut prendre en compte. Ainsi, les mouvements d'approche pour atteindre un objet ou un outil ainsi que les mouvements avec un outil ou un objet tenu en main ne sont pas comptabilisés. Le facteur limitant est donc d'abord lié à la nature de l'outil NTM. Par ailleurs, dans une action de toucher, d'autres segments articulaire se meuvent. Or, seuls les mouvements du poignet dans le plan flexion –extension sont comparés à NTM. Il y a donc aussi un problème de cohérence entre le choix du référentiel et celui de l'estimateur. D'autres études sont nécessaires pour approfondir ce problème.

1.3. Evaluation des efforts de préhension de la main

Les outils psycho-physiologiques tels que les échelles d'auto-évaluation sont souvent proposés pour évaluer les astreintes subies par les opérateurs. Ils sont considérés comme un indicateur pertinent et fiable (Borg 1990, Ulin et coll. 1990). Beaucoup d'auteurs les

proposent dans les outils simples qu'ils développent (cf. chapitre 3). Dans la présente étude, la corrélation entre EMGw et Estim est rarement significative. Mais, les échelles sont utilisées dans un contexte particulier puisque les actions évaluées durent moins de 3 secondes et sont intégrées dans une activité de travail éminemment variable dans le temps et proposées à des salariés peu formés à leur utilisation. Or, il est admis que plus la situation fonctionnelle de la personne interrogée est stable dans l'espace et dans le temps et plus la relation est fiable entre ces échelles d'auto-évaluation et l'EMG (Uling et coll. 1990). Il conviendrait là encore d'approfondir ce phénomène.

Quoiqu'il en soit, de nombreux auteurs considèrent que les échelles demeurent l'outil simple le plus adapté pour évaluer les efforts (cf. annexe 3). Elles sont utilisables au long court, permettent d'évaluer tous les types d'efforts musculaires et sont faciles d'emploi. En revanche, leur pertinence est accrue si l'utilisateur et le salarié interrogé sont, chacun pour ce qui le concerne, formés à leur emploi.

1.4. Conclusion

Les outils simples analytiques doivent être validés par rapport à un référentiel. Cependant, aucun auteur n'en propose dans les articles analysés. La présente étude en propose quatre. 1) il faut disposer d'un outil de référence. 2) les moyens composant l'outil simple doivent évaluer le plus près possible la grandeur de référence. 3) le niveau de précision doit être le meilleur possible pour parler de substitution. A défaut, d'autres modalités d'évaluation de la précision peuvent être proposées. 4) il faut s'assurer de l'adéquation entre les exigences d'emploi de l'outil, les besoins de l'utilisateur et les objectifs de prévention.

- Disposer d'un outil de référence

La métrologie de l'activité musculaire et des mouvements ne fait pas l'objet d'un consensus dans la communauté scientifique. D'abord parce que les connaissances relatives à l'étude du mouvement sont loin d'être définitives bien que de substantiels progrès aient été accomplis au cours des dernières années comme en témoigne le livre de Berthoz (1996). De plus, la transposition dans le domaine de la physiologie du travail des connaissances apportées par des recherches fondamentale n'en est qu'à ses débuts. Enfin, la loi sur la protection des personnes qui se prêtent à une recherche biomédicale et les limites de techniques d'exploration fonctionnelles humaines de salariés en situation de travail rendent difficile, in situ, l'étude de toutes les composantes d'un geste de travail. Aussi faut-il admettre que ce qui est baptisé outil de référence n'est qu'un compromis entre des connaissances fondamentales et les possibilités sociales et techniques d'investigation et qu'il n'existe pas d'autres modalités métrologiques utilisables en situation réelle de travail.

- Evaluer au plus près la grandeur de référence

L'examen des données bibliographiques montre que seule l'évaluation des angles est une évaluation de la grandeur de référence. En revanche, l'évaluation de la répétitivité et des efforts ne l'est pas et il n'existe pas encore d'outils simples qui permette de les évaluer directement. C'est pourquoi, les auteurs des outils ont proposé des critères indirects qui restent faciles à évaluer et qui permettent une estimation de la grandeur de référence. Dès lors, il n'est pas surprenant qu'il soit difficile d'obtenir un niveau de précision satisfaisant.

- Déterminer le niveau de précision de l'outil simple

L'évaluation de la précision des informations apportées par l'outil simple est nécessaire. Dès lors que la précision est suffisante, il peut être qualifié d'outil de substitution. A défaut, et pour autant que l'outil ait une valeur informative, il sera qualifié d'outil simple. C'est aux fins d'évaluer le niveau de précision de l'outil simple que la présente étude a été réalisée. Au vu des résultats de l'étude, l'imprécision dans l'évaluation des facteurs de risque biomécaniques est suffisamment importante pour que les moyens proposés pour évaluer les différents facteurs de risque biomécaniques ne puissent être considérés comme des moyens de substitution. En l'état des connaissances, les outils simples ne peuvent donc pas se substituer à l'outil de référence. Il est donc pas encore possible de proposer un outil aussi précis que celui de référence. Il convient toutefois de noter que la précision de l'évaluation obtenue par les outils simples est améliorée si certaines précautions préalables sont prises. Ainsi, une recherche adaptée des informations pertinentes grâce à l'analyse de l'activité ainsi qu'une maîtrise réelle et sérieuse des outils simples par l'utilisateur améliorent la précision de l'information recueillie. C'est le cas pour l'évaluation des positions articulaires, et dans une moindre mesure, pour celle de la répétitivité où les caractéristiques intrinsèques du moyen d'évaluation retenu en font un facteur essentiel d'imprécision.

Par ailleurs, l'absence de validation par rapport à un outil de référence, ne signifie pas que l'évaluation des outils simples proposés dans la littérature fasse défaut. Simplement les critères employés par les auteurs sont d'une autre nature. Ainsi, la reproductibilité des appréciations dans le temps et dans l'espace est souvent le critère le plus utilisé pour tester la fiabilité des outils simples proposés (cf. chapitre 3).

- S'assurer de l'adéquation entre l'outil, l'utilisateur et la prévention des TMS

L'intérêt et la place des outils simples ne peuvent être exclusivement évalués en terme de précision. D'autres éléments doivent être intégrés qui permettent de mieux cerner la place et l'apport de ces outils. Les outils simples ont des atouts propres. Ils sont plus faciles à mettre en œuvre et nécessitent des moyens et des compétences moindres que les outils de référence. De plus, leur principe et leur usage sont défendus par la plupart des auteurs et un consensus scientifique se dégage autour de leur utilisation (cf. chapitre 3). Certains font même l'objet d'un projet de norme (Silverstein 1997). La présente étude confirme l'intérêt des outils simples sous réserve du respect d'un certain nombre de précautions. En effet, si ces outils ne peuvent prétendre à la même précision que la métrologie dans l'évaluation des facteurs de risque biomécanique, ils permettent une évaluation grossière des facteurs de risque biomécaniques et facilitent l'observation du travail pour rechercher les facteurs de risque biomécaniques. Enfin, il n'existe pas encore d'autres moyens alternatifs à leur opposer.

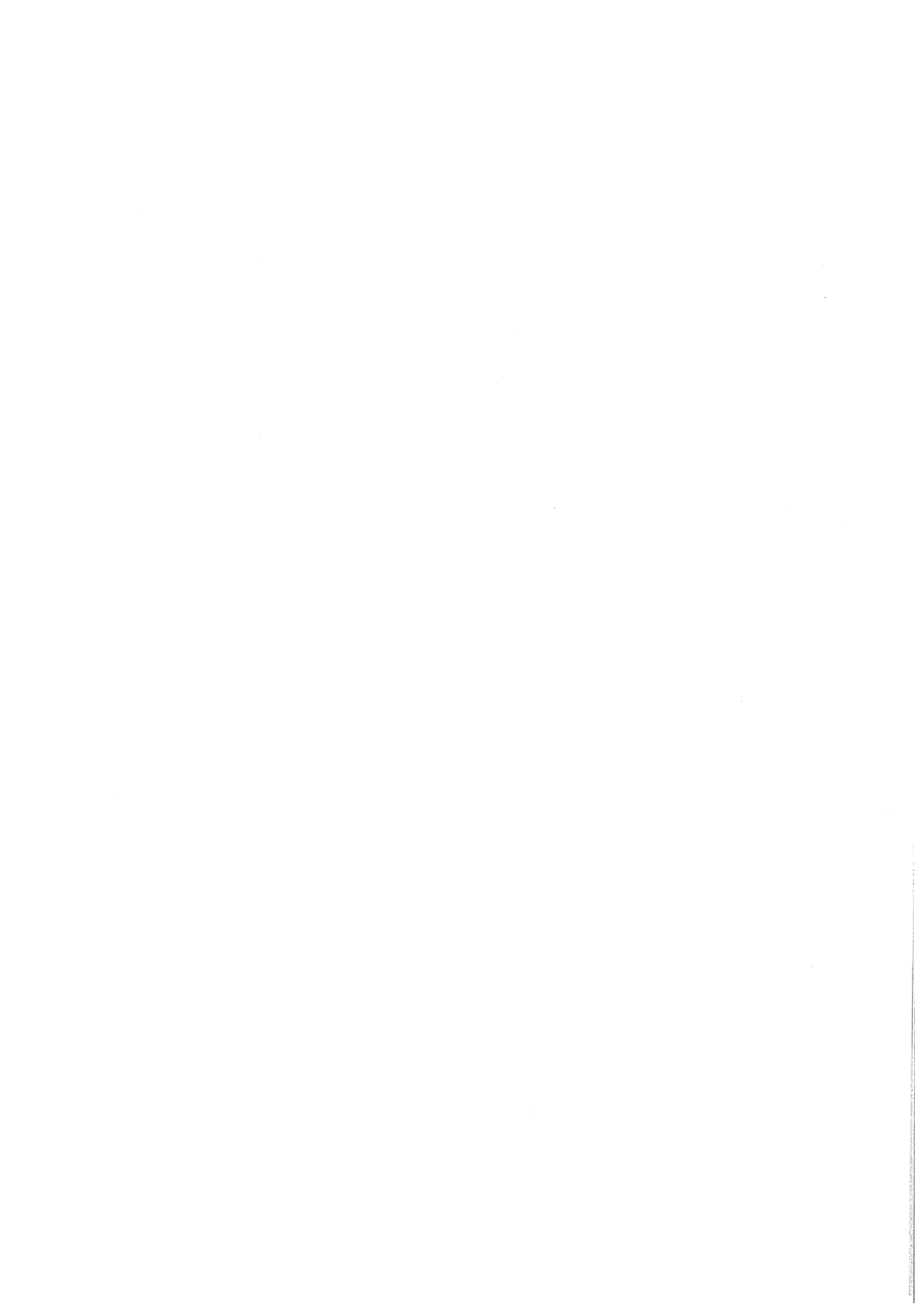
Il est donc légitime, face à cette situation, de redéfinir les contours du référentiel. Il convient, en effet, de donner la priorité à d'autres critères que ceux relatifs à la précision de l'évaluation. Poser un objectif cohérent avec les données acquises de la science est alors essentiel. Que veut-on ? Mesurer des sollicitations biomécaniques ou recueillir des informations suffisamment pertinentes pour prévenir les TMS ? Bien évidemment, la seconde intention est prioritaire pour les préventeurs. Il convient donc de définir, au vu de l'ensemble des informations disponibles dans la littérature et des données issues de cette étude, des critères qui permettront d'élaborer un outil simple "idéal", qui sera forcément un compromis entre différentes perspectives rappelées ci-dessus.

2. CRITERES DE PERTINENCE D'UN OUTIL SIMPLE "IDEAL"

A l'issue de cette étude, des critères définissant un outil simple idéal peuvent être énoncés :

- il n'existe pas actuellement d'outil simple qui puisse être qualifié d'outil de substitution,
- il n'existe pas d'outil simple analytique qui fasse l'unanimité,
- un outil simple est par nature facile d'emploi, peu coûteux et adapté aux connaissances des utilisateurs,
- la capacité de la plupart des outils simples à reproduire des résultats cohérents entre utilisateurs différents ou à des moments différents a été démontrée par de nombreux auteurs (Mac Adamney et coll. 1993 ; Latko et coll. 1997),
- la précision dans l'évaluation des facteurs de risque de TMS au poste de travail est un compromis. Il résulte des connaissances scientifiques acquises sur les TMS et des caractéristiques des outils d'évaluation disponibles. Chacun doit assumer ce compromis tout en sachant qu'il évoluera au fil des progrès scientifiques. En conséquence, une évaluation des facteurs de risque biomécaniques par un outil simple doit d'abord permettre de rechercher la présence de facteurs de risque de TMS pour orienter efficacement les choix des pistes de prévention,
- la prise en compte du point de vue de l'opérateur est un élément susceptible d'augmenter significativement la qualité des informations relatives aux facteurs de risque biomécanique qu'il subit à son poste de travail,
- un outil simple doit aussi prendre en compte des critères tels que : le temps de mise en œuvre et de dépouillement, la compétence en ergonomie de l'utilisateur, l'intégration de celui-ci dans la démarche ergonomique, la maîtrise de l'outil par l'utilisateur au moyen d'une formation rigoureuse :
 - le temps de mise en œuvre de l'outil : en effet certains utilisateurs seront tenus à des impératifs de temps ; en particulier, le nombre de postes à investiguer pour un seul utilisateur peut être important, ce qui est un cas de figure fréquent dans les grandes entreprises. La mise en œuvre de l'outil doit donc être faible consommatrice de temps,
 - une compétence de l'utilisateur en ergonomie est une condition indispensable à respecter. Il convient donc de s'assurer que les utilisateurs de l'outil savent conduire une analyse de l'activité. Seule cette compétence en ergonomie est de nature à donner à l'utilisateur le moyen de juger en permanence de l'adéquation entre les données qu'il recueille et les connaissances disponibles sur les TMS. Il a donc une responsabilité d'expert. En effet, c'est lui qui donne du sens aux informations qu'il obtient grâce à l'outil,
 - l'outil simple doit s'inscrire dans une démarche ergonomique qui est un moyen d'amélioration de la qualité de l'évaluation,
 - une formation rigoureuse à l'outil est une garantie supplémentaire pour s'assurer de la compétence des experts.

A partir de ce constat, un outil simple a été conçu qui intègre tous ces critères. Cet outil est intitulé **O**util de **R**épérage et d'**E**valuation des **G**estes, **OREGE**. Le chapitre suivant le présente.



VII. PRESENTATION D'OREGE

1. ATTENDUS ET OBJECTIFS

OREGE est un outil analytique et global qui s'insère dans la démarche ergonomique de prévention des TMS. Il est analytique car les trois facteurs de risque biomécaniques sont évalués séparément. Il est global parce que tout le membre supérieur est pris en compte. OREGÉ intègre, autant que faire se peut, les critères définis précédemment. OREGÉ s'adapte, a priori, à tous les types de postes de travail. L'utilisateur de cet outil doit être compétent en ergonomie et disposer du temps nécessaire pour le mettre en œuvre. Grâce à OREGÉ, l'utilisateur posera un diagnostic de risque fondé sur l'évaluation des 3 facteurs de risque biomécaniques.

