

Erreur ! Signet non défini. Université catholique de Louvain Erreur ! Signet non défini. Centre de Médecine et Hygiène du Travail et



Erreur ! Signet non défini. de l'Environnement
Erreur ! Signet non défini. Unité Hygiène et Physiologie du Travail
Erreur ! Signet non défini. Professeur J. Malchaire

PROBLEMES MUSCULO-SQUELETTIQUES DU POIGNET

Convention n° 7280/04/053

Responsable: Professeur J. Malchaire

R A P P O R T F I N A L

Clos Chapelle-aux-Champs 30-38, B - 1200 BRUXELLES
Tél. 02/764.32.29 - Fax 02/764.39.54 - Email Malchaire@ucl.hytr.ac.be

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I - INTRODUCTION	1
CHAPITRE II - METHODOLOGIE GENERALE	4
I. POPULATION	4
II. PROTOCOLE DE RECHERCHE	5
A. Le questionnaire	5
B. L'examen clinique	7
1. La nuque	8
2. Le défilé thoracique	8
3. Les épaules	9
4. Les coudes	10
5. Les poignets	10
C. Les tests fonctionnels	12
1. Mesurage de la force de préhension	12
2. Mesurage des angulations du poignet	13
3. Mesurage du seuil de perception des vibrations	13
4. Mesurage du temps de latence moteur	15
5. Mesurage de la sensibilité à la pression	16
D. Organisation générale de la recherche	17
III. ANALYSE DE POSTE	18
A. Les capteurs	18
B. La chaîne d'acquisition du signal	19
C. Le déroulement des analyses de poste	20
D. Analyse des données et détermination des paramètres d'analyse de poste.	21
IV. TRAITEMENT DES DONNEES	23
CHAPITRE III - ETUDE TRANSVERSALE	25
I. POPULATION	25
II. LES AFFECTIONS MUSCULO-SQUELETTIQUES	30

A. Prévalences et caractéristiques des TMS	30	
B. TMS et facteurs associés	32	
C. Prévalences de TMS détectés à l'examen clinique	33	
III. LES TESTS FONCTIONNELS	35	
A. Statistiques descriptives	35	
B. Relation avec les plaintes aux poignets	39	
C. Relations entre les résultats des tests et les données personnelles	40	
IV. ANALYSE DES FACTEURS ASSOCIES AUX PLAINTES MUSCULO-		SQUELET
V. DISCUSSION	49	
CHAPITRE IV - ETUDE PROSPECTIVE	54	
I. INCIDENCES	54	
A. Bilan de l'effectif	54	
B. Incidences de plaintes tirées du questionnaire	54	
C. Incidences pour l'examen clinique	56	
II. CORRELATIONS ENTRE PARAMETRES	57	
A. Corrélacion entre résultats des tests fonctionnels et paramètres personnels	57	
B. Corrélacion entre résultats des tests sensoriels et fonctionnels	58	
C. Analyse de corrélation des résultats de l'analyse de poste	60	
III. RESULTATS DESCRIPTIFS DE L'ANALYSE DE POSTE	63	
IV. ANALYSES LOGISTIQUES MULTIVARIEES	65	
A. Précisions de méthodologie	65	
B. Analyse logistique multivariée sur les données du questionnaire	66	
C. Contribution des caractéristiques fonctionnelles	67	
1. Insertion isolée des paramètres	67	
2. Insertion groupée de paramètres	70	

D. Contribution des analyses de poste	71
1. Analyses univariées	71
2. Analyses multivariées	71
a. Les indicateurs de répétitivité	72
b. Les variables d'intensité	73
c. Les variables de durée	73
d. Les variables d'intensité et les interactions	73
e. Les variables de durée et les interactions	74
CHAPITRE V - DISCUSSION	76
I. METHODOLOGIE	77
A. Objet de l'étude	77
B. Choix des méthodes d'évaluation des conditions de travail	77
1. Le facteur de force	78
2. Les amplitudes angulaires	81
3. Les vitesses de mouvement	82
4. La répétitivité	82
C. Evaluation des facteurs associés	84
D. Mesurage des capacités fonctionnelles et sensorielles	84
1. Les angulations maximales	85
2. La force maximale de préhension	85
3. Les capacités sensorielles	85
4. La conduction nerveuse	87
II. RESULTATS	88
A. Incidences	88
B. Facteurs personnels	88
1. L'âge	89
2. Le poids	89
3. L'alcool	90
4. Les hobbies	90
5. Les facteurs psychosociaux	90

C. Les tests	91
1. Relation entre les tests et les futurs TMS	91
2. Pourquoi cette absence de relation?	92
D. Analyses de poste	93
III. CONCLUSIONS	95
BIBLIOGRAPHIE	98

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Les pathologies musculo-squelettiques constituent un ensemble d'affections auxquelles le médecin du travail est de plus en plus confronté. Ce terme générique comporte en premier lieu les dorsalgies avec, principalement, les lombalgies. Cependant, ces dernières années, une abondante littérature scientifique rapportant des études épidémiologiques a suggéré une augmentation considérable des prévalences de troubles localisés au niveau de la nuque et des membres supérieurs.

Témoin de la complexité de ce domaine et de la difficulté de le cerner, une multitude d'appellations est apparue: U.L.D. (upper limb disorders), dénomination basée sur la localisation (membres supérieurs) et une indication relativement vague concernant l'aspect de santé; C.T.D. (cumulative trauma disorders), basé sur une notion de facteur causal mécanique et sur l'aspect non seulement de répétition mais encore de cumul de lésions; R.S.I. (repetitive strain injuries) basé sur la notion d'accident, généralement mieux appréhendée du point de vue physiopathologique; T.M.S. (troubles musculo-squelettiques) reposant sur un concept pathologique très vague, "troubles", ainsi que sur une mention de la diversité des structures histologiques atteintes. Dans le cadre de cette recherche, nous avons adopté la définition proposée par Kroemer [1989] concernant les troubles des membres supérieurs en général: *"a collective term for syndromes characterised by discomfort, impairment, disability or persistent pain in joints, muscles, tendons and other soft tissues, with or without physical manifestations, including tenosynovitis, ganglionic cysts, carpal tunnel syndromes, ..."*

Au-delà de ces constatations et de l'évocation de certains facteurs professionnels quant à leur rôle potentiel dans l'apparition de ces troubles, très peu d'études démontrent de manière incontestable, et encore n'est-ce le cas que pour le poignet, une association entre les troubles localisés à ce niveau anatomique et les facteurs de force, répétitivité et amplitude angulaire [Stock 1991].

Le poids relatif de chacun de ces facteurs en tant que risque de développer un trouble a été abordé: pour Silverstein et coll. [1986, 1987], la pondération de la force et de la répétitivité dépend de l'affection particulière ciblée (les troubles des poignets en général ou le

syndrome du canal carpien en particulier). La quantification univoque de chaque facteur de risque n'a donc pas été établie.

Des études portant sur les prédicteurs du syndrome du canal carpien ont montré [Marras et Schoenmarklin 1991, 1993] le rôle prépondérant des vitesses et accélérations dans le plan de flexion-extension. Les forces n'ont toutefois pas été prises en compte dans ces analyses.

Finalement, des approches expérimentales [Lin et coll. 1994] documentent la contribution relative de la force, de la fréquence et des amplitudes à l'apparition de l'inconfort. Malheureusement, ces données ne permettent que très difficilement de tirer des conclusions quant à des situations réelles de travail.

De ces considérations préliminaires, il ressort qu'actuellement il n'existe pas de données scientifiques suffisantes pour élaborer des programmes soit d'analyse de facteurs de risque, soit de prévention de l'exposition à ces risques.

Le présent programme de recherche a été développé afin de contribuer à la mise en place de stratégies de réduction des T.M.S.. Il a été conçu de telle sorte qu'il réponde à 4 exigences:

- l'approche des T.M.S. doit être multifactorielle. Les données de la littérature suffisent à exclure toute approche unifactorielle puisque les facteurs sont aussi divers que biomécaniques, psycho-sociaux, professionnels, extraprofessionnels...;
- l'étude des T.M.S. doit permettre d'établir des associations, ou de les exclure, entre des facteurs pré-existants et l'apparition des troubles ou cas d'incidence. A cet effet, la recherche est de nature prospective;
- l'analyse devrait, dans le cas où un facteur se révélerait être un facteur de risque significatif, fournir une quantification de la relation permettant donc d'estimer l'accroissement de probabilité de développer le trouble musculo-squelettique pour un accroissement (ou une réduction) d'exposition, à ce facteur;
- la recherche devrait, d'un point de vue pragmatique, fournir aux médecins du travail:
 - 1° des arguments scientifiques permettant d'étayer leurs dossiers quant à l'élaboration de mesures de prévention, de corrections de conditions de travail ou l'introduction de demandes de réparations pour des dommages subis lors des activités professionnelles;
 - 2° une sélection des facteurs les plus pertinents dans le cadre de leur pratique en entreprise. Ce dernier point suppose une évaluation non seulement de la pertinence, mais de l'application pratique des examens ou tests qui s'avèreraient être des indicateurs précoces de dégradations liées à l'exposition professionnelle. En outre,

l'utilisation d'items issus de questionnaires standardisés et validés facilite les divers niveaux de comparaisons et les conclusions qui peuvent en être déduites.

CHAPITRE II

METHODOLOGIE GENERALE

I. POPULATION

L'objectif de cette recherche étant d'investiguer la relation entre les contraintes de travail et les troubles musculo-squelettiques des membres supérieurs, le premier critère adopté pour la sélection de la population a été celui de l'exposition professionnelle. Ainsi, par l'exploitation des dossiers médicaux en collaboration avec les services de médecine du travail, deux groupes de travailleurs ont été constitués sur base de fonctions jugées a priori à fortes ou faibles contraintes pour les poignets.

Le premier groupe, à fortes contraintes, a compris les travailleurs aux fonctions d'emballeur et de monteur-tête.

- la tâche d'emballage de bobines ou de tôles implique la manipulation et l'agencement de divers feuillets de papier, longerons ou autres pièces de bois, cornières et plaques métalliques. La constitution finale du colis comporte le plus souvent des opérations de cerclage métallique.
- la tâche de montage de tête de refendage consiste à enfiler deux séries de bagues sur deux axes horizontaux et superposés. Ces bagues sont des lames ou couteaux séparés par un nombre d'entretoises déterminé par le type de découpe à effectuer.

Les travailleurs sélectionnés devaient être âgés de 20 à 45 ans et être occupés à cette fonction depuis 2 ans au minimum. Le nombre de travailleurs sélectionnés selon ces critères a été de près de 80.

Le second groupe sélectionné, exposé à des contraintes a priori plus faibles, a inclus des travailleurs occupant diverses fonctions réputées a priori non contraignantes pour les poignets: laborantins, réceptionnistes, magasiniers, vérificateurs, opérateurs en cabine, électriciens, etc... Les travailleurs repris dans ce second groupe proviennent de divers secteurs de la même entreprise sidérurgique et ont été sélectionnés suivant des critères tels qu'ils soient appariés en âge, poids, taille et ancienneté à ceux du premier groupe.

Ce sont ainsi quelque 170 travailleurs qui ont été sélectionnés comme exposés et témoins pour la participation à cette recherche.

II. PROTOCOLE DE RECHERCHE

Le protocole comporte 3 grandes sections: un questionnaire, un examen clinique et une batterie de tests fonctionnels.

A. Le questionnaire

Le questionnaire complété lors de la première entrevue avec chaque travailleur, et dont l'exploitation fait l'objet d'une partie de l'étude transversale rapportée au chapitre III, comprenait 184 questions concernant:

1. *L'identification du travailleur et ses caractéristiques personnelles.* Les questions couvrent le poste occupé, l'âge, le poids, la taille, la main dominante, les anciennetés au poste de travail et dans l'entreprise. Ces dernières permettent d'estimer la durée de l'exposition aux facteurs professionnels investigués.
2. *L'état de santé général.* Les questions portaient sur l'appréciation subjective de l'état de santé, d'éventuelles maladies chroniques, des accidents de vie privée ou professionnelle quant à leur gravité et séquelles, la consommation de soins de santé par le nombre de consultations médicales pour raisons différentes au cours des 12 derniers mois; les antécédents familiaux.
3. *L'état de santé psychique.* Les caractéristiques ciblées étaient l'irritabilité, la fatigabilité, les céphalées, la perception de troubles du sommeil et de la mémorisation.
4. *La personnalité et les comportements extra-professionnels.* Les questions portaient sur l'indice de tabagie (nombre de cigarettes fumées par jour x nombre d'années), la consommation de boissons alcoolisées, l'état civil et la composition familiale, le niveau de formation scolaire, la pratique d'activités sportives et de hobbies ou activités extraprofessionnelles impliquant des contraintes tout particulièrement au niveau des membres supérieurs.
5. *Les caractéristiques du poste de travail actuel.* Le travailleur devait, premièrement, estimer la charge physique sur l'échelle: sédentaire, légère, moyenne, lourde, en tenant compte des explications visant à mieux cerner chacun de ces degrés de sévérité. Les autres questions visaient à quantifier les efforts de levage, des épaules, des coudes et des poignets; la fréquence de répétition de mouvements identiques et d'utilisation d'outils vibrants et la durée de maintien postural. Le travailleur jugeait également son environnement de travail (bon, moyen, mauvais), le niveau d'attention requis par le

travail et la monotonie engendrée par ce dernier.

Finalement, le travailleur estimait son état de fatigue en fin de journée tant au niveau général qu'à chacun des niveaux articulaires (épaules, coudes, poignets, bas du dos).

6. **Les caractéristiques des postes de travail antérieurs.** Les questions étaient les mêmes que celles évoquées ci-dessus et portaient sur le poste le plus contraignant du passé professionnel ou le plus significatif en termes de durée d'exposition.
7. **Les troubles musculo-squelettiques.** Le recueil des informations concernant le système musculo-squelettique a été largement adapté du questionnaire standardisé des pays scandinaves. Pour chaque région, nuque, épaules, coudes, poignets et bas du dos, les problèmes (douleur ou inconfort) ont été investigués de manière bilatérale pour les membres supérieurs, pour leur survenue au cours des 12 mois et des 7 jours précédant l'entrevue. Dans tous les cas où un problème musculo-squelettique était rapporté dans les 12 derniers mois, le travailleur était amené à en préciser la fréquence d'apparition, le caractère, la durée moyenne des épisodes et, le cas échéant, le diagnostic évoqué au moment de l'épisode douloureux.

En particulier, pour le caractère de l'épisode douloureux, les alternatives de réponse étaient la fatigue, les douleurs diffuses ou les douleurs bien localisées et aiguës, tandis que pour la durée, elles correspondaient à la disparition en moins de 2 heures, le lendemain ou au-delà des 24 heures. La fréquence d'apparition était estimée par: rarement, parfois, souvent ou toujours.

Ces trois caractéristiques des troubles musculo-squelettiques, par leur gradation, ont permis de calculer un score de sévérité s'exprimant sur une échelle en 4 points, de l'absence de tout problème (score 1) au problème le plus grave (score 4).

Pour chaque site articulaire, une liste très succincte ciblait les affections les plus répandues. Elle devait permettre d'effectuer un premier recensement des diagnostics rapportés par les travailleurs.

Dans le cas d'un trouble musculo-squelettique, il était encore demandé s'il existait un lien avec une modification des habitudes manuelles et si le mode d'apparition du premier épisode avait été douloureux ou brutal.

Une série de questions complémentaires visait à documenter les symptômes éventuels perçus dans la partie toute distale des membres supérieurs: talon de la main, face palmaire, doigts. Ces symptômes étaient différenciés quant à leur origine neurologique ou circulatoire probable. Ils étaient en outre précisés aussi strictement que possible quant à leur localisation.

Pour l'étude prospective proprement dite, correspondant aux 2ème et 3ème entrevues avec chaque travailleur à un an d'intervalle, une forme restreinte du questionnaire a

été utilisée. Les questions supprimées portaient essentiellement sur les informations antérieures aux 12 derniers mois.

B. L'examen clinique

Un examen clinique orienté vers la nuque et les membres supérieurs a été élaboré de manière à authentifier certaines atteintes musculo-squelettiques, en leur phase débutante, au moment de l'examen.

D'une revue de la littérature, ce sont essentiellement les publications d'auteurs scandinaves [Viikari-Juntura 1983; Waris et coll. 1979; Waris 1980] qui ont été retenues. La première tâche a consisté à sélectionner la liste des pathologies les plus pertinentes à investiguer en relation avec les activités professionnelles. Ensuite, une série de sources d'informations de natures différentes a été déterminée pour l'investigation de chaque région ou articulation (relevé des plaintes, inspection, palpation, évaluation des mobilités, tests spécialisés). Finalement, l'ensemble des critères nécessaires ou facultatifs au diagnostic a été posé pour chaque pathologie.

Deux médecins orthopédistes, praticiens, ont complété et affiné cet examen clinique.

Le formulaire de notation de cet examen clinique ainsi que le support théorique à sa passation, sous forme de publication scientifique [Cock et Masset 1994], sont présentés à l'annexe I de ce rapport. Le texte ci-dessous présente, pour chacune des régions, les pathologies et les critères de diagnostic.

1. La nuque

Les pathologies ciblées au niveau de la nuque étaient la cervicarthrose et le syndrome tensionnel de la nuque (tension neck syndrome).

Le diagnostic de cervicarthrose est posé lorsque:

- le travailleur se plaint de douleurs dans la nuque irradiant vers les membres supérieurs;
- des paresthésies ou des engourdissements sont perçus dans les bras;
- la mobilité active assistée en flexion-extension, en rotation et en inclinaison latérale est limitée et douloureuse.

Le syndrome tensionnel de la nuque est diagnostiqué si:

- le travailleur ressent une fatigue ou une raideur dans la nuque;
- il perçoit des douleurs dans la nuque ou des maux de tête d'origine cervicale;

- la palpation de la nuque révèle au moins deux points musculaires indurés ou douloureux;
- les muscles de la nuque paraissent contracturés à la palpation.

2. Le défilé thoracique

La seule pathologie retenue à ce niveau est le syndrome du défilé thoraco-brachial (thoracic outlet syndrome).

Les critères posés pour établir le diagnostic sont:

- le travailleur se plaint de douleurs irradiant vers le membre supérieur;
- il y ressent des paresthésies et/ou des engourdissements;
- le test de Morley et l'épreuve d'Adson sont positifs.

3. Les épaules

Les affections ciblées au niveau des épaules étaient: la tendinite de la coiffe des rotateurs, et tout particulièrement celle du sus-épineux, la ténosynovite du long chef du biceps brachial, le syndrome de l'épaule gelée (frozen shoulder) et celui de l'articulation acromio-claviculaire.

Pour la tendinite du sus-épineux, les critères étaient:

- une plainte de douleurs à la région antéro-externe de l'épaule;
- une douleur au niveau de la coiffe des rotateurs exacerbée par la palpation;
- une abduction du membre supérieur contre résistance douloureuse;
- une épreuve de la chute du bras et le signe de Neer positifs.

Une ténosynovite de la longue portion du biceps est diagnostiquée lorsque:

- le travailleur se plaint d'une douleur à la face antérieure de l'épaule;
- la douleur est exacerbée par la palpation du tendon dans la gouttière bicipitale;
- l'étirement du tendon réveille la douleur par le bras en rétropulsion et l'extension du coude;
- le signe de Yergason est positif.

Les critères de diagnostic de l'épaule gelée sont:

- le sujet se plaint de douleurs et d'un enraidissement progressif depuis quelques semaines;
- l'examen révèle une limitation dans la mobilité active et passive de l'épaule surtout en élévation, en rotation externe et en abduction.

Le syndrome de l'articulation acromio-claviculaire est authentifié par:

- la plainte d'une douleur localisée à l'articulation;
- la palpation douloureuse de la région acromio-claviculaire;
- la percussion douloureuse de la clavicule.

Un test complémentaire de mobilisation de l'épaule en rotation interne forcée ou en antépulsion maximale ou encore en adduction horizontale extrême peut éventuellement s'avérer douloureux.

4. Les coudes

Les deux pathologies musculo-squelettiques concernant le coude investiguées dans cet examen clinique sont l'épicondylite (tennis elbow) et l'épitrôchléite (golfers' elbow).

L'épicondylite est diagnostiquée lorsque:

- le travailleur se plaint de douleurs localisées à l'insertion;
- la palpation exacerbe ces douleurs;
- l'extension contrariée du poignet et des doigts est douloureuse.

Pour l'épitrôchléite, les deux premiers critères sont les mêmes, à la seule différence du lieu d'insertion. Pour le mouvement contrarié douloureux, il s'agit ici de la flexion du poignet et des doigts.

5. Les poignets

Les troubles musculo-squelettiques ciblés au niveau du poignet sont, premièrement, les syndromes inflammatoires des tendons et gaines cernant le poignet, repris sous les termes génériques de tendinites et ténosynovites (deux cas particuliers sont le "doigt en ressort" et le syndrome de de Quervain); ce sont également le syndrome du canal carpien et celui de la loge de Guyon.

Les critères suivants étaient requis pour diagnostiquer:

- une ténosynovite:
 - . douleur localisée;
 - . douleur à la palpation du tendon;
 - . douleur lors de mouvements sollicitant le tendon (mouvements simples ou contrariés);
 - . tuméfaction locale.

- un doigt en ressort:
 - . les quatre symptômes de la ténosynovite;
 - . palpation de nodosités;
 - . mobilité active en saccade ou immobilisant le doigt en flexion.

- le syndrome de de Quervain:
 - . douleur localisée à la styloïde radiale pouvant irradier vers le pouce ou l'avant-bras;
 - . douleur à la palpation;

- . douleur lors de mouvements du pouce;
- . tuméfaction locale;
- . signe de Finkelstein positif. Des signes, tels que rougeur et chaleur cutanées, ainsi qu'une faiblesse dans certaines prises d'objets, entraînant éventuellement la chute de ceux-ci, peuvent s'ajouter aux symptômes précités du syndrome de de Quervain, sans être indispensables.

Le syndrome du canal carpien est diagnostiqué lorsque:

- le travailleur se plaint de paresthésies ou de douleurs dans le territoire cutané innervé par le nerf médian et lorsque ces symptômes réveillent le sujet la nuit;
- la compression du nerf médian appliquée par l'examineur au niveau du canal carpien réveille une douleur ou des paresthésies;
- le signe de Phalen est positif.

Le signe de Tinel peut également être positif sans être toujours le cas [Bleecker 1986; Schenck 1989]. Le manque de sensibilité ou une certaine malhabileté ainsi qu'une douleur irradiant vers les coudes ou les épaules peuvent également exister. Ces symptômes ne sont pas déterminants mais confirment le diagnostic.

Le syndrome de la loge de Guyon témoignant de la compression du nerf cubital est diagnostiqué lorsque:

- le travailleur se plaint de paresthésies dans les deux derniers doigts de la main (auriculaire et annulaire);
- la compression du nerf est douloureuse et/ou réveille des paresthésies;
- le signe de Tinel au niveau de la loge de Guyon est positif.

C. Les tests fonctionnels

Les tests fonctionnels sélectionnés pour cette recherche concernent principalement la région du poignet et de la main et visent plus spécifiquement la détection du syndrome compressif du nerf médian au niveau du canal carpien.

Leur sélection repose sur la prise en compte des critères suivants qu'ils devaient rencontrer autant que possible:

- constituer des outils de détection à un stade précoce du syndrome du canal carpien;
- être d'un encombrement et d'une commodité d'emploi compatibles avec l'environnement industriel;
- être d'une durée d'application aussi brève que possible pour répondre aux contraintes

temporelles imposées par les entreprises.

Les tests sélectionnés ont permis d'investiguer les fonctions motrices et sensibles des travailleurs. Afin de poser, le cas échéant, un diagnostic différentiel et d'exclure des troubles systémiques, les tests ont été exécutés bilatéralement.

1. Mesurage de la force de préhension

La force de préhension globale est mesurée à l'aide d'un dynamomètre hydraulique de type JAMAR, modèle PC 5030 J1. La posture standardisée adoptée pour effectuer cet effort est: le bras pendant verticalement le long du corps, l'avant-bras à l'horizontale (coude fléchi à 90°) et le poignet en position neutre. Le dynamomètre est maintenu dans la main par les deux demi-poignées écartées au deuxième cran [Mathiowetz 1990]. La réalisation de l'effort est également standardisée: la force est développée progressivement pour atteindre le maximum que le sujet maintient quelques secondes. Un encouragement verbal accompagne les quatre essais effectués de chaque côté et les trois derniers sont moyennés. La force de préhension globale est exprimée en kg sur une échelle allant de 0 à 90 kg.

2. Mesurage des angulations du poignet

Le mesurage des angulations du poignet a été réalisé à l'aide de goniomètres électroniques PENNY & GILES, type M110. Chaque goniomètre est constitué de deux jauges de contrainte montées dans un câble extensible entre deux masselottes à fixer de part et d'autre de l'articulation investiguée, à savoir, dans cette recherche, sur la main et l'avant-bras. Cet ensemble est relié à son tour à un moniteur digital qui permet la lecture immédiate de la valeur de l'angle de déviation. Le goniomètre permet de mesurer les angles de déplacement des poignets dans les deux axes de mouvement, c.à.d. les déviations radio-cubitales et les flexions-extensions. La gamme d'angulations va de 0 à 180° par axe de mouvement. La précision des mesures est de l'ordre du degré.

Les mesurages s'effectuent sur le sujet en position assise dont l'avant-bras repose en pronation sur une table. L'examineur étalonne le goniomètre avant d'installer une masselotte sur le troisième métacarpien et l'autre dans l'alignement sur l'avant-bras. Une fois le goniomètre installé, les valeurs de départ (celles correspondant donc à la neutralité articulaire) sont notées. Ensuite, on demande au sujet de déplacer la main dans l'axe radio-cubital, ainsi que dans l'axe de flexion-extension, au maximum de chaque capacité articulaire. Les valeurs affichées sont notées et corrigées selon l'étalonnage de départ. Le test est

appliqué à gauche et à droite et les valeurs obtenues sont comparées avec les valeurs de référence.

3. Mesurage du seuil de perception des vibrations

L'évaluation de la perception des vibrations a été introduite dans cette recherche comme indicateur de l'intégrité des mécanorécepteurs cutanés impliqués dans la détection des pressions et de leurs variations sur la peau. Dans la mesure où cette évaluation repose sur la perception du phénomène par le sujet, c'est l'intégrité de toute la chaîne de perception qui est investiguée.

Le mesurage de la sensibilité aux vibrations a été effectué à l'aide d'un audiomètre Madsen Micromate 64 modifié quant aux fréquences générées et dont les écouteurs ont été remplacés par un excitateur. Cet excitateur est muni d'une tige filetée d'une section de 5 mm² qui exerce une pression constante égale à 20 grammes sur la pulpe du doigt. Sa fonction est de transmettre la stimulation vibratoire. L'audiomètre a une gamme dynamique de 50 à 160 dB et a été modifié pour générer les basses fréquences de 8, 16, 31,5, 63, 125, 250 et 500 Hz.

Le sujet, assis, dépose le bras sur la table d'évaluation, percée d'un orifice permettant le contact entre la pulpe du doigt et l'excitateur placé sous la table. Le sujet doit placer et maintenir l'extrémité du doigt sur la tige.

L'examineur déclenche un stimulus vibratoire de fréquence et intensité données auquel le travailleur répond en poussant, avec sa main libre, sur un bouton délivrant un signal lumineux. La consigne qui lui est formellement donnée est de pousser sur ce bouton dès et tout le temps qu'il perçoit la vibration. Quand un stimulus a conduit à une telle réponse, l'examineur en diminue le niveau par pas de 5 dB; s'il n'y a pas de réponse, le stimulus est augmenté par ce même incrément de 5 dB.

Le seuil de perception est déterminé par le niveau de vibration le plus faible que le sujet perçoit trois fois consécutivement.

Le test exigeant beaucoup de concentration, le travailleur est invité à mettre des coquilles pour s'isoler du bruit et à fermer les yeux. On le place face à une surface pauvre en stimulations visuelles (par ex. face à un mur) et de façon à être vu par l'examineur sans que lui-même puisse suivre les manipulations réalisées par l'examineur.

Le test a été appliqué systématiquement sur les troisième (majeur) et cinquième (auriculaire) doigts de chaque main, afin de pouvoir comparer les valeurs pour les territoires

des nerfs médian et cubital, de façon bilatérale.

4. Mesurage du temps de latence moteur

Le mesurage de la vitesse de conduction nerveuse a toujours été le test de référence pour diagnostiquer le syndrome du canal carpien, mais il s'avère difficilement réalisable en entreprise. Aussi a-t-il été décidé de mesurer le temps de latence moteur (TLM) grâce à un stimulateur portable. Le mesurage est effectué à l'aide d'un électroneuromètre digital Nervepace Neurotron Medical, modèle S100. Cet appareil portable, réglable en intensité et en sensibilité permet d'envoyer des impulsions électriques de 0,5 milliseconde.

Au cours de cette recherche, un nouveau système a été conçu permettant l'évaluation des temps de latence moteur (TLM) et sensitif (TLS). Ce système, le Nervepace Neurotron Medical S-200, a été adopté comme il permet d'investiguer, outre les anciens (TLM), de nouveaux paramètres (TLS) en relation avec les troubles neurologiques au niveau de la main et du poignet.

Pour ces tests, le travailleur est assis, l'avant-bras confortablement posé sur la table, la main en supination.

Les conditions d'application des tests sont celles recommandées par le fabricant. La peau est préparée à l'alcool. Différentes électrodes sont positionnées sur la face dorsale de la main (électrode de masse) et sur le pouce, l'index, l'auriculaire, les éminences thénar et hypothénar suivant qu'il s'agit des mesurages moteur ou sensitif. Les stimulations électriques proviennent d'une électrode double-contact, métallique, positionnée sur le trajet des nerfs médian et cubital, à 3 cm du pli de flexion distal du poignet et donc avant leur passage respectivement dans le canal carpien et la loge de Guyon.

Pour le mode moteur, l'intensité de la stimulation est progressivement augmentée jusqu'à produire une contraction franche du muscle. Dans cette condition, le lecteur digital affiche le temps de latence moteur exprimé en millisecondes, avec une précision de mesurage de 0,1 ms. Une moyenne est calculée à partir de 5 valeurs n'ayant pas une différence supérieure à 0,2 ms.

Pour le mode sensitif, l'intensité de la stimulation est augmentée jusqu'à ce que le temps de latence sensitif reste constant malgré cet accroissement.

5. Mesurage de la sensibilité à la pression

Le seuil de perception à la pression est mesuré à l'aide des monofilaments de Semmes Weinstein (Neurotron Medical N.J.), en nylon. Il s'agit de 20 baguettes munies à l'une des extrémités et perpendiculairement à celles-ci d'un filament en nylon de résistance

variable en fonction du diamètre et qui permettent d'exercer une force de pression progressivement croissante (de 4,5 mg à 447 g).

D'après Bell-Krotoski [1990], les monofilaments permettent de classer la sensibilité tactile de la sensibilité normale à la perte de la sensibilité de protection (tableau II.I).

TABLEAU II.I
Echelle d'interprétation des monofilaments de Semmes-Weinstein

[d'après Bell-Krotoski, 1990]

Classes	Nombre de filaments	log force (0,1 mg)	Force (g)
Toucher normal	1	1,65	0,0045
	2	2,36	0,0230
	3	2,44	0,0275
	4	2,83	0,0667
Diminution au toucher léger	5	3,22	0,1660
	6	3,61	0,4082
Diminution de la sensation de protection	7	3,84	0,6958
	8	4,08	1,194
	9	4,17	1,494
	10	4,31	2,052
Perte de la sensation de protection	11	4,56	3,632
	12	4,74	5,500
	13	4,94	8,650
	14	5,07	11,70
	15	5,18	15,00
	16	5,46	29,00
	17	5,88	77,00
	18	6,10	127,0
	19	6,45	281,5
	20	6,65	447,0

Pour réaliser le test, le sujet est assis face à une table, la main posée avec la face dorsale sur cette table. Le sujet est invité à fermer les yeux. Le test est débuté avec le dernier filament de la catégorie "normale" (n°4: 2,83). Le seuil de sensibilité à la pression est la pression exercée par le filament le plus fin que le sujet a pu ressentir sur la pulpe du doigt.

Le test est réalisé sur les pulpes des majeurs et des auriculaires.

D. Organisation générale de la recherche

L'organisation générale de la recherche a été conçue pour constituer une étude transversale et une étude prospective.

La première entrevue avec les travailleurs, correspondant à la première collecte d'informations, n'autorise que les études en termes de prévalence. Dans la mesure où les travailleurs ont été sélectionnés suivant un critère d'exposition professionnelle, les comparaisons principales portent sur les différences objectivables ou non entre des groupes dits "exposés" et "non-exposés" quelles que puissent être les origines de ces différences éventuelles. Ces comparaisons portent sur les facteurs du questionnaire, de l'examen clinique et des tests fonctionnels, collectés au même moment que le relevé de la symptomatologie musculo-squelettique des 12 derniers mois.

Les analyses portent donc sur des données simultanées et les conclusions sont tirées en termes de concomitance.

Les première et seconde années de l'étude prospective correspondent à la deuxième et troisième entrevue avec collecte de données, menées à un an d'intervalle chaque fois.

Dans ces cas, il est possible d'identifier des travailleurs sans antécédents musculo-squelettiques rapportés lors de la première ou seconde entrevue et ayant développé un premier trouble, cas d'incidence, rapporté lors de la seconde ou troisième entrevue.

Les analyses portent ici sur la comparaison des groupes constitués sur base de l'apparition ou non de tels troubles musculo-squelettiques et concernent tous les facteurs dans l'état préexistant. Sans pouvoir établir des relations de cause à effet au sens strict, les conclusions sont tirées ici en termes d'association ou non avec le développement d'un problème musculo-squelettique.

III. ANALYSE DE POSTE

Plusieurs sources bibliographiques [Thompson et Phelps 1990; Bleecker 1986; Kroemer 1989; Joseph 1989; Putz-Anderson 1988; Siverstein et coll. 1986, 1987; Pelmeur et coll. 1992] suggèrent que quelques facteurs de contrainte seraient tout particulièrement à risque quant au développement de troubles musculo-squelettiques du poignet et plus spécifiquement du syndrome du canal carpien. Ces facteurs sont: la réalisation d'efforts impliquant des forces importantes au niveau de la main; l'adoption de postures de la main avec déviations angulaires importantes du poignet et la répétitivité des gestes. Contrairement à l'évaluation de la contrainte globale, du recrutement d'une région articulaire ou de la perception de fatigue, etc... qui peut être apportée par le travailleur au moyen d'une échelle simple, la quantification des facteurs évoqués ci-dessus ne peut s'envisager que via un système beaucoup plus sophistiqué de mesurage de la contrainte au cours des activités. De plus, la recherche d'indicateurs de la contrainte ou de facteurs de risque, plus pertinents, suppose la constitution d'une base de données traitée au moyen d'outils statistiques, mathématiques ou de concepts biomécaniques.

Ces deux raisons ont motivé l'incorporation d'analyses de poste dans ce protocole de recherche. Ces analyses de poste ont été conçues pour évaluer l'activité musculaire, les angulations au niveau du poignet, les vitesses de mouvement de la main et la répétitivité des gestes et des efforts.

A. Les capteurs

L'activité musculaire a été enregistrée au moyen d'électrodes de surface suivant la procédure traditionnelle du recueil du signal électromyographique (EMG).

La peau est préparée à l'alcool; trois électrodes Ag:AgCl prégélifiées sont positionnées l'une, comme masse, sur l'épitrôchlée et les deux autres en surface devant les muscles fléchisseurs des doigts et du poignet, et en particulier le grand palmaire. Ces deux dernières électrodes sont placées le long d'une ligne fictive reliant l'épitrôchlée à la base du pouce, main en supination, et collées dans le tiers proximal correspondant au volume musculaire. Cette évaluation a concerné les côtés gauche et droit.

Les angulations de la main sur l'avant-bras ont été mesurées au moyen de goniomètres électroniques Penny and Giles, type M110 (Blackwood, UK). Ces capteurs et leur application sont les mêmes que ceux décrits plus haut concernant les tests fonctionnels.

Les mesurages ont également été réalisés à gauche et à droite.

B. La chaîne d'acquisition du signal

La première technique utilisée consistait à:

- stocker le signal électromyographique au moyen d'un data logger portable ME3000 Muscle tester (Mega Electronics, Finlande). Cet appareil amplifie le signal électrique du muscle, le filtre puis en calcule la valeur efficace ou RMS (Root Mean Square) en μV . Cet appareil a été utilisé avec un temps d'intégration de 1 seconde. Après l'enregistrement des données, celles-ci sont récupérées sur support informatique.
- enregistrer les signaux analogiques (4 canaux) des goniomètres électroniques sur un support magnétique au moyen d'un enregistreur FM TEAC HR30G. La base de temps d'échantillonnage utilisée dans ce cas a été de 10 points par seconde.

La seconde technique a consisté à:

- développer et utiliser un data logger portable enregistrant simultanément les données électriques d'origine musculaires et angulaires.

Des goniomètres Penny & Giles (flexion-extension et déviation radio-cubitale) et des électrodes de surface EMG des côtés gauche et droit sont connectés directement à un data logger POLYLOG (JDT, Belgique). Un canal de ce logger était occupé par un signal marqueur externe couplé à la tension d'alimentation de l'appareil. Les signaux étaient alors amplifiés, filtrés et digitalisés puis stockés sur une carte de mémorisation.

Pour tous les canaux, la période d'intégration a été portée à 100 msec, ce qui correspond à une multiplication par 10 de la fréquence d'échantillonnage du signal EMG par rapport à la première technique et surtout une synchronisation rigoureuse entre les paramètres.

Il est à noter que le signal EMG a été traité préalablement par un filtre (de 20 à 500 Hz) dont les spécifications étaient identiques à celles de l'appareil ME 3000. Pour les signaux d'angles, un filtre à 10Hz fut utilisé.

C. Le déroulement des analyses de poste

Après chaque allumage du data logger, les canaux d'enregistrement des goniomètres étaient réajustés pour le "zéro" compensant ainsi d'éventuelles dérives du signal.

Ces capteurs étaient ensuite étalonnés, étape consistant à enregistrer pour chacun des quatre capteurs d'angle la tension électrique correspondant aux angles de référence de 0° , $+90^\circ$ et -90° . Après avoir fixé l'ensemble des capteurs d'angles et d'EMG sur le travailleur, celui-ci était invité à:

- . réaliser des déplacements angulaires maximaux en flexion, extension, déviation radiale et déviation cubitale, et ce des deux côtés. Le relevé des valeurs maximales a permis

d'exprimer ultérieurement les angulations observées au poste de travail en pourcentage des angulations maximales.

- . exercer des efforts isométriques maximaux à l'aide de la poignée JAMAR décrite précédemment (trois efforts de chaque côté à deux minutes d'intervalle). Chaque effort consistait à monter progressivement la tension, à maintenir la force maximale constante pendant 5 secondes (avec incitations verbales), puis à relâcher.

Le signal EMG concomitant à ces efforts a permis de rapporter des signaux électriques enregistrés pendant le travail à un pourcentage de ces valeurs maximales.

Après cette phase d'étalonnage, un harnais de sangles était ajusté dans le dos du travailleur. Le POLYLOG était glissé dans ce harnais et représentait la seule charge pondérale et d'encombrement (± 250 gr). Le travailleur était alors suivi par l'examineur à son poste de travail et ce pour une durée correspondant à 3 cycles de travail jugés représentatifs du travail routinier par le travailleur et l'encadrement. L'examineur notait les activités et le temps correspondant: un repère était enregistré au moyen d'un marqueur sur le septième canal du POLYLOG à chaque transition d'activité.

Des travaux préliminaires menés sur la reproductibilité d'analyses de poste [Dutra Leao 1994] ont montré qu'il n'existait pas de variations intra-individuelle pour des mêmes circonstances de travail. Par contre, d'autres données [Amaral Gonçalves et Jacri 1992] suggèrent de fortes variations d'exposition individuelle entre des travailleurs affectés aux mêmes postes. En conséquence, l'option choisie pour ce protocole expérimental a été de ne procéder qu'à une analyse de poste par travailleur mais à effectuer ces analyses pour le plus grand nombre possible de travailleurs, compte tenu de l'investissement temps et des disponibilités de l'entreprise.

D. Analyse des données et détermination des paramètres d'analyse de poste.

La première phase de traitement des données collectées sur le lieu de travail a consisté à:

- transférer toutes les données sur support informatique;
- vérifier la plausibilité des moyennes, écarts types, valeurs minimales et maximales de tous les paramètres concernés par les analyses de poste afin d'identifier d'éventuelles incohérences ou problèmes survenus lors de ces analyses de poste;
- calculer, sur base de ces fichiers résultant directement de l'analyse, les paramètres choisis pour caractériser les différentes contraintes au poste de travail;

Conformément aux informations fournies par la littérature, les contraintes

investiguées concernent l'intensité de l'activité musculaire (via le signal électromyographique), les amplitudes articulaires, la répétitivité des mouvements et la vitesse des déplacements de la main. Ce dernier paramètre a été considéré suite aux travaux de Marras et Schoenmarklin [1991] montrant que la vitesse et l'accélération discriminent relativement bien les postes de travail quant à leur risque d'induire le développement d'un syndrome du canal carpien.

Les paramètres sélectionnés sont:

pour l'activité musculaire:

- le niveau moyen de l'activité électrique du muscle (moy. rel. EMG) exprimé en pourcentage du signal EMG maximal mesuré au cours du test maximal isométrique d'étalonnage (EMG_{max});
- le pourcentage du temps durant lequel le niveau relatif d'activité musculaire a dépassé 15% de l' EMG_{max} (% temps $EMG > 15\% max$). Ce niveau a été adopté suite aux travaux de Byström [1991], Dahalan et Fernandez [1993], Mathiassen et Winkel [1991] et Kilböm [1994], permettant de le définir comme la limite de l'intensité moyenne de contraction acceptable pour une période de temps prolongée.

pour les angulations du poignet:

- l'angle moyen de positionnement du poignet a été déterminé dans chacun des deux plans des mesurages: flexion-extension (moy. rel. Flex-Ext) et déviation radio-cubitale (moy. rel. déviation R-C).

Chaque angle, valeur moyenne, a été calculé en valeur relative à partir des valeurs maximales absolues d'angulation déterminées dans les deux directions du plan concerné.

- le pourcentage du temps durant lequel le sujet dépasse un niveau d'angulation déterminé au préalable. Différents auteurs [Armstrong 1986, Punnett et Keyserling 1987, Stetson et coll. 1991] ont proposé des limites absolues d'angulations. Ce sont les limites à 45° tant en flexion qu'en extension [Punnett et Keyserling 1987] qui ont été retenues.

Afin de tenir compte de la très large variation interindividuelle d'amplitude articulaire maximale, ces valeurs ont été rapportées aux moyennes d'amplitudes maximales publiées par Hoppenfeld et Hutton [1984], soit respectivement 80 et 70 degrés dans les 2 directions considérées.

D'après Stetson et coll. [1991] le risque augmente au delà de 50% de l'angle maximal en déviations. Il ressort donc que les valeurs limites de 50% en déviation radio-cubitale (% temps déviation R-C $> 50\% max$) et de 60% en flexion-extension (% temps Flex-Ext $> 60\% max$) peuvent être adoptées. Dès lors, les seuils utilisés dans cette recherche sont exprimés en "pourcentage identique d'une valeur maximale individuelle".

pour la répétitivité:

La répétitivité a été définie comme le nombre de transitions d'un état neutre à un état extrême et réciproquement (c.à.d de part et d'autre des valeurs limites évoquées plus haut) par unité de temps (minute).

La répétitivité a été calculée pour l'activité musculaire (seuil de 15% EMG_{max} = Répétit. EMG), pour les angulations (répétit. angulaire) en tenant compte simultanément des deux plans et des quatre seuils correspondants, et enfin, pour toutes les transitions d'état concernant simultanément les amplitudes articulaires et les activités myoélectriques (répétit. globale).

Un indice a également été calculé tenant compte du nombre de changements de directions dans le seul plan de flexion-extension par unité de temps (min). Cette définition de la répétitivité en termes d'inversions de mouvements a été proposée par Aptel [1993]. Afin d'exclure la prise en compte de micro-mouvements assimilables à un tremblement, l'auteur a proposé de ne prendre en compte que les déplacements articulaires excédant 5 degrés.

pour la vitesse:

- la vitesse moyenne de mouvement autour du poignet, exprimée en °/s, a été calculée pour le plan radio-cubital (moy. vitesse R-C) et pour le plan de flexion-extension (moy. vitesse Flex-Ext);
- le pourcentage de temps durant lequel la vitesse dépasse une valeur seuil préétablie a été calculée pour chacun des deux plans de mouvement.

La détermination des seuils a été basée sur les travaux de Marras et Schoenmarklin [1991] qui proposaient des valeurs de 90°/s en déviation radio-cubitale et de 150°/s en flexion-extension comme discriminantes des postes à haut ou faible risque de SCC. Compte tenu des valeurs absolues de vitesse sensiblement différentes dans cette recherche, les seuils ont été ajustés respectivement à 30°/s (% temps vitesse R-C > 30°/s) et 50°/s (% temps vitesse Flex-Ext > 50°/s).

IV. TRAITEMENT DES DONNEES

Conformément à la structuration de la recherche et aux différentes étapes de collecte de données, divers traitements statistiques sont effectués et présentés au cours des résultats comme suit:

L'étude transversale, portant sur les données collectées lors de la première entrevue avec chaque travailleur, avait pour but de documenter les prévalences de plaintes aux

divers sites anatomiques ciblés au niveau des membres supérieurs et en particulier aux poignets; un second objectif était de décrire la population et d'obtenir les données nécessaires à la sélection de l'effectif correspondant aux critères de l'étude prospective.

Les analyses comportent ici: des statistiques descriptives pour tous les paramètres investigués; l'établissement des corrélations (tests Chi-carré) entre les prévalences des TMS (troubles musculo-squelettiques) et les autres facteurs du questionnaire; le calcul des relations (régressions logistiques univariées) entre les plaintes aux poignets et tous les paramètres décrivant les capacités fonctionnelles; la détermination de l'ensemble des facteurs associés (régressions linéaires multivariées) à chacun des mesurages des tests fonctionnels.

L'étude prospective, portant sur les données collectées au cours des 3 entrevues avec chacun des travailleurs, à un an d'intervalle, a comporté les diverses analyses suivantes: établissement des taux d'incidence de troubles (sur base des informations collectées par questionnaire et par examen clinique); calcul des corrélations entre les différents paramètres des tests fonctionnels, sur la population sans antécédents de TMS du poignet (régressions linéaires simples); calcul des corrélations entre les différents paramètres mesurés au cours des analyses de poste; identification des facteurs associés à l'incidence des TMS du poignet. A cet effet, différentes analyses de régression logistique multivariées ont été menées suivant les hypothèses et les procédures détaillées dans la section des résultats de ces analyses logistiques.

CHAPITRE III

ETUDE TRANSVERSALE

I. POPULATION

La population concernée par cette recherche ayant été sélectionnée sur base de critères particuliers (emballeurs, monteur-tête et une série de fonctions "témoins"), les résultats présentés ci-dessous concernent cet effectif spécifique et ne sont pas représentatifs de la population sidérurgique en général.

Au total, 171 personnes ont participé au protocole complet de cette étude transversale, dont 78 travailleurs occupant des postes contraignants et 93 des postes peu contraignants.

Le tableau III.I reprend les caractéristiques d'âge, de poids, de taille et d'ancienneté pour ces deux groupes. Les valeurs ne présentant pas de différences statistiquement significatives (tous les tests $p > 5\%$), les deux groupes peuvent être considérés comme bien appariés pour ces variables.

En ce qui concerne les données de l'anamnèse, les résultats sont les suivants:

- Les travailleurs estiment que leur état de santé générale est moyen ou mauvais pour près de 28%, bon pour 58% et excellent pour les derniers 14%.
- 51% des travailleurs ont déjà été victimes d'un accident touchant les membres supérieurs, qu'il soit d'origine professionnelle ou extraprofessionnelle. 45% de ces travailleurs en jugent la gravité moyenne et 9% très importante. 25% environ de ces accidents ont laissé des séquelles jugées moyennes ou graves.

TABLEAU III.I

Comparaison des groupes de travailleurs aux postes contraignants et peu contraignants pour les variables d'âge, de poids, de taille et d'ancienneté.

Moyenne (écart type), par groupe de travailleurs et signification de la différence entre groupes

Caractéristiques	Travail contraignant Groupe A (n=78)	Travail peu contraignant Groupe B (n=93)	p
Age (ans)	35,3 (7,0)	36,0 (6,3)	NS
Poids (kg)	76,4 (12,5)	74,6 (10,3)	NS
Taille (cm)	173,4 (7,7)	172,3 (6,2)	NS
Ancienneté en entreprise (ans)	13,8 (7,2)	14,9 (6,9)	NS
Ancienneté au poste (ans)	7,2 (6,2)	6,4 (5,7)	NS

- La consommation de soins de santé, évaluée par le nombre de consultations pour raisons différentes au cours des 12 derniers mois, montre qu'une faible proportion (9%) de l'effectif a consulté pour plus de trois raisons tandis que la grande majorité (74%) n'a consulté que pour une ou deux raisons différentes.
- A la question concernant la prévalence de TMS dans l'entourage familial, seuls 8,8% répondent par l'affirmative, ce qui est très largement inférieur aux prévalences rapportées pour le monde professionnel, surtout compte tenu que cette prévalence concerne tous les types de TMS.
- 49% des travailleurs sont actuellement fumeurs, tandis que 16% ont arrêté depuis plus de 6 mois.
- 45% des travailleurs se jugent petit consommateur d'alcool et 14% se considèrent moyen ou grand consommateur.
- Une majorité de travailleurs n'a pas ou plus d'activité sportive, 59%. Parmi les pratiquants, seul un nombre très restreint exerce un sport impliquant plus spécifiquement les membres supérieurs (sports de raquette e.a.), soient 5,8% de l'effectif total.
- Les troubles de nature psychique ont été investigués par la fréquence de perception de situations jugées anormales. Les résultats sont présentés au tableau III.II. Ce tableau montre que, quel que soit le trouble considéré, environ 30% des travailleurs sont concernés à un quelconque degré de fréquence. Des problèmes très réguliers (souvent et toujours) concernent essentiellement la perception de fatigues anormales (18% de tous les travailleurs) et des troubles de sommeil (15% du même effectif).

TABLEAU III.II

Répartition des travailleurs (en pourcents) en fonction de la fréquence de perception des troubles d'ordre psychologique (n=171)

	Jamais	Parfois	Souvent	Toujours
Fatigue	64	18	17	1
Irritabilité	71	26	3	0
Trouble: de la mémoire	74	19	7	0
du sommeil	67	18	10	5

- La fréquence des maux de tête a été investiguée sur une échelle à quatre points: jamais, de l'ordre d'une fois par mois, par semaine, plus d'une fois par semaine. Les prévalences correspondantes sont 71 %, 18 %, 9 % et 2 %.
- La prise en compte de l'exposition aux facteurs de risque de TMS d'origine extraprofessionnelle repose sur une question d'ordre général et une série de questions plus spécifiques. Trois niveaux d'activités ont été proposés qui représentent respectivement 14 % de travailleurs "sédentaires" en dehors de la vie professionnelle, 23 % ayant un peu ou irrégulièrement des activités contraignantes, 63 % rapportant beaucoup de travail extraprofessionnel.
- La même philosophie distinguant entre l'absence d'exposition et l'exposition occasionnelle, faible ou intense a été appliquée pour les facteurs de risque. Les résultats, présentés au tableau III.III, distinguent l'exposition autour de la valeur arbitraire de 5 heures par semaine.

TABLEAU III.III

Prévalences des expositions aux facteurs principaux de risque de TMS liés aux activités extraprofessionnelles (en termes de durée par semaine) (n=171)

	Non	Moins de 5h/sem	Plus de 5h/sem
Mouvements répétitifs	78	12	10
Efforts importants	34	44	22
Angulations importantes	95	4	1
Outils vibrants	88	11	1

Ce tableau montre que les travailleurs se perçoivent concernés essentiellement par le facteur de contrainte "efforts". Près d'un quart de l'effectif se déclare exposé à des efforts importants de manière très régulière (plus de 5 heures par semaine). Au contraire, très peu (5%) rapportent, même occasionnellement, l'adoption d'amplitudes articulaires importantes au cours des activités extra-professionnelles. L'utilisation des outils vibrants est presque exclusivement occasionnelle.

- Une série de questions portaient sur la perception de l'intensité des contraintes d'origine professionnelle prises en général et sur les différents niveaux anatomiques étudiés. Les résultats présentés au tableau III.IV montrent que deux tiers environ des travailleurs jugent leur travail moyen ou lourd, mais surtout que les extrêmes, correspondant au travail sédentaire et lourd, ne concernent qu'une minorité des travailleurs. La distribution des jugements que les travailleurs portent sur leurs efforts de levage de charges est assez comparable à celle de la charge de travail. Ce sont les poignets qui sont les plus sollicités avec plus de la moitié des travailleurs jugeant les efforts modérés et 10% lourds.

TABLEAU III.IV
Perception de l'intensité des contraintes professionnelles
(pourcentage de la population globale n = 171)

	Nul	Léger	Moyen	Lourd
Charge globale de travail	8	28	57	7
Levages de charges	13	25	53	9
Efforts des épaules	15	34	47	4
des coudes	24	31	39	6
des poignets	9	27	53	11

- Les activités professionnelles sont jugées globalement répétitives puisque 8%, 40% et 45% des travailleurs estiment répéter des mouvements identiques respectivement parfois, souvent et toujours.
- 24% des travailleurs prétendent utiliser des outils vibrants dont un quart de manière très régulière.
- L'environnement général de travail est jugé moyen par 52% des travailleurs et mauvais par 37%. Les exigences en concentration, attention au poste de travail, sont perçues comme modérées et importantes par plus de 92% des travailleurs. La monotonie est considérée comme faible ou nulle par 36% des travailleurs et importante par 18%.
- Finalement, quelques questions ont porté sur la fatigue générale et locale induite par le travail.

Respectivement 25%, 57% et 12% des travailleurs trouvent leur travail peu, moyennement et fort fatigant, globalement. Les perceptions de fatigue par zone anatomique sont présentées au tableau III.V. De ce tableau, il ressort que la perception de fatigues importantes au niveau des membres supérieurs est très fréquente pour une proportion aussi importante que 15% à 35% des travailleurs suivant la localisation. La prévalence, plus de 30%, est comparable pour les poignets et les épaules.

TABLEAU III.V

Prévalences de fatigues importantes perçues pour les différentes régions anatomiques, en fonction de la fréquence de ces épisodes (n=171)

	Jamais/parfois	Souvent	Toujours
Epaules	68	24	8
Coudes	84	12	4
Poignets	65	29	6

- 125 travailleurs ont connu d'autres postes de travail que ceux auxquels ils étaient affectés lors de la première entrevue. A la question concernant la charge globale de travail, 9,6% de ces travailleurs jugent leur passé professionnel sédentaire, 24% léger, 50% moyen et 17% lourd. La différence la plus sensible avec la charge physique au poste actuel concerne la catégorie "lourd" marquée par une prévalence nettement plus faible (avec 7%). La dichotomisation des efforts perçus entre nul-léger et moyen-lourd montre que 59% des travailleurs estiment avoir dû effectuer, au cours de leur passé professionnel, des efforts importants au niveau des épaules; les pourcentages sont respectivement de 47% et de 61% pour les coudes et les poignets. Les efforts généraux de levage de charge sont encore jugés importants par 63% d'entre-eux. La répétitivité se distribue selon une proportion assez comparable au poste actuel, avec 80% de travailleurs occupés à des tâches impliquant souvent ou toujours la répétition de mouvements identiques.
- Seuls 15% ont utilisé des outils vibrants, mais jamais à temps plein.

II. LES AFFECTIONS MUSCULO-SQUELETTIQUES

A. Prévalences et caractéristiques des TMS

Cette partie des résultats concerne les informations collectées par questionnaire.

Pour aucune zone corporelle, les prévalences ne sont différentes entre les deux groupes de travailleurs a priori constitués comme "exposés" et "non exposés".

Aux trois questions principales concernant les prévalences, formulées suivant "Avez-vous eu des problèmes (douleur, inconfort) au niveau de, durant les 7 derniers jours ou durant les 12 derniers mois ?", les réponses affirmatives se répartissent comme présenté au tableau III.VI.

TABLEAU III.VI

**Prévalences de TMS au niveau de la nuque et des membres supérieurs
au cours des 12 derniers mois et des 7 derniers jours (n=171)**

	Nuque	Epaules		Coudes		Poignets	
		droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche
12 mois	46,0	15,0	14,0	13,0	7,6	25,0	15,0
7 jours	17,0	5,8	7,6	6,4	4,1	8,8	5,8

Ce tableau montre que la nuque est la région à l'origine du plus grand nombre de plaintes quelle que soit la période de référence. Viennent ensuite, au niveau des membres supérieurs, les poignets, puis les épaules et enfin les coudes. La tendance générale est à un nombre plus important de plaintes du côté droit avec, pour seule exception, un plus grand nombre de plaintes pour l'épaule gauche dans les 7 derniers jours.

Les prévalences de tous les TMS dans les 12 derniers mois sont environ deux fois plus élevées que celles des 7 derniers jours.

La sévérité des plaintes de troubles musculo-squelettiques ressentis par les travailleurs au cours des 12 derniers mois a été évaluée par un indice calculé à partir de trois caractéristiques des problèmes relevés: la nature, la durée des épisodes, leur fréquence. Cet indice est exprimé par un score compris entre I (absence de problème) et IV (douleur aiguë et/ou très fréquente à quotidienne et/ou sans rémission à brève échéance). Le tableau III.VII présente la répartition des plaintes en fonction des scores pour les différentes régions anatomiques.

TABLEAU III.VII

**Prévalences relevées au cours des 12 derniers mois en fonction
des niveaux de sévérité suivant les scores I à IV (n=171)**

Scores	Nuque	Epaules	Coudes	Poignets
I	54,0	77,0	84,0	68,0
II	13,0	3,5	2,3	9,4
III	30,0	16,0	12,0	20,0
IV	3,5	2,9	1,8	2,3

De ce tableau, il ressort que la gravité de la plus grande majorité des plaintes de TMS détectés peut être qualifiée de modérée. Pour la nuque et les poignets en particulier, respectivement 30% et 20% de la population totale déclarent avoir soufferts de TMS jugés modérés au cours des 12 derniers mois.

Deux questions visaient encore à préciser si:

- le TMS est survenu après une modification des habitudes gestuelles au cours du travail tant domestique que professionnel;
- le TMS est survenu de manière brutale, suggérant une étiologie accidentelle.

Pour la nuque, la réponse est affirmative à ces deux questions dans respectivement 19% et 10% des TMS recensés au cours des 12 derniers mois. Pour les épaules, ces pourcentages sont 15% et 21%; pour les coudes 18% et 21%, et, enfin, pour les poignets 30% et 30%.

B. TMS et facteurs associés

Ce paragraphe présente de manière synthétique les associations significatives entre les facteurs investigués dans le questionnaire et les prévalences de TMS (sur les 12 derniers mois). Suite au nombre très élevé d'analyses de Chi-carré qui ont été menées, la probabilité de rencontrer une association significative est accrue. Dès lors, le seuil de signification statistique retenu a été abaissé à 1%.

Pour les troubles au niveau de la nuque, on relève une proportion plus élevée ($p < 0,001$) de travailleurs qui rapportent des plaintes et qui, de manière concomitante, jugent leur santé générale plutôt mauvaise.

Parmi les travailleurs qui rapportent des fréquences importantes de fatigues anormales, la proportion de ceux qui se plaignent de TMS de la nuque est également beaucoup plus importante ($p < 0,01$).

Les associations sont significatives entre les TMS rapportées au cours des 12 derniers mois au niveau de l'épaule gauche et les efforts requis par le travail au niveau des épaules ($p < 0,001$) et des poignets ($p < 0,001$), ainsi qu'avec la perception de fatigue due au travail au niveau des épaules ($p < 0,001$) et des coudes ($p < 0,001$). Les TMS de l'épaule droite sont associés à la perception de fatigue d'origine professionnelle au niveau des épaules ($p < 0,001$). Dans tous les cas, aux proportions de plaintes musculo-squelettiques plus élevées correspondent des niveaux de contrainte ou de perception de fatigue plus importants.

Seules trois associations s'avèrent significatives entre les variables du questionnaire et les TMS au niveau du coude. La première concerne les coudes droits et montre que parmi les travailleurs qui n'ont pas eu d'activités sportives régulières durant leur jeunesse (avant 20 ans), la proportion de sujets rapportant des plaintes est beaucoup plus importante ($p < 0,001$). Les deux autres sont les seules concernant les activités professionnelles: elles font référence aux travailleurs mentionnant souffrir de fatigues importantes au niveau des coudes droits ($p < 0,001$) et gauches ($p < 0,001$) liées aux activités professionnelles.

Concernant les poignets, les plaintes rapportées, à droite, dans les 12 derniers mois, ne sont associées qu'à la fréquence élevée de perceptions de fatigues importantes à ce niveau à l'issue du travail ($p < 0,001$).

C. Prévalences de TMS détectés à l'examen clinique

Les cinq régions investiguées sont la nuque ou région de la colonne cervicale, le défilé thoracique, les épaules, les coudes et les poignets. Les résultats présentés ci-dessous pour chacune sont, en premier lieu, la distribution du nombre d'éléments diagnostiques positifs (provenant des plaintes, inspection, palpation, tests de mobilité et tests spécifiques) et, ensuite, la prévalence des affections particulières ciblées.

Pour la nuque, 105 des 171 travailleurs ne montrent aucune caractéristique positive à l'examen clinique. Les 66 autres travailleurs se répartissent comme suit: 13%, 11%, 5%, 4% et 5% démontrent de 1 à 5 critères positifs respectivement. Ces prévalences ne diffèrent pas significativement entre les groupes témoins et exposés: huit syndromes tensionnels de la nuque et quatre ostéoarthroses ont été identifiés, soit des prévalences respectives de 4,7% et 2,3%. A nouveau, ces troubles touchent en proportions non différentes les deux groupes de travailleurs.

L'examen clinique des défilés thoraciques s'est avéré positif pour une caractéristique au moins chez 49% des travailleurs. Toutefois, aucun diagnostic de syndrome du défilé thoracique n'a pu être posé sur base de la série de critères préétablis.

Moins de 10% des travailleurs présentaient une anomalie au moins à l'examen clinique des épaules. Les diagnostics posés étaient: 2 affections sus-épineuses (droites), 1 tendinite de la longue portion du biceps (droite), 1 syndrome de l'articulation acromio-claviculaire (gauche). Aucun ensemble cohérent de signes cliniques n'a pu être recensé évoquant un syndrome dit de "l'épaule gelée". Un diagnostic d'affection du sus-épineux concerne la population des témoins tandis que les trois autres ont été identifiés dans le groupe des travailleurs "à plus forte contrainte" selon le critère initial.

Les anomalies des coudes détectées à l'examen clinique concernent également légèrement moins de 10% de l'effectif et se distribuent de manière non statistiquement significative entre les groupes de travailleurs exposés et témoins.

Huit diagnostics d'épicondylite ont été posés. Elles sont toutes du côté droit et sont au nombre de 4 dans chacun des deux groupes.

145 travailleurs ne présentaient aucun trouble au niveau des poignets. Pour les autres, respectivement 5,3%, 2,9%, 2,9%, 2,3%, 0,6% et 1,2% présentaient de 1 à 6 critères positifs à l'examen clinique. C'est pour ce seul cas des poignets que les prévalences diffèrent significativement entre les groupes ($p = 0,028$), les prévalences étant 2,3 fois plus importantes chez les "exposés".

Les prévalences de diagnostics particuliers sont considérablement plus faibles: 5 ténosynovites (2 à gauche, 3 à droite; 1 pour le groupe témoins et 4 chez les exposés); 7 kystes (3 à gauche, 4 à droite; 3 et 4 respectivement chez les témoins et exposés); 1 syndrome du canal carpien (à droite chez un témoin); 1 syndrome de de Quervain (à droite chez un exposé); aucun syndrome du canal de Guyon. A nouveau les prévalences de ces diagnostics sont quasi identiques dans les deux groupes constitués a priori.

III. LES TESTS FONCTIONNELS

A. Statistiques descriptives

Les tests fonctionnels effectués visaient à évaluer les capacités maximales d'amplitude articulaire au niveau du poignet ainsi que de force de préhension globale (grasp)

la sensibilité tactile au moyen du seuil de perception de la pression et du seuil de perception du stimulus vibratoire. L'intégrité de la portion distale du nerf et de la jonction neuro-musculaire a été évaluée par la mesure des délais de contraction ou temps de latence moteur.

Le tableau III.VIII présente les amplitudes articulaires maximales calculées sur l'effectif complet des travailleurs. La première observation est que les amplitudes articulaires sont très comparables entre les côtés gauche et droit. Ceci est d'autant plus remarquable lorsque l'on compare les amplitudes moyennes totales de déviation radio-cubitale strictement identiques à $51,3^\circ$ et de flexion-extension valant respectivement $129,5^\circ$ à droite et $128,9^\circ$ à gauche. Il n'existe donc pas d'effet de latéralité.

Hoppenfeld et Hutton [1984] proposent des valeurs de référence pour ces amplitudes articulaires: 30° déviation cubitale; 20° radiale; 70° extension; 80° flexion. Les amplitudes observées dans notre recherche sont d'environ 5° plus élevées en déviation cubitale mais par contre 5° plus faibles en déviation radiale. Le total de la déviation radio-cubitale s'avère donc strictement comparable aux amplitudes de référence.

TABLEAU III.VIII

Angulations maximales moyennes (écarts types, minima et maxima) des mains droites et gauche, pour l'ensemble des travailleurs (en degrés)

	Droite			Gauche		
	Moyenne	e.t.	(min-max)	Moyenne	e.t.	(min-max)
Déviations:						
cubitale	35,7	5,8	(20, 52)	34,8	5,4	(20, 51)
radiale	15,6	4,7	(4, 28)	16,5	5,1	(4, 33)
Extension	70,7	9,9	(39, 96)	71,2	8,1	(49, 92)
Flexion	58,8	8,3	(28, 77)	57,7	7,6	(38, 80)

Tandis que les 70° environ en extension sont quasi identiques à la référence proposée, la flexion du poignet est d'environ 22° plus faible que les 80° de référence. Il est à remarquer que la valeur maximale observée sur toute la population est de 96° en extension, soit plus de 20° de plus que la référence, tandis que la valeur maximale de flexion (80°) atteint tout juste la référence correspondante.

Les valeurs minimales observées (4° de déviation radiale et 28° d'extension) correspondent par contre à des déficits majeurs.

Les différences entre les deux groupes constitués a priori n'apparaissent que fortuites: diminution de l'angle maximal moyen en déviation cubitale pour la main droite et de l'angle de flexion maximal moyen de la main gauche dans le groupe "exposés". Quoique statistiquement significative, ces différences sont faibles, de l'ordre de 2° soit 4 à 5%.

Le tableau III.IX présente les résultats des tests de force maximale qui s'avèrent comparables pour les deux mains. Ces valeurs sont à rapprocher de celles citées par Mathiowetz [1990], pour la tranche d'âge de 35 à 39 ans: $54,4 \pm 10,9$ kg et $51,3 \pm 9,9$ kg pour les préhensions globales gauche et droite. Nos valeurs sont sensiblement comparables. Il faut remarquer que les valeurs minimales sont faibles par rapport aux valeurs moyennes. Aucune différence significative n'apparaît entre les deux groupes qui sont strictement comparables.

TABLEAU III.IX

Forces maximales volontaires de préhension globale (kg) pour l'ensemble des travailleurs pour les mains droites et gauches (moyennes, écarts types, minima et maxima)

	Moyenne	e.t.	(min-max)
Préhension globale droite	52,1	9,5	(23,9, 82,2)
gauche	49,4	9,0	(30,3, 74,7)

La perception de la pression a été évaluée par le test des monofilaments de Semmes-Weinstein (SW). Celui-ci permet de classer:

- pour le majeur droit: 46 travailleurs comme ayant une sensibilité normale (perception du filament classé 2,83) et 124 autres ayant une perte du toucher léger (perception de filaments inférieurs ou égaux à 3,61). Un seul travailleur peut être considéré comme ayant une diminution de la sensation de protection.
- pour le majeur gauche, respectivement 48, 115 et 8 travailleurs se répartissent dans les mêmes catégories;
- pour l'auriculaire droit, les effectifs par catégorie sont de 45, 122 et 4 travailleurs tandis que pour le gauche ils sont de 58, 110 et 3.

Pour les quatre lieux investigués, la moyenne de filament est comprise entre 3,20 et 3,27 avec un écart-type de 0,34. A nouveau, aucune différence de sensibilité à la pression ne peut être mise en évidence entre les deux groupes de travailleurs sélectionnés.

Les résultats des évaluations du seuil de perception aux vibrations (SPV) sont présentés au tableau III.X. Pour chaque fréquence, les variations sont égales ou inférieures à 3 dB entre les quatre sites d'évaluation.

La comparaison des deux groupes de travailleurs montre que les seuils de perception sont systématiquement mais marginalement plus élevés chez les travailleurs exposés aux travaux estimés plus contraignants. Cette différence entre groupes n'est statistiquement significative que pour l'auriculaire droit à 31,5 Hz (diff: 1,4 dB, $p < 0,05\%$).

TABLEAU III.X

**Moyennes et écarts types des seuils de perception aux vibrations (dB)
à 31,5, 63, 125 et 250 Hz au niveau des majeurs
et auriculaires droits et gauches**

	31,5 Hz		63 Hz		125 Hz		250 Hz	
	moy.	e.t.	moy.	e.t.	moy.	e.t.	moy.	e.t.
Majeur droit	114	4,9	112	6,3	101	6,7	104	8,0
Majeur gauche	113	5,5	110	6,7	100	7,0	102	8,4
Auriculaire droit	116	4,7	113	5,9	103	6,7	102	7,8
Auriculaire gauche	115	4,9	112	6,2	101	6,5	101	7,3

Les temps de latence moteur (TLM) ont été évalués au niveau des pouces et auriculaires droits et gauches. Les résultats, au tableau III.XI, montrent une différence très nette entre les deux doigts alors que les TLM sont comparables des deux côtés, gauche et droit. Ce tableau montre aussi une dispersion considérable entre les valeurs minimales et maximales.

TABLEAU III.XI

**Moyennes, écarts types, minima et maxima des temps de latence moteur (msec)
enregistrés au niveau des nerfs médian et cubital, pour les deux mains**

	Moyenne	e.t.	(min-max)
Nerf médian droit	4,0	0,8	(3,0 10,2)
Nerf médian gauche	3,9	1,0	(2,9 13,3)
Nerf cubital droit	2,9	0,5	(1,9 7,4)
Nerf cubital gauche	2,9	0,4	(2,0 4,9)

Selon les utilisateurs de l'appareil, les temps de latence moteur supérieurs à 4,2 ms pour le nerf médian et 3,7 ms pour le nerf cubital doivent être considérés comme anormaux. Les moyennes obtenues dans le cadre de cette recherche sont inférieures à ces limites. Cependant, l'ampleur de l'écart type, ainsi que les valeurs maximales enregistrées, indiquent qu'un certain nombre de sujets présentent des TLM considérés comme anormaux. Aucune différence significative ne se marque cependant entre les deux groupes.

B. Relation avec les plaintes aux poignets

Les relations entre les différents tests de capacité et de sensibilité et les plaintes relevées au niveau des poignets au cours des 12 derniers mois ont été évaluées par régression logistique univariée. Les tests ayant été effectués des côtés gauche et droit, tout comme le relevé des plaintes, les analyses ont été menées indépendamment pour chaque côté.

Les résultats de ces analyses sont présentés au tableau III.XII avec, pour chaque paramètre, le odds ratio, les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance à 95 % et le degré de probabilité.

Ce tableau montre que, même tenant compte d'un degré de signification plus élevé à 15% (communément admis pour ce type d'analyses logistiques [Hosmer et Lemeshow 1989], très peu d'associations sont mises en évidence entre les plaintes et les résultats des tests fonctionnels.

La probabilité de rapporter des troubles aux poignets, à droite et à gauche, est plus faible chez les travailleurs ayant, de part et d'autre, de plus grandes amplitudes articulaires en déviation cubitale.

Pour le majeur, du côté droit, et pour 3 des 4 fréquences investiguées (31,5, 63, 125 Hz), la proportion de travailleurs avec plaintes au poignet droit est plus faible chez ceux ayant des seuils de perception de vibrations plus élevés.

Les paramètres de force de préhension globale, de temps de latence moteur, de seuil de perception de la pression et, pour l'auriculaire, de seuil de perception des vibrations sont totalement indépendants des plaintes rapportées sur les 12 derniers mois au niveau des poignets.

TABLEAU III.XII

**Résultats des analyses univariées de régression logistique entre les plaintes
aux poignets au cours des 12 derniers mois et les tests fonctionnels et sensoriels
(odds ratio, intervalle de confiance à 95% et probabilité)**

	Poignet gauche			Poignet droit		
	O.R.	Intervalle de confiance	p	O.R.	Intervalle de confiance	p
Déviaton radiale	1,02	0,94 - 1,11	0,60	1,04	0,96 - 1,12	0,37
Déviaton cubitale	0,94	0,86 - 1,02	0,15	0,94	0,88 - 1,00	0,05
Flexion	0,98	0,93 - 1,04	0,60	0,98	0,94 - 1,02	0,26
Extension	1,00	0,95 - 1,06	0,90	0,96	0,93 - 1,00	0,04
Force de préhension	1,00	0,95 - 1,05	0,91	0,98	0,95 - 1,02	0,39
TLM pouce	0,98	0,60 - 1,60	0,93	1,06	0,69 - 1,65	0,78
TLM auriculaire	0,73	0,18 - 2,92	0,66	0,97	0,45 - 2,07	0,93
SW majeur	1,00	1,00 - 1,00	0,50	1,00	1,00 - 1,00	0,18
auriculaire	1,00	1,00 - 1,00	0,54	1,00	1,00 - 1,00	0,18
SPV majeur						
31,5	0,98	0,90 - 1,06	0,61	0,94	0,88 - 1,01	0,11
63	0,98	0,91 - 1,04	0,50	0,95	0,89 - 1,00	0,05
125	0,96	0,90 - 1,03	0,27	0,95	0,90 - 1,00	0,09
250	0,97	0,92 - 1,03	0,36	0,98	0,94 - 1,03	0,46
auriculaire						
31,5	0,95	0,87 - 1,04	0,27	1,02	0,95 - 1,10	0,54
63	1,00	0,93 - 1,07	0,90	1,02	0,96 - 1,09	0,43
125	1,02	0,95 - 1,09	0,65	1,01	0,96 - 1,07	0,66
250	1,00	0,94 - 1,06	0,90	1,00	0,96 - 1,05	0,81

C. Relations entre les résultats des tests et les données personnelles

Des analyses de régression linéaire multivariées ont été menées entre, d'une part, chaque paramètre évalué au cours des tests fonctionnels et, d'autre part, un ensemble de variables du questionnaire.

Les 22 variables retenues visaient à caractériser le travailleur, sa santé et ses caractéristiques psychosociales, les contraintes tributaires des activités extra-professionnelles et professionnelles (tant passées que présentes), ainsi que, dans tous les cas, le rapport ou non de plaintes au niveau du poignet.

La technique utilisée a été le "stepwise forward" et tous les résultats présentés ci-

dessous donnent, pour les variables significatives au seuil de 5%, le coefficient et le degré de signification dans le modèle final.

Pour la performance maximale de force de préhension à droite, les variables associées (coefficient, p (probabilité)) sont: l'âge (-0,32 (0,004)), la taille (0,26 (0,017)), la formation scolaire (3,83 (0,042)) et la pratique sportive impliquant les membres supérieurs (6,56 (0,047)). La force de préhension à gauche est associée à l'âge (-0,23 (0,029)) et à la taille (0,23 (0,026)).

Le tableau III.XIII présente les résultats des analyses menées sur les paramètres d'angulations maximales. Le poids intervient 4 fois comme cofacteur mais en sens divers, tandis que, dans les 3 modèles où elle intervient, la tabagie est associée à une diminution des amplitudes maximales du poignet. Les plaintes au niveau des poignets, rapportées au cours des 12 derniers mois, ne sont que fortuitement associées aux amplitudes articulaires (négativement à l'extension du côté droit).

Le tableau III.XIV concerne les temps de latence moteur, ainsi que le seuil de perception de la pression (filaments de Semmes-Weinstein). Il ressort que la répétitivité au poste de travail est globalement associée aux temps de latence motrice. Il faut remarquer que le coefficient négatif témoigne d'une relation entre des temps plus courts et une répétitivité plus importante.

TABLEAU III.XIII

Résultats des analyses de régression linéaire multivariées (coefficient, signification) menées entre chacun des paramètres d'angulation maximale et l'ensemble des variables tirées du questionnaire

	Gauche			Droite				
	radial	cubital	flexion	extension	radial	cubital	flexion	extension
Age			-0,17*	-0,2*			-0,13*	-019**
Poids	0,09**	-0,1**						0,46***
Taille								
Accident								
Tabagie			-3,13**	-2,5*		-1,85*	-3,09**	
Répétition poignets								
Répétition gestes	-1,73*					-3,03*		
TMS poignets								-3,64*

* p < 0,05

** p < 0,01

** p < 0,001

- Répétition poignets: mouvements répétitifs au niveau des poignets lors d'activités extra-professionnelles;
- Répétition gestes: répétition de gestes identiques au poste de travail antérieur;
- TMS poignets: troubles musculosquelettiques des poignets.

L'âge est la variable la plus systématiquement et significativement associée au seuil de sensibilité à la pression. Le coefficient positif montre une élévation de ce seuil avec l'âge.

Pour quatre autres variables (les accidents au niveau des membres supérieurs, la répétitivité dans les activités extra-professionnelles, la charge de travail et la fixité posturale au cours du passé professionnel) les coefficients positifs témoignent d'une élévation concomitante de l'exposition au facteur et du seuil de détection de pression.

Le tableau III.XV présente les coefficients et degré de signification des variables associées aux seuils de perception des vibrations.

L'élévation de l'âge est très fortement associée à une élévation de tous les seuils de perception (quels que soient la main, le doigt ou la fréquence). La consommation d'alcool présente également de nombreuses associations avec une telle dégradation de la perception aux vibrations.

TABLEAU III.XV

Résultats des analyses de régression linéaire multivariées (coefficient, signification) menées entre les seuils de perception de chacun des stimuli vibratoires et l'ensemble des variables tirées du questionnaire

	Gauche										Droite									
	Majeur					Auriculaire					Majeur					Auriculaire				
	31,5	63	125	250	31,5	63	125	250	31,5	63	125	250	31,5	63	125	250				
Age	0,23***	0,31***	0,36***	0,46***	0,23***	0,31***	0,31***	0,39***	0,25***	0,26***	0,42***	0,42***	0,16***	0,29***	0,44***	0,42***				
Poids			0,1*																	
Taille																				
Accidents																				
Alcool	2,61*	3,11**	3,04**	3,07**	2,25**	1,97*	1,95*			2,59**	2,1*	2,65*				2,47*				
Hobby										-2,63**										
Répétition																				
Charge de travail	-1,82*			-3,96*																
Efforts poignets				-2,7*	-1,83*				-1,61*											

* P < 0,05 ** P < 0,01 *** P < 0,001

- Alcool: consommation moyenne d'alcool

- Hobby: pratique d'activités extraprofessionnelles

- Répétition de gestes identiques au poste de travail actuel

- Charge de travail au poste de travail antérieur

- Efforts exercés par les poignets au poste de travail antérieur

IV. ANALYSE DES FACTEURS ASSOCIES AUX PLAINTES MUSCULO-SQUELETTIQUES

Les co-facteurs des troubles musculo-squelettiques ont été étudiés par régression logistique multivariée utilisant cette fois la "downward" procédure consistant à introduire au départ toutes les variables indépendantes du questionnaire et ensuite à retirer l'une après l'autre les variables les moins significatives.

Le premier modèle, au tableau III.XVI, concerne la symptomatologie de la région cervicale (nuque) rapportée sur les 12 derniers mois. Toutes les variables incluses dans ce modèle sont nettement significatives ($p < 5\%$). Le odds ratio de la variable poids, inférieur à l'unité, témoigne d'une proportion plus faible de troubles de la nuque chez les travailleurs plus lourds. Un jugement de santé favorable est très nettement associé au fait de ne pas rapporter de plaintes au niveau de la nuque tandis que, inversement, le nombre de consultations médicales pour motifs différents y est nettement associé. Seule variable recouvrant la notion de contrainte, la pratique de sports concernant prioritairement les membres supérieurs est également fortement associée à ces plaintes. Le odds ratio très supérieur à l'unité signifie que les travailleurs pratiquant ces sports ont proportionnellement une beaucoup plus grande probabilité de rapporter des troubles de la nuque dans les 12 derniers mois.

TABLEAU III.XVI

**Modèle logistique multivarié de la probabilité de plaintes dans la région cervicale
(odds ratio, intervalle de confiance à 95% et niveau de signification)**

Variable	O.R.	I.C. 95%	p
Poids	0,96	0,93 - 1,00	0,03
Santé	0,20	0,03 - 0,44	< 0,001
Consultations médicales	5,24	1,30 - 21,1	0,02
Sports membres supérieurs	15,0	1,70 - 131,8	0,01

Les plaintes aux épaules (gauche et droite) sont associées aux variables présentées au tableau III.XVII. Il est à remarquer que pour l'ancienneté au poste, le O.R. inférieur à 1,0, suggère une proportion plus élevée de plaintes au niveau des épaules chez les travailleurs ayant une plus faible ancienneté; les consultations médicales s'avèrent également associées à ces plaintes, et suivant le même sens que pour la nuque (tableau III.XVI).

TABLEAU III.XVII

**Modèle logistique multivarié de la probabilité de plaintes dans la région des épaules
(odds ratio, intervalle de confiance à 95% et niveau de signification)**

Variables	O.R.	I.C. 95 %	p
Consultations médicales	3,29	1,02 - 10,6	0,05
Ancienneté au poste	0,92	0,85 - 0,99	0,03
Efforts des poignets	2,29	0,96 - 5,49	0,06
Répétition au poste antérieur	0,49	0,21 - 1,11	0,09

Les deux variables ayant trait aux contraintes professionnelles concernent le poste actuel (efforts des poignets) et le passé professionnel (répétition des gestes): l'association est moins nette et diffère, très paradoxalement, entre ces deux variables.

Pour les plaintes rapportées au niveau des coudes, le tableau III.XVIII donne les variables associées de manière significative. L'index tabagique, la pratique de sports concernant les membres supérieurs et la charge de travail au poste actuel sont concomitants à une proportion plus élevée des plaintes. Au contraire, la pratique des sports avant 20 ans, avec un O.R. de 0,18, suggère une association du type "effet préventif". Le même sens d'association, paradoxal cette fois, est relevé pour les efforts des poignets.

TABLEAU III.XVIII

**Modèle logistique multivarié de la probabilité de plaintes dans la région des coudes
(odds ratio, intervalle de confiance à 95% et niveau de signification)**

Variables	O.R.	I.C. 95 %	p
Index tabagique (x 100)	1,31	1,12 - 1,54	< 0,001
Sports membres supérieurs	11,0	1,76 - 68,9	0,01
Sports avant 20 ans	0,18	0,06 - 0,52	0,002
Charge de travail	5,60	1,56 - 20,1	0,008
Efforts des poignets	0,22	0,07 - 0,71	0,01

Le tableau III.XIX présente les variables du modèle logistique final concernant les plaintes aux poignets. Très clairement ressortent deux facteurs de contrainte, les efforts et la répétitivité, avec une proportion très significativement plus élevée de plaintes chez les travailleurs exposés à chacune de ces contraintes.

TABLEAU III.XIX

**Modèle logistique multivarié de la probabilité de plaintes dans la région des poignets
(odds ratio, intervalle de confiance à 95% et niveau de signification)**

Variables	O.R.	I.C. 95%	p
Efforts des poignets	2,43	1,13 - 5,20	0,02
Répétitivité	6,65	1,40 - 27,9	0,02

En guise de synthèse sur les troubles musculo-squelettiques du membre supérieur, un modèle a été calculé, tableau III.XX, pour la variable ULD (upper limb disorders) comptabilisant tous les travailleurs rapportant une plainte au moins au niveau d'un des sites évoqués plus haut.

TABLEAU III.XX

**Modèle logistique multivarié de la probabilité de plaintes dans la région du membre supérieur (toutes zones confondues)
(odds ratio, intervalle de confiance à 95% et niveau de signification)**

	O.R.	I.C. 95%	p
Age	0,91	0,82 - 1,01	0,08
Consultations médicales	7,0	1,45 - 33,8	0,02
Ancienneté dans l'entreprise	1,09	0,98 - 1,20	0,10
Efforts des coudes	1,71	0,89 - 3,29	0,10

L'association est de loin la plus nette et la plus importante, avec le nombre de consultations médicales pour raisons différentes ($p < 0,05$). Les relations avec l'ancienneté dans l'entreprise et les efforts au niveau des coudes sont orientées dans le même sens, évoquant une association avec une contrainte et avec la durée d'exposition professionnelle. L'âge par contre est "négativement" (O.R. $< 1,0$) corrélié aux plaintes musculo-squelettiques.

Pour ces trois dernières variables, le faible degré de signification statistique ne permet pas d'exclure un effet du hasard.

V. DISCUSSION

L'observation du tableau III.VI (prévalences des plaintes) démontre une latéralisation marquée des plaintes de TMS pour les coudes et les poignets avec une atteinte bien plus importante du côté droit. Les plaintes les plus fréquentes sont observées au niveau de la nuque puis des poignets, des épaules et des coudes. Cette hiérarchie correspond à celle observée lors d'une autre enquête épidémiologique en milieu sidérurgique [Masset 1992]. Les taux qui y avaient été obtenus étaient toutefois systématiquement plus faibles.

L'analyse détaillée et comparative des prévalences entre différentes recherches mène, quasi systématiquement, à des différences, parfois majeures, dues à des différences de méthodologie, de secteur, de culture ... Par contre, l'obtention d'une même hiérarchie de prévalences entre les différents sites anatomiques investigués ne résulte pas du hasard et suggère de focaliser les analyses en priorité sur la nuque et sur les poignets (dans une approche limitée aux membres supérieurs).

Comme l'a montré l'étude de Brusco et Malchaire [1993], les problèmes de nuque sont les plus fréquents quel que soit le secteur industriel ou administratif concerné.

Ces problèmes paraissent moins directement liés aux conditions physiques de travail et plutôt à l'environnement général physico-psychosocial. Une approche particulière prenant plus en compte les facteurs de stress, de satisfaction au travail est nécessaire. Cela fera l'objet d'une prochaine étude. Notre étude concerne essentiellement les problèmes musculo-squelettiques survenant aux poignets et est tournée vers la relation entre les TMS, les résultats des tests fonctionnels et les contraintes de travail.

Comme d'autres chercheurs [Silverstein et coll. 1987, Punnett et coll. 1985, Barnhart et coll. 1991, Bovenzi et coll. 1991], la présente recherche a combiné la double approche de questionnaire et d'examen complémentaires. En particulier l'examen clinique visait à identifier les entités pathologiques les plus courantes et bien définies. Les prévalences obtenues sont drastiquement plus faibles, d'un autre ordre de grandeur que les plaintes relevées par questionnaire avec, par exemple, un seul syndrome du canal carpien mis en évidence. Ce fait mène aux commentaires suivants:

- l'examen clinique ne peut, par nature, cerner que les affections contemporaines et qui ne sont pas à ce point invalidantes qu'elles aient conduit à l'incapacité de travail. La probabilité d'identifier un cas est donc par essence bien plus faible que pour le questionnaire sur 12 mois;
- l'examen clinique apporte une information d'une autre nature: localisation, décours temporel, facteurs aggravants/soulageants ... et devrait donc être considéré comme un outil complémentaire dans le cas d'une approche plus pointue de TMS.

La discussion des facteurs associés aux plaintes (capacités fonctionnelles) relevées au niveau des poignets porte essentiellement sur les résultats présentés au tableau III.XII. Globalement, aucune association n'existe entre les caractéristiques fonctionnelles relevées au niveau des poignets et mains gauches et la prévalence de plaintes au poignet gauche. L'hypothèse d'un lien avec la latéralité peut être évoquée: le côté non dominant serait le moins exposé à l'ensemble des facteurs de contrainte résultant du travail; ce même côté non dominant serait censé être le moins affecté par ces conditions du travail ou celui dont les performances fonctionnelles auraient le moins de relation avec l'exécution des tâches. Il serait donc plus logique qu'il y ait le moins d'associations entre troubles et caractéristiques fonctionnelles du côté gauche, côté non dominant pour plus de 95 % des travailleurs concernés.

En ce sens, les seules associations significatives entre prévalences de troubles au niveau des poignets et caractéristiques fonctionnelles concernent le côté droit.

Pour les amplitudes articulaires maximales, les deux associations significatives présentent un O.R. inférieur à l'unité suggérant donc que les prévalences de travailleurs avec plaintes des poignets droits sont plus faibles parmi ceux présentant des

capacités importantes de déviation cubitale et d'extension. Dans cette étude transversale, on ne peut tirer de conclusions qu'en termes de concomitance entre les informations recueillies: les problèmes perçus au cours des 12 mois écoulés et les amplitudes articulaires maximales mesurées le jour de l'interview. On ne peut dès lors pas exclure l'hypothèse que ces amplitudes résultent des capacités articulaires intrinsèques et d'éventuelles modifications dues aux troubles musculo-squelettiques précédents ou actuels. Cette dernière hypothèse serait corroborée par les résultats, les altérations périarticulaires induisant, le plus souvent, une réduction de l'amplitude fonctionnelle.

Les autres variables fonctionnelles associées aux prévalences sont le seuil de perception aux vibrations du majeur droit, à 63 Hz, et, compte tenu d'un degré de tolérance statistique plus important (15%), à 31,5 et 125 Hz. Dans les trois cas, le O.R., inférieur à l'unité, suggère que les prévalences de troubles sont moins nombreuses chez les travailleurs présentant des seuils de perception plus élevés. Cette observation est diamétralement opposée à celle concernant les amplitudes articulaires. Il ne semble pas qu'une quelconque hypothèse explicative puisse être émise, étant donné les données disponibles. Il est à remarquer qu'aucune relation ne peut non plus être établie avec un éventuel effet d'exposition aux vibrations puisque les travailleurs sélectionnés pour cette recherche n'étaient pas exposés d'une manière régulière à l'utilisation d'outils vibrants.

En tout état de cause, vu le grand nombre d'analyses, le degré de signification retenu ne permet pas d'exclure un effet du hasard. La portée pratique de ces résultats s'avère donc très faible.

Les analyses menées entre tous les co-facteurs potentiels, investigués par le questionnaire, et les prévalences de plaintes à chaque site articulaire ne montrent que très peu d'associations.

Alors que certains auteurs avaient montré l'effet de l'ancienneté [Ohlsson et coll. 1989] ni ce facteur ni celui de l'âge n'apparaissent dans cette recherche, annihilant les hypothèses de nature "effets cumulatifs" ou "effets différés".

Les seules associations avec les conditions de travail concernent les perceptions de fatigue. Si cette observation pose la question de l'indépendance naturelle de ces deux variables, elle permet également de formuler deux commentaires:

- en l'absence de toute quantification des contraintes, cette variable témoigne, par son association avec les plaintes, de l'effet qui pourrait être imputé aux activités professionnelles;
- cette variable serait à considérer dans le cadre de l'étude prospective car elle pourrait mener à considérer une éventuelle phase asymptomatique de la pathologie à venir et fournir donc, si elle s'avérait avoir une valeur prédictive, une opportunité d'intervention.

Dans la foulée des travaux de Kilböm et coll. [1986], Kilböm [1990], Toomingas et coll. [1992], Waersted et Bjorklund [1991], discutant des interactions entre charge mentale ou tension psychologique au travail et l'apparition du T.N.S. (tension neck syndrome) des variables de cette nature ont été intégrées à ce protocole. Aucune d'elles ne s'est avérée associée aux TMS, au niveau de ce volet transversal.

L'analyse transversale rapportée ci-dessus ne démontre aucune différence statistiquement significative qui soit essentielle entre les deux groupes a priori constitués comme étant et n'étant pas à risque de TMS. Aussi, dans la suite de l'étude, tout en gardant le même effectif, nous est-il apparu logique d'abandonner pour l'essentiel cette distinction et de conduire l'analyse sur base individuelle avec caractérisation de la charge de travail pour chaque travailleur, dans la mesure du possible.

C H A P I T R E I V

E T U D E P R O S P E C T I V E

I. INCIDENCES

Les incidences ou nouveaux cas de troubles musculo-squelettiques (TMS) rapportés durant la période de l'étude prospective ont été calculées tant pour les différentes affections ciblées par l'examen clinique que pour les sites anatomiques passés en revue dans le questionnaire.

A. Bilan de l'effectif

Parmi les 171 personnes vues la première année, 151 et 126 ont été revues respectivement la deuxième et la troisième année.

Cette diminution des effectifs est principalement liée à l'absentéisme des travailleurs pour cause de maladies ou d'accidents (n=14 et n=10 pour les deuxième et troisième années). Les autres causes sont les mutations de poste de travail, les refus de participation de la part des travailleurs, ou encore des personnes qui ont quitté l'entreprise ou qui travaillaient en poste de nuit lors des campagnes d'interviews.

B. Incidences de plaintes tirées du questionnaire

Lors du premier interview avec chaque travailleur, la question portant sur des plaintes ou non dans les 12 derniers mois, concernant chaque site anatomique visé, a permis de déterminer les prévalences ainsi que l'effectif "sans plaintes". Pour ce seul dernier groupe de travailleurs, l'information collectée 12 mois plus tard renseignait sur l'apparition, incidence, ou non d'un épisode de TMS. Les travailleurs sans problèmes musculo-squelettiques lors de ce second interview ont été revus une troisième fois afin de déceler de nouveaux cas d'incidence au cours de la deuxième année de l'étude prospective.

On parlera en terme d'incidence au niveau des épaules, des coudes ou des poignets en considérant un ou deux côtés selon qu'ils sont le siège ou non de plaintes.

Les effectifs de départ "non atteints" sont différents selon le site anatomique.

En ce qui concerne **la nuque**, 93 personnes ne présentent aucune plainte lors du premier interview. De ces 93, 86 ont été revues lors du second interview: 24 avaient développé des TMS durant cette première année. Des 62 travailleurs toujours sans plaintes, 53 ont été revus lors du dernier interview. Cinq autres travailleurs avaient développé des TMS de la nuque durant cette deuxième année. Globalement, 29 personnes ont donc développé des troubles au cours des deux années sur un effectif total de 86 personnes et l'incidence est égale à 16,8%.

Les incidences moyennes pour les épaules, les coudes, les poignets gauches et droits sont présentées au tableau IV.I. Il ressort que les incidences globales sont très comparables, toutes comprises entre 4,5% et 7% et qu'il n'y a pas de hiérarchie d'atteintes entre les différents sites anatomiques. Les incidences du côté droit sont toutes supérieures à celles du côté gauche même si les différences peuvent être très faibles.

TABLEAU IV.I

Incidences de plaintes musculo-squelettiques au cours de l'étude prospective pour les épaules, coudes et poignets des deux bras (en pourcents)

	Gauche	Droite
Épaules	4,5	6,9
Coudes	6,2	6,3
Poignets	5,8	7,2

L'effectif de départ, sans TMS, a été de 292 **pour les épaules** (147 à gauche et 145 à droite). 262 d'entre elles ont fait l'objet du deuxième interview (132 épaules gauches et 130 droites). Parmi celles-ci, 22 ont développé des TMS durant cette première année. 183 des 240 épaules non atteintes ont fait l'objet du troisième interview (93 gauches et 90 droites) dont seulement 8 présentaient des TMS (3 à gauche et 5 à droite).

Globalement, 30 épaules (12 à gauche et 18 à droite) ont développé des TMS au cours des deux années sur un effectif total, ayant été vu au moins deux années de suite, de 262 épaules. L'incidence de plaintes à l'épaule gauche est de 4,5% par an. L'incidence à droite vaut 6,9%.

L'effectif au départ **pour les coudes** a été de 307 coudes ne présentant aucun TMS lors de la passation du premier questionnaire (158 coudes gauches et 149 coudes droits). 277 coudes (143 gauches et 134 droits) ont fait l'objet du second interview qui a décelé 23 cas de TMS (12 à gauche et 11 à droite). Sur les 254 coudes sans TMS, 197 ont été revus lors du troisième interview (102 coudes gauches et 95 coudes droits). Parmi ceux-ci, 12 (6 à gauche et 6 à droite) ont développé des TMS durant la deuxième année de l'étude prospective. L'incidence vaut 6,2% à gauche et 6,3% à droite.

L'effectif de départ **pour les poignets** a été de 274 poignets (146 gauches et 128 droits) ne présentant aucun TMS. 240 poignets (129 poignets gauches et 111 poignets droits) ont fait l'objet du deuxième interview. 26 TMS ont été décelés lors de cet interview (13 à droite et 13 à gauche). Parmi les 214 poignets "non atteints", 174 ont été revus pour la troisième interview (95 gauches et 79 droits). 5 poignets (2 à gauche et 3 à droite) ont développé des TMS durant cette deuxième année. L'incidence est de 5,8% pour les TMS des poignets gauches et 7,2% pour les poignets droits.

C. Incidences pour l'examen clinique

Considérant globalement les nouveaux cas de la première et de la seconde année de l'étude prospective, l'incidence de T.N.S. (Tension Neck Syndrome) est de 7,3%, tandis qu'elle est de 2,7% pour les ostéoarthroses cervicales. Aucune apparition de syndrome du défilé thoracique n'a été détectée au cours de cette recherche.

Pour les épaules, les incidences globales des affections prises en considération s'établissent comme suit: 1,14% de tendinite du muscle sus-épineux; 0,37% de téno-synovite du long chef du biceps; 0,33% de syndrome de l'épaule gelée; 0,74% de syndrome de l'articulation acromio-claviculaire. Ces incidences correspondent à l'identification de 1, 2 ou 3 cas, selon le site, apparus au cours de toute la durée de la

recherche.

Pour les coudes, les incidences sont de 1,93 % d'épicondylites latérales et 0,74 % d'épicondylites médiales.

Très peu de pathologies ont également pu être observées au niveau des poignets ou des mains: 1,54% de nouveaux cas de ténosynovites ou tendinites; 0,75% de syndromes de de Quervain et 0,75% de syndromes du canal carpien. Aucun syndrome du nerf cubital dans le canal de Guyon ni de kyste synovial ne s'est développé au cours de cette période.

II. CORRELATIONS ENTRE PARAMETRES

A. Corrélation entre résultats des tests fonctionnels et paramètres personnels

Une seule variable est significativement dépendante du côté de mesure: la force de préhension maximale (Grasp) avec $r = -0,15$; le coefficient négatif témoigne des forces maximales plus importantes développées du côté droit.

L'âge du travailleur influence significativement la plupart des tests fonctionnels:

amplitude en extension ($r = -0,21$) et en flexion ($r = -0,23$) ainsi que force maximale de préhension ($r = -0,26$): la performance est inversement proportionnelle à l'âge; temps de latence moteur mesuré au niveau du pouce ($r = 0,17$), seuils de perception à la pression (test de Semmes-Weinstein) au niveau du majeur ($r = 0,23$) et de l'auriculaire ($r = 0,32$), et enfin seuils de perception des vibrations au niveau du majeur (respectivement à 63 Hz: $r = 0,20$, 125 Hz: $r = 0,28$, 250 Hz: $r = 0,32$) et de l'auriculaire (à 63 Hz: $r = 0,20$, 125 Hz: $r = 0,30$, 250 Hz: $r = 0,28$): tous ces coefficients de corrélation positifs montrent une tendance à un relèvement du seuil de perception ainsi que du temps nécessaire à la réaction motrice avec l'âge et donc une diminution de ces aptitudes fonctionnelles.

B. Corrélation entre résultats des tests sensoriels et fonctionnels

Des analyses de régression linéaire simple ont été menées entre les différentes caractéristiques fonctionnelles afin d'évaluer le degré de relative indépendance entre les différentes familles de paramètres.

Conduites sur la population concernée exclusivement par l'étude prospective et donc sans antécédent de TMS au niveau des poignets, ces régressions sont menées entre des caractéristiques fonctionnelles que l'on ne peut suspecter d'avoir été altérées par de tels

troubles musculo-squelettiques.

L'ensemble des autres corrélations entre amplitudes articulaires, force maximale de préhension, temps de latence moteur, seuils de sensibilité à la pression et aux vibrations est présenté au tableau IV.II.

N'y sont présentées que les corrélations significatives au seuil de 0,05. Les corrélations significatives au seuil de 0,001 sont mises en évidence dans ce tableau, par le caractère gras. Toutes les corrélations pour lesquelles le coefficient de corrélation est égal à 0,71 (soit $r^2 \geq 0,5$) sont soulignées. Ce tableau montre que:

- les corrélations de loin les plus étroites sont observées entre les paramètres de même nature avec, en particulier pour les seuils de perception des vibrations, des corrélations plus marquées entre les mesurages aux différentes fréquences au même doigt: le majeur et l'auriculaire;
- outre les corrélations avec les autres paramètres d'amplitude, les angulations sont diversement associées aux autres caractéristiques fonctionnelles: il n'y a que très peu d'associations entre les déviations cubitales et radiales et tous les autres paramètres; les flexions sont très significativement liées ($r = 0,24-0,25$) à la sensibilité à la pression; les extensions maximales des poignets sont corrélées à la plupart des paramètres de sensibilité ($r =$ de $-0,13$ à $-0,24$) ainsi qu'au temps de latence moteur de l'auriculaire avec lequel on note la seule corrélation positive ($r = +0,15$).

TABLEAU IV.II

Coefficients de corrélation des régressions significatives ($p \leq 0,05$) menées entre tous les paramètres des tests fonctionnels (amplitudes articulaires, force maximale volontaire (FMV), temps de latence moteur (TLM), perception de la pression des tiges) de Semmes-Weinstein (SW), seuil de perception des vibrations (SPV))

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Déviation cubitale	1,00	-0,17	0,30	0,32					-0,13						
2 Déviation radiale	-0,17	1,00	0,15							-0,22	-0,15				
3 Flexion	0,30	0,15	1,00					-0,24	-0,25	-0,14					-0,17
4 Extension	0,32			1,00			0,15	-0,17	-0,24	-0,14		-0,16	-0,18	-0,13	
5 FMV Préhension					1,00		-0,15								
6 TLM Pouce						1,00	0,29			0,17	0,24	0,27	0,33	0,40	0,40
7 TLM Auriculaire				0,15	-0,15	0,29	1,00				0,14	0,18	0,24	0,35	0,36
8 SW Majeur				-0,17				1,00	0,24	0,30	0,23	0,35	0,29	0,41	0,27
9 SW Auriculaire	-0,13			-0,24				0,24	1,00	0,25	0,24	0,36	0,28	0,35	0,30
10 SPV Majeur 63		-0,22	-0,14	-0,14		0,17		0,30	0,25	1,00	0,59	0,22	0,51	0,64	0,46
11 SPV Auriculaire 63		-0,15				0,24	0,14	0,23	0,24	0,59	1,00	0,61	0,29	0,49	0,64
12 SPV Majeur 125				-0,16		0,27	0,18	0,35	0,36	0,22	0,61	1,00	0,66	0,29	0,63
13 SPV Auriculaire 125				-0,18		0,33	0,24	0,29	0,28	0,51	0,29	0,66	1,00	0,55	0,25
14 SPV Majeur 250				-0,13		0,40	0,35	0,41	0,35	0,64	0,49	0,29	0,55	1,00	0,69
15 SPV Auriculaire 250			-0,17			0,40	0,36	0,27	0,30	0,46	0,64	0,63	0,25	0,69	1,00

coefficients soulignés: $r^2 \geq 0,5$

coefficients en caractère gras: $p < 0,001$

Une plus grande souplesse des poignets est donc associée à des délais de contraction plus importants et à des niveaux plus faibles des seuils de perception de la pression et du stimulus vibratoire.

- la force maximale volontaire de préhension ne présente qu'une seule corrélation marginale avec l'ensemble des autres paramètres; elle peut donc être considérée comme une variable indépendante;
- les temps de latence moteur mesurés au niveau du pouce et de l'auriculaire sont quasi systématiquement corrélés, positivement, aux seuils de perception du stimulus vibratoire. L'association est d'autant mieux marquée que la fréquence ciblée est élevée.
- il n'y a par contre aucun lien entre ces temps de latence et les seuils de sensibilité à la pression.
- les deux types de sensibilité investigués, à savoir la détection de la pression et d'un stimulus vibratoire, sont systématiquement corrélés de manière significative sans cependant que la part de variance expliquée par cette corrélation ne dépasse au mieux 17%. Le signe positif de toutes ces corrélations témoigne d'un comportement comparable de ces deux types de sensibilité.

C. Analyse de corrélation des résultats de l'analyse de poste

Les analyses de corrélation simple menées systématiquement entre tous les paramètres des analyses de poste sont présentées au tableau IV.III. Ce tableau reprend toutes les corrélations significatives au seuil de 0,05 et met en évidence celles qui le sont au seuil de 0,001 ainsi que celles pour lesquelles 50% de la variabilité au moins est commune ($r = 0,71$).

Ce tableau suscite les commentaires suivants:

- les coefficients de corrélation les plus élevés sont le plus souvent observés pour des expressions mathématiques apparentées du même paramètre biomécanique: pourcentage du temps dans la zone "non neutre" d'une piste articulaire et amplitude articulaire relative moyenne dans cette piste; répétitivité angulaire et répétitivité globale,
Les coefficients de corrélation d'une valeur de l'ordre de 0,90 et plus témoignent de l'importante redondance de l'information.
- les caractéristiques d'angulation dans un plan (par la valeur de moyenne relative ou par le pourcentage de temps passé en zone non neutre) ne sont pas associées à celles de l'autre plan. Par contre, les caractéristiques de vitesse dans chacun de ces deux plans (qu'il s'agisse de la vitesse moyenne ou du pourcentage de temps avec une vitesse dépassant un seuil donné) sont très fortement associées entre elles ($r = 0,68$ à $r = 0,77$).
- les paramètres utilisés pour évaluer l'activité musculaire (% du temps que le signal électromyographique dépasse la valeur seuil de 15% du niveau mesuré lors du test maximal isométrique et amplitude moyenne relative du signal EMG) ne sont pas du tout corrélés aux déplacements tandis qu'ils le sont de manière très significative avec les paramètres de vitesse dans les plans radio-cubital ($r = 0,36$ à $0,42$) et plus encore de

flexion-extension ($r = 0,43$ à $0,54$).

- quatre indices de répétitivité ont été calculés sur base des déplacements angulaires, du signal EMG ainsi que selon la procédure de l'INRS, développée par Aptel [1993].

L'indice de répétitivité proposé par l'INRS pour les angulations en flexion-extension est extrêmement corrélé à la moyenne de vitesse calculée dans le plan correspondant ($r = 0,88$). L'association entre cet indice de répétitivité de l'INRS et le pourcentage de temps durant lequel la vitesse dépasse une valeur seuil est également extrêmement élevée.

Ces paramètres sont donc plus redondants.

- il existe une association entre le côté de mesure et le plan de déviation radio-cubitale comme en témoignent toutes les corrélations significatives obtenues avec les paramètres mesurés dans ce plan (moyennes, vitesses et pourcentage de temps en situation extrême). Les valeurs positives des coefficients de corrélation suggèrent que ces paramètres sont généralement plus importants du côté gauche aux postes de travail.

TABLEAU IV.III

Coefficients de corrélation des régressions significatives ($p \leq 0,05$) menées entre tous les paramètres des analyses de poste

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Variable	1,00	0,18	0,16												
1 Côté		1,00	0,16			0,19	0,32	-0,14							-0,15
2 Moy. rel. déviation R-C			<u>0,94</u>			0,22	0,21								
3 % temps déviation R-C > 50% max			1,00			0,19	0,18								
4 Moy. rel. Flex-Ext				1,00	<u>0,92</u>	0,21	0,15	0,17							
5 % temps Flex-Ext > 60% max				<u>0,92</u>	1,00	0,20	0,14	0,18							
6 Moy. vitesse R-C		0,19	0,19	0,21	0,20	1,00	<u>0,91</u>	<u>0,77</u>	<u>0,72</u>	0,36	0,40				0,68
7 % temps vitesse R-C > 30°/s		0,32	0,18	0,15	0,14	<u>0,91</u>	1,00	0,68	0,69	0,40	0,42	-0,26	-0,18	-0,21	0,62
8 Moy. vitesse Flex-Ext		-0,14		0,17	0,18	<u>0,77</u>	0,68	1,00	<u>0,92</u>	0,43	0,48				<u>0,88</u>
9 % temps vitesse Flex-Ext > 50°/s						<u>0,72</u>	0,69	<u>0,92</u>	1,00	0,47	0,54			0,16	<u>0,96</u>
10 Moy. rel. EMG						0,36	0,40	0,43	0,47	1,00	<u>0,89</u>				0,39
11 % temps EMG > 15% max						0,40	0,42	0,48	0,54	0,89	1,00		0,28	0,21	0,46
12 Répétit. Angulaire							-0,26					1,00	0,58	0,95	0,15
13 Répétit. EMG							-0,18				0,28	0,58	1,00	0,78	0,15
14 Répétit. globale							-0,21		0,16		0,21	0,95	0,78	1,00	0,24
15 Répétit. INRS Flex-Ext		-0,15				0,68	0,62	<u>0,88</u>	<u>0,96</u>	0,39	0,46	0,15	0,15	0,24	1,00

coefficients soulignés: $r^2 \geq 0,5$

coefficients en caractères gras: $p < 0,001$

III. RESULTATS DESCRIPTIFS DE L'ANALYSE DE POSTE

Le tableau IV.IV présente les résultats des 125 analyses de poste par la moyenne et l'écart type de chaque paramètre mesuré du côté gauche, du côté droit ainsi que pour la valeur globale. Il présente également la signification statistique du test t de student mené sur les différences des moyennes entre les deux côtés. Il ressort que:

- la déviation relative dans le plan radio-cubital est plus élevée que celle en flexion-extension;
- la vitesse moyenne dans le plan radio-cubital ($25^{\circ}/s$) est inférieure à la vitesse moyenne atteinte en flexion-extension ($36,5^{\circ}/s$);
- exprimée en pourcentage de ce qu'elle est durant le test de contraction maximale isométrique, l'activité électrique musculaire moyenne est de 20% environ et cette activité dépasse le seuil de 15% durant 40% du temps de mesurage;
- la comparaison des expositions à gauche et à droite montre les différences significatives avec des amplitudes et des vitesses moyennes plus élevées à gauche qu'à droite.
- les variables exprimées en pourcentage du temps passé au-delà de valeurs seuils présentent les mêmes orientations de différence.

La vitesse moyenne en flexion-extension est, par contre, plus élevée du côté droit. Les activités électriques musculaires et 3 indices de répétitivité ne diffèrent pas entre les deux côtés.

TABLEAU IV.IV

Résultats (moyenne, écart type, signification de la différence des moyennes) des paramètres mesurés ou calculés au cours des analyses de poste, des côtés gauche, droit, et en globalité

Unités	Variable	Gauche		Droite		Différence	Test global	
		m	s	m	s		p	m
%	Moy.rel. déviation R-C	47,2	13,7	42,5	12,3	**	44,7	13,5
%	% temps déviation R-C > 50% max	37,5	13,7	32,9	14,6	*	34,8	14,3
%	Moy. rel. Flex-Ext	33,9	8,3	34,1	8,0	ns	33,8	8,2
%	% temps Flex-Ext > 60% max	15,2	9,1	15,8	9,6	ns	15,1	9,3
°/s	Moy. vitesse R-C	27,0	8,2	24,0	7,3	**	25,3	8,1
%	% temps vitesse R-C > 30°/s	31,7	10,1	25,5	8,4	***	28,2	9,8
°/s	Moy. vitesse Flex-Ext	35,4	9,8	38,4	11,6	*	36,5	10,7
%	% temps vitesse Flex-Ext > 50°/s	20,7	6,9	22,2	7,3	ns	21,1	6,8
%	Moy. rel. EMG	20,1	11,4	20,0	11,5	ns	19,3	11,3
%	% temps EMG > 15% max	40,0	21,3	39,4	22,2	ns	38,0	21,6
#/min	Répétit. Angulaire	30,8	25,6	31,4	25,6	ns	32,0	25,3
#/min	Répétit. EMG	21,1	12,4	21,4	13,1	ns	21,7	13,3
#/min	Répétit. globale	51,3	29,6	54,7	31,1	ns	53,7	30,5
#/min	Répétit. INRS Flex-Ext	55,2	18,5	60,7	19,0	*	57,4	17,8

- les indices de répétitivité sont semblables pour les côtés gauche et droit mis à part l'indice développé par Aptel [1993]. L'indice de répétitivité de l'I.N.R.S., calculé par le nombre d'inversions de déplacement (5 degrés minimum) par unité de temps dans le plan de flexion-extension, est plus élevé à droite. Cette observation est à rapprocher des valeurs moyennes de vitesse dans ce même plan, plus élevées également à droite. Globalement, la répétitivité varie de 22 transitions par minute (pour l'activité musculaire) à 54 transitions (en considérant les angles et l'activité musculaire).

IV. ANALYSES LOGISTIQUES MULTIVARIEES

A. Précisions de méthodologie

L'analyse de corrélations entre certains facteurs et l'apparition de problèmes au niveau des poignets a été menée par régression logistique. Comme étape préliminaire des calculs, les régressions univariées ont été calculées entre chaque facteur pris isolément et l'incidence des troubles du poignet. Cette étape n'est pas rapportée étant donné le peu d'intérêt qu'elle présente.

L'analyse multivariée a été conduite suivant la procédure "downward stepwise": toutes les variables sont introduites initialement, puis sont retirées une à une successivement en éliminant chaque fois celle du moindre degré de signification statistique. Le dernier pas d'analyse ou modèle de régression logistique multivariée ne comporte plus que les variables qui, compte tenu des effets des autres variables, restent associées à la variable dépendante avec une probabilité $p \leq 0,15$ (seuil préconisé par Hosmer et Lemeshaw [1986] pour ce type d'analyses).

Etant donné, d'une part, la diversité des sources de collecte de l'information et, d'autre part, les nombreuses corrélations entre les variables des mêmes sources (tests fonctionnels, analyses de poste), l'analyse a été menée en plusieurs phases.

La première phase a consisté à rechercher le modèle multivarié, basé sur les variables issues du questionnaire ($n=32$). Les variables finales ont par la suite toujours été maintenues dans le modèle, quelles que soient les modifications dues aux étapes ultérieures. Les phases ultérieures ont consisté à évaluer l'apport des variables fonctionnelles et d'analyses de poste dans l'explication de l'incidence de troubles des poignets, tenant compte donc de la part de variance expliquée d'emblée par les variables du questionnaire. Ces étapes ont fait l'objet de différentes hypothèses et de différentes procédures d'introduction des variables expliquées ci-après.

B. Analyse logistique multivariée sur les données du questionnaire

Le modèle de base provenant des seules variables du questionnaire est présenté au tableau IV.V et rapporte toutes les variables significatives à $p < 0,15$, avec pour chacune d'elles le odds ratio pour un accroissement unitaire (écart entre chaque niveau discret de réponse au questionnaire ou incrément spécifié entre parenthèses pour les variables continues), les limites supérieure et inférieure de l'intervalle de confiance à 95% et le niveau de signification.

TABLEAU IV.V

Variables du questionnaire (odds ratio, intervalle de confiance à 95%, probabilité) significativement associées à l'incidence des TMS du poignet dans l'analyse de régression logistique multivariée

Variable	O.R.	I.C. 95%		p
		Inf	Sup	
Age (1 an)	0,96	0,90	1,02	0,14
Poids (1 kg)	1,04	1,01	1,07	0,005
Alcool	3,35	1,18	9,57	0,02
Hobby	3,29	1,39	7,77	0,007
Répétitivité du travail	2,71	1,06	6,92	0,04
Troubles de mémorisation	6,70	1,10	41,00	0,04

Ce tableau montre que:

- La liaison avec l'âge est très faible.
- Toutes les autres variables présentent un OR $> 1,0$, signifiant que l'incidence est systématiquement plus élevée pour: les travailleurs plus lourds; rapportant une consommation plus importante d'alcool; ayant des activités extraprofessionnelles impliquant des efforts physiques; jugeant leur travail professionnel comme plus répétitif et, finalement, comme estimant souffrir à une fréquence élevée de troubles de la mémoire. Pour les quatre derniers facteurs, l'association obtenue correspond bien au sens attendu suivant les hypothèses qui sous-tendent leur prise en compte dans cette recherche.
- Ce modèle, et les variables qui le composent, contribue très significativement à "l'explication" de la variable dépendante ainsi qu'en témoigne la probabilité $p < 0,001$ du test Chi-carré mené entre les likelihood ratios avec et sans la prise en compte de ces 6 variables;
- Une multitude de variables investiguées par le questionnaire s'avèrent non associées au risque de TMS du poignet: la santé; les autres indicateurs d'état psychique; la pratique sportive; les efforts de levage professionnels

C. Contribution des caractéristiques fonctionnelles

Le modèle tiré du questionnaire et présenté ci-dessus (tableau IV.V) constitue la base des variables explicatives de l'incidence de TMS du poignet. Il a été décidé d'analyser les variables des tests fonctionnels, selon différentes procédures, afin de quantifier la contribution de ces caractéristiques à l'incidence des troubles.

1. Insertion isolée des paramètres

La première série d'analyses a consisté à introduire chaque paramètre fonctionnel, isolément, dans le modèle de base décrit ci-dessus. Les résultats en sont présentés au tableau IV.VI avec, pour chaque variable, le OR (pour un accroissement unitaire), l'intervalle de confiance à 95% et la probabilité statistique de la contribution de cette variable dans le modèle.

TABLEAU IV.VI

Contribution de chaque paramètre des tests fonctionnels (odds ratio, intervalle de confiance 95%, signification) pris isolément, à l'incidence des TMS du poignet, compte tenu des variables du questionnaire

Variable	OR	I.C. 95%		p
		Inf	Sup	
Déviation cubitale	1,03	0,95	1,11	0,49
Déviation radiale	0,94	0,86	1,03	0,16
Flexion	0,97	0,93	1,02	0,27
Extension	1,03	0,97	1,09	0,31
FMV Préhension	1,00	0,96	1,04	0,93
TLM Pouce	1,33	0,99	1,79	0,05
TLM Auriculaire	0,45	0,14	1,51	0,22
SW Majeur	0,63	0,22	1,83	0,43
SW Auriculaire	0,87	0,31	2,44	0,79
SPV Majeur 63 Hz	1,04	0,97	1,11	0,31
SPV Auriculaire 63 Hz	1,02	0,95	1,10	0,62
SPV Majeur 125 Hz	1,05	0,98	1,13	0,22
SPV Auriculaire 125 Hz	0,97	0,91	1,05	0,47
SPV Majeur 250 Hz	1,02	0,97	1,08	0,44
SPV Auriculaire 250 Hz	1,01	0,95	1,07	0,77

Des 15 paramètres primaires, un seul atteint le seuil de signification statistique: le temps de latence moteur du pouce. Pour ce facteur, une augmentation de 1,00 msec correspond à un OR de 1,33 de développer un premier épisode de troubles au niveau de la main ou du poignet. Toutes les autres mesures fonctionnelles s'avèrent absolument sans relation avec le risque de développer ces pathologies.

Etant donné cette constatation, il a été décidé de constituer des indices combinant des paramètres fonctionnels directement apparentés:

- l'amplitude articulaire totale dans un plan à partir des performances dans les deux directions;
- le seuil moyen de perception aux vibrations (SPV) aux trois fréquences à chacun des deux doigts considérés;

- la différence entre majeur et auriculaire quant à la sensibilité au toucher de pression (SW) et au seuil de perception vibratoire (SPV)
- et finalement la différence entre les temps de latence moteur (TLM). Les résultats obtenus pour ces 7 indices sont présentés au tableau IV.VII suivant le même systématisme que ci-dessus.

TABLEAU IV.VII

Contribution des indices fonctionnels (odds ratio, intervalle de confiance 95%, signification) pris isolément, à l'incidence des TMS du poignet, compte tenu des variables du questionnaire

Variable	OR	I.C. 95 %		p
		Inf	Sup	
SPV Majeur 3 fréquences	1,04	0,97	1,12	0,26
SPV Auriculaire 3 fréquences	1,00	0,93	1,08	0,97
Déviation radio-cubitale	0,98	0,92	1,05	0,59
Flexion-Extension	1,00	0,96	1,03	0,91
TLM différ. Pouce-Auric.	2,97	1,60	5,52	0,001
SW différ. Majeur-Auriculaire	0,63	0,17	2,40	0,51
SPV différ. Majeur-Auriculaire	1,06	0,97	1,16	0,19

Le seul indice distinguant significativement les travailleurs avec ou sans développement de TMS au niveau des poignets est la différence entre les temps de latence moteur concernant le nerf médian et le nerf cubital. Lorsque cette différence s'accroît de l'ordre de 1,00 msec, le OR de 2,97 suggère un accroissement considérable de la probabilité de développer le trouble investigué.

2. Insertion groupée de paramètres

Deux analyses ont été effectuées:

Premièrement, tous les facteurs des tests fonctionnels ont été introduits simultanément dans le modèle de base puis retirés un à un par la procédure habituelle du backward stepwise. Cette procédure a été utilisée afin d'identifier quels facteurs s'avéraient les plus associés à l'incidence, tenant compte de l'effet concomitant de tous les autres. Les deux caractéristiques fonctionnelles subsistant dans le modèle final, au degré de signification

statistique de $p < 5\%$ sont les temps de latence moteur mesurés au niveau du pouce (OR = 3,60, $p < 0,1\%$) et de l'auriculaire (OR = 0,16, $p < 5,0\%$).

Ces deux paramètres sont de la même nature et ont été incorporés tous deux au protocole afin d'établir un éventuel diagnostic différentiel entre les atteintes des territoires du nerf médian et du nerf cubital. Le fait que leur contribution au modèle final s'effectue en sens opposé suggère que le déséquilibre entre les deux doigts pourrait être le paramètre le plus significativement associé à l'incidence de troubles du poignet.

Deuxièmement, tous les indices combinés, comme définis plus haut et comprenant les différences pouce-auriculaire de temps de latence moteur, ont été incorporés au modèle de base. La procédure d'analyse traditionnelle a conduit au modèle final, ne comprenant comme variable fonctionnelle significative que la différence des latences motrices. Pour le groupe des travailleurs sans incidence au cours de l'étude prospective, la moyenne des différences de latences est de 0,84 msec, tandis qu'elle est de 1,24 msec pour les travailleurs ayant connu un premier TMS du poignet dans l'année suivant les mesures.

Le OR calculé pour la différence entre les moyennes de chaque groupe (0,40 msec) est de 1,57, $p < 0,1\%$. Cet OR montre que la mesure des latences motrices, avec une latence élevée au niveau du médian et faible au niveau du cubital, est très significativement associée au risque de développer un problème musculo-squelettique distal.

D. Contribution des analyses de poste

Comme pour les tests fonctionnels, les variables des analyses de postes ont été exploitées afin d'identifier la part des contraintes professionnelles mesurées qui peut être associée à l'incidence de TMS du poignet.

1. Analyses univariées

Les 14 paramètres directement mesurés ou calculés à partir des analyses de postes ont été introduits, isolément, dans le modèle final obtenu sur base des seules données du questionnaire (tableau IV.V). Les résultats (OR, intervalle de confiance à 95% et signification statistique) pour chacune de ces variables sont présentés au tableau IV.VIII. Les odds ratio présentés ont été calculés pour une variation de 1%, 1°/s ou 1 transition par minute selon le paramètre considéré.

Compte tenu du degré de tolérance plus élevé généralement admis pour les analyses de régression logistique ($p < 15\%$, Hosmer et Lemeshaw [1986]), deux variables seraient à prendre en considération, le pourcentage du temps passé au-delà du seuil de position angulaire en flexion-extension ($p < 14\%$) et le pourcentage du temps passé au-delà du seuil de vitesse en déviation radio-cubitale ($p = 15\%$). Leur degré de signification statistique est cependant très faible et l'on peut donc conclure que les variables des analyses de poste, prises isolément, ne sont pas associées au développement de troubles des poignets ou des mains.

2. Analyses multivariées

Différentes analyses ont été menées en introduisant dans le modèle de base (tiré du questionnaire) des ensembles cohérents de variables afin de déterminer celles associées à l'incidence.

TABLEAU IV.VIII

Contribution des paramètres d'analyse de poste (odds ratio, intervalle de confiance 95%, signification), pris isolément, à l'incidence des TMS du poignet, compte tenu des variables du questionnaire

Variable	OR	I.C. 95%		p
		Inf	Sup	
Moy.rel. déviation R-C	0,99	0,93	1,04	0,63
% temps déviation R-C > 50% max	1,00	0,95	1,05	0,87
Moy.rel. Flex-Ext	1,05	0,97	1,13	0,25
% temps Flex-Ext > 60% max	1,05	0,98	1,12	0,13
Moy. vitesse R-C	1,05	0,98	1,12	0,19
% temps vitesse R-C > 30°/s	1,06	0,98	1,14	0,15
Moy. vitesse Flex-Ext	1,03	0,97	1,09	0,31
% temps vitesse Flex-Ext > 50°/s	1,05	0,95	1,16	0,32
Moy. rel. EMG	1,02	0,96	1,09	0,45
% temps EMG > 15% max	1,01	0,98	1,05	0,42
Répétit. Angulaire	0,98	0,95	1,01	0,23
Répétit. EMG	0,97	0,91	1,04	0,38
Répétit. globale	0,99	0,96	1,01	0,35
Répétit. INRS Flex-Ext	1,01	0,98	1,05	0,51

a. Les indicateurs de répétitivité

Les 4 indices de répétitivité ont été introduits simultanément. La procédure d'élimination pas à pas des variables de moindre signification statistique a conduit à les éliminer tous.

Les répétitivités prises en compte ne contribuent donc pas à elles-seules à l'explication de l'apparition des troubles des poignets ou des mains. La répétitivité angulaire apparaît être le paramètre le moins indépendant.

b. Les variables d'intensité

Toutes les variables d'intensité exprimées par les moyennes relatives, ont été ajoutées au modèle initial, avec la répétitivité angulaire. Par la procédure d'élimination pas à pas, toutes les variables sont sorties de l'analyse, la dernière étant la moyenne de vitesse en déviation radio-cubitale, qui n'atteint pas la signification statistique ($p=19\%$).

c. Les variables de durée

Ces variables de durée représentent le pourcentage de temps que le sujet dépasse, pour un paramètre donné, la valeur seuil définie au préalable. Suivant la même procédure d'analyse, la dernière variable est le pourcentage du temps passé au-delà du seuil défini dans le plan de flexion-extension du poignet. La signification statistique n'est cependant que de $p = 15\%$.

d. Les variables d'intensité et les interactions

Toutes les variables d'intensité et la répétitivité angulaire évoquées ci-dessus ont été incorporées au modèle initial avec l'ensemble de leurs interactions (produits de ces variables prises deux par deux). Le résultat de l'analyse est présenté au tableau IV.IX en ce qui concerne les variables du modèle final autres que celles tirées du questionnaire.

De ce tableau, il ressort que:

- une seule des variables d'intensité reste significative, à savoir la moyenne du signal EMG relatif;
- trois des cinq interactions présentées ($p < 15\%$) sont significativement associées à l'incidence ce qui suggère des effets de potentialisation entre ces différents facteurs de risque;
- alors que l'association de la moyenne relative d'EMG était non significative au niveau des analyses menées pour chaque variable individuelle (tableau IV.VIII), l'association est, ici, significative et de sens négatif ($OR < 1,0$). Ce sens paraît tout à fait opposé à l'hypothèse formulée quant à l'association entre l'effort, l'activité musculaire et le risque de TMS. Cette observation est vraisemblablement à rapprocher du fait que les interactions comprennent ce même facteur: l'effet de ce dernier est donc multiple et complexe et ne peut donc plus s'interpréter simplement en tant qu'association directe entre contrainte musculaire et incidence de TMS du poignet.

TABLEAU IV.IX

**Contribution des variables d'intensité (des analyses de poste) et de leurs interactions
(odds ratio pour une variation de 100 unités, intervalle de confiance 95%,
signification), prises simultanément, à l'incidence des TMS du poignet,
compte tenu des variables du questionnaire**

Variable	OR	Confiance 95%		p
		Inf	Sup	
Moy. rel. EMG	0,68	0,47	0,97	0,03
Moy. rel. déviation R-C * Moy. rel. EMG	1,42	0,94	2,14	0,09
Moy. rel. déviation R-C * Moy. vitesse Flex-Ext	0,72	0,52	1,00	0,05
Moy. rel. Flex-Ext * Moy. vitesse Flex-Ext	1,31	1,00	1,72	0,04
Moy. rel. Flex-Ext * Répétit. Angulaire	0,94	0,87	1,02	0,13
Moy. rel. EMG * Moy. vitesse R-C	2,46	1,08	5,60	0,03

Il faut remarquer que deux interactions significatives comportent le même facteur (la vitesse moyenne dans le plan de flexion-extension), mais sont orientées en sens contraire; l'interaction la plus significative (moyenne du signal EMG x vitesse moyenne en déviation radio-cubitale) présente un OR de 2,46.

e. Les variables de durée et les interactions

La même démarche qu'au point d a été menée avec l'ensemble des variables de durée (pourcentages de temps), la répétitivité angulaire et l'ensemble des interactions 2x2 de tous ces paramètres.

Le résultat de cette analyse, au tableau IV.X, montre que:

- deux variables s'avèrent liées à l'incidence des troubles du poignet; elles concernent les angulations et les vitesses (pourcentage du temps en flexion-extension au-delà des valeurs seuils). Le facteur lié à la contrainte musculaire (pourcentage du temps durant lequel l'activité musculaire électrique excède 15 % de ce qu'elle est lors d'une contraction isométrique maximale) apparaît dans le tableau compte tenu de la tolérance plus élevée pour ce type d'analyses.
- la composante d'activité musculaire décrite ci-dessus est associée de manière positive, OR > 1,0, lorsqu'elle est considérée isolément et participe également à l'interaction la plus significative.

- la seule interaction atteignant stricto sensu le seuil de signification statistique corrobore l'interaction observée pour les variables d'intensité de même nature: le signal électrique musculaire et la vitesse dans le plan de déviation radio-cubitale.

TABLEAU IV.X

**Contribution des variables de durée (des analyses de poste) et de leurs interactions
(odds ratio, intervalle de confiance, signification), prises simultanément,
à l'incidence des TMS du poignet, compte tenu des variables du questionnaire**

Variable	OR	I.C. 95%		p
		Inf	Sup	
% temps Flex-Ext > 60% max	1,40	1,01	1,95	0,04
% temps vitesse Flex-Ext > 50°/s	0,74	0,57	0,97	0,03
% temps EMG > 15% max	1,72	0,93	3,19	0,08
% temps Flex-Ext > 60% max * Répétit. Angulaire	1,00	0,99	1,00	0,06
% temps EMG > 15% max * % temps vitesse R-C > 30°/s	1,01	1,00	1,02	0,02
% temps vitesse Flex-Ext > 50°/s * % temps vitesse R-C > 30°/s	0,99	0,97	1,00	0,08

CHAPITRE V

DISCUSSION

Ainsi qu'il avait été développé en introduction, ce programme de recherche visait à répondre aux principales questions suivantes:

le développement des TMS du poignet est-il lié, et si oui, selon quelle relation:

- aux facteurs de contrainte rapportés dans la littérature: développement de forces importantes, adoption de postures avec angulations extrêmes, taux élevé de répétitivité des gestes et réalisation des mouvements à plus grande vitesse;
- aux autres paramètres concernant des caractéristiques personnelles tant physiques (anthropométrie, santé ...) que psychologiques, sociales et comportementales (irritabilité, situation familiale, activités de loisirs);
- à des modifications préalables des capacités sensorielles ou fonctionnelles. Dans ce cas, les tests pourraient être intégrés dans un programme de dépistage des travailleurs les plus à risques ou comme tests de diagnostic précoce.

Le protocole de recherche développé, les choix de procédure qui ont dû être posés et leurs justifications, ainsi que les résultats obtenus suscitent de plus amples développements présentés ici.

I. METHODOLOGIE

A. Objet de l'étude

L'objet de cette recherche, les TMS, a été ciblé de deux manières.

La première a consisté à relever, au moyen d'un questionnaire standardisé [Kuorinka et coll. 1987], les plaintes telles que rapportées par les travailleurs. Ainsi, pour les poignets, les incidences de TMS calculées par les plaintes survenues au cours de l'étude prospective sont de 5,8 et 7,2% respectivement à gauche et à droite.

Il s'avère important de bien clarifier la différence de concepts entre les plaintes, relevées par questionnaire, et la pathologie, telle que définie de manière clinique.

Comme d'autres chercheurs [Punnet et coll. 1985, Silverstein et coll. 1987, Barnhart et coll. 1991, Bovenzi et coll. 1991], nous avons appliqué une double procédure d'identification des TMS, en incluant un examen clinique au protocole.

Cet examen, élaboré sur base des travaux d'équipes scandinaves [Viikari-Juntura 1983; Waris et coll. 1979; Waris 1980], visait à authentifier, par zone anatomique, la présence ou non d'entités pathologiques. La liste des pathologies les plus courantes avait été prédéfinie. Les incidences calculées pour les pathologies concernant les poignets à l'aide de cet examen clinique sont comprises entre 0% et 1,5%.

L'essentiel des analyses, résultats et discussions portant sur les plaintes, il faut donc éviter de commettre l'amalgame abusif entre ces plaintes et des entités cliniques précises.

B. Choix des méthodes d'évaluation des conditions de travail

Concernant les choix des méthodes d'évaluation des facteurs de contrainte, une revue de la littérature et une analyse critique de différentes méthodes ont été effectuées.

1. Le facteur de force

Concernant le paramètre de force, certains auteurs [Mc Atamney et Corlett 1993; Stetson et coll. 1991] ont opté pour la prise en compte du poids des objets manipulés. Cette approche, bien que liée aux forces mises en jeu au niveau des mains et des doigts lors de la manipulation, reste cependant limitée car le seul paramètre de poids ne renseigne pas l'amplitude des couples auxquels la tension musculaire doit s'opposer (gravité, inertie); pour le même poids d'un objet, les forces développées et par là le risque de TMS sont tributaires de caractéristiques individuelles [Moore et coll. 1991].

D' autres techniques d'évaluation de la force reposent sur le principe développé par Borg [1990] d'une relation entre la perception, subjective par définition, de la pénibilité d'une tâche et l'indicateur d'astreinte: la fréquence cardiaque.

Des adaptations de ce principe ont été proposées visant à faire estimer par le travailleur l'intensité de la force à exercer sur une échelle inspirée des variations de la fréquence cardiaque.

Le problème de cette méthode subjective provient du profil de la relation entre l'avis émis et l'intensité de l'exposition au facteur de contrainte. Aux niveaux élevés d'exposition, la relation est relativement bonne tandis que pour les contraintes basses les avis subjectifs présentent une dispersion considérable.

Cette forme "triangulaire" de la relation invalide son utilisation comme indicateur de la contrainte, particulièrement lorsqu'il s'agit des niveaux d'exposition plus faibles.

Il apparaît dès lors que, pour estimer les facteurs biomécaniques évoqués, il faut recourir à des techniques beaucoup plus sophistiquées comme le recueil du signal électrique émis par le muscle ou EMG.

Plusieurs auteurs ont développé des protocoles utilisant l'EMG.

Armstrong et coll. [1979] ont développé une méthode visant à estimer la force de préhension à partir du signal EMG en tenant compte des postures adoptées. Des courbes d'étalonnage ont été, préalablement, développées, pour une série de postures, afin de déduire la force à partir de l'EMG.

Au poste de travail, des enregistrements vidéo sont utilisés, analysés et la relation force-EMG la plus adéquate est choisie en fonction de la posture adaptée. Bien que développée sur un poste de travail hautement répétitif et standardisé, cette méthode présente une série de simplifications non discutées: qu'est la force en situation réelle dynamique de travail? Qu'est la force de la main dans les postures non envisagées par l'auteur? ...

Une modélisation beaucoup plus complexe a été proposée par Duque Puerta [1992], afin de préciser et de quantifier la relation existant entre l'activité musculaire telle

qu'évaluée par le signal électrique émis (EMG) et la force de préhension, en tenant compte des angles adoptés simultanément par l'articulation du poignet. Les tests ont été réalisés dans onze positions différentes du poignet (combinant les plans de déviation radio-cubitale et de flexion-extension) avec deux niveaux relatifs de force, à 30% et 70% de la force de préhension maximale volontaire (FMV).

Tous les essais ont été menés en condition d'effort statique. Il ressort que la prédiction de la force par ce modèle reste inacceptable étant donné le degré élevé d'imprécision. Cette observation suggère l'impossibilité actuelle d'estimer la force développée en conditions réelles de travail puisque, dans ces conditions, le signal EMG est influencé par des paramètres bien plus complexes encore à maîtriser: la vitesse de déplacement, les co-contractions, le déplacement relatif de la peau (et des électrodes) par rapport aux muscles sous-jacents.

Silverstein et coll. [1987] ont utilisé des enregistrements vidéo et le recueil du signal EMG. Les postes ont été caractérisés sur base de deux facteurs: *la répétitivité et la force*. Les différentes situations possibles ont été définies selon un plan factoriel lié aux deux états possibles pour chacun de ces deux facteurs: LOF.LOR (low force * low repetitiveness), LOF.HIR (low force * high repetitiveness), HIF.LOR (high force * low repetitiveness), HIF.HIR (high force * high repetitiveness).

Il est à noter que le concept de force est insuffisamment défini par les auteurs, puisque la valeur pivot de force ajustée de 6 kg est proposée sur base de l'application de la technique de Armstrong et sans en avoir réduit les lacunes principales.

Moore et coll. [1991] ont effectué des mesurages du signal EMG de surface, des angulations des poignets par goniométrie électronique et ont également réalisé des enregistrements vidéo. Leurs travaux ont été menés en laboratoire et ont consisté à simuler quatre situations de travail définies selon les critères de Silverstein (high, low, force, repetitiveness) et ce, pour deux postures du poignet.

A nouveau, les mêmes restrictions doivent être formulées sur la signification du paramètre de force rapporté.

Dans le cadre de cette recherche, nous avons appliqué les enregistrements du signal électromyographique mais en révisant la signification et la portée de ces données.

D'un point de vue pratique, la mise en oeuvre de cette technique comporte une multitude de précautions et de limitations. Celles-ci ont été rencontrées, autant que possible, en prenant en compte les recommandations de Basmajian et De Luca [1985].

Les électrodes ont été positionnées sur la peau et donc en regard du muscle le plus superficiel, à savoir les fléchisseurs du poignet. Il a été d'emblée considéré que la force de préhension, due aux muscles fléchisseurs communs des doigts, ne pouvait que

difficilement, voire pas du tout, être évaluée à partir de l'EMG de surface puisque toute composante de flexion du poignet, plus superficielle et donc prépondérante, surestimait de façon considérable le signal (impossible à discriminer par l'EMG de surface) émis par les muscles fléchisseurs des doigts.

Pour les autres motifs évoqués plus haut (composantes dynamiques, glissements relatifs des électrodes par rapport aux muscles ...), nous avons renoncé à toute estimation de la force développée mais plutôt considéré le paramètre d'EMG comme un indicateur global d'astreinte.

Afin d'éliminer des effets secondaires tels que ceux liés à la conductivité de la peau, au type d'électrodes, l'épaisseur des tissus adipeux sous-jacents, nous avons opté pour un "étalonnage", statique, en position standardisée et recueillant le signal (en μV) lors d'une épreuve identique: la FMV de préhension.

L'expression de tous les mesurages au poste de travail en pourcentage de cette référence commune autorise une certaine comparaison et interprétation en tant qu'astreinte globale.

Il faut remarquer que le signal électrique musculaire enregistré en situations réelles peut très largement excéder (pour les raisons évoquées plus haut) le niveau relevé au cours de cette épreuve maximale. Les valeurs relatives peuvent donc excéder les 100%.

2. Les amplitudes angulaires

La majorité des analyses de poste de travail se font par observation avec, souvent, le support des enregistrements vidéo. Cette technique comporte un certain nombre d'avantages: simple à mettre en oeuvre, peu coûteuse et rapide, permettant une analyse différée et répétée. Elle comporte aussi une série d'inconvénients particulièrement pénalisants pour l'évaluation des postures: quasi impossibilité de garder la caméra perpendiculaire au plan du mouvement ciblé et donc extrême difficulté de quantification des angulations adoptées dans un plan donné; impossibilité d'évaluation des déplacements dans l'espace avec une seule caméra; encombrement relatif de cette méthode nécessitant une certaine distance de perspective.

Dans cette recherche, nous avons utilisé la technique de goniométrie électronique en raison de ses facilités de mise en oeuvre: autonomie du travailleur et très faible encombrement; possibilités de traitement ultérieur des données acquises; coût moyen; axes multiples... Cette technique nécessite toutefois quelques précautions inhérentes aux appareillages électroniques:

- étalonnage lors de toute mise en service;
- utilisation avec précaution à cause d'une certaine fragilité;
- contrôle du facteur température auquel le goniomètre est particulièrement sensible;

Les angles ont été mesurés dans les plans de flexion-extension et de déviation radio-cubitale. En effet, si les gestes effectués dans le plan de flexion-extension sont plus souvent associés au SCC (syndrome du canal carpien) et bien connus d'un point de vue biomécanique [Armstrong et Chaffin 1979], les déviations cubitales sont aussi citées comme facteur de risque dans l'apparition du SCC [Silverstein et coll. 1987].

Les variations interindividuelles très importantes d'amplitudes articulaires maximales ont conduit à considérer les angulations mesurées au cours du travail en valeur relative.

3. Les vitesses de mouvement

Deux arguments au moins plaident pour la prise en compte de ce facteur.

D'un point de vue "épidémiologique", Marras et Schoenmarklin [1991] ont montré l'intérêt d'étudier les vitesses de mouvement comme indicateurs du risque de développement de TMS des poignets et d'un point de vue biomécanique [Loslever et coll. 1992], la vitesse représente l'aspect dynamique justifiant le "mouvement".

La technique utilisée ne fournit pas directement le paramètre de vitesse; il doit être dérivé à partir du déplacement (évalué comme expliqué ci-dessus).

Compte tenu des lois en vigueur dans les processus d'échantillonnage et en particulier l'adoption d'une fréquence supérieure à 2,5 fois la fréquence la plus élevée du phénomène à observer, le traitement de ce paramètre est critique. La durée d'un échantillonnage à haute fréquence est naturellement proportionnelle à la capacité de stockage ou inversement à l'autonomie de mesure. En fonction de choix différents quant à la fréquence d'échantillonnage, les résultats peuvent différer très sensiblement: ainsi, les résultats présentés par Marras et Schoenmarklin [1991] ainsi que leurs valeurs "seuil" sont environ 3 fois supérieures à ce qu'elles sont dans cette recherche.

4. La répétitivité

Le concept de répétitivité couvre une multitude d'acceptions, parfois totalement différentes et indépendantes.

Une définition très classique a été proposée par Silverstein et coll. [1987], définition en deux composantes: la tâche répétitive est celle dont le cycle est inférieur à 30 secondes ou celle impliquant la répétition des mêmes mouvements durant plus de la moitié du temps. D'un point de vue pragmatique, cette définition devrait permettre de juger un poste de travail par simple observation. Toutefois, ce jugement ne peut être porté qu'en terme dichotomisé, répétitif ou non répétitif, excluant donc toute hiérarchisation.

Cette définition ne lève pas une ambiguïté inhérente au concept de répétitivité. Un poste du secteur tertiaire tel que celui de l'encodage des chèques, virements ... comporte des cycles de durée extrêmement brève et est donc qualifié de répétitif. Il s'agit pourtant ici essentiellement d'une contrainte de nature statique marquée par des maintiens très prolongés de postures immobiles.

Sont également qualifiés de répétitifs, des postes caractérisés par la composante

dynamique où l'élément critique est le nombre de gestes similaires effectués. Un exemple est celui du montage automobile et en particulier du poste de garnissage des sièges.

Dans le cadre de cette recherche, la répétitivité considérée peut être qualifiée de "mobilité gestuelle" et s'exprime par le nombre de fluctuations du paramètre considéré par unité de temps.

Différents indicateurs de répétitivité ont été considérés, pour les paramètres d'angulations, de force, leurs combinaisons respectives et enfin suivant le principe proposé par l'INRS [Aptel 1993]. La force n'ayant pas été évaluée, pour les raisons évoquées plus haut, un indicateur de répétitivité a été déterminé par le nombre de transitions du signal d'EMG relatif de part et d'autre de la limite fixée à 15% de l'EMGmax.

Les répétitivités angulaires ont été définies par le calcul des transitions entre une zone neutre et les zones extrêmes dans chaque plan de mouvement. Les amplitudes délimitant ces zones ont été fixées à 50% et 60% des amplitudes maximales respectivement dans les plans de déviation radio-cubitale et de flexion-extension.

Les différents indices calculés concernent chacun la combinaison des deux plans et la combinaison des deux plans et de la force.

L'indice proposé par Aptel [1993] est défini comme le nombre de changements de direction du poignet dans le plan de flexion-extension. Son incorporation suscite deux commentaires:

- il ne considère que le plan de flexion-extension et néglige par conséquent l'évaluation des contraintes dans l'autre plan, radio-cubital, pourtant suggérées par d'autres auteurs comme facteurs de risque;
- cet indice comptabilise tous les changements de direction supérieurs à 5 degrés. De par sa définition, cet indice a donc une toute autre signification que celle des indices cités plus haut et qui considéreraient de plus grandes amplitudes.

C. Evaluation des facteurs associés

Une multitude de facteurs ont été évoqués dans la littérature quant à leur association à la prévalence ou à l'incidence de TMS. Une présentation commune de ces facteurs consiste à les regrouper sous les termes de facteurs professionnels et extraprofessionnels.

Pour les premiers, on retrouve classiquement les facteurs développés plus haut pour lesquels la méthodologie a été discutée: répétitivité, angulations, vitesse et force.

Pour les facteurs extraprofessionnels, on retrouve des caractéristiques d'identification (âge, sexe, ancienneté en entreprise, au poste de travail ...), des aspects de

santé (santé générale, accidents, troubles métaboliques, médications, traitements hormonaux ...), des facteurs psycho-sociaux (ensemble de symptômes répercutant des troubles psychologiques liés au travail ou à l'environnement privé, niveau d'éducation ...), les comportements (habitudes tabagiques, la consommation de boissons alcoolisées ...) et les sollicitations au cours des activités extraprofessionnelles (pratique sportive, hobbies, ...).

L'étroitesse de l'association entre ces facteurs et les TMS est très diverse et justifie donc leur intégration, à cette recherche, en tant que co-facteurs potentiels.

A cet effet, le premier volet de collecte d'information a consisté à compléter le questionnaire développé et reprenant tous ces aspects.

D. Mesurage des capacités fonctionnelles et sensorielles

Une série de tests a été incorporée au protocole car:

- pour plusieurs d'entre-eux, il est connu que les performances sont altérées par la pathologie (diminution par exemple de la force lors d'un SCC avéré);
- un objectif de cette recherche est d'étudier la "valeur prédictive" de TMS des capacités testées. Si tel est le cas, un paramètre pourrait être utilisé pour identifier les sujets à risque ou comme indicateur précoce de modifications fonctionnelles;
- certaines affections peuvent se marquer par un ensemble de symptômes confondants. Il est dès lors nécessaire d'incorporer d'autres tests permettant de poser des diagnostics différentiels.

1. Les angulations maximales

Les facteurs a priori les plus indépendants des TMS du poignet et en particulier du SCC devraient être les angulations de la main sur l'avant-bras (tous les muscles impliqués sont extrinsèques à la main et au canal carpien). Il est toutefois indispensable d'étudier cette relation en tenant compte des amplitudes imposées par la situation de travail.

2. La force maximale de préhension

Selon Janda et coll. [1987] une faiblesse ou une douleur d'origine neurologique ou musculaire réduit la capacité de préhension. Une réduction de la force de préhension a été observée également chez des sujets atteints du syndrome du canal carpien [Fernandez 1991] ou de ténosynovites [Thorson et Szabo 1989]. Il s'agissait toujours dans ces études de personnes souffrant de pathologies avérées donnant lieu à un diagnostic précis.

Il restait donc à étudier l'existence ou non d'une réduction de la force de

préhension chez des sujets présentant des plaintes mais exerçant toujours leur profession.

3. Les capacités sensorielles

Les capacités sensorielles ont été évaluées grâce aux mesurages des seuils de perception à la pression (monofilaments de Semmes Weinstein) et aux vibrations (vibrométrie à différentes fréquences).

L'objectif est de tester l'intégrité des mécanorécepteurs situés dans la peau glabre et responsables de la détection du toucher, de la pression et des vibrations. Au niveau des pulpes des doigts logent essentiellement quatre types de mécanorécepteurs. Ils diffèrent par leur sensibilité à un événement statique ou dynamique et par leur champ de réception [Vallbo et Johansson 1984; Lundström et Johansson 1986]. Les récepteurs de type FA (ou fast adapting) s'adaptent très rapidement et sont dès lors sensibles au moindre mouvement des objets sur la peau et aux vibrations.

Les récepteurs de type SA (ou slow adapting) s'adaptent plus lentement et sont entre autres sensibles aux étirements de la peau. Ils fournissent ainsi une information constante sur les objets en contact permanent avec la peau.

Les récepteurs de type I ont un champ de réception qui est bien défini, et qui est petit par rapport aux récepteurs de type II dont le champ de réception est plus large et moins bien délimité.

Ces récepteurs de type II sont également situés plus profondément dans la peau par rapport au type I, logés plus superficiellement. La densité des récepteurs est la plus importante (surtout pour les récepteurs de type I) au niveau de la pulpe des doigts.

L'information provenant des mécanorécepteurs est véhiculée jusqu'au système nerveux central par des fibres sensibles myélinisées.

Ce sont les récepteurs de type FAII ou corpuscules de Pacini qui sont particulièrement sensibles aux vibrations et principalement aux vibrations de hautes fréquences (au delà de 65 Hz).

C'est également dans cette gamme de fréquences et particulièrement à 125 Hz que l'on observe les premières modifications en cas d'atteinte neurologique périphérique.

Différents auteurs ont montré des diminutions du seuil de perception aux vibrations chez des patients atteints de SCC [Lundborg et coll. 1986; Jetzer 1991; Dellon 1981]. Dellon [1981] rapporte des diminutions de ce seuil chez 72% des patients atteints de SCC.

D'après Bell-Krotoski [1990], le test le plus objectif pour évaluer la sensibilité

tactile à la pression sont les filaments de Semmes-Weinstein. Les filaments permettent de tester les récepteurs FAI (corpuscules de Meissner) et SAI (disques de Merkel). Différentes études ont montré que les filaments de Semmes-Weinstein permettent d'objectiver des compressions nerveuses [Koris et coll. 1990; Gelberman et coll. 1983; Gellman et coll. 1986, Szabo et coll. 1984]. Gellman et coll. ont montré qu'il s'agissait du test objectif ayant les meilleures sensibilité (0,91) et spécificité (0,80) (hormis la vitesse de conduction nerveuse), pour la détection des personnes atteintes de SCC. Malheureusement, ce test reste peu utilisé car, d'après Katz et coll. [1990], il demande trop d'investissement en temps.

Dans le cadre de notre étude, étant donné la nature des TMS rencontrés (d'origine musculaire, tendineuse, ...), ces deux tests de sensibilité aux vibrations et à la pression révéleraient plutôt une atteinte de la fibre nerveuse qui transmet l'information qu'une atteinte au niveau des mécanorécepteurs. Les fibres myélinisées sont en effet les premières à être atteintes en cas de compression [Feldman et coll. 1983].

Il en serait tout autrement dans une population de travailleurs exposés aux vibrations manu-brachiales (meuleurs, polisseurs, scieurs, ...), l'utilisation d'outils vibrants ayant pour effet de diminuer l'excitabilité des mécanorécepteurs [Lundström 1986].

De nombreux auteurs mentionnent en effet une augmentation du seuil de perception aux vibrations chez ces travailleurs [Virokannas 1992; Hong et coll. 1995; McGeoch et coll. 1994].

4. La conduction nerveuse

Les études de conduction nerveuse restent un outil de diagnostic précieux mais le mesurage de la vitesse de conduction nerveuse n'est pas réalisable en entreprise car trop coûteux, encombrant et nécessitant une expérience certaine dans le domaine. Le mesurage du temps de latence moteur (TLM) des différents nerfs est beaucoup moins complexe, au moyen du stimulateur portable Nervepace. Ces TLM ne peuvent cependant souligner qu'une atteinte nerveuse déjà grave. Les altérations de la conduction sensitive se manifestent avant et sont plus fréquentes comparativement aux altérations des fibres motrices [Steinberg et coll. 1992; Bleecker et Agnew 1987; Feldman et coll. 1983].

Les fibres mixtes au niveau des mains sont composées d'un plus grand nombre de fibres sensibles comparées aux fibres motrices. Dès lors, en cas de compression, les premières concernées sont les fibres sensibles et les premiers symptômes sont les paresthésies, les engourdissements, la douleur, ... Les atrophies musculaires ne s'observent qu'à un stade plus avancé de l'atteinte [Feldman et coll. 1983].

Les TLM anormaux seront donc liés à une atteinte déjà avancée se traduisant par des symptômes importants voire un certain handicap. Dans la majorité des cas, ces

personnes ne seront plus à leur poste de travail et il est peu probable que de tels TLM anormaux soient retrouvés dans le milieu industriel.

II. RESULTATS

A. Incidences

La région la plus atteinte chez les travailleurs est la nuque avec une incidence annuelle de 17%. Les incidences de plaintes pour les trois régions du membre supérieur varient de 4,5 à 7,2%. Le côté droit est toujours plus atteint que le côté gauche. Les incidences valent 7,2% et 5,8% pour les poignets, 6,3 et 6,2% pour les coudes et 6,9 et 4,5% pour les épaules respectivement pour les côtés droit et gauche.

La comparaison avec les données de la littérature est difficile car la plupart des études rapportent des prévalences et non des incidences. Néanmoins, Armstrong et coll. [1982] rapportent une incidence, exprimée en nombre de nouveaux cas pour 200.000 heures de travail (équivalent à 100 travailleurs plein temps pendant 1 an), de 12,8 cas présentant des problèmes musculosquelettiques au niveau des coudes et poignets dans le secteur de la découpe de volailles. Nos résultats corroborent donc ceux d'Armstrong en ce qui concerne les incidences des coudes et poignets réunis.

D'après Habes et Putz-Anderson [1985], l'incidence de troubles musculosquelettiques du membre supérieur varie de 2 à 25,6 cas (pour 100 travailleurs plein temps). Les auteurs sont unanimes en ce qui concerne l'augmentation des TMS en milieu du travail et de l'absentéisme engendré par ceux-ci.

B. Facteurs personnels

Il ressort de notre étude que l'incidence de troubles musculosquelettiques au niveau des poignets est associée à l'âge (OR < 1), au poids (OR > 1), à la consommation d'alcool (OR > 3), aux hobbies (OR > 1), à la répétitivité des gestes au travail (OR > 1) et aux troubles de la mémoire (OR > 1).

1. L'âge

Nos résultats vont à l'encontre de ce que montre la littérature. En effet, la majorité des études montrent une augmentation des troubles musculosquelettiques avec l'âge [Hagberg et coll. 1992, 1995; Waersted et Westgaard 1991]. Ceci semble assez logique étant donné qu'avec l'âge les tissus sont plus sensibles, une certaine dégénérescence de

ceux-ci survient et les processus de réparation tissulaire diminuent. L'âge est également fortement lié à l'ancienneté et à l'accumulation des microtraumatismes, provoqués par les facteurs de risque professionnels et qui sont à l'origine des TMS.

Cependant, d'après les résultats de notre étude, ce sont les plus jeunes qui se plaignent de TMS au niveau des poignets.

La gamme d'âge observée lors de notre étude est comprise entre 23 et 49 ans avec une moyenne de 35,7 ans. Il peut y avoir eu un effet de sélection au cours de notre étude prospective. L'effectif total au cours des deux années a été réduit de 171 à 126 personnes et les causes des absences n'ont pas toujours été révélées. Il est possible que les travailleurs restants soient les moins vulnérables face aux TMS des poignets ("Healthy worker effect"). D'autre part, il faut laisser le temps aux nouveaux travailleurs de s'habituer à leur travail et les nouveaux gestes à réaliser, le rythme de travail imposé, ... peuvent être à l'origine de TMS.

L'effet de l'âge a souvent été étudié dans la littérature et les résultats sont variables. En effet, tel que nous l'avons observé dans la partie transversale, certaines études montrent qu'il n'y a pas de lien entre l'âge et l'apparition des TMS [Luopajarvi et coll. 1979; Silverstein et coll. 1987].

2. Le poids

Il ressort de notre étude que l'augmentation du poids corporel est lié au développement de TMS au niveau des poignets.

Différents auteurs ont montré qu'il y avait un lien entre l'augmentation de poids ou l'obésité ou le BMI (body mass index) et le développement du SCC [Nathan et coll. 1992]. Ces études ne concernent que les compressions nerveuses et non les TMS en général. L'excès de poids influence surtout l'apparition d'arthrose, principalement au niveau des membres inférieurs et du dos [Hagberg et coll. 1995].

3. L'alcool

Les résultats de cette recherche corroborent ceux de la littérature, en ce qui concerne la liaison entre la consommation d'alcool et l'apparition de TMS. L'alcool peut être à l'origine de myopathies et de neuropathies. L'alcool a pour effet, entre autres, de perturber la transmission nerveuse, ce qui rend le nerf plus sensible et facilite le développement de symptômes lors de compressions [Hagberg et coll. 1995].

4. Les hobbies

Les hobbies ou activités extraprofessionnelles sont souvent cités comme facteurs de risque dans l'apparition de TMS [Pujol 1993; Erdil et coll. 1994; Putz-Anderson 1988; Armstrong et coll. 1979]. Les activités citées sont le jardinage, le bricolage [Pujol 1993] ou encore la découpe du bois et toutes les activités ménagères [Erdil 1994]. Nos résultats corroborent ceux de la littérature.

Il faut noter que la majorité des travailleurs ayant participé à ce programme de recherche travaillent à postes, ce qui leur laisse du temps libre pour toute autre activité extraprofessionnelle. Ces activités sollicitent souvent les membres supérieurs qui sont de plus en plus vulnérables par manque de repos.

5. Les facteurs psychosociaux

Plusieurs auteurs s'accordent pour dire que les TMS sont liés aux caractéristiques psychologiques des travailleurs telles qu'un état dépressif, de stress ou de tension intense [Ohlsson et coll. 1995; Hagberg et coll. 1995; Bernard et coll. 1992; Bongers et de Winter 1992]. Seuls les troubles de la mémoire dont se plaignent certains travailleurs de notre étude semblent associés au développement de TMS des poignets. Ceci ne souligne pas de façon irréfutable l'influence de l'état psychologique du travailleur sur l'apparition des TMS.

C. Les tests

1. Relation entre les tests et les futurs TMS

L'objectif est de déterminer la validité des tests en ce qui concerne la prédiction du développement de TMS au niveau des poignets. Dans ce but, nous avons étudié les relations entre les TMS des poignets et les résultats des tests obtenus un an auparavant.

Ni les performances angulaires, de force maximale, de sensibilité à la pression, de sensibilité aux vibrations ne sont associées au développement futur de TMS.

Les seuls tests qui apparaissent comme étant liés aux TMS sont les temps de latence moteur du nerf médian et l'indice du TLM qui est la différence du TLM des nerfs médian et cubital. La nature des tests est la même mais statistiquement les résultats sont meilleurs pour l'indice du TLM avec un odds ratio de 3 et une signification statistique de 0,001. Ce résultat est tout à fait équivoque dans la mesure où, tel que discuté précédemment, ce test ne met en évidence que des atteintes neurologiques (p.e. SCC) à un stade avancé. Ces atteintes devraient d'ailleurs être accompagnées de résultats anormaux pour la perception à la pression et aux vibrations, ce qui n'est pas le cas. Une limite de 4,2 ms pour le TLM du nerf médian a été proposée par les utilisateurs de l'appareil, au delà de

laquelle on peut considérer que le test est anormal. En considérant cette limite, 12 poignets présentent un TLM anormal parmi les 31 poignets "atteints", c.à.d. à l'origine de plaintes (sensibilité = 0,39), alors que 43 TLM sont anormaux parmi les 226 poignets "sains" (spécificité = 0,84). La sensibilité est très faible ce qui s'explique par la nature des TMS présentés par les travailleurs, qui sont autres que neurologiques et qui ne pourraient donc pas être détectés par le TLM. Une étude menée par Osterman et coll. [1989] chez des personnes atteintes de SCC présente une sensibilité nettement meilleure égale à 0,89 alors que la spécificité est semblable (0,80). Ce test semble donc adéquat pour cibler les personnes atteintes de lésions neurologiques périphériques mais non de TMS en général.

Aucune explication ne nous paraît pouvoir être donnée valablement pour expliquer pourquoi ce test est le seul intervenant dans le modèle de prédiction final.

2. Pourquoi cette absence de relation?

L'absence de relation entre les tests et le développement de TMS l'année suivante pourrait provenir de la faible *reproductibilité des tests*.

Cette faible reproductibilité peut avoir des origines différentes selon que l'on considère l'un ou l'autre test.

- . Pour le **seuil de perception aux vibrations**, la précision n'est que de ± 5 dB. Une meilleure précision du test permettrait peut être d'améliorer les résultats. Reste cependant à vérifier que le pouvoir de discrimination des sujets est supérieur à 5 dB. Le test demande en effet beaucoup de concentration et le concept du seuil de perception aux vibrations est très subjectif et peut varier d'un sujet à l'autre.
- . Le seuil de **perception à la pression** est déterminé à partir de monofilaments. Il existe une progression relative des pressions appliquées par ces monofilaments. Le seuil est déterminé lorsque le sujet ressent une fois sur trois le filament sur la pulpe des doigts (tel que précisé par Bell-Krotoski [1990]). C'est peut-être trop peu et on passe de suite au filament suivant. A nouveau, ce test est subjectif.
- . **Les angles** sont mesurés grâce à des goniomètres appliqués sur la main et l'avant-bras. Le "zéro" de départ est fortement influencé par le placement du goniomètre et ce "zéro" de référence influence fortement les amplitudes maximales relevées dans les quatre directions. Pour éviter des variations provenant du zéro, nous avons interprété les résultats par plan de mouvement (en déviations et en flexion-extension) et refait les calculs avec les gammes de déplacement. Les résultats sont présentés au tableau IV.VII. L'association avec l'apparition future de TMS n'est pas plus forte.
- . **Les forces maximales** volontaires ont été mesurées trois fois, pour chaque sujet, et moyennées. Les essais ne devaient pas présenter des écarts entre eux de plus de 20%, sans quoi un quatrième essai était réalisé. La reproductibilité du test a été ainsi améliorée.
- . **Le temps de latence moteur** est le seul test objectif et très reproductible. Il a toujours été réalisé de la même manière en prêtant une attention particulière au placement systématique des électrodes. En effet, le TLM est tributaire de la distance séparant les électrodes de stimulation et de réception.

Une autre raison qui expliquerait le manque de relation entre les tests et les TMS futurs est la *faible variation des résultats obtenus*. Pour observer cette variation, nous avons calculé pour chaque test le coefficient de variation (s/m) et les écarts des résultats par rapport à la moyenne (min/moy et max/moy). Il ressort de ces calculs que les coefficients de variation varient de 6 (pour les seuils de perception aux vibrations) à 30% (TLM et

déviations radiales). Les gammes par rapport aux moyennes sont variables selon le test. Les résultats sont suffisamment distribués pour les angles de mouvement (oscillant de 0,25 à 0,69 pour min/moy à 1,34 à 2,08 pour max/moy). En moyenne, les résultats pour les 4 amplitudes maximales de mouvement oscillent d'environ 0,50 à 1,55 fois la moyenne. Ils sont également suffisamment distribués pour les forces (de 0,53 à 1,61 fois la moyenne) et pour le TLM (de 0,40 à 3 fois la moyenne).

Les résultats sont nettement moins bons pour les tests de perception à la pression (variant de 30% autour de la moyenne) et aux vibrations (variant de 20% autour de la moyenne).

En conclusion, on ne peut donc rejeter l'hypothèse que les problèmes de reproductibilité des tests et l'ampleur des variations (faible) soient à l'origine du manque de discrimination des tests.

D. Analyses de poste

Aucune variable de l'analyse de poste prise isolément ne montre d'association avec le développement des TMS futurs. Ce résultat est assez surprenant et particulièrement pour les caractéristiques du poste exprimées en pourcentage du temps au delà de certaines limites. Ce sont en effet principalement les forces extrêmes, les mouvements extrêmes, les vitesses extrêmes qui augmentent le risque de développement des TMS.

Les différentes analyses multivariées comprenant d'une part les moyennes d'amplitudes (angles, force, ...) et leurs interactions et d'autre part les durées de dépassement de limites et leurs interactions montrent plus d'associations avec l'incidence des TMS lorsque les données sont normalisées pour tenir compte des caractéristiques personnelles (variables du questionnaire).

Les deux approches (moyennes et pourcentages de temps) conduisent à des résultats semblables mais l'interprétation de ceux-ci reste difficile.

L'analyse des résultats en terme de *moyennes* (tableau IV.IX) montre peu de résultats satisfaisants dans la mesure où, soit le odds ratio est inférieur à 1 (signifiant un rôle protecteur des conditions de travail !), soit l'interaction entre les deux variables est inexplicable:

- Les efforts réalisés au travail ont été souvent cités comme facteurs de risque importants dans l'apparition de TMS [Silverstein et coll. 1986, 1987]. Il était également ressorti d'une étude prospective que nous avons menée sur 14 postes de travail différents que le paramètre "efforts" (signal EMG) était le facteur principal sur lequel il fallait agir en

priorité pour diminuer le risque de TMS [Malchaire et coll. 1996, 1997].

Il est donc très surprenant de constater que, dans le cadre de cette recherche, le signal EMG soit négativement associé aux TMS des poignets. Par contre, le pourcentage de temps pendant lequel le travailleur exerce des efforts importants (c.à.d. supérieurs à 15% de l'EMGmax) est positivement associé au développement de TMS des poignets. Ceci corrobore parfaitement les données de la littérature et celles de nos études antérieures.

- Alors que l'interaction entre les angles en flexion-extension et la répétitivité angulaire (qui est directement calculée à partir des déplacements en flexion-extension et en déviations) semble logique, encore une fois le odds ratio vaut 0,94! Une augmentation des plaintes serait donc associée à une plus faible contrainte angulaire. Ce odds ratio vaut 1 lorsqu'on considère les pourcentages de temps.
- Les interactions, significativement associées aux TMS, telles que celles liant les déplacements en déviations et les efforts, les déplacements en déviations et les vitesses en flexion-extension et enfin les efforts et les vitesses en déviations ne s'expliquent guère et sont tout-à-fait surprenantes. Il aurait été plus logique de trouver des interactions significativement liées aux TMS entre les efforts et les déplacements (ainsi que les vitesses) en flexion-extension, ceci étant donné le positionnement des électrodes sur les fléchisseurs des doigts et du poignet et l'influence des postures en flexion du poignet sur l'EMG, telle que discutée précédemment.
- La seule interaction qui s'explique est celle liant les postures et les vitesses en flexion-extension. La littérature mentionne largement les déplacements dans l'axe de flexion-extension comme augmentant le risque d'apparition de TMS et particulièrement de SCC [Armstrong 1986; Pujol 1993, ...]. Une étude quantitative menée par Marras et Schoenmarklin [1991] a montré l'importance des vitesses de mouvement, principalement en flexion-extension, chez les personnes présentant des symptômes de SCC. Les angles ont également été étudiés mais présentaient des OR plus faibles. Par contre, les interactions n'ont pas été testées.

Lorsque l'on considère les *pourcentages de temps* passés en situations extrêmes, c'est également l'axe de flexion-extension qui est significativement associé au développement de TMS. Paradoxalement, les variables de durées pour les vitesses ($OR < 1$) évoluent en sens inverse par rapport aux déplacements en flexion-extension ($OR > 1$), face aux plaintes de TMS.

Un maximum de travailleurs ont participé à l'analyse des conditions de travail. Il s'agit d'une méthode assez lourde prenant beaucoup de temps pour l'équipement du sujet, les analyses au poste et ensuite en laboratoire et l'interprétation des résultats. Il n'a pas été possible de revoir les travailleurs à plusieurs reprises. On s'est assuré que les conditions de

travail étaient tout-à-fait représentatives du travail habituel lors de nos enregistrements. Les résultats obtenus ne sont cependant que le reflet d'une situation donnée, à un certain moment, dans certaines conditions. Ils ne sont donc peut être pas représentatifs du travail habituel moyen.

Chez les personnes exerçant des tâches plus légères, le travail est plus varié. Il s'agit peut-être là d'une des raisons pour lesquelles les relations entre les conditions de travail et les plaintes sont non significatives.

III. CONCLUSIONS

Une batterie de tests fonctionnels et sensoriels a été étudiée afin d'objectiver des différences au niveau des capacités personnelles et sensitives entre des sujets avec et sans plaintes de TMS au niveau des poignets.

Les prévalences obtenues lors de l'étude *transversale* sont de 25 et 15% respectivement pour les côtés droit et gauche. Seuls les déplacements angulaires maximaux en déviation cubitale (pour les poignets droit et gauche) et en extension (pour le poignet droit) sont significativement différents entre les 2 groupes de travailleurs. Ils sont plus petits chez les personnes se plaignant de TMS. Paradoxalement, ces travailleurs souffrant de TMS des poignets ont une meilleure perception des vibrations au niveau du majeur aux fréquences de test de 31,5, 63 et 125 Hz. Ceci ne concerne que le poignet droit.

L'étude *prospective* a porté sur le rôle prédictif de ces différents tests: étaient-ils au départ, significativement différents entre les travailleurs qui allaient développer ou non des TMS aux poignets un an plus tard?

Seul le TLM du nerf médian est différent entre les deux groupes de travailleurs. Cette modification, généralement indicatrice d'une atteinte neurologique périphérique à un stade avancé, aurait dû, selon la logique des données de la littérature, être précédée par d'autres résultats anormaux. Le seuil de perception aux vibrations, par exemple, devrait être perturbé avant le TLM. Ce n'est paradoxalement pas le cas dans cette étude et ce quelle que soit la fréquence du test.

On ne peut dès lors pas confirmer que les tests choisis dans le cadre de cette recherche ont une valeur pour la détection précoce des TMS au niveau des poignets en milieu industriel et ces tests sont à considérer comme valables essentiellement pour l'authentification de pathologies plus avancées en milieu clinique. Il est possible également que ces tests ne soient pas pertinents pour la détection de l'ensemble des TMS ou que les altérations des tests ne se marquent que peu de temps avant l'apparition des plaintes.

Les objectifs du programme de recherche étaient de mettre en évidence les facteurs de risque professionnels et extraprofessionnels dans le développement des TMS et de fournir aux médecins du travail des tests simples pour la détection précoce des TMS des poignets.

1. Les résultats obtenus concernant les **paramètres individuels** corroborent certaines données de la littérature. Les travailleurs plus "lourds", consommant de l'alcool, pratiquant des activités extraprofessionnelles, jugeant leur travail répétitif et présentant des troubles de la mémoire, ont tendance à se plaindre plus de TMS des poignets. L'âge intervient également, mais à l'encontre de ce qu'affirme la littérature, ce sont les plus jeunes qui se plaignent le plus.

Il faut remarquer également que certaines associations entre facteurs personnels et TMS, couramment citées dans la littérature, n'ont pas été retrouvées dans notre étude. Ces facteurs comprennent, entre autres, l'existence de maladies chroniques (tel que le diabète, l'hypertension, l'hypothyroïdie, le rhumatisme articulaire aigu, ...), la pratique de sports de raquettes et les accidents avec traumatismes (fractures, ...) [Pujol 1993, Putz-Anderson 1988; Hagberg et coll. 1995].

2. Les principaux **facteurs de risque professionnels** à l'origine de TMS des poignets sont la force, la répétitivité, les postures extrêmes, les vitesses de mouvement et l'utilisation d'outils vibrants (délibérément écartée de ce programme de recherche) [Silverstein et coll. 1986, 1987; Stock 1991].

Aucune variable, prise isolément, qu'elle soit exprimée en valeur moyenne ou en pourcentage du temps au delà de valeurs limites, n'est significativement ($p < 0,05$) associée au développement de TMS.

Lorsque les variables sont introduites simultanément dans le modèle ainsi que leurs interactions, certaines associations apparaissent. Ce sont cependant essentiellement des interactions entre variables (prises 2 par 2) et l'interprétation reste difficile. Il ressort cependant des deux modèles (moyennes et durée) que les paramètres sur lesquels il semble le plus important d'agir sont:

- les efforts et principalement la durée pendant laquelle l'activité EMG des muscles fléchisseurs des doigts et du poignet dépasse 15% de l'activité constatée lors d'un effort de préhension maximal;
- les déplacements et les vitesses de mouvement dans l'axe de flexion-extension.

3. **La batterie de tests** fonctionnels et sensoriels ne permet pas de prédire l'apparition de plaintes de TMS au niveau des poignets dans les 12 mois à venir.

Des études complémentaires sont nécessaires pour améliorer la batterie des tests

disponible et pour déterminer la fréquence optimale de passation de ces tests.

BIBLIOGRAPHIE

Amaral Gonçalves F., Jacri V., Evaluation des contraintes musculo-tendineuses du poignet dans différents secteurs industriels. Mémoire de Licence en Ergonomie et en Sécurité et Hygiène du Travail, Université Catholique de Louvain, 1992, pp. 72.

Aptel M., Etude dans une entreprise de montage d'appareils électroménagers des facteurs de risques professionnels du syndrome du canal carpien, I.N.R.S., 1993, pp. 63.

Armstrong T.J., Upper-extremity posture: definition, measurement and control. In: Corlett N., Wilson J., Manenica I. (eds) *The ergonomics of working postures*. Taylor and Francis, London, 1986, 59-73.

Armstrong T.J., Chaffin D.B., Carpal tunnel syndrome and selected personal attributes. *J. Occup. Med.*, 1979, 21, 7, 481-486.

Armstrong T.J., Chaffin D.B., Foulke J.A., A methodology for documenting hand positions and forces during manual work. *J. Biomechanics*, 1979, 12, 131-133.

Armstrong T.J., Foulke J.A., Joseph B.S., Goldstein S.A., Investigation of cumulative trauma disorders in a poultry processing plant. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.*, 1982, 43, 103-116.

Barnhart S., Demers P.A., Miller M., Longstreth W.T., Rosenstock L., Carpal tunnel syndrome among ski manufacturing workers. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1991, 17, 46-52.

Basmajian J.V., De Luca C., *Muscles alive. Their function revealed by electromyography*. Williams & Wilkins, 1985, pp. 561.

Bell-Krotoski J.A., Light touch-deep pressure testing using Semmes-Weinstein monofilaments In: Hunter J.M., Schneider L.H., Mackin E.J., Callahan A.D. (eds) *Rehabilitation of the hand: surgery & therapy*. The C.V. Mosby Co, St. Louis, 1990, 585-593.

Bernard B., Sauter S.L., Fine L.J., Petersen M.R., Hales T.R., Psychosocial and work organization risk factors for cumulative trauma disorders in the hands and wrists of newspaper employees. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1992, 18, suppl. 2, 119-120.

Bleecker M.L., Recent developments in the diagnosis of carpal tunnel syndrome and other common nerve entrapment disorders. *Seminars in Occupational Medicine*, 1986, 1, 3, 205-211.

Bleecker M.L., Agnew J., New techniques for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1987, 13, 385-388.

Bongers P.M., de Winter C.R., Psychosocial factors and work-related musculoskeletal disease. *Arbete och Hälsa*, 1992, 17, 46-48.

Borg G., Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1990, 16, suppl. 1; 55-58.

Bovenzi M., Zadini A., Franzinelli A., Borgogni F., Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics*, 1991, 34, 5, 547-562.

Brusco F., Malchaire J., Problèmes musculosquelettiques des membres supérieurs. Facteurs professionnels et extraprofessionnels. *Cahiers de Médecine du Travail*, 1993, XXX, 4, 181-185.

Bystrom S., Physiological response and acceptability of isometric intermittent handgrip contractions. *Arbete och Hälsa*, 38, 1991, pp. 174.

Cock N., Masset D., Le diagnostic précoce de troubles musculosquelettiques du membre supérieur en médecine du travail. *Cahiers de Médecine du Travail*, 1994, XXXI, 2, 93-100.

Dahalan J.B., Fernandez J.E., Psychophysical frequency for a gripping task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1993, 12, 219-230.

Dellon A.L., Evaluation of sensibility and re-education of sensation in the hand. *Williams & Wilkins, Baltimore/London*, 1981.

Duque Puerta J., Modélisation de la relation EMG-Force de préhension. *Mémoire de Licence en Ergonomie, Université Catholique de Louvain*, 1992, pp. 184.

Dutra Leao R., Comparaison de méthodes d'analyse du risque musculosquelettique des membres supérieurs. *Mémoire de Licence en Ergonomie, Université Catholique de Louvain*, 1994, pp. 126.

Erdil M., Dickerson O.B., Glackin E., Cumulative trauma disorders of the upper extremity. In: Zenz C., Dickerson O.B., Horvath E.P. (eds) *Occupational medicine*, Mosby, 1994, 48-64.

Feldman R.G., Goldman R., Keyserling W.M., Peripheral nerve entrapment syndromes and ergonomic factors. *American Journal of Industrial Medicine*, 1983, 4, 661-681.

Fernandez J.E., Strength and range of motion of females with carpal tunnel syndrome. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1991, 7, 323-326.

Gelberman R.H., Szabo R.M., Williamson R.V., Dimich M.P., Sensibility testing in peripheral-nerve compression syndromes. *J. Bone Joint Surg.*, 1983, 65-a, 5, 632-638.

Gellman H., Gelberman R.H., Tan A.M., Botte M.J., Carpal tunnel syndrome. An evaluation of the provocative diagnostic tests. *J. Bone Joint surg.*, 1986, 68-A, 5, 735-737.

Habes D.J., Putz-Anderson V., The NIOSH program for evaluating biomechanical hazards in the workplace. *Journal of Safety Research*, 1985, 16, 2, 49-60.

Hagberg M., Morgenstern J., Kelsh M., Impact of occupations and job tasks on the prevalence of carpal tunnel syndrome.. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1992, 18, 337-345.

Hagberg M., Silverstein B., Wells R., Smith M.J., Hendrick H.W., Carayon P., Pérusse M., Work related musculoskeletal disorders (WMSDs): a reference book for prevention. Taylor and Francis, London, 1995, pp. 421.

Hong C., Xiang-chun Z., Li D., Yongkui M., Jian-xin W., Equal vibrotactile sense thresholds of the fingers and its diagnostic significance for hand-arm vibration syndrome. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1995, 56, 1, 11-15.

Hoppenfeld S., Hutton R., Examen clinique des membres et du rachis. Masson, Paris, 1984, pp. 302.

Hosmer D.W., Lemeshow S., Applied logistic regression. New York, J. Wiley, 1989, pp. 308.

Janda D.H., Geiringer S.R., Hankin F.M., Barry D.T., Objective evaluation of grip strength. *J. Occupat. Med.*, 1987, 29, 7, 569-571.

Jetzer T.C., Use of vibration testing in the early evaluation of workers with carpal tunnel syndrome. *J. Occup. Med.*, 1991, 33, 2, 117-120.

Joseph B.S., Ergonomic considerations and job design in upper extremity disorders. *State of the Art Reviews*, 1989, 4, 3, 547-557.

Katz J.N., Larson M.G., Sