

# Stratégie d'évaluation progressive du risque de troubles musculosquelettiques des membres supérieurs

Jacques MALCHAIRE et Bart INDESTEEGE

Unité Hygiène et Physiologie du Travail, Université catholique de Louvain,  
Clos Chapelle-aux-Champs, 30-38, 1200 Bruxelles

## RESUME

L'article présente une stratégie en trois étapes pour l'évaluation progressive du risque de troubles musculosquelettiques du membre supérieur. L'objectif est d'apporter des solutions aux problèmes rencontrés et non pas seulement de déterminer l'exposition aux facteurs de risque. La méthode comprend successivement:

- l'étape d'**Observation**, où les contraintes principales sont identifiées, les zones à risque repérées et les premières mesures de prévention ou d'amélioration prises par les personnes du terrain;
- l'étape d'**Analyse**, où des ergonomes, médecins du travail, responsables de sécurité, préventeurs étudient plus en détails certaines opérations spécifiques pour lesquelles des solutions immédiates ne pouvaient pas être trouvées;
- l'étape d'**Expertise**, où interviennent des spécialistes possédant les compétences et l'instrumentation nécessaires pour investiguer des situations exceptionnelles et rechercher les mesures spéciales d'amélioration.

## SAMENVATTING

Dit artikel presenteert een strategie in drie fasen voor de progressieve evaluatie van het risico op musculoskeletale letsels van de bovenste ledematen. Het doel van deze strategie is om oplossingen te geven om hieraan werkelijk te verhelpen en niet slechts de blootstelling aan de risicofactoren te bepalen. De methode geeft achtereenvolgens:

- de **Opsporingsfase**, waar de voornaamste belasting geïdentificeerd wordt, de risicozones van het bovenste lidmaat bepaald worden en de eerste maatregelen ter preventie of verbetering worden getroffen door de practicus;
- de **Analysefase**, waar ergonomen, arbeidsgeneesheren, veiligheidsverantwoordelijken en preventie adviseurs meer in detail specifieke handelingen bestuderen voor dewelke geen onmiddellijke oplossingen konden gevonden worden;
- de **Expertisefase**, waar beroep gedaan wordt op specialisten die beschikken over de bekwaamheden en de nodige instrumenten om uitzonderlijke situaties te bestuderen en speciale verbeteringsmaatregelen te zoeken.

## ABSTRACT

This paper describes a strategy in three steps for the progressive evaluation of the risk of musculoskeletal disorders of the upper limbs. The objective is to find solutions to the problems encountered and not only to characterise the exposure to risk factors. The strategy includes successively:

- an **Observation** step, where the main constraints and the body areas that are concerned are identified and the first prevention and control measures are taken by the people directly responsible for the working conditions;
- an **Analysis** step, where ergonomists, occupational physicians, safety engineers and preventors are studying into more details some specific operations for which immediate solutions could not be found;
- an **Expertise** step by specialists, with the knowledge and the instrumentation required to investigate especially complex situations, in order to optimise sophisticated control measures.

## INTRODUCTION

De nombreuses méthodes ont été décrites dans la littérature pour évaluer le risque de troubles musculosquelettiques (TMS) des membres supérieurs. Il s'agit de listes de contrôle [7, 8, 21, 22], d'échelles d'évaluation [15, 21, 23], de techniques d'observation [1, 3, 6, 9, 19, 23, 24], voire de mesurage très sophistiquées [12, 14, 18, 20]. Ces méthodes d'investigation ont d'habitude été développées et publiées par des spécialistes cherchant à apporter aux gens du terrain ce qu'ils considèrent nécessaire pour pouvoir évaluer correctement les risques rencontrés au poste de travail.

Deux critiques fondamentales peuvent être formulées concernant ces approches:

- elles ne correspondent pas d'habitude aux compétences ni aux possibilités techniques et temporelles des personnes ayant à analyser ces conditions de travail dans les entreprises;
- l'objectif de ces dernières personnes n'est pas d'évaluer le risque comme les scientifiques doivent le faire lors d'études épidémiologiques, mais de collecter les informations nécessaires pour améliorer les conditions de travail et, si possible, éviter les problèmes.