OREGE permet d'évaluer les facteurs de risque biomécaniques suivants :

- Effort
- Positions articulaires
- Répétitivité

2. CONTENU

OREGE se présente sous forme de "documents papiers" dénommés support d'application. Ce dernier est le seul "outil" indispensable pour évaluer les 3 facteurs de risque. OREGÉ s'applique sur des actions de travail qui sont définies comme des éléments de l'activité de travail de l'opérateur. OREGÉ ne peut donc pas être utilisé sans une analyse préalable de l'activité qui garantit la compréhension et le repérage des actions à retenir. Il prend en compte aussi bien le membre supérieur droit que gauche.

Le cycle de travail est découpé en actions. Selon le projet de norme européen prEN 1005-1, une action est une activation d'un ou de plusieurs muscles pendant l'exécution d'une tâche, par opposition au repos ; par exemple, prendre une visseuse, visser, ranger la visseuse...

Pour des temps de cycle relativement longs, il peut apparaître une périodicité qui sera appelée sous-cycle. C'est alors dans ces sous-cycles que les actions seront repérées. L'analyse de l'activité permettra aussi de repérer les aléas de production. OREGÉ doit être systématiquement utilisé sur plusieurs cycles de travail non consécutifs afin de prendre en compte ces aléas. Enfin, il est nécessaire de demander à l'opérateur son avis sur les actions et les des cycles de travail à évaluer.

L'ordre de passation des 3 facteurs de risque doit être respecté : 1°) effort, 2°) positions articulaires, 3°) répétitivité, car l'expérience a montré qu'il fallait séparer l'évaluation de la répétitivité de celle des efforts. Avec OREGÉ, la durée d'évaluation des facteurs de risque biomécaniques à un poste de travail est de 1 à 2 heures.

2.1. Evaluation de l'effort

L'effort est défini comme la contraction d'un muscle ou d'un groupe de muscles en vue de la réalisation d'une action sur l'environnement. Lors de l'utilisation d'OREGÉ, l'effort est évalué globalement pour toutes les actions repérées. L'évaluation des efforts passe par trois étapes :

- 1 - rechercher la présence d'indices d'effort qui aideront à réaliser l'évaluation. Une liste d'indices permettant d'évaluer l'effort est présentée ci-dessous,
- 2 - proposer une échelle d'auto-évaluation de l'effort à l'opérateur, sans lui montrer celle de l'utilisateur pour ne pas influencer sa réponse.
- 3 - confronter les 2 évaluations et décider à l'issu de la réponse à adopter.

2.1.1. Echelle d'évaluation complétée par l'utilisateur

L'effort est estimé par l'utilisateur au moyen de l'échelle d'évaluation proposée par Latko et coll.(1997). Des niveaux d'efforts croissants composent cette échelle dont les extrêmes sont qualifiés par des phrases. L'échelle présentée à la figure 7 est donc une traduction en français de celle de Latko.

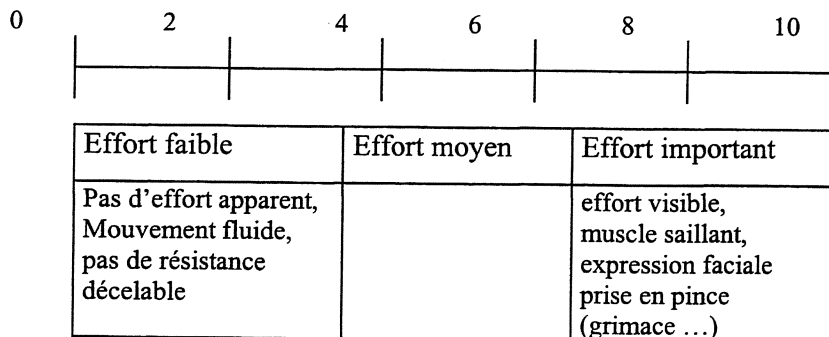


Figure 7 : échelle d'évaluation pour les efforts (inspirée de Latko)

Pour estimer l'effort réalisé par l'opérateur, l'utilisateur s'appuiera sur la recherche des indices suivants :

♦ Masse des objets et outils.

La limite admissible se situe entre 1 et 2 kg. Cette limite n'est qu'une valeur indicative qui ne vaut que pour l'activité gestuelle au poste de travail. Elle ne s'applique pas au port de charge.

♦ Type de prise.

La prise de "référence" est la prise à pleine main. Toutes les autres prises sont donc considérées comme plus sollicitantes.

♦ Pression. (Contact main/outil)

Il convient d'éviter toutes les causes de surpression. Par exemple, l'utilisation de la main comme marteau.

♦ Vibration (main et bras)

Toute utilisation d'un outil vibrant doit être considérée comme un facteur **potentiel** d'hypersollicitation.

♦ Température.

La température du local et des objets tenus doivent être supérieures à 18°C

♦ Gants

Le port de gants doit être considéré comme un facteur d'hypersollicitation.

♦ Effet de couple

L'utilisation d'un outil dont la mise en route génère un couple est **potentiellement** un facteur d'hypersollicitation.

La NST 168 relative à l'ergonomie des outils (ACOME 1998) et le livre de Kuorinka et coll. (1995) présentent les arguments qui justifient les propositions présentées ci-dessus. L'utilisateur doit donc rechercher la présence de l'un ou plusieurs de ces indices avant de compléter l'échelle d'évaluation. Il doit ensuite proposer à l'opérateur l'échelle d'auto-évaluation.

2.1.2 Echelle d'auto-évaluation présentée à l'opérateur

L'opérateur estime l'effort de l'action repérée par l'utilisateur à l'aide d'une échelle d'auto-évaluation. La question posée est la suivante : "**Pour cette action, comment évaluez-vous votre effort ?**" (figure 8).

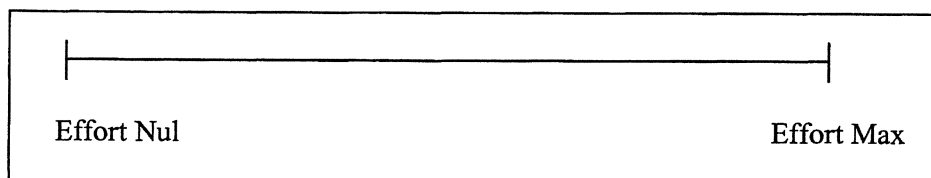


Figure 8 : échelle d'auto-évaluation de l'effort

2.1.3. Confrontation avec l'opérateur

L'évaluation de l'effort est le fruit d'une synthèse entre la valeur définie par l'opérateur et celle retenue par l'utilisateur. La synthèse se fait sur la base d'un échange de point de vue. L'utilisateur, suite à la discussion, définit lui-même cette évaluation qu'il complètera par d'éventuelles remarques (cf. tableau de synthèse).

2.2. Evaluation des positions articulaires

L'évaluation des angles est réalisée à partir de l'observation des positions articulaires du membre supérieur. La figure 9 définit les zones acceptables ou de confort pour les différentes articulations, à savoir : le cou, l'épaule, le coude, le poignet ainsi que les zones à risque. Les limites de ces zones sont issues soit des recommandations des projets de norme européens (prEN 1005-1, prEN 1005-2, prEN 1005-3, prEN 1005-4)ou, à défaut, de celles proposées dans l'outil RULA (MacAtamney et Corlett 1993).

Les notes attribuées aux différentes positions articulaires observées sont définies de la manière suivante :

- 1 : zone articulaire de confort, acceptable,
- 2 : zone articulaire non recommandée,
- 3 : zone articulaire à éviter.

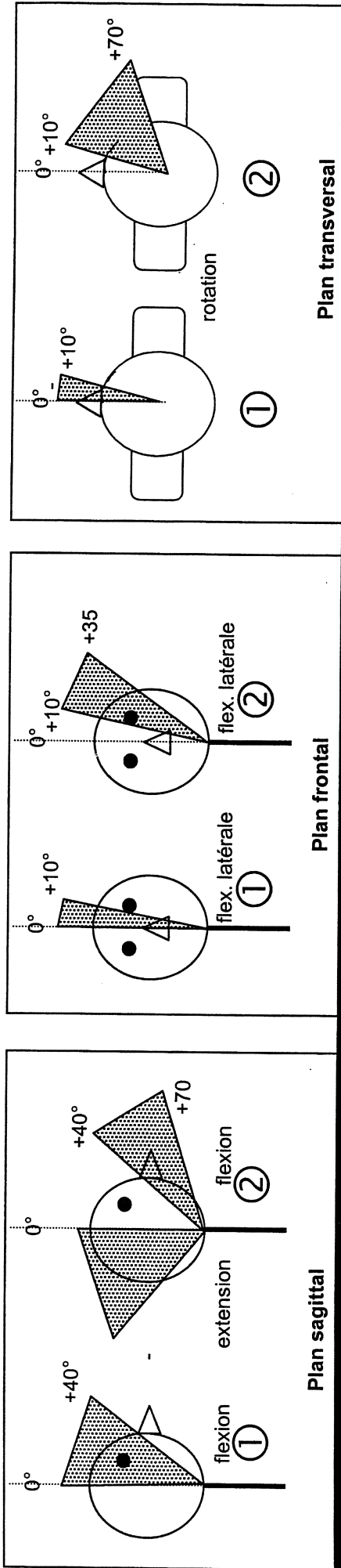
Les notes obtenues correspondent à un niveau de risque. La note "3" n'est attribuée que pour l'épaule. Cela signifie que seules les zones articulaires extrêmes de l'épaule sont considérées comme "à éviter". Ce classement est conforme aux données bibliographiques disponibles (NIOSH 1997).

Si la même posture est maintenue pendant plusieurs minutes, il faut augmenter la note d'un point. Par ailleurs, pour le poignet, il faut ajouter 1 point à la note en cas d'abduction ou d'adduction extrêmes. Enfin, il n'existe pas de valeur limite d'angle pour la prono-supination. En effet, c'est la répétitivité des mouvements de prono-supination qui est le facteur de risque et non la position articulaire.

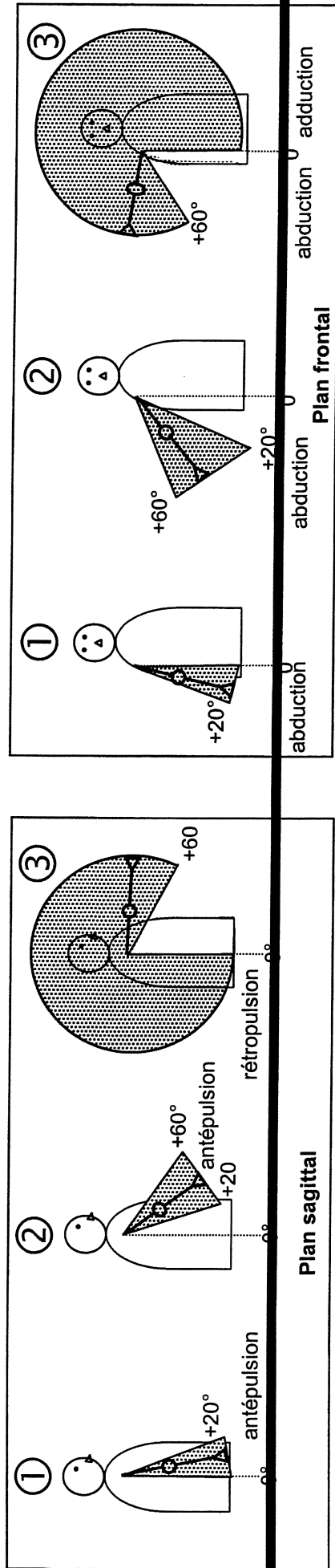
La figure 9 cite le nom des chaînons articulaires auxquels il faut associer l'articulation correspondante :

main → poignet
avant-bras → coude
bras → épaule

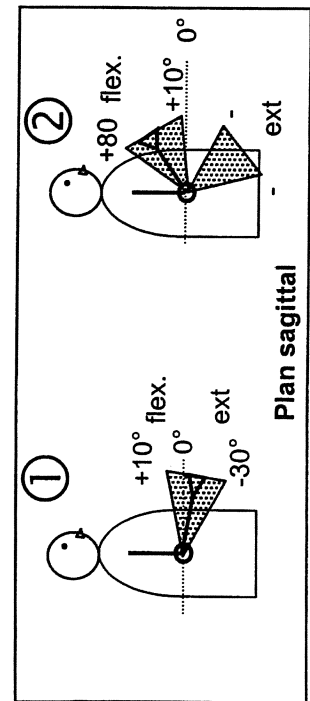
Enfin, l'expérience a montré que les positions articulaires des extrémités étaient difficiles à évaluer. L'observateur doit donc être attentif dans son évaluation.



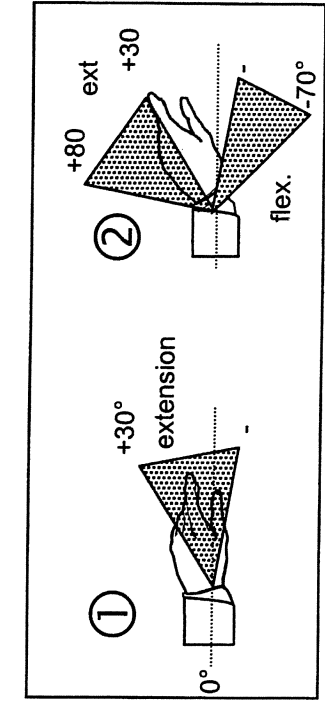
COU



EPAULE



- ① = acceptable
- ② = non recommandé
- ③ = doit être évité



COUDE

POIGNET

Figure 9 : Zones articulaires de confort et à risque

2.3. Evaluation de la répétitivité

L'évaluation de la répétitivité suit la même logique que celle de l'effort, à la différence près qu'elle porte sur une durée et non plus sur une action. En effet, contrairement aux deux premiers facteurs biomécaniques, la répétitivité est évaluée sur une minute pour les cycles de travail inférieurs à une minute ou sur toute la durée du cycle pour ceux supérieurs à la minute. L'évaluation de ce facteur de risque consiste donc à prendre en compte la répétitivité de la gestuelle dans sa globalité et non celle des mouvements de chaque articulation du membre supérieur.

2.3.1. Echelle d'évaluation complétée par l'utilisateur

L'échelle retenue est celle proposée par Latko et coll. (1997). Elle est qualifiée par des phrases définissant le degré d'intensité de répétitivité (figure 10).

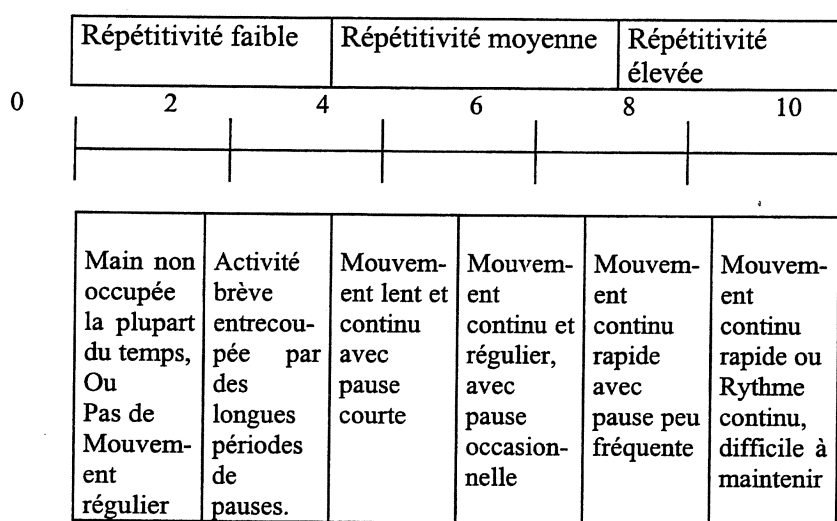


Figure 10 : échelle d'évaluation pour la répétitivité (inspiré de Latko, 1997)

L'examen de la figure 10 montre qu'il s'agit d'évaluer les mouvements du membre supérieur et non pas la cadence de travail.

2.3.2. Echelle d'auto-évaluation présentée à l'opérateur

La répétitivité est estimée par l'opérateur au moyen d'une échelle d'auto-évaluation. L'opérateur transcrit sur l'échelle (figure 11) le degré de répétitivité perçu.

La question posée est: " **Comment évaluez-vous la répétitivité de vos gestes de travail ?**"

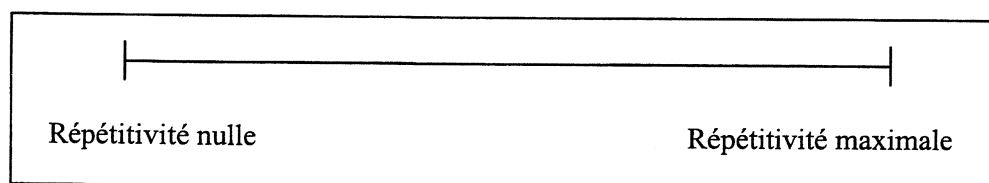


Figure 11 : échelle d'auto-évaluation de la répétitivité

2.3.3. Confrontation avec l'opérateur

L'évaluation de la répétitivité est le fruit d'une synthèse entre la valeur définie par l'opérateur et celle retenue par l'utilisateur. La synthèse se fait sur la base d'un échange de point de vue. L'utilisateur, suite à la discussion, définit lui-même cette évaluation à laquelle il ajoutera d'éventuelles remarques (cf. tableau 22).

3 SYNTHÈSE

L'utilisateur va poser un diagnostic de risque à partir de l'ensemble des éléments recueillis lors de l'évaluation des trois facteurs biomécaniques. Ce diagnostic s'établit en 3 temps. Tout d'abord, il doit rassembler les données recueillies dans un tableau pour les différentes actions et cycles évalués. C'est le profil des facteurs de risque biomécanique (tableau 22). Puis, il doit synthétiser les évaluations des facteurs de risque pour chaque action (tableau 23) et poser un diagnostic de risque. Cette synthèse et ce diagnostic se fondent sur la compétence de l'utilisateur. Chaque action sera classée selon 3 niveaux de risque, conformément aux recommandations des normes européennes (cf. tableau 24). Enfin, l'utilisateur décrira en termes de contenu de la tâche ce qui pose problème afin d'élaborer des pistes de solutions.

L'utilisateur rassemblera d'abord les données recueillies dans le tableau de profil des facteurs de risque (tableau 22). Pour le cou et l'épaule, il reportera les valeurs les plus élevées observées.

Puis, pour établir le diagnostic de risque (cf. tableau 23), l'utilisateur :

- synthétisera le profil de risque pour chaque action à partir des évaluations issues des différents cycles,
- retiendra une valeur représentative de la position articulaire selon des modalités décrites ci-dessous,
- décidera du niveau de risque selon les 3 classes proposées par les normes européennes.

En ce qui concerne la position articulaire, il s'agit de retenir la valeur considérée comme représentative en respectant les règles suivantes :

- si une note de "3" est attribuée à l'épaule, alors la note retenue sera évidemment 3,
- les chiffres les plus élevés doivent orienter le choix de la note retenue,
- les positions articulaires maintenues doivent influencer le choix de la valeur retenue,
- la synthèse n'est pas une moyenne arithmétique des données recueillies.

| Facteurs de risque biomécaniques | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------|----------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------------|----------|---------|----------|
| Action | Effort | | Angle | | | | | | Répétitivité | | | |
| | Echelle | Remarque | Cou | Epaule | | Coude | | Poignet | | Remarque | Echelle | Remarque |
| | | | | Gauche | Droite | Gauche | Droite | Gauche | Droite | | | |
| Cycle n°1 | Action 1 | | | | | | | | | | | |
| | Action 2 | | | | | | | | | | | |
| | Action 3 | | | | | | | | | | | |
| | Action 4 | | | | | | | | | | | |
| | Action 5 | | | | | | | | | | | |
| Cycle n°2 | Action 1 | | | | | | | | | | | |
| | Action 2 | | | | | | | | | | | |
| | Action 3 | | | | | | | | | | | |
| | Action 4 | | | | | | | | | | | |
| | Action 5 | | | | | | | | | | | |
| Cycle n°3 | Action 1 | | | | | | | | | | | |
| | Action 2 | | | | | | | | | | | |
| | Action 3 | | | | | | | | | | | |
| | Action 4 | | | | | | | | | | | |
| | Action 5 | | | | | | | | | | | |
| Cycle n°4 | Action 1 | | | | | | | | | | | |
| | Action 2 | | | | | | | | | | | |
| | Action 3 | | | | | | | | | | | |
| | Action 4 | | | | | | | | | | | |
| | Action 5 | | | | | | | | | | | |

Tableau 22 : Profil des facteurs de risque biomécaniques

| | Facteurs de risque biomécaniques | | | Diagnostic de Risque (, ,) | Description |
|------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------|
| | Effort (de 0 à 10) | Angle (de 1 à 3) | Répétitivité (de 0 à 10) | | |
| Action n°1 | | | | | |
| Action n°2 | | | | | |
| Action n°3 | | | | | |
| Action n°4 | | | | | |
| Action n°5 | | | | | |

T

Tableau 23 : Synthèse des facteurs de risque biomécaniques et diagnostic du risque

| Niveaux de risque | |
|-------------------|----------------|
| | Acceptable |
| | non recommandé |
| | A éviter |

Tableau 24 : Niveaux de risque



BIBLIOGRAPHIE



ACOME (1998)

Ergonomie des outils à main : Problématique et état de l'art
Note Scientifique et Technique 168, INRS éditeur, 148 pages

Aptel M., Cail F., Cnockaert J.C., Didry G. Herrault J., Moreau D., Mouze-Amady M. (1993)
Etude dans une entreprise de montage d'appareils électro-ménagers des facteurs de risque professionnels du syndrome du canal carpien.
Document pour le Médecin du Travail, 54, 149-164

ANACT, INSERM, INRS, DARES, CCMSA (1996)

Affections périarticulaires des membres supérieurs et organisation du travail. Résultats de l'enquête épidémiologique nationale.
Documents pour le Médecin du Travail 65, 13-31.

Atain Kouadio J.J.(1997)

Evaluation subjective des efforts de préhension comparée à des EMG aux cours du travail dans 2 entreprises : une étude de terrain
Mémoire de DEA STAPS, Université Henri Poincaré- Nancy I, 78 pages

Berthoz A. (1997)

Le sens du mouvement
Odile Jacob éditeur, Paris, 345 pages.

Bongers P.M., Winter C.R., Kompier M.A.J., Hildebrandt V.H. (1993)

Psychosocial factor at work and musculoskeletal disease
Scandinavian Journal of Work Environment and Health, 19, 297 – 312.

Borg G. (1990)

Psychophysical scaling with applications in physical work and the perceptions exertion.
Scandinavian Journal of Work Environment and Health, 16 (suppl 1), 55-58.

Cail F., Aptel M. (2000)

Les TMS du membre supérieur. Guide pour les préventeurs.
ED 797, INRS éditeur, Institut National de Recherche et de Sécurité, Paris, 64 pages.

Cail F., Aptel M., Pichené A. (1995)

Questionnaire du vécu du travail de salariés exposés à des risques de troubles musculosquelettiques
Documents pour le Médecin du Travail, 64, 253-268.

Colombini D. (1998)

An observational method for classifying exposure to repetitive movements of the upper limbs.
Ergonomics, 41 (9), 1261-1289.

CSST Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail (1991)

Plein le dos et plein les bras!
CSST éditeur, Montréal, 20 pages.

Franchi (1997).

Agir sur les Maladies Professionnelles - l'exemple des TMS.
Editions Liaisons, PARIS, 61 pages.

Hootman I.L.D., Bongers P.M., Smulders P.G.W., Kompier M.A.J. (1994)

Psychosocial stressors at work and musculoskeletal disease
Scandinavian Journal of Work Environment and Health; 20, 139-145

Kemmlert K. (1995)

A method assigned for the identification of ergonomic hazards - PLIBEL.
Applied Ergonomics, 26, 199-211.

Keyserling W.M., Stetson D.S., Silverstein B.A., Brouwer M.L. (1993)

A checklist for evaluating ergonomic risk factor associated with upper extremity cumulative trauma disorders.
Ergonomics, 36, 807-831.

Keyserling W.M., Armstrong T.J., Punnett L. (1991)

Ergonomic job analysis : A structured approach for identifying risk factors associated with overexertion injuries and disorders.
Applied Occupational and Environmental Hygiene, 6, 353-363.

Kilbom A. (1994)

Repetitive work of the upper extremity : Part II - The scientific basis (knowledge base) for the guide.
International Journal of Industrial Ergonomics 14, 59-86.

Kilbom A. (1997)

Repetitive work of the upper extremity : Guidelines for the practitioner.
From Experience to Innovation, IEA'97, Proceedings of XIII Triennial Congress of International Ergonomics Association, Tampere, 4, 66-68.

Kivi P., Mattila M. (1991)

Analysis and improvement of work postures in the building industry : application of the computerised OWAS method.
Applied Ergonomics, 22, 43-48.

Kuorinka I., Forcier L. (1995)

LATR : les Lésions Attribuables au Travail Répétitif.
IRSST, Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Québec.
Editions Maloine, PARIS, 510 pages.

Latko W.A., Armstrong T.J., Foulke J.A., Herrin G.D., Rabourn R.A., Ulin S.S. (1997).

Development of an observational method for assessing repetition in hand tasks.
American Industrial Hygiene Association Journal, 58, 278-285.

McAtamney L., Corlett E.N. (1993)

RULA : a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders.
Applied Ergonomics, 24, 91-99.

Meyer J-P., Horwart F., Didry G., Turpin E. (1997).

Movement repetitivity assessment.

From Experience to Innovation, IEA'97, Proceedings of XIII Triennial Congress of International Ergonomics Association, Tampere, vol. 4, 201-204.

Moore J.S., Garg A. (1995)

The strain index : A proposed method to analyse jobs for risk of distal upper extremity disorders.

American Industrial Hygiene Association Journal, 56, 443-458.

N.I.O.S.H. (National Institute for Occupational Safety and Health) (1997)

Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors : A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back.

U.S. Department of health and human services

Netherland Institute for Working Environment (1995)

Repetitive motions and RSI. Extent of the problem an instrument for assessment of workplaces.

NIA, Amsterdam, Pays-Bas, 12 pages.

Ojima H., Migake S., Kumashoro M., Tokami H., Suzuki K. (1991)

Dynamic analysis of wrist cirumduction : a new application of the biaxial flexible electrogoniometer.

Clinical Biomechanics, 6, 221-229

Occhipinti E. (1998).

OCRA : a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs.

Ergonomics, 41 (9), 1290-1311.

OWAS : A method for the evaluation of postural load during work. (1992)

Training Publication 11.

Institute of Occupational Health.

Helsinki, Finland, 23 pages.

Pujol M. (1993)

Pathologies professionnelles d'hypersollicitation : atteinte périarticulaire du membre supérieur.

Edition Masson, PARIS, 1 vol., 168 pages.

St Vincent M., Chicoine D., Beaugrand S. (1994)

Développement et validation d'un outil d'analyse de postes spécifique au travail répétitif.

Travail et Santé, 10, S2.

Saldana N., Herrin G.D., Armstrong T.J., Franzblau A. (1994)

A computerized method for assessment of musculoskeletal discomfort in the workforce : a tool for surveillance.

Ergonomics, 37, 1097-1112.

Silverstein A. (1997)

The use of checklists for upper limb risk assessment.

From Experience to Innovation, IEA'97, Proceedings of XIII Triennial Congress of International Ergonomics Association, Tampere, vol. 4, 109-111.

Stetson D.S., Keyserling W.M., Silverstein B.A., Leonard J.A. (1991)

Observational analysis of the hand and wrist : a pilot study.

Applied Occupational and Environmental Hygiene, 6, 927-937.

Ulin S.H., Ways C.M., Armstrong T.J., Snook S.H. (1990)

Perceived exertion and discomfort versus work height with a pistol-shaped screwdriver.

American Industrial Hygiene Association, 51 (11), 588-594.

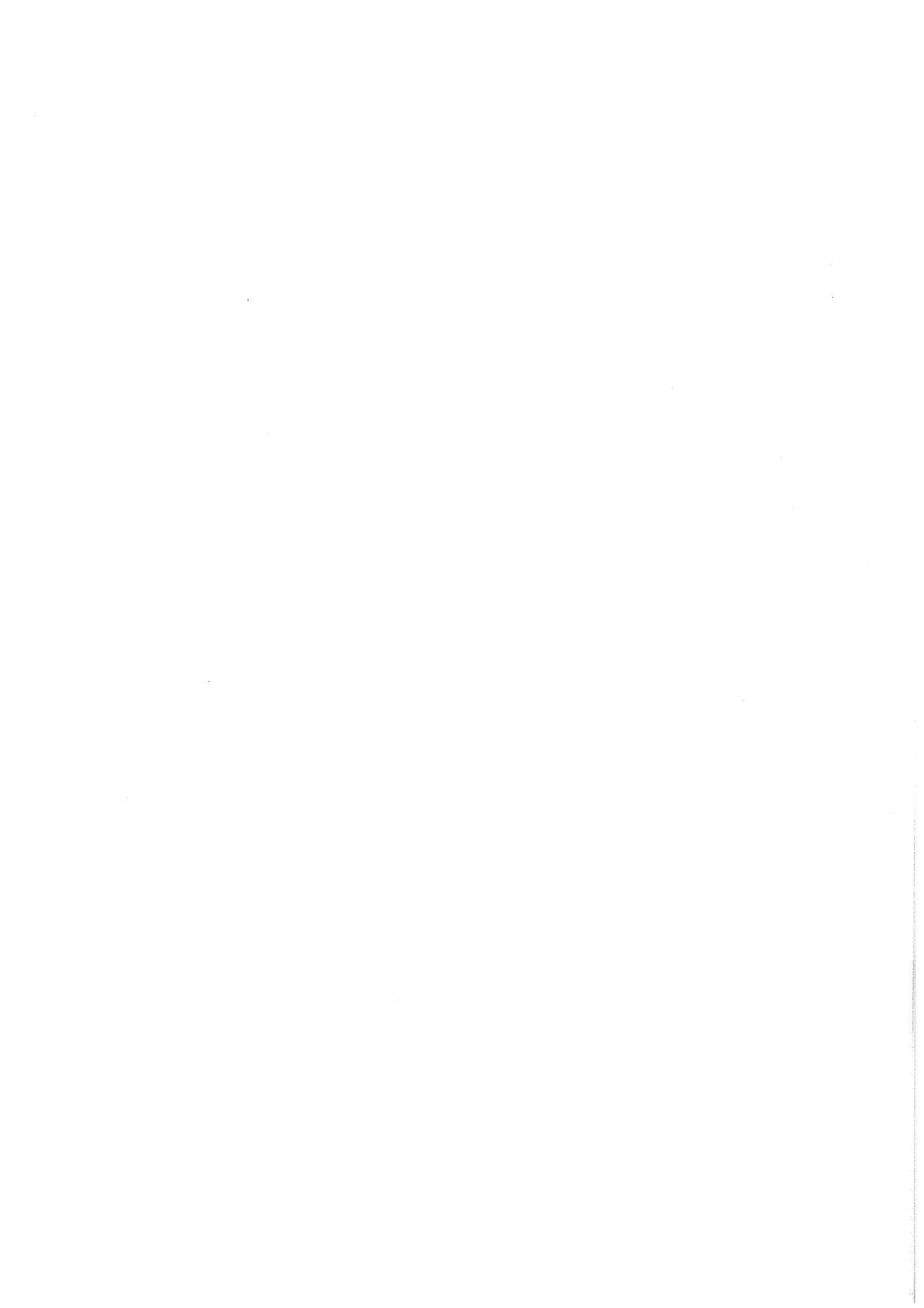
Weston R.L., Freivalds A. (1997)

Development and validation of a CTD risk index.

From Experience to Innovation, IEA'97, Proceedings of XIII Triennial Congress of International Ergonomics Association, Tampere, vol. 4, IEA, vol. 4, 123-125.

ANNEXE 1

GRILLE D'ANALYSE DES OUTILS SIMPLES RETENUS



GRILLE D'ANALYSE DES OUTILS RETENUS

La grille qui a permis d'analyser systématiquement les 16 outils retenus est présentée dans cette annexe avec les critères qui la compose.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANIQUES

Dans les outils retenus, la répétitivité, les efforts et les postures articulaires sont évalués et cotés de la manière suivante.

- pas d'évaluation du facteur de risque
- + facteur de risque évalué de manière qualitative
- ++ facteur de risque évalué de manière quantitative

Il convient donc de considérer que plus la cotation est élevée, plus la précision dans l'évaluation du facteur de risque est grande.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANIQUES

2.1. Evaluation des facteurs de risques psychosociaux

Les facteurs de risques psychosociaux ne peuvent être évalués selon les mêmes modalités que les facteurs biomécaniques en raison de leur spécificité. Cependant, comme ces facteurs ont un rôle non négligeable dans le survenu de TMS, il est utile de savoir s'ils sont pris en compte par l'outil. La cotation est la suivante :

- les facteurs de risque psychosociaux ne sont pas pris en compte par l'outil simple.
- + les facteurs de risques psychosociaux sont pris en compte par l'outil simple.

2.2. Evaluation des facteurs de risque environnementaux

Les facteurs environnementaux sont le froid, les vibrations etc. qui jouent un rôle dans la survenu de TMS du membre supérieur. Leur prise en compte par l'outil est donc relevée.

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

L'évaluation synthétique du risque est une synthèse des données spécifiques issues de l'évaluation des différents facteurs de risque.

- La cotation est + si l'outil se prononce sur l'existence d'un risque de développement de troubles musculosquelettiques.

- La cotation est – si l'outil ne se prononce pas sur l'existence de ce risque.

De plus, certains outils proposent des scores. Cette procédure est une évaluation plus fine que l'évaluation synthétique. L'outil RULA ou la check-list de Silverstein en sont des exemples. Cette situation est alors indiquée.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

L'idéal serait que le critère "validation de l'outil" juge la précision de l'évaluation des postes de travail à risque de TMS en termes de faux positifs ou de faux négatifs. Cela n'est jamais effectué. Chez la plupart des auteurs, la validation est la vérification de la cohérence et de la reproductibilité des résultats obtenus soit en :

- comparant les résultats d'une équipe d'utilisateurs à ceux d'une autre équipe (de niveau de connaissance parfois différent en ergonomie),
- comparant la reproductibilité des résultats obtenus par une équipe à différents moments.

La cotation suivante est utilisée:

Δ : ce symbole signifie que la validation de l'outil a été réalisée en comparant les résultats des experts (en considérant comme expert toute personne compétente en ergonomie) à ceux d'utilisateurs non experts, avec une cohérence significative entre les deux.

- : pas de validation proposée dans l'article.

NE : la validation se fait par la cohérence de résultats obtenus par deux groupes de non-experts en ergonomie.

E : la validation se fait par la cohérence de résultats obtenus par deux groupes d'experts en ergonomie.

T : la validation se fait par la cohérence des résultats obtenus à des temps différents, par deux groupes d'utilisateurs identiques, experts ou non-experts en ergonomie.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Compétence des utilisateurs

La compétence de l'utilisateur est figurée par un niveau de formation et de pratique en ergonomie que les utilisateurs sont sensés posséder pour utiliser correctement un outil. La grille distingue trois niveaux de cotation :

- aucune compétence particulière n'est requise. L'outil est utilisable sans connaissance en ergonomie.
- + des compétences minimales sont requises en ergonomie pour que l'utilisation de l'outil soit fiable. L'utilisateur doit être rôdé à l'évaluation de chaque facteur de risque (reconnaissance des postures à risque, appréciation d'un niveau de répétitivité,...).

- ++ c'est le « niveau expert » : l'utilisateur est ergonomiste et est en mesure de maîtriser des connaissances particulières pour une utilisation fiable d'un outil d'analyse complexe.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

Parmi les moyens spécifiques d'évaluation, il est possible de distinguer :

- Ceux permettant de recueillir des informations par l'intermédiaire direct de l'opérateur :

- * Echelle psychophysique : c'est une échelle de sollicitation, graduée, permettant de situer l'estimation que fait l'opérateur de son inconfort ou des contraintes qu'il subit à son poste de travail. L'échelle de sollicitation de Borg qui fait partie des échelles psychophysiques est la plus couramment utilisée.

- * Schéma corporel : L'opérateur est invité à reporter la topographie de ses douleurs sur un schéma corporel de face et de dos.

- Ceux permettant un recueil d'information par l'utilisateur.

- * Vidéo : la vidéo permet de décomposer les tâches réalisées et d'identifier les facteurs de risque (le repérage des situations à risque est facilité par la possibilité d'arrêt sur image, mais peut être rendu difficilement interprétable par un angle de prise de vue inadéquat).

- * Grille d'analyse : l'observateur relève et interprète ses observations grâce à l'utilisation d'une grille d'analyse développée par les auteurs de l'outil. RULA en est un exemple.

- * Check-list : c'est une liste de vérification où les questions posées aux opérateurs appellent le plus souvent des réponses binaires (oui ou non). Certaines check-lists intègrent aussi dans les réponses possibles trois et non deux réponses, en intégrant alors une notion de durée (par exemple une question du type : combien de temps ce genre d'action à risque est elle exercée ? Réponse : « non » (il n'est pas observé), ou "de temps en temps", ou "plus du tiers du cycle de travail ").

L'utilisateur a peu de liberté de réponse car il est d'emblée orienté vers des réponses fermées relatives à des facteurs de risque connus. La check-list est peu flexible et souvent spécifique à un contexte. Il y a donc un risque potentiel d'oublier des aspects importants du travail si l'utilisateur se limite à répondre aux questions.

5.3. Temps de recueil et de dépouillement

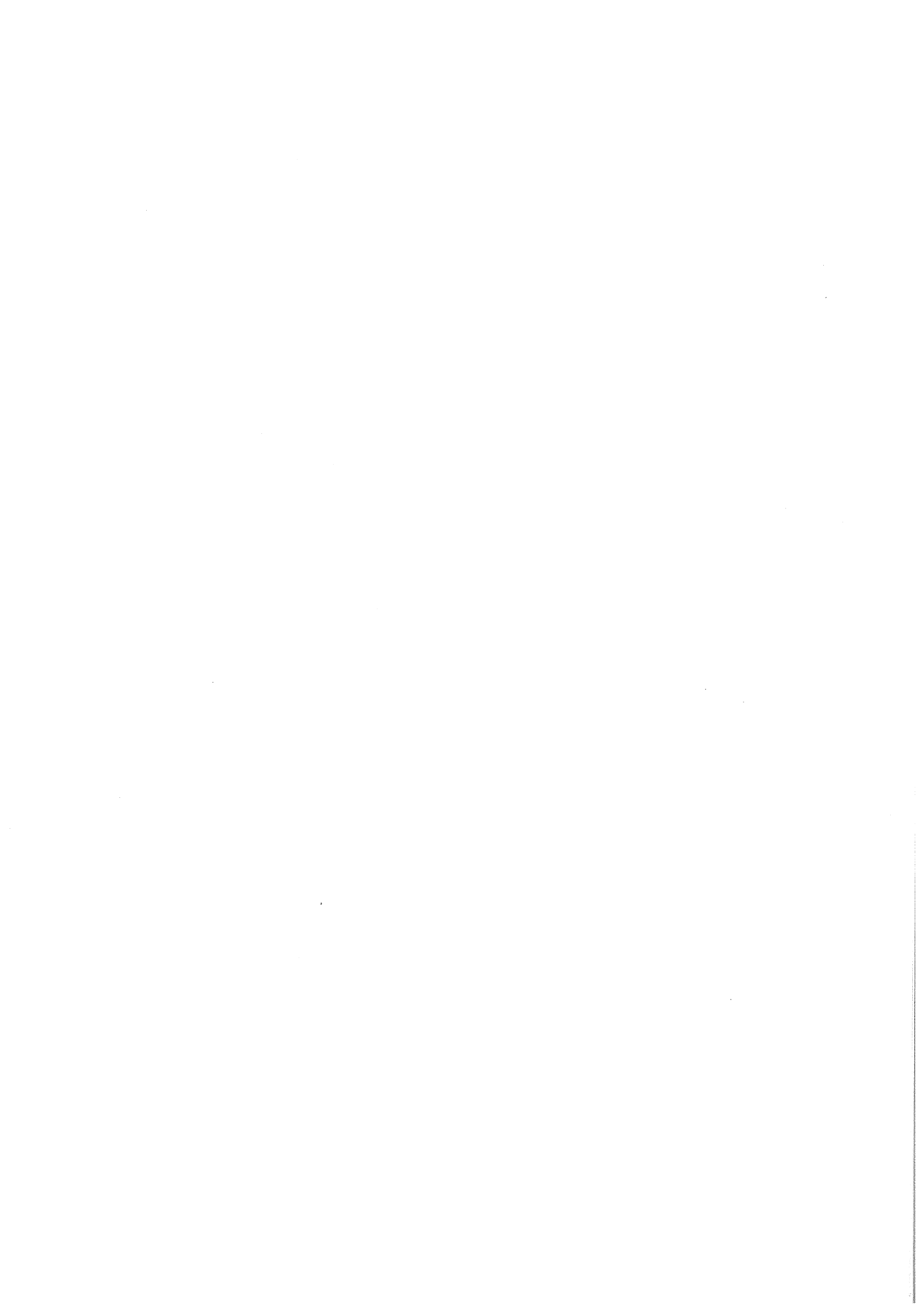
Ce temps de recueil et de dépouillement des données représente le temps nécessaire à la mise en œuvre de l'outil. Il prend en compte le recueil, l'analyse ou l'interprétation des résultats (assignation de coefficients, de scores et déduction de l'existence ou non d'un risque). La durée totale est proposée par les auteurs de l'outil ou, au défaut, estimée. Elle est exprimée en heure ou minute (ex : 20 min, 1 heure,...).



ANNEXE 2 :

ANALYSE DES OUTILS SIMPLES RETENUS

Les outils analytiques, intégrables dans une démarche ergonomique sont présentés (9) puis les check-lists (5) et les outils inclassables (2)



THE STRAIN INDEX : A PROPOSED METHOD TO ANALYSE JOBS FOR RISK OF DISTAL UPPER EXTREMITY DISORDERS - S. MOORE, A. GARG (1995)

C'est un outil semi-quantitatif d'analyse des postes de travail ayant pour but de déterminer les situations qui exposent les travailleurs à un risque de TMS. Il a été conçu à partir de données issues de la physiologie, de la biomécanique et de l'épidémiologie. Il se propose d'étudier en premier lieu les facteurs de risque biomécaniques en se donnant comme objectif de les quantifier.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANIQUES

1.1. La répétitivité

Ce facteur de risque est évalué à travers plusieurs variables.

- la durée de l'effort exercé par cycle de travail : durée moyenne (en %) de l'effort par cycle sur la durée moyenne du temps de cycle. Elle est évaluée quantitativement. L'avantage de ce facteur est de démontrer l'effet bénéfique des rotations de personnel à un poste de travail et, a contrario, l'effet négatif d'une activité sollicitante prolongée.
- Le nombre d'efforts par minute : c'est un décompte du nombre "d'actions" par minute, synonyme de fréquence. C'est le facteur le plus proche du concept de répétitivité issu du décompte du nombre d'exercices durant l'observation d'une période de travail représentative.
- La vitesse de travail : on attribue une valeur selon une échelle verbale (de très lent à très rapide). On a donc une appréciation qualitative du risque. On considère que ce facteur modifie les intensités de l'effort.

LA COTATION EST DONC : ++.

1.2. l'effort

L'estimation du facteur de risque est purement qualitative et fait référence à l'échelle de Borg CR-10, à partir de laquelle on affecte un coefficient. L'estimation de l'effort requis lors de l'exécution d'une tâche reflète l'amplitude de l'effort musculaire requis pour réaliser une tâche.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

Ce facteur est représenté par la position de la main et du poignet. On réalise une estimation subjective de la position de la main ou du poignet par rapport à la position neutre.

LA COTATION EST DONC : ++.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANIQUES

2.1. Les facteurs psychosociaux

Les facteurs de risque psychosociaux ne sont pas étudiés.

LA COTATION EST DONC : - .

2.2. Les facteurs environnementaux

Les vibrations, l'environnement thermique et le port de gants sont pris en compte comme des facteurs de risque.

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

Pour chacun des facteurs, on attribue un score (a, b, c, d, e, f) que l'on va multiplier par un coefficient (A, B, C, D, E, F).

| Facteur | Définition | Score |
|-------------------------------|--|-------|
| Intensité de l'effort | évaluation subjective de la contrainte physiologique et biomécanique | A |
| Durée de l'effort | durée moyenne (en %) de l'effort par cycle sur la durée moyenne du temps de cycle | B |
| Nombre d'efforts par minute | comptage du nombre d'effort par cycle * 100 | C |
| Posture main ou poignet | estimation subjective de l'amplitude articulaire (en degrés) de la main ou du poignet par rapport à la position neutre | D |
| Allure ou vitesse de travail | estimation subjective de l'allure de travail reportée sur une échelle de valeur | E |
| Durée quotidienne de la tâche | temps total utilisé par une tâche dans une journée. | F |

Le produit des coefficients attribué à chaque facteur de risque constitue ici un score numérique global (SI) :

$$SI = A * B * C * D * E * F$$

Il détermine ainsi une "synthèse du risque" de développement de TMS. On considère qu'il existe un risque pour un indice supérieur à 5.

LA COTATION EST DONC : +.

Cet outil se prononce effectivement sur le risque de TMS mais sans préjuger de l'apparition de pathologies particulières du membre supérieur (syndrome de canal carpien, tendinites, etc. ...).

4. VALIDATION DE L'OUTIL

Les auteurs l'ont validés en confrontant le score (SI) à la prévalence qui leur a permis de proposer une valeur limite.

LA COTATION EST DONC : E.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

Le niveau de compétence nécessaire à l'utilisation de l'outil n'est pas arrêté par les auteurs. Cependant, l'attribution des scores, en particulier subjectifs, nécessite une connaissance des procédés d'étude en ergonomie (attribution d'une estimation d'amplitude articulaire, d'une intensité de force, d'estimation de vitesse de travail...).

LA COTATION EST DONC : ++.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

L'utilisateur à besoin d'un caméscope, d'une montre, d'un compteur d'évènement. La mise en œuvre de l'outil implique des calculs.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Il n'est pas précisé par les auteurs. Mais les attributions de scores et les moyens engagés laissent supposer un temps de recueil et de dépouillement de l'ordre d'une heure par poste étudié.

6. CONCLUSION

Cet outil permet a priori une bonne évaluation de la notion de répétitivité et propose une évaluation chiffrée de la situation étudiée, exprimée en termes de score de risque. Cependant, il est relativement complexe à mettre en œuvre et n'a pas été suffisamment validé.

RULA : A SURVEY METHOD FOR THE INVESTIGATION OF WORK-RELATED UPPER LIMB DISORDERS - L. MAC-ATAMNEY, E. CORLETT (1993)

RULA est un outil permettant de dépister les salariés exposés à un risque de TMS du membre supérieur. Il permet l'évaluation des postures au niveau de la nuque, du tronc, des membres supérieurs et l'évaluation des sollicitations musculaires.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANIQUES

1.1. La répétitivité

Ce facteur de risque est intégré dans le score d'utilisation des muscles. Le travail musculaire est défini comme « *non statique* » si une posture est maintenue moins d'une minute et « *statique* » si elle est maintenue pendant plus d'une minute.

| Critère | Score |
|---|-------|
| Posture non statique | 0 |
| Posture statique | 1 |
| Posture répétée plus de 4 fois par minute | 1 |

On a donc une appréciation qualitative de ce facteur, à travers l'observation de l'utilisation des muscles.

LA COTATION EST DONC : +.

1.2. L'effort

L'intensité de la force exercée est représentée par un score de force réparti en quatre niveaux. Ils comprennent des évaluations quantitatives et qualitatives (charges ou forces en kg).

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

C'est le facteur étudié de façon prépondérante dans cet outil. Il est représenté par les postures de travail imposées par les équipements et le mobilier.

Au cours de l'analyse de poste, on observe les postures des membres et on les compare à des zones d'amplitudes de mouvements. On distingue entre elles les amplitudes articulaires

se situant dans une zone de confort et celles se situant dans des zones à risque. Ces dernières sont hiérarchisées en fonction de leur niveau de risque.

Au final, on associe pour chaque segment de membre, un score selon son appartenance à une zone. Puis on attribue un score global pour les deux groupes de segments corporels observés, à l'aide d'une table de correspondance.

LA COTATION EST DONC : ++.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECANIQUES

Les facteurs psychosociaux et environnementaux ne sont pas étudiés par RULA.

LA COTATION EST DONC : - .

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

Un score spécifique est affecté pour chaque facteur de risque, à partir desquels on définit un score global :

- les scores posturaux des différents segments corporels (score A et B),
- le score de force (4 items),
- le score d'utilisation des muscles (travail statique ou répétitif).

LA COTATION EST DONC : +.

RULA se prononce non seulement sur l'existence d'un risque, mais définit aussi 4 niveaux d'intervention en fonction du score obtenu. Il introduit pour chaque niveau le type de nécessité de plan d'action à entreprendre et le délai d'action. Les niveaux sont graduels :

| Score total | Actions |
|-------------|--|
| 1 ou 2 | La posture est acceptable si elle n'est pas maintenue ou répétée sur de longues périodes |
| 3 ou 4 | Une étude plus poussée est nécessaire et des modifications peuvent s'imposer |
| 5 ou 6 | Une étude et des modifications sont nécessaires sans tarder |
| 7 | Une étude et des modifications sont nécessaires immédiatement |

4. VALIDATION DE L'OUTIL

Une grande cohérence est observée entre utilisateurs non-experts et experts en ergonomie lors d'une étude de postes informatiques de saisie. Il semble toutefois que dans les

cas limites, c'est-à-dire lorsque la posture d'un segment corporel se trouve à la limite de deux domaines d'amplitude, les résultats ne sont pas cohérents.

LA COTATION EST DONC : Δ .

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

Bien que les auteurs précisent qu'il n'y a nul besoin de compétences préalables dans la mise en œuvre de techniques d'observation, ils reconnaissent l'avantage des personnes ayant des connaissances en ergonomie.

LA COTATION EST DONC : +.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

Une observation générale de l'activité de l'opérateur est réalisée pendant plusieurs cycles de travail afin de sélectionner les tâches et les postures à évaluer. Le choix de la situation à analyser se fait, soit en fonction du temps de maintien de la posture pendant le cycle de travail, soit en fonction des charges.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Le temps de recueil et de dépouillement des données n'est pas précisé, mais on peut supposer qu'il est de l'ordre de 30 minutes à une heure.

6. CONCLUSION

Cet outil est considérée comme une bonne base d'évaluation des postures au poste de travail. Cependant, il semble que son utilisation n'est pas évidente et produise des résultats non cohérents entre les utilisateurs.



OCRA : PROPOSAL OF A CONCISE INDEX FOR EXPOSURE ASSESSMENT OF REPETITIVE MOVEMENTS OF UPPER LIMBS – E. OCCHIPINTI, D. COLOMBINI (1996) ET E. OCCHIPINTI (1998)

OCRA est un indice d'exposition au risque associé au mouvement répétitif du membre supérieur. La procédure d'évaluation du risque consiste tout d'abord à repérer les tâches répétitives, définir la séquence des actions techniques dans les cycles représentatifs de chaque tâche, puis de décrire et quantifier les facteurs de risques. Les facteurs de risque pris en compte sont :

- répétitivité et fréquence,
- force : estimation subjective à l'aide de l'échelle de Borg,
- posture et type de mouvement,
- durée de la tâche,
- période de récupération.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANIQUES

1.1. La répétitivité

C'est un critère quantitatif qui est étudié de façon prédominante dans cet outil. Le facteur répétitivité, nommé CF, correspond au nombre d'actions techniques par minute.

LA COTATION EST DONC : ++.

1.2. L'effort

Il est apprécié de façon qualitative par l'échelle CR 10 de Borg au cours de l'analyse de la tâche. Par cette échelle un coefficient multiplicateur est appliquée à la valeur attribuée afin d'obtenir le facteur Ff.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

Il est déterminé par l'appréciation des amplitudes articulaires (selon une méthodologie qui peut être comparée à celle utilisée dans RULA) relevées au poste de travail pendant l'analyse de la tâche. La détermination du facteur posture est faussement quantitative et ce facteur n'est pas prédominant dans cet outil. Un coefficient multiplicateur est appliqué à la valeur attribuée, afin d'obtenir le facteur Fp.

LA COTATION EST DONC : +.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANIQUES

2.1. Les facteurs psychosociaux

Les facteurs de risques psychosociaux ne sont pas étudiés dans OCRA.

LA COTATION EST : -.

2.2. Les facteurs environnementaux

Différents facteurs sont pris en considération : vibrations, basses températures, port de gants... Un coefficient multiplicateur est appliquée, afin d'obtenir le facteur Fc.

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

OCRA est un indice global mesurant le risque de développement de TMS. Il se base essentiellement sur le critère de répétitivité pondéré par d'autres facteurs de risque biomécaniques (posture, force, facteurs complémentaires). L'article décrit le moyen de calculer l'indice de risque :

$$\text{OCRA} = \frac{\text{nombre d'actions techniques exécutées}}{\text{nombre d'actions recommandées}}$$

$$\text{Nombre d'actions techniques exécutées} = \sum_{1,n} i [\text{CF} * (\text{Ffi} * \text{Fpi} * \text{Fci}) * \text{Di}] * \text{Fr}$$

avec : D = durée de la tâche répétitive par minute.

Fr = facteur multiplicateur accordé en cas de manque de temps de récupération.

1,n = nombre de tâches répétées.

Le nombre d'actions recommandées est calculé à partir des scores attribués aux différents facteurs de risque. L'indice OCRA ne donne pas directement le pourcentage de risque de TMS, mais il existe une relation :

$$Y = 0.614 + 0.858 X$$

avec : Y = log % TMS ET X = log OCRA

Cet outil se prononce sur l'existence d'un risque en définissant 3 zones à risque :

| Score | Situation |
|--------------------------|-------------------------|
| $\text{OCRA} \leq 0.75$ | condition acceptable |
| $0.75 < \text{OCRA} < 4$ | surveillance nécessaire |
| $\text{OCRA} \geq 4$ | situation à risque |

LA COTATION EST DONC : +.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

Cet outil reste expérimental et n'a pas bénéficié pour l'instant de validation entre utilisateurs différents. Cette validation n'a pas non plus été réalisée à deux époques temporelles différentes par les même utilisateurs.

LA COTATION EST DONC : -.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

OCRA nécessite l'attribution de nombreux scores aux facteurs de risques étudiés (notamment les postures) et des calculs intégrant ces scores. Il semble donc nécessaire d'avoir des compétences particulières en ergonomie.

LA COTATION EST DONC : ++.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

Le recueil des informations est réalisé par l'observation, la vidéo et également par l'utilisation d'une échelle psychophysique (échelle de Borg).

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Il n'est pas précisé dans l'article. L'utilisation d'outils multiples, le traitement des données et l'attribution de nombreux scores laisse préjuger d'un investissement en temps qui peut être estimé à environ 1 heure par poste étudié.

6. CONCLUSION

N'ayant pas assez d'information, il n'est pas encore possible d'utiliser cet indice qui semble, de toute façon, relativement complexe.



OBSERVATIONNAL ANALYSIS OF THE HAND AND WRIST : A PILOT STUDY - D. STETSON, W. KEYSERLING, B. SILVERSTEIN, J. LEONARD (1991)

Cet outil basé sur l'observation se propose de pratiquer une étude quantitative centrée sur la répétitivité au poste de travail pour la main et le poignet. L'outil s'attache particulièrement à l'étude de la répétitivité. Cependant, des facteurs de risque biomécaniques tels que les forces sollicitant la main, ainsi que les amplitudes articulaires à risque portant sur le poignet sont aussi pris en compte.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANQUES

1.1. La répétitivité

Elle est au centre de l'outil. L'utilisateur compte le nombre total d'exercices réalisés par la main, par cycle de travail, qui, multiplié par le nombre de cycle de travail réalisé par une équipe, fournit une estimation quantitative de la répétitivité. D'autre part, il estime la durée d'exposition.

LA COTATION EST DONC : +

1.2. L'effort

Les forces exercées sur les mains et les poignets ne sont pas estimées directement. On enregistre les différentes actions où la main est sollicitée par des forces élevées et on estime le poids de la force appliquée.

LA COTATION EST DONC : +

1.3. Les amplitudes articulaires

Les amplitudes articulaires sont pris en compte pour le poignet et la main par l'intermédiaire du nombre de fois où le poignet est en flexion, extension, déviation radiale / cubitale, position de pincement index/pouce (position nécessitant une force relativement importante) par cycle. Il n'y a pas d'estimation angulaire des amplitudes articulaires mais on détermine une fréquence de positions articulaires considérées simplement à risque pour le poignet, du moment que celui-ci s'éloigne d'axes de confort connus.

LA COTATION EST DONC : +

Une ambiguïté survient dans le cadre de l'évaluation des forces lorsque l'on l'enregistre la durée totale d'activité de la main en position articulaire incorrecte. En effet, prend-on en compte une force statique prolongée ou une position articulaire nocive par elle-même, car dans cet outil, les facteurs de risque force et posture sont étudiés simultanément.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECANIQUES

On ne fait aucune référence dans cet outil aux facteurs psychosociaux et organisationnels.

LA COTATION EST DONC : -.

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

Les décomptes du nombre d'exercices réalisés par la main par cycle de travail et du nombre de prises index-pouce peuvent être interprétés en termes de niveau de risque au-delà duquel la probabilité de développer des TMS est élevée. Pour autant, on ne retrouve pas d'attribution d'un score de synthèse dans cet outil.

LA COTATION EST DONC : -.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

Il est validé à travers la cohérence des résultats entre utilisateurs de même niveau de compétence en ergonomie.

LA COTATION EST DONC : E.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

Cet outil nécessite des compétences en ergonomie, en particulier pour reconnaître les postures à risque au poignet et de la main réalisées de façon involontaire, de même que l'utilisation d'objets vibrants. La reconnaissance des sollicitations en termes de force exercée sur la main nécessite de même des compétences en ergonomie.

LA COTATION EST DONC : ++.

5.2. Les moyens de l'outil

On retrouve l'observation directe ou différée par la vidéo de l'activité et une grille d'analyse.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Le temps d'observation moyen rapporté par les auteurs est de 4 à 80 secondes par poste et après la consultation initiale des opérateurs et l'évaluation des forces, l'analyse est complétée en 5 à 15 minutes. Aussi, l'utilisation de cette outil est rapide, à condition que l'utilisateur ait des compétences suffisantes en ergonomie.

6. CONCLUSION

Cet outil permet d'évaluer rapidement les facteurs de risque de TMS. Cependant, des difficultés surviennent lors de l'interprétation des postures de poignet, en particulier lorsque le poignet se situe dans une "position frontière" ; il est alors difficile pour l'utilisateur de se prononcer. En effet, dans cette situation, la cohérence sur l'interprétation des postures peut-être différente d'un utilisateur à l'autre. Cette limite n'est pas propre à cet outil mais concerne tous les outils qui proposent une évaluation des positions articulaires.

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A CTD RISK INDEX – R. WESTON, A. FREIVALDS (1997)

Cet outil définit un niveau de sollicitation au-delà duquel il existe un risque de TMS.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANIQUES

1.1. La répétitivité

Ce facteur bénéficie d'une évaluation quantitative à l'aide des critères suivants :

- nombre de prises sollicitantes (main/doigt) par cycle.
- nombre de cycles par jour.

LA COTATION EST DONC : ++.

1.2. L'effort

Ce facteur est évalué à partir du critère : "force factor". Il correspond à la force exercée divisée par la force volontaire maximale de l'opérateur. Ce facteur est ajusté selon le type de préhension sollicitante et la déviation angulaire du poignet. La force exercée est estimée qualitativement et subjectivement par une échelle psychophysique.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

Elles sont représentées par un "facteur de posture". Un score est attribuée aux postures observées (comme dans RULA) pour les différents segments de membre selon 3 niveaux de risque. Ce facteur est ajusté par un facteur de "temps maintenu dans la posture" en fonction d'une équation de fatigue (équation de Shutz). L'évaluation des postures est faussement quantitative et tient une place non prépondérante.

LA COTATION EST DONC : +.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANIQUES

Les facteurs de risque psychosociaux et environnementaux ne sont pas étudiés.

LA COTATION EST DONC : - .

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

⇒ Un premier sous-score est d'abord élaboré en combinant :

- facteur fréquence : nombre d'éléments de prise manuelle ou digitale (grip/pinch) et nombre de mouvement à risque du poignet.
- facteur force relative exercée.

⇒ Un deuxième sous score est ensuite élaboré : score de posture.

⇒ Un grand score final est obtenu en faisant le rapport entre le sous score fréquence/force avec le sous score de posture.

| | |
|-----------------|--|
| Score fréquence | Nombre de mouvements / cycle * nombre de cycle / jour * 10 |
| Score force | Force exercée / FMV |
| Score posture | 3 niveaux |
| Score final | (score fréquence + score force) / score posture |

Cet outil définit un niveau de risque à partir duquel il existe un risque de développement de TMS.

LA COTATION EST DONC : +.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

Une grande cohérence entre résultats d'une étude réalisée à un temps t0 et une autre à un temps t+1 est enregistrée par les mêmes utilisateurs. On ne dispose pas de données sur une validation reposant sur une cohérence entre experts.

LA COTATION EST DONC : T.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

Les utilisateurs doivent avoir un minimum de connaissances en ergonomie pour utiliser correctement la check-list et le système de cotation utilisé.

LA COTATION EST DONC : +.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

L'utilisateur a besoin d'une grille d'analyse, d'un caméscope et d'échelle d'estimation de la force.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Selon les auteurs, l'entraînement permet en 3 sessions de ramener le temps d'analyse de 20 à 12 minutes.

6. CONCLUSION

CTD risk index apparaît comme un outil intéressant dans la prédiction du risque de TMS.



**DEVELOPMENT AND EVALUATION OF AN OBSERVATIONAL
METHOD FOR ASSESSING REPETITION IN HAND TASKS -
W.LATKO, T. ARMSTRONG, J. FOULKE, G. HERRIN, R. RABOURN,
S. ULIN (1997)**

C'est un outil basé sur l'observation où l'activité de la main est caractérisée par l'utilisation d'une échelle subjective en 10 points pour évaluer la force et la répétitivité.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECANIQUES

1.1. La répétitivité

Ce facteur est évalué de façon subjective grâce à une échelle allant de 0 à 10 (du niveau le moins sollicitant au plus sollicitant). Elle contient des repères de niveau croissant qui expriment l'intensité de la répétitivité :

- Durée et fréquence des pauses observées.
- Vitesse des mouvements de la main et du poignet.

LA COTATION EST DONC : +.

1.2. L'effort

Ce facteur est évalué avec une échelle d'évaluation et la prise en compte de critères destinés à aider à la pertinence de l'évaluation.

LA COTATION EST DONC : + .

1.3. Les amplitudes articulaires

Ce facteur est évalué à l'aide d'une liste de postures à risque.

LA COTATION EST DONC : + .

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECANIQUES

Les facteurs psychosociaux et environnementaux ne sont pas étudiés.

LA COTATION EST DONC : - .

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

Il n'y a pas de synthèse du risque.

LA COTATION EST DONC : - .

4. VALIDATION DE L'OUTIL

Cet outil présente une grande cohérence dans les résultats d'une étude répétée à deux époques différentes. Cependant, les auteurs ne disposent pas d'étude réalisée par des utilisateurs différents, notamment entre experts et non-experts.

LA COTATION EST DONC : T.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

Des experts ont été initialement choisis pour tester l'outil. Cependant des non-experts peuvent, d'après les auteurs, être entraînés en 1 heure pour utiliser ces échelles analogiques.

LA COTATION EST DONC : + .

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

L'outil principal est l'échelle analogique. La vidéo est utilisée pour analyser les activités de la main, repérer la présence de pauses, leur fréquence, leur durée et estimer la vitesse de mouvement.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

L'application requiert un temps qui dépend du nombre d'actions à évaluer. On peut estimer l'évaluation d'une action à 5 minutes. Ce chiffre est à multiplier par le nombre d'actions retenues dans un cycle. Une observation complète dure donc entre 30 et 60 minutes par poste.

6. CONCLUSION

Cet outil est construit surtout à partir d'une échelle subjective et prend en compte les 3 facteurs de risque. On peut l'inclure facilement dans une étude ergonomique.

FACTORS ASSOCIATED WITH OVEREXERTION INJURIES AND DISORDERS - W. KEYSERLING, T. ARMSTRONG, L. PUNNETT (1991)

L'outil s'inscrit dans une démarche ergonomique d'un poste de travail. Dans cette démarche, l'observation va permettre de repérer les facteurs de risques de TMS. L'outil va tout d'abord consister à réaliser une analyse de la situation de travail grâce à l'observation et la relation directe avec le travailleur. Dans une seconde phase, l'exposition aux facteurs de risque est identifiée et évalué ainsi que leur éventuelle interaction. Pour chaque élément de travail, les facteurs de risques sont recherchés : posture, force, répétitivité. La dernière phase consiste à développer des mesures d'amélioration pour éliminer ou réduire les contraintes au niveau du poste de travail.

Les facteurs de risque biomécaniques sont relevés à travers l'étude ergonomique du poste, ce qui nécessite une bonne connaissance de ceux-ci. Ils sont estimés qualitativement ou quantitativement par l'utilisateur.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANIQUES

1.1. La répétitivité

Ce facteur bénéficie d'une évaluation quantitative, selon trois critères :

- Soit par la détermination de la durée d'un cycle de travail, sachant qu'il existe un risque de TMS quand le temps de cycle est inférieur ou égal à 30 secondes.
- Soit par la détermination de la durée d'un travail sachant que les cycles où des tâches identiques sont effectuées pendant plus de 50% du cycle sont considérés à risque.
- Soit par la détermination du nombre d'exercices par unité de temps

LA COTATION EST DONC : ++.

1.2. L'effort

Ce critère représente les sollicitations de force au membre supérieur et est représenté par :

- le port de charges lourdes, qui sont estimées objectivement par l'utilisateur de l'outil.
- des prises sollicitantes réalisées par les mains (prise pouce/index) en terme de force de préhension et de charges pour le système musculo-squelettique.

Ces critères sont appréciés quantitativement à chaque poste étudié grâce à des appareils de mesure (mesure de poids des objets ou outils qui sont portés ou tirés), mais les efforts de préhension ne sont pas tous mesurables par les outils dont dispose l'ergonome.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

Elles sont représentées par les postures incorrectes. Celles-ci sont recherchées par l'utilisateur au cours de l'étude ergonomique. Il n'y a pas de quantification. Elles sont donc évaluées subjectivement à partir de listes de postures à risques. Quelques mesures quantitatives peuvent être réalisées (goniomètres, mesures de torsion..) mais elles ne peuvent être réalisées pour chaque situation.

LA COTATION EST DONC : +.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANQUES

2.1. Les facteurs psychosociaux

Les facteurs de risque psychosociaux ne sont pas étudiés.

LA COTATION EST DONC : - .

2.2. Les facteurs environnementaux

Les vibrations, l'environnement thermique et l'organisation du poste de travail sont pris en compte.

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

Dans cet outil, on recherche la présence ou l'absence de situations à risque. Il n'y a pas d'étude quantitative ou d'attribution de score.

LA COTATION EST DONC : - .

4. VALIDATION DE L'OUTIL

Aucune validation n'est proposée par les auteurs..

LA COTATION EST DONC : - .

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

Les utilisateurs sont des experts.

LA COTATION EST DONC : ++.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

L'ergonome dispose d'appareil vidéo et d'instruments de mesures (échelles de forces, décamètre, goniomètre...).

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

La mise en œuvre est longue puisqu'elle passe par plusieurs étapes :

- première étape : identification du travail à étudier, description des travailleurs, organisation du travail, plan de rotation, outils, équipements, matériaux, description outil de travail...
- seconde étape : identification et évaluation de l'exposition aux facteurs de risque.

Le temps de mise en œuvre est de l'ordre d'une heure par poste étudié.

6. CONCLUSION

Cet outil s'insère dans une démarche ergonomique globale qui ne consiste pas seulement à identifier les facteurs de risque, mais aussi à développer des moyens pour les réduire jusqu'à un niveau acceptable. C'est une composante dans l'évaluation de l'outil qu'il convient de prendre en compte.



DEVELOPPEMENT ET VALIDATION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE POSTE SPECIFIQUE AU TRAVAIL REPETITIF - M. SAINT-VINCENT, D. CHICOINE, S. BEAUGRAND (1994)

Cet outil a été développé pour identifier les facteurs de risque de TMS et apporter des solutions. Il étudie principalement les postures pour différents segments de membre, l'intensité des efforts et les prises sollicitantes. Des déterminants des facteurs de risque biomécaniques sont répertoriés tels que les pressions mécaniques selon leur topographie, les types de vibration de l'outil, le froid... Ces facteurs sont étudiés pour chaque action répertoriée d'après un cycle de base.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANIQUES

1.1. La répétitivité

Elle n'est pas évaluée directement, cependant la durée de chaque action à l'intérieur d'un cycle de travail est enregistrée, ce qui peut permettre de déduire la répétitivité d'un cycle de travail.

LA COTATION EST DONC : -.

1.2. L'effort

On définit qualitativement la force estimée s'exerçant sur l'ensemble du membre supérieur (poignets, avant bras, épaules...) pour chaque action à partir de trois déterminants (oui, non, indéterminé). Et on évalue aussi le type de prise manuelle.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

Elles sont appréciées pour chaque action réalisée par les principaux segments corporels. On discrimine pour chaque segment de membre la présence d'un type de posture à risque (ex : flexion, extension, déviation radiale ou cubitale pour le poignet). On a donc une estimation qualitative des postures.

LA COTATION EST DONC : +.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANIQUES

2.1. Les facteurs psychosociaux

Les facteurs de risques psychosociaux ne sont pas étudiés.

LA COTATION EST DONC : -.

2.2. Les facteurs environnementaux

On prend en compte l'environnement du poste de travail (froid, vibration).

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

Les auteurs ne recherchent pas à attribuer un score global synthétisant l'ensemble des facteurs de risque, mais à repérer chaque action composant un cycle de travail et indiquer la présence ou non d'un ou plusieurs facteur(s) de risque biomécanique(s).

LA COTATION EST DONC : -.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

La validation a été réalisée en comparant les résultats obtenus entre les groupes non-experts et les groupes experts, en l'occurrence, deux chercheurs ergonomes. La cohérence était satisfaisante selon les auteurs.

LA COTATION EST DONC : Δ.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

L'outil a été développé essentiellement pour être utilisable par des personnes non formées en ergonomie. Des employés d'une entreprise ont reçu une sensibilisation à l'ergonomie. L'expérience s'est révélée concluante pour une utilisation correcte de la grille d'analyse.

LA COTATION EST DONC : -.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

Les outils utilisés sont simples : utilisation d'une grille d'analyse et de la vidéo.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Les auteurs estiment la durée nécessaire à l'analyse équivalente à 30 minutes par poste étudié.

6. CONCLUSION

Cet outil s'intègre dans une démarche ergonomique globale d'analyse du poste de travail. Le facteur de répétitivité manque de précision et semble moins prépondérant par rapport au facteur posture articulaire.

OWAS : A METHOD FOR THE EVALUATION OF POSTURAL LOAD DURING WORK (1992), KIVI P. ET COLL. (1991)

C'est un outil permettant de déterminer les postures de travail et d'évaluer leur charge musculo-squelettique. Dans un premier temps, on réalise une classification des postures de travail pour les bras, le dos et les jambes en fonction du temps. Puis, on évalue l'effort exercé et la répétitivité.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECANIQUES

1.1. La répétitivité

Elle est évaluée à travers le temps pris par une posture de travail à risque par rapport au temps de travail total. Les fréquences des postures de travail sont incorporées dans l'outil OWAS et leur proportion relative dans le temps total de travail est déterminée par l'observation.

LA COTATION EST DONC : +.

1.2. L'effort

Il est représenté par le poids ou la force supporté par le système musculo-squelettique avec des échelles déterminées en fonction du poids manipulé.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

Ce facteur est surtout étudié par OWAS. On réalise une classification des postures pour le dos, les bras et les jambes selon une échelle de risque. Pour chaque segment corporel, on sélectionne une valeur en fonction de la situation observée.

LA COTATION EST DONC : +.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECANIQUES

Les facteurs de risques psychosociaux et environnementaux ne sont pas étudiés.

LA COTATION EST DONC : -.

3. ÉVALUATION SYNTHÉTIQUE DU RISQUE

Un score global est attribué à partir d'une combinaison des quatre scores attribués pour les différentes parties du corps :

- dos,
- bras,
- jambes,

L'outil permet d'affirmer l'existence d'un risque à partir du score global et définit 4 niveaux d'intervention :

| Score | Catégories d'actions |
|-------|--|
| 1 | Posture de travail et combinaison de postures normales, charge sur le système musculo-squelettique acceptable : pas de correction. |
| 2 | Charge causée par les postures de travail susceptibles d'avoir un effet nuisible sur le système musculo-squelettique : mesures correctives nécessaires dans le futur proche. |
| 3 | Effet nuisible des postures de travail sur le système musculo-squelettique : mesures correctives à réaliser rapidement. |
| 4 | Effet très nuisible des postures de travail : mesures correctives à réaliser immédiatement. |

LA COTATION EST DONC : +.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

On retrouve une cohérence de résultats entre différents utilisateurs de même niveau de connaissance en ergonomie et de l'outil. De même, les résultats d'études refaites à des temps différents par les mêmes utilisateurs sont cohérents.

LA COTATION EST DONC : E ET T.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

L'outil requiert des compétences en ergonomie pour identifier les phases de travail, les postures à risque, l'évaluation des forces sollicitant les membres supérieurs et la durée des tâches à risque.

LA COTATION EST DONC : ++.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

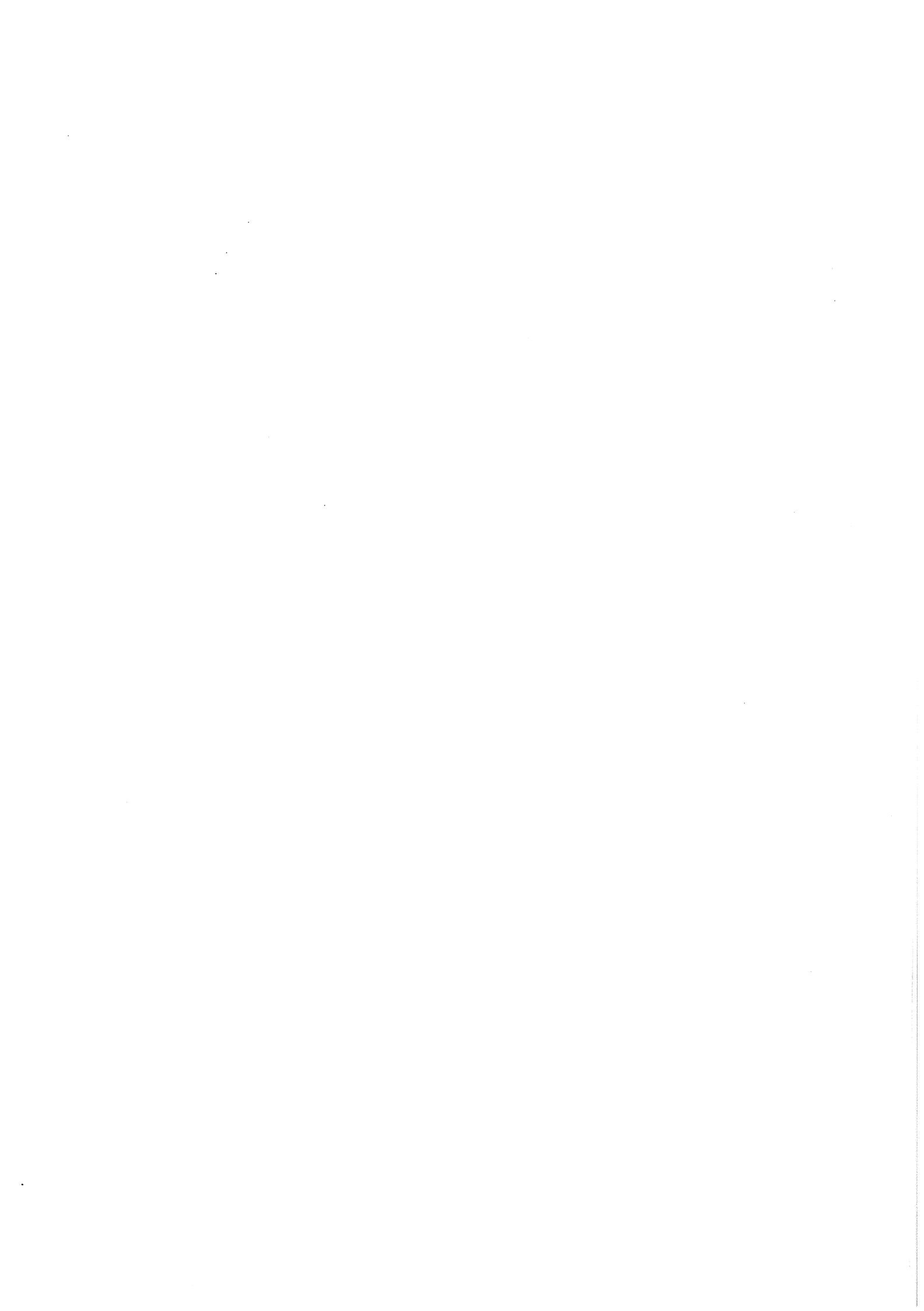
L'outil propose différentes grilles pour classer les postures et leur attribuer un score. On retrouve aussi un tableau pour combiner les scores de tous les facteurs de risque.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Il existe deux techniques d'observation directe. Lors d'une courte période d'observation, il faut réaliser des phases de repos de 30s ou 60s. Pour une phase d'observation de 20 à 40 min, il faut faire une phase de repos de 10 min entre chaque observation. En moyenne, l'exploitation de cette outil demande un investissement de temps de l'ordre d'une heure par poste.

6. CONCLUSION

Cet outil permet d'avoir une bonne connaissance des contraintes posturales ainsi que de la force exercée sans utiliser d'instrumentation. La notion de répétitivité est intégrée directement dans l'évaluation des scores de postures. Même si les évaluations restent qualitatives, les grilles présentées dans l'outil représentent un bon guide pour l'utilisateur et améliorent la pertinence de ses réponses.



REPETITIVE MOTIONS AND RSI - EXTENT OF THE PROBLEM AN INSTRUMENT FOR ASSESSMENT OF WORKPLACE - NIA (1995)

Cet outil est composé de 3 check-lists de complexité progressive. La première check-list est un questionnaire permettant de détecter les situations de travail comportant des gestes répétitifs. Il est utilisable par des experts et non-experts. La seconde check-list est un questionnaire plus fin permettant d'évaluer les risques de surcharge du fait des gestes répétitifs. La dernière check-list est un outil réservé aux experts. Enfin, les facteurs de risque étudiés sont essentiellement biomécaniques.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANQUES

1.1. La répétitivité

Dans cet outil, la répétitivité est appréciée de manière subjective par l'utilisateur mais également quantitativement (durée de la tâche). Un point est attribué aux réponses positives sans qu'il y ait de pondération des réponses dans le score final pour hiérarchiser l'importance d'un facteur de risque biomécanique par rapport à un autre.

La notion de répétitivité est explicitée à travers les notions de fréquence et de durée des tâches ou directement évoquée dans une des questions de la check-list.

LA COTATION EST DONC : +.

1.2. L'effort

L'effort est apprécié subjectivement par l'utilisateur. Il doit être comparé par rapport à la force maximale volontaire. Les efforts extrêmes sont ceux qui sont supérieures à 15% de la force maximale volontaire, ou ceux liés à des mouvements qui sont exécutés avec des accélérations importante.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

Les positions de membre et les amplitudes articulaires sont appréciés subjectivement par l'utilisateur.

LA COTATION EST DONC : +.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANIQUES

2.1. Les facteurs psychosociaux

Les facteurs de risque psychosociaux sont évoqués par deux items sur la possibilité de contrôle de la cadence de travail et sur l'existence d'un système poussant à la production.

LA COTATION EST DONC : +

2.2. Les facteurs environnementaux

La check-list prend aussi en compte les caractéristiques environnementales du lieu de travail (ambiance thermique, vibration des outils, port de gants).

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

Les réponses positives aux différentes questions sont simplement additionnées, déterminant un risque à partir d'un certain seuil. Il n'y a pas d'attribution de coefficient aux facteurs de risque biomécaniques selon leur importance. On obtient donc un score synthétisant l'ensemble des facteurs de risque étudiés.

L'outil représentée par la check-list n°3 se prononce pour l'existence d'un risque de développement de TMS à partir d'un certain nombre d'items cochés oui et qui font référence à des situations à risque.

| Score | Actions |
|---------------|---|
| Score < 3 | Le risque de surcharge est acceptable |
| 3 < score < 5 | Risque limite de surcharge, une amélioration est conseillée |
| Score > 5 | Travail à risque, il doit être amélioré |

LA COTATION EST DONC : +.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

On retrouve une phase de validation entre utilisateurs de niveaux différents en ergonomie et sur différents postes de travail.

LA COTATION EST DONC : Δ .

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

La compétence nécessaire pour utiliser cette outil est variable : de 'non expert' au 1^{er} questionnaire à 'expert' en ergonomie pour le 3^{ième} questionnaire, sachant que pour ce dernier des compétences en ergonomie sont requises pour attribuer une réponse positive sur la seule foi d'un jugement subjectif (exemple une posture par rapport à une position de référence).

LA COTATION EST DONC : DE – A ++.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

L'outil requiert juste l'observation de l'opérateur (la vidéo peut être utile) et l'usage de check-list en sélectionnant au mieux l'activité de travail sans la modifier (cycle de production, gestes d'un membre supérieur, posture...).

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

L'outil est rapide de mise en oeuvre, une fois le poste à évaluer repéré. Si l'expérimentateur est entraîné, il faut environ 10 minutes.

6. CONCLUSION

C'est un outil peu précis qui doit servir au dépistage et non à la transformation des postes de travail. La check-list est donc considérée comme un moyen d'identifier la présence éventuelle de risque.

THE USE OF CHECKLISTS FOR UPPER LIMB RISK ASSESSMENT - OSHA - B. SILVERSTEIN (1997)

L'objectif de cette check-list est de fournir un outil simple, sensible pour repérer les postes de travail à risque de TMS.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANIQUES

1.1. La répétitivité

La check-list permet d'indiquer la présence ou l'absence de cycles courts, c'est-à-dire des mouvements répétés toutes les 15 secondes. Si le facteur de répétitivité est présent, on lui attribue un score qui est pondéré en fonction de la durée d'exposition quotidienne.

LA COTATION EST DONC : +.

1.2. L'effort

La force est évaluée de manière qualitative selon trois critères :

- charge >5 kg.
- prise pouce/index avec poids >1 kg.
- doigts : force statique prolongeant la prise.

Si les forces exercées sont classées à deux reprises selon des poids d'objets maintenus (par exemple des prises en pince pouce/index pour la main), on effectue des classements subjectifs et qualitatifs.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

La cotation attribuée ici est réalisée de façon faussement quantitative. Les postures incorrectes sont définies pour les différentes articulations :

- Cou : flexion >20°.
- Epaule:
 - pas de charge statique supportée par l'épaule (bras non maintenu pendant les tâches de précision effectuées par les doigts).

- coude au dessus du milieu du torse.
- Bras :
 - rotation rapide de l'avant bras.
 - coude très fléchi.
- Poignet : flexion $>20^\circ$ ou extension $>30^\circ$.

LA COTATION EST DONC : +.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANIQUES

2.1. Les facteurs psychosociaux

Ils sont pris en compte dans cet outil au moyen d'une question et de plusieurs items (organisation du travail, absence de contrôle sur le rythme de travail, pauses insuffisantes).

LA COTATION EST : +.

2.2. Les facteurs environnementaux

Ils sont en partie inclus dans cette check-list :

- contrainte de contact (objets durs entrant en contact avec la peau, utilisation de la paume comme un marteau).
- vibration.
- environnement thermique.

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

L'utilisation de la liste consiste à poser des questions et à attribuer une valeur à chaque réponse en fonction de la situation. Le score total consiste à additionner les valeurs de chacune des réponses. Si le score obtenu est supérieur à 5, il existe un risque d'apparition de TMS. Une action de prévention est donc nécessaire.

LA COTATION EST DONC : +.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

On ne retrouve pas de validation dans l'article.

LA COTATION EST DONC : -.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

Cet outil demande un certain niveau de connaissances en ergonomie pour couvrir l'étude.

LA COTATION EST DONC : +.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

On dispose d'une check-list basée sur l'observation directe du travail.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Comme pour la plupart des check-lists, le recueil de données, l'attribution de coefficients et d'un score est de 10 minutes par poste.

6. CONCLUSION

C'est un outil utilisable rapidement et directement sur le terrain. Il fait parti d'un projet de norme sur les TMS aux Etats-Unis.

**A CHECKLIST FOR EVALUATING ERGONOMIC RISK FACTORS
ASSOCIATED WITH UPPER EXTREMITY CUMULATIVE TRAUMA
DISORDERS - W. KEYSERLING, D. STETSON, B. SILVERSTEIN,
M. BROUWER (1993)**

C'est un outil d'évaluation des facteurs de risque associés aux TMS du membre supérieur. Il est présenté sous forme de check-list, constituée d'une série de 18 questions (avec des réponses à choix multiples) réparties en cinq sections. Chaque question permet d'évaluer la présence et/ou la durée d'exposition à une contrainte.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECANIQUES

1.1. La répétitivité

La notion de répétitivité est définie de deux façons :

- le temps cycle de travail est inférieur ou égal à 30 secondes,
et/ou
- une tâche réalisée pendant plus de 50% du temps de travail est considérée comme répétitive.

La check-list propose de répondre de façon fermée à la présence ou non du facteur de risque répétitivité à travers les deux items cités ci-dessus. Dans l'outil de validation, l'expert établit une comparaison des résultats en utilisant la table de Stetson et coll. (1991). Il décompte le nombre total d'exercices réalisés par la main, par cycle de travail qui, multiplié par le nombre de cycles de travail réalisé pendant la journée de travail fournit une estimation de nature quantitative de la répétitivité.

| |
|---------------------------|
| LA COTATION EST DONC : +. |
|---------------------------|

1.2. L'effort

Le critère prend en compte la force exercée mais aussi les contraintes mécaniques (contact homme/objet). La force est définie par les facteurs qui conduisent à des actions de préhension, de traction ou de port de charge. La présence d'objets difficiles à prendre, l'utilisation de segment de membre comme outil et le port de gants peuvent augmenter le risque de TMS.

La check-list propose de répondre de façon fermée à la présence ou non de ce facteur de risque exprimé à travers plusieurs items pour le membre supérieur. La démarche est donc qualitative.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

La posture est définie, de façon qualitative, à l'aide de différents facteurs : saisie de l'objet en griffe, déviation du poignet, élément de rotation de l'avant bras, élément de torsion, coude mal positionné, vibrations issues des objets ou outils. La réponse est ici à trois déterminants :

- situation non existante.
- présence de temps en temps de la situation.
- présence du facteur plus du tiers du cycle de travail étudié.

LA COTATION EST DONC : +.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANIQUES

2.1. Les facteurs psychosociaux

Les facteurs de risque psychosociaux ne sont pas étudiés.

LA COTATION EST DONC : -.

2.2. Les facteurs environnementaux

On prend en compte l'équipement, les outils vibrants et l'environnement thermique.

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

L'outil est composé de deux séries de questions, l'une pour des experts et l'autre pour des non-experts. Ces questions permettent d'évaluer la présence et/ou la durée d'exposition à une contrainte particulière. Pour chaque question, on a trois type de réponses : 0, γ , * (cf. tableau ci dessous) . A la fin du questionnaire, on obtient un score total qui va définir le type d'action à réaliser :

| Score | Actions |
|----------|---|
| 0 | risque insignifiant |
| γ | existence d'une exposition modérée indiquant un risque potentiel de TMS |
| * | risque significatif de TMS |

C'est donc un outil de dépistage et on peut dénombrer les étoiles recensées pour considérer une tâche à haute priorité d'intervention. On dispose d'un outil pour dépister les postes de travail à risque mais cet outil est imprécis car les auteurs ne cachent pas qu'il peut détecter des faux positifs.

LA COTATION EST DONC : +.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

Cet outil a été validé en faisant une comparaison entre les résultats des non-experts et des experts.

LA COTATION EST DONC : Δ.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Compétences des utilisateurs

Des connaissances minimales sont indispensables pour constater l'existence de certains facteurs de risque et estimer leur durée par rapport au cycle de travail. Un programme d'entraînement d'une semaine a été suivi par les non-experts avant l'utilisation de la check-list.

LA COTATION EST DONC : +.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

Pour les non-experts : une check-list composée de 18 questions.

Pour les experts : une check-list composée de 18 questions, un outil d'évaluation de la fréquence et de la durée, un appareil vidéo.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Cet outil est caractérisé, selon les auteurs, par son extrême rapidité à dépister les postes à risque qui est de l'ordre de 10 minutes.

6. CONCLUSION

Cette check-list est présentée comme un outil sensible, rapide d'utilisation, pour identifier les postes exposés aux différents facteurs de risque de TMS. Le facteur de risque répétitivité est le facteur dominant de cette check-list.

PLIBEL : A METHOD ASSIGNED FOR THE IDENTIFICATION OF ERGONOMICS HAZARDS - K. KEMMLERT (1995)

PLIBEL est un outil d'identification des facteurs de risque de TMS. Il est composée d'une check-list de 14 questions relatives à la présence de facteurs de risque biomécaniques et ergonomiques. Les questions concernent cinq zones corporelles (pied, colonne..) classées dans un tableau.. La check-list relève simplement la présence ou non de facteurs de risque.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANIQUES

1.1. La répétitivité

Des questions font référence à la présence de facteurs de risque tels que le port répété de charges lourdes, des exercices manuels sollicitant répétés, la répétition des mêmes mouvements de travail.

LA COTATION EST DONC : +.

1.2. L'effort

Les questions portent sur l'importance du poids des outils ou des matériaux faisant référence indirectement à des forces excessives développées par l'opérateur.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

Les questions se rapportent à la présence ou non dans le travail de prises inadéquates de matériaux ou d'outils, de positions inconfortables des mains. Ces questions font référence à des amplitudes extrêmes des articulations du poignet ou des articulations de la main.

LA COTATION EST DONC : +.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANIQUES

2.1. Les facteurs psychosociaux

Ils ne sont pas pris en compte mais quelques questions se rapportent aux facteurs organisationnels, à l'espace de travail et au type d'outil utilisé.

LA COTATION EST DONC : +/-.

2.2. Les facteurs environnementaux

Voir 2.1.

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

Cette check-list ne répond pas véritablement à la question de savoir s'il existe un risque de développement de TMS. Elle constitue plutôt un recueil de présence ou non de facteurs de risque pour différents postes de travail. Il n'y a pas de synthèse du risque.

LA COTATION EST DONC : -.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

La validation a été réalisée par la comparaison des résultats obtenus entre différents utilisateurs de même niveau en ergonomie. La cohérence des résultats a été considérée comme satisfaisante.

LA COTATION EST DONC : E

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

Cet outil s'adresse à des experts pour reconnaître la présence de la plupart des facteurs de risque évoqués dans cette check-list.

LA COTATION EST DONC : ++.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

La check-list est basée sur l'observation directe des séquences de travail avec des questions également relatives à l'organisation du poste.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Comme la plupart des check-lists, le recueil est rapide (10 min). Cependant, il nécessite un certain entraînement.

6. CONCLUSION

Cet outil est rapide d'utilisation et orienté vers l'évaluation des facteurs de risque au poste de travail. Il est avant tout, une évaluation qualitative des conditions de travail qui s'adresse à des ergonomes.

REPETITIVE WORK OF THE UPPER EXTREMITY, GUIDELINES FOR THE PRACTITIONNER - A. KILBOM (1994, 1997)

L'outil proposé se présente comme un guide pour le praticien, incluant l'estimation de paramètres aisément observables ou mesurables au poste de travail. Cet outil est semi-quantitatif et intègre tous les facteurs de risque connus. L'évaluation se déroule en 3 étapes et propose de noter la présence à chaque étape de facteurs de risque. Les principaux sont la répétitivité et le taux de mouvements réalisés. Les facteurs tels que la force dynamique, la force statique et les postures extrêmes sont aussi pris en compte.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECANIQUES

1.1. La répétitivité

La notion de répétitivité est quantifiée à l'aide de trois critères :

- le temps de cycle est inférieur ou égal à 30 secondes.
- une tâche est répétée pendant plus de 50% du temps de cycle.
- le taux de répétitivité des mouvements ; son niveau d'acceptabilité est variable suivant l'articulation considérée :

| Articulation | Taux acceptable |
|------------------|-----------------------|
| Epaule | < 2.5 mvt / min |
| Coude et poignet | < 10 mvt / min |
| Main | < 100 à 200 mvt / min |

LA COTATION EST DONC : ++.

1.2. L'effort

On apprécie subjectivement la présence de forces statiques et dynamiques à l'aide de deux critères :

- bas / modéré.
- haut / très haut.

LA COTATION EST DONC : +.

1.3. Les amplitudes articulaires

On apprécie qualitativement la présence de postures extrêmes en distinguant 2 ordres de grandeur :

- bas / modéré.
- haut / très haut.

LA COTATION EST DONC : +.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANQUES

2.1. Les facteurs psychosociaux

Les facteurs de risques psychosociaux sont évalués. Ils prennent en compte la monotonie, le manque de contrôle sur la tâche...

LA COTATION EST DONC : +

2.2. Les facteurs environnementaux

Ils ne sont pas étudiés.

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

Le risque est présent si une réponse positive est faite dans les deux premières étapes et/ou une réponse positive à un seul ou plusieurs critères de l'étape 3.

LA COTATION EST DONC : +.

4. VALIDATION DE L'OUTIL

On ne retrouve pas de validation dans l'article.

LA COTATION EST DONC : -.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

L'outil requiert des compétences certaines en ergonomie dans la mesure où il est nécessaire de distinguer correctement et subjectivement la présence de facteurs biomécaniques, tels que les types de forces exercées sur le membre supérieur et de leur assigner un ordre de grandeur.

LA COTATION EST DONC : ++.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

On emploie l'enregistrement vidéo.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Il n'est pas précisé dans l'article mais peut être estimé à environ 15 minutes.

6. CONCLUSION

Cet outil a pour but d'identifier les postes répétitifs et de prévenir leurs conséquences. Il est rapide d'utilisation. L'auteur estime que la fréquence et la durée de travail répétitifs sont liés directement avec les problèmes de TMS. Les facteurs de force, les amplitudes articulaires et les postures statique et dynamique lui semblent secondaires.

A COMPUTERIZED METHOD FOR ASSESSMENT OF MUSCULOSKELETAL DISCOMFORT IN THE WORKFORCE : A TOOL FOR SURVEILLANCE - N. SALDANA ET COLL. (1994)

Cet outil est basé sur l'évaluation psychophysique des douleurs ressenties par l'opérateur, rapportées sur un schéma corporel présenté sur un écran. Cette transposition permet un recueil rapide des plaintes des opérateurs, en hiérarchisant les segments corporels atteints en fonction du niveau de plainte. Ce n'est pas une étude des facteurs de risque biomécaniques ou psychosociaux. En effet, ceux ci ne sont pas évalués.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECANIQUES

Les facteurs de risque biomécaniques ne sont pas pris en compte dans cet outil.

LA COTATION EST DONC : NON CONCERNE.

2. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECANIQUES

Les facteurs de risque non biomécaniques ne sont pas pris en compte dans cet outil

LA COTATION EST DONC : NON CONCERNE.

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

On ne retrouve aucune synthèse d'estimation des facteurs de risque. Cependant, le recueil d'intensité des plaintes permet de dépister les régions corporelles les plus sollicitées chez un grand nombre des opérateurs pour des postes de travail précis. En ce sens, on dépiste rapidement des postes de travail à risque sans estimer les facteurs de risque.

LA COTATION EST DONC :NON CONCERNE

4. VALIDATION DE L'OUTIL

Il ne saurait y avoir bien entendu de validation entre différents groupes d'utilisateurs puisque c'est l'opérateur qui est son propre analyste. En revanche, cet outil de recueil des

plaintes est dérivée du "Questionnaire Nordique" qui a été validé et traduit en français par l'INRS (cf. Kuorinka et coll., Document pour le Médecin du Travail, 1994, 58, 167-70.).

LA COTATION EST DONC :+.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

Aucune compétence n'est requise, sauf une utilisation correcte du logiciel. Celui-ci est conçu pour être facilement compréhensible pour la majorité des opérateurs. Cependant, l'utilisateur doit être un professionnel de la santé, voire un médecin du travail.

LA COTATION EST DONC : -.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

Ils se résument à l'ordinateur, un logiciel créé par les auteurs figurant le schéma corporel de face et de dos et l'échelle de Borg CR-10 (cotant de 0 à 10 le niveau de plainte, apprécié subjectivement par l'opérateur).

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

Il est d'une extrême rapidité et devrait durer moins de 10 minutes.

6. CONCLUSION

Cet outil évalue les plaintes des opérateurs. Il est donc très complémentaire des outils évaluant les facteurs de risque.

PLEIN LE DOS, PLEIN LES BRAS - CSST (1991)

Cet outil est avant tout un plan d'action destiné à sensibiliser les opérateurs aux problèmes de TMS susceptibles de les affecter au travail puis à les aider à choisir des pistes de prévention. L'opérateur est donc un acteur clé de la démarche. Il va tout d'abord identifier les signaux et les malaises qu'il ressent et les mettre en relation avec son corps. Ensuite, il fait un lien entre le malaise et les mouvements réalisés au poste de travail afin de cerner les contraintes. Enfin, il va essayer de trouver des mesures pour éliminer ces contraintes. Pour cela, l'opérateur a été sensibilisé sur les postures à risque et les mouvements répétitifs couramment rencontrés. Cet outil est donc plutôt un succédané de la démarche ergonomique qu'un moyen d'évaluation des facteurs de risque biomécaniques.

1. EVALUATION DES FACTEURS DE RISQUE BIOMECHANIQUES

Les opérateurs sont sensibilisés à la notion de répétitivité, mais on ne propose pas de système d'évaluation de ce facteur. Le facteur force n'est pas évalué. Il est d'ailleurs peu évoqué par rapport aux autres facteurs de risque biomécaniques. Les postures couramment considérées à risque élevé sont rappelées aux opérateurs (en particulier pour le poignet). Ceux-ci sont invités à les repérer lors de leur travail, mais il n'y a pas d'évaluation qualitative du facteur de risque à un poste de travail. Les facteurs de risque psychosociaux et environnementaux ne sont pas étudiés.

LA COTATION EST DONC : -

2. LES FACTEURS DE RISQUE NON BIOMECHANIQUES

Ils ne sont pas pris en compte explicitement par l'outil.

LA COTATION EST DONC : -

3. EVALUATION SYNTHETIQUE DU RISQUE

Ce plan d'action n'a pas pour objectif de déterminer s'il existe un risque de développement de TMS à un poste, mais d'identifier des symptômes pouvant être en rapport avec le travail.

LA COTATION EST DONC : -

4. VALIDATION DE L'OUTIL

On ne fait appel dans cet outil qu'aux perceptions des opérateurs, sans volonté de démontrer un risque de survenue de TMS à un poste de travail.

LA COTATION EST DONC : NON CONCERNE.

5. AUTRES CRITERES

5.1. Les compétences des utilisateurs

Ce plan d'action se destine aux personnes n'ayant aucune compétence en ergonomie.

LA COTATION EST DONC : -.

5.2. Description des moyens utilisés dans l'outil

Seul est nécessaire le schéma corporel pour identifier les zones corporelles concernées.

5.3. Temps de recueil et dépouillement des données

On ne peut parler de recueil et de dépouillement de données. En effet, l'opérateur doit s'interroger sur son état personnel et sur sa propre activité. Il va devoir porter un regard critique sur ceux-ci et faire une relation entre eux. Cette analyse de poste peut-être relativement longue car il est difficile de parler de son propre travail et d'émettre un avis sans le soutien d'une personne compétente en ergonomie.

6. CONCLUSION

Cet outil est d'abord une simplification de la démarche ergonomique. Il a été sélectionné, car il aide à faire le lien entre les douleurs ressenties par l'opérateur et le travail. Il peut-être un moyen d'identification de poste à risque et donc un point de départ pour une étude ergonomique plus complète. Cet outil permet notamment de montrer aux opérateurs que les douleurs ne sont pas toujours dues à des origines extra professionnelles.

ANNEXE 3 :

TABLEAU DE SYNTHÈSE DES OUTILS SIMPLES RETENUS

(légende cf. annexe 1)

| Outils | Facteurs biomécaniques | | de risque | | Facteurs Psycho sociaux | Évaluation synthétique du Risque | Validation de l'outil | Compétence des utilisateurs | Moyens de l'outil | Temps de recueil et de dépouillement |
|---|------------------------|--------|-----------|--------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|
| | Répeti. | Effort | Ampli art | risque | | | | | | |
| OUTILS "INCLASSABLES" | | | | | | | | | | |
| CSST (1991) | - | - | - | - | - | - | Non concerné | - | Schéma corporel | ? |
| SALDANA (1994) | NC | NC | NC | NC | NC | NC | + | - | évaluation des plaintes | 10 minutes |
| CHECK-LISTS | | | | | | | | | | |
| KEYSERLING (1993) | + | + | + | + | - | + | Δ | + | Check-list, Vidéo | 10 minutes |
| KEMMLERT (1995) | + | + | + | + | +/- | - | E | ++ | Check-list | 10 minutes |
| NIA (1995) | + | + | + | + | + | + | Δ | Dépend de la check-list utilisée | | 10 minutes |
| SILVERSTEIN (1997) | + | + | + | + | + | + | - | + | Check-list, Vidéo | 10 minutes |
| KILBOM (1997) | ++ | + | + | + | + | + | - | ++ | Check-list, Vidéo | 10 minutes |
| OUTILS INTEGRABLES DANS UNE DEMARCHE ERGONOMIQUE | | | | | | | | | | |
| KEYSERLING (1991) | ++ | + | + | + | - | - | - | ++ | Vidéo, compteur échelles psychophysiques. | > 1h. |
| WESTON (1996) | ++ | + | + | + | - | + | T | + | Grille d'analyse, Vidéo, échelles psychophysiques | 12 à 20 minutes |
| LATKO (1997) | + | + | + | + | - | - | T | + | Vidéo, échelles psychophysiques | 30 à 60 minutes |
| MOORE (1995) | ++ | + | ++ | ++ | - | + | E | ++ | Grille, vidéo, compteur, calcul | < 1h. |
| OCCHIPINTI (1996) | ++ | + | + | + | - | + | - | ++ | Vidéo, échelles psychophysiques etc. | 1 h. |
| OWAS (1992) | + | + | + | + | - | + | E et T | ++ | Grille d'analyse | 20 à 40 minutes |
| MC ATAMNEY (1993) | + | + | ++ | ++ | - | + | Δ | + | Grille, score, vidéo observation | 30 minutes à 1h. |
| STETSON (1991) | + | + | + | + | - | - | E | ++ | Grille d'analyse, Vidéo | 5 à 15 minutes |
| STVINCENT (1994) | - | + | + | + | - | - | Δ | - | Grille d'analyse, Vidéo | 30 minutes |