Les personnes responsables de la prévention des risques dans l'industrie n'ont donc pas nécessairement besoin de méthodes définissant un indice global de contrainte, mais, au contraire, d'une procédure permettant de rassembler l'information progressivement, dans la mesure où elle est nécessaire pour définir les mesures d'amélioration adéquates.

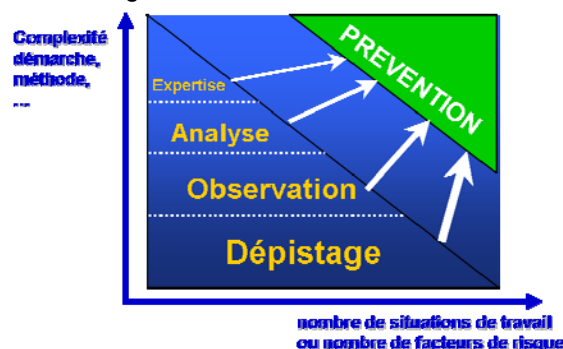
Un ouvrage, préparé par les auteurs du présent article, a été publié par l'Institut National de Recherche sur les Conditions de Travail [11]. Il propose une procédure en trois étapes, de complexité et de précision croissantes, susceptible d'être utilisée par des personnes différentes avec des niveaux de compétence différents, pour reconnaître, évaluer et quantifier les risques de troubles musculosquelettiques du membre supérieur et surtout identifier les mesures correctrices ou préventives les plus adéquates. Le présent article souhaite présenter brièvement cette procédure.

## DESCRIPTION DE LA PROCEDURE

Cette démarche correspond aux étapes II à IV, Observation, Analyse et Expertise, décrites dans un premier article consacré à la stratégie générale de prévention des risques [13]. Il est donc postulé qu'au départ, à partir des plaintes ou des troubles présentés par les travailleurs, ou, de préférence, par un survol rapide de la situation de travail, il a été décidé d'étudier de plus près les risques de TMS des membres supérieurs et de rechercher tous les moyens pour éviter ces risques et rendre le travail le moins pénible possible. L'étape d'Observation est alors entamée par les préventeurs, le plus souvent internes à l'entreprise, connaissant particulièrement bien les situations de travail. S'ils ne peuvent apporter les solutions de prévention suffisantes, l'assistance de préventeurs plus spécialisés est recherchée et une Analyse plus approfondie est conduite. Si cette Analyse ne permet toujours pas de trouver les solutions nécessaires, l'assistance complémentaire de spécialistes est requise pour une Expertise très pointue, en espérant qu'elle puisse déterminer les solutions de prévention définitives.

La démarche obéit donc au modèle décrit par la figure 1, contrastant le nombre de situations de travail à analyser, avec la profondeur de l'étude requise pour la détermination des mesures de prévention.

Figure 1: Schéma de la démarche



Les trois étapes sont brièvement décrites ci-dessous:

### ***Etape d'Observation***

La méthode doit être simple à utiliser sur le terrain par les préventeurs en santé au travail, sans formation spécifique concernant les troubles musculosquelettiques (TMS). Elle doit être rapide, de manière à être utilisée systématiquement aussitôt que le risque de TMS est suspecté. Elle doit être enfin peu coûteuse pour les mêmes raisons.

L'objectif principal est de déterminer:

- d'une part, si le problème existe déjà, les caractéristiques de la population des travailleurs, leur histoire de TMS et leurs caractéristiques psychosociales principales. Un questionnaire général a été développé à cet égard, comprenant cinquante questions. Le questionnaire scandinave y est utilisé pour déterminer les prévalences de plaintes dans les régions de la nuque et des membres supérieurs [10]
- d'autre part, la ou les zones anatomiques du membre supérieur où des troubles musculosquelettiques risquent de se développer et les facteurs de risque qui en seraient responsables: forces, angulations, répétitivité, vibrations, vitesses de mouvement, etc. . . Une liste de contrôle a été développée à cette intention. Elle est basée essentiellement sur une proposition formulée par Keyserling et coll. [7]

Cette liste de contrôle comprend 24 items dont 8 concernent les postures adoptées au cours du travail: déviations, rotations, torsions, types de prises; 6, les forces mises en jeu; 2, la répétition des gestes; 8, différents facteurs susceptibles d'interférer, tels que la taille des poignées, la présence de vibrations, l'utilisation de gants, le froid, . . .

Cet outil reprend les principaux aspects des conditions de travail à examiner pour prévenir les TMS. Aucune limite n'est précisée à ce stade, la situation optimale étant celle requérant le moins de rotations, de torsions, de force, . . .

La liste de contrôle est utilisée également pour déterminer la région - parmi les 7: la nuque, les deux épaules, les coudes ou les poignets/mains - où les TMS pourraient apparaître. A cette fin, l'observateur, avec les travailleurs, est invité à juger si l'item survient *jamais*, *parfois*, *souvent* (c. à d. plus du tiers du temps) ou *toujours*, dans les régions concernées par cet item. A cette occasion, il est appelé à réfléchir avec le personnel aux raisons de cette situation et de cette fréquence et à envisager comment éviter cette situation ou en réduire la survenue.

En fin d'observation, le comptage des items défavorables survenant *souvent* ou *toujours* permet de situer les problèmes (quelle région corporelle ?) et de déterminer l'urgence avec laquelle des solutions - et éventuellement une **Analyse** plus fouillée - est nécessaire.

A l'inverse de méthodes décrites dans la littérature [17], dont les méthodes RULA [15] et REBA [16] bien connues, aucune globalisation des résultats n'est tentée, l'accent étant bien mis sur la prévention qui requière une vision analytique du problème, plutôt que sur l'épidémiologie qui requière, quant à elle, une évaluation plus d'ensemble .

### ***Etape d'Analyse***

Certaines améliorations des conditions de travail peuvent être définies déjà à partir des simples observations réalisées au cours de l'étape décrite ci-dessus. Dans certains cas, cependant, la tâche requiert une combinaison de postures et d'efforts telle qu'il n'est pas possible d'identifier d'emblée les gestes et opérations à risque. Une analyse plus approfondie est alors nécessaire, orientée vers la zone corporelle reconnue, lors de l'étape précédente, comme susceptible de souffrir de TMS. Cette méthode d'Analyse doit cependant rester assez simple et basée essentiellement sur des observations. Elle devra donner une indication semi-quantitative du risque rencontré.

La méthode proposée est une adaptation de la méthode OWAS [5]. A cette fin, le travail est filmé en vidéo pendant une période représentative, en focalisant sur la zone corporelle à laquelle il a été déterminé qu'il fallait s'intéresser en priorité. Il s'agit la plupart du temps de filmer le travail sous un angle de 70° par rapport au plan frontal (demi profil), de manière à distinguer le mieux possible les mouvements dans les trois dimensions.

L'enregistrement est ensuite rejoué et, à intervalles réguliers, 100 images instantanées sont observées et la posture de la zone corporelle étudiée est comparée à un ensemble de postures de référence définies dans la littérature. Il s'agit:

- pour la nuque [9]:
  1. flexion, position neutre ou extension frontale;
  2. flexion latérale gauche ou droite ou position neutre;

3. rotation gauche ou droite ou position neutre.
- pour les épaules [15]:
    1. extension extrême ( $>20^\circ$ ), position neutre ( $-20$  à  $+20^\circ$ ), ou flexion légère ( $<45^\circ$ ), moyenne ( $<90^\circ$ ) ou extrême ( $>90^\circ$ );
    2. adduction ( $>20^\circ$ ), position neutre ( $-20$  à  $+20^\circ$ ), ou abduction légère ( $<45^\circ$ ), moyenne ( $<90^\circ$ ) ou extrême ( $>90^\circ$ ) dans le plan vertical et dans le plan horizontal;
    3. rotation interne, position neutre, ou rotation externe.
  - pour les coudes [4]:
    1. flexion nulle ( $<20^\circ$ ), légère ( $<60^\circ$ ), moyenne ( $<100^\circ$ ) ou extrême ( $>100^\circ$ );
    2. pronation extrême, position neutre, ou supination extrême.
  - pour les poignets/main [1, 19]:
    1. extension extrême ( $>45^\circ$ ), position neutre, ou flexion extrême ( $>45^\circ$ );
    2. déviation radiale extrême, position neutre, ou déviation cubitale extrême;
    3. type de prises utilisées.

L'hypothèse fondamentale, empruntée à la méthode OWAS, est que, si la phase enregistrée est représentative du travail habituel, les distributions de postures observées à partir des 100 images sont représentatives des distributions au cours du travail. A titre d'exemple, le pourcentage total du temps passé avec la main en flexion extrême est donc estimé égal au nombre d'images où cette position est relevée.

Cette analyse peut être menée globalement sur la phase d'enregistrement, mais de préférence, en distinguant quelques opérations élémentaires, afin de mieux identifier les composantes de la tâche posant problème.

L'analyse des enregistrements vidéo décrite ci-dessus, ne permet pas l'évaluation des forces mises en jeu par les épaules, les coudes ou les poignets/mains. L'observation en est peu possible et peu fiable et les mesurages des poids manipulés ne donnent pas nécessairement d'indications sur les efforts réels. Aussi la force est-elle évaluée sur base de l'opinion des travailleurs exprimée suivant l'échelle de Borg pour chaque opération élémentaire [2]: (1: effort nul, 2: faible, 5: fort, . . .).

La table 1 donne un exemple des résultats obtenus pour le poignet/main dans le cas d'un travail comprenant 5 opérations différentes. Les résultats peuvent être interprétés en comparant le pourcentage du temps à chaque niveau de contrainte avec des valeurs seuils recommandées dans la littérature.

Table 1: Exemple de résultats de l'Analyse (étape 2)

	OPERATIONS					Global 100	Limite
	1	2	3	4	5		
Durée (% temps)	20	22	14	20	24	100	
Angles: Flexion $>45^\circ$	12	7	10	9	43	17	25%
Extension $>45^\circ$	23	33	19	6	36	24	25%
Déviation radiale	9	6	10	3	29	12	25%
Déviation cubitale	42	17	28	14	11	21	25%
Préhension: Digitale	49	11	46	17	62	37	
Palmaire	26	16	39	28	4	21	
Marteau hypothénar	0	0	0	0	36	9	
Force (Echelle de BORG)	3	4	2	5	7	4.5	

Dans cet exemple, la situation paraît globalement acceptable quant aux angulations, puisque moins de 25% du temps sont passés dans les positions extrêmes séparément. Cependant l'opération 5, qui dure 24% du temps total de travail, paraît non optimale avec près de 90% du temps passé soit en flexion extrême, soit en extension extrême. Il en est de même pour les déviations cubitales lors de l'opération 1 et les extensions lors de l'opération 2. Le nombre de prises digitales paraît également important lors des opérations 1 et 5 et l'utilisation fréquente du marteau hypothénar lors de l'opération 5 doit être éliminée. Aucune valeur limite n'a été proposée pour ces items. Enfin, le niveau de force moyen de 4,5 est trop important: les opérations 4 et 5 en sont principalement responsables.

Il est clair que cette **Analyse** requiert une compétence supplémentaire de la part de l'utilisateur. Elle prend plus de temps et est plus coûteuse. Elle se justifie donc seulement dans les cas où des solutions ne peuvent pas être trouvées directement. Elle sera d'habitude pratiquée par des ergonomes ou d'autres préventeurs jouissant d'une formation particulière concernant les troubles musculosquelettiques du membre supérieur.

### **Etape d'Expertise**

A nouveau, pour certaines conditions de travail particulièrement compliquées, des méthodes d'investigation plus techniques peuvent être requises afin de déterminer les solutions les plus adéquates. C'est le cas, par exemple, de certaines chaînes d'assemblage où le travail est à ce point rapide et complexe que la méthode par analyse vidéo décrite ci-dessus ne permet toujours pas de mettre en évidence les gestes à améliorer.

La méthode d'investigation est basée, cette fois, sur des mesurages directs des angles, de l'activité électromyographique des fléchisseurs des doigts ou des poignets et des vitesses de mouvements, au moyen de capteurs et d'enregistreurs particulièrement sophistiqués et coûteux, portés par un échantillon de travailleurs durant des périodes de travail représentatives.

Les résultats sont exprimés en termes de valeurs moyennes de ces paramètres et/ou de pourcentages du temps pendant lesquels les valeurs seuils d'angulation, de force, etc. . . sont dépassées.

Il est important, à nouveau, d'insister sur le fait que le but principal n'est pas d'arriver à une estimation quantitative du risque en lui-même, mais d'identifier analytiquement les mouvements, postures et opérations qui posent le plus de problèmes et qui donc nécessitent des améliorations. Il s'agira essentiellement, non pas de calculer des valeurs statistiques, mais d'identifier un geste, une posture ou un effort particulier et de déterminer comment modifier l'organisation et le poste de travail de manière à éliminer cette situation dangereuse.

La réalisation de cette Expertise requiert une formation très spécialisée pour la collecte des données, l'utilisation de l'équipement et l'interprétation des résultats. Elle ne pourra en général être pratiquée que par des spécialistes.

### **CONCLUSION**

La stratégie proposée doit permettre d'organiser la surveillance des conditions de travail et la prévention des troubles musculosquelettiques du membre supérieur de manière plus efficiente. Elle a l'avantage de situer les différents intervenants en cascade en fonction de leur compétence et de la difficulté du problème. Elle se base principalement sur les préventeurs d'entreprises pour conduire l'étape d'Observation: interviewer les travailleurs, enregistrer leurs plaintes, déterminer les zones des membres supérieurs les plus à risque et trouver les solutions les plus immédiates. Lorsque cette étape n'est pas suffisante, des ergonomes ou des personnes ayant une formation plus spécialisée sont requises pour Analyser les conditions de travail plus finement, enregistrer le temps passé à différents niveaux de contrainte et formuler des suggestions d'amélioration. Enfin, dans certains cas particulièrement compliqués, l'intervention de spécialistes est nécessaire pour la réalisation d'études d'Expertise permettant de mettre en évidence des situations à risque plus subtiles.

Cette stratégie ne vise pas à cloisonner les différents préventeurs à un certain niveau d'intervention exclusif. Elle n'établit pas de hiérarchie de valeur entre les trois étapes d'investigation, ou alors, elle favoriserait plutôt l'étape d'Observation réalisée par des préventeurs du terrain, en étroite collaboration avec les travailleurs et les services techniques des entreprises. Elle propose une structure de coordination des différents préventeurs basée sur leurs compétences respectives, du généraliste possédant la compétence du terrain (globalisation des problèmes, participation des travailleurs et de l'encadrement), aux spécialistes jouissant souvent d'une compétence très pointue mais exclusive sur certaines méthodologies d'investigation.

### **REFERENCES**

1. Armstrong T. J. , Foulke A. J. , Joseph S. B. e. a. . *Investigation of cumulative trauma disorders in a poultry processing plant. American Industrial Hygiene Association Journal* 43, 2, 103-116, 1982.
2. Borg G. *Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* 16, 55-58, 1990.
3. Fransson-Hall C. , Gloria R. , Kilböm A. , e. a. *A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling. Applied Ergonomics* 26, 2, 93-100, 1995.
4. Grandjean E. *Fitting the task to the man. Taylor & Francis, 1988.*
5. Karku O. , Kansu P. , Kuorinka I. *Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. Applied Ergonomics* 8, 4, 199-201, 1977.

6. Keyserling W. M. *Postural analysis of the trunk and shoulders in simulated real time. Ergonomics* 29, 4, 569-583, 1986.
7. Keyserling W. M. , Stetson D. S. , Silverstein B. A. , e. a. *A checklist for evaluating ergonomic risk factors associated with upper extremity cumulative trauma disorders. Ergonomics* 36, 7, 807-831, 1993.
8. Kilböm A. Repetitive work of the upper extremity: Guidelines for the practitioner. In: Proceedings of the 13th triennial congress of the International Ergonomics Association. Tampere, Finland, 4, 66-68, 1997.
9. Kilböm A. , Persson I. , Jonsson B. G. Risk factors for work related disorders of the neck and shoulder with special emphasis on working postures and movements. In: Corlett E. M. , Wilson J. R. , Manenica J. (eds) *The ergonomics of working posture*. Taylor and Francis, 1986.
10. Kuorinka I. , Jonsson B. , Kilböm A. , e. a. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics* 18, 3, 233-237, 1987.
11. Malchaire J. , Indesteege B. *Troubles musculosquelettiques - analyse du risque*. Institut de Recherche sur les Conditions de Travail, 1990.
12. Malchaire J. , Cock N. , Robert A. Prevalence of musculoskeletal disorders at the wrist as a function of angles, forces, repetitiveness and movement velocities. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 22, 176-181, 1996.
13. Malchaire J. *Stratégie générale de prévention des risques professionnels. Médecine du travail & ergonomie*, 1998.
14. Marras W. S. , Schoenmarklin R. W. Wrist motions and CTD risk in industrial and service environments. In: Quéinnec Y. and Daniellou F. (eds) *Designing for everyone. Proceedings of the 11th Congress of the International Ergonomics Association*. 36-38, 1991.
15. Mcatamney L. , Corlett E. N. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* 24, 2, 91-99, 1993.
16. Mcatamney L. , Hignett S. REBA: a rapid entire body assessment method for investigating work related musculoskeletal disorders. *Proceedings, Ergonomics Society of Australia, Adelaide*. 45-51, 1995.
17. Moore S. , Garg A. The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 56, 5, 443-458, 1995.
18. Pichene A. Quantification des facteurs de risque biomécaniques du syndrome du canal carpien. *Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 130, 1995.
19. Punnet L. , Keyserling W. M. Exposure to ergonomic stressors in the garment industry: application and critique of job-site work analysis methods. *Ergonomics* 30, 7, 1099-1116, 1987.
20. Ranaivosoa A. , Loslever P. , Cnockaert J. C. Analyse des mouvements du poignet et des forces musculaires de préhension au poste de travail II. Application à des postes générateurs du syndrome du canal carpien. *Le Travail Humain*. 55, 3, 291-306, 1992.
21. Rodgers S. H. A functional job analysis technique. In: Moore J. S. , Garg A. (eds) *Ergonomics: Low-back pain, carpal tunnel syndrome, and upper extremity disorders in the workplace. State of the Art Review*. 7, 4, 679-711, 1992.
22. Silverstein B. The use of checklists for upper limb risk assessment. In: Proceedings of the 13th triennial congress of the International Ergonomics Association. Tampere, Finland. 4, 109-111, 1997.
23. Stetson D. A. , Keyserling W. M. , Silverstein B. A. , e. a. Observational analysis of the hand and wrist: a pilot study. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 6, 11, 927-937, 1991.
24. Weston R. L. , Freivalds A. Development and validation of a CTD risk index. In: Proceedings of the 13th triennial congress of the International Ergonomics Association. Tampere, Finland 4, 123-125, 1997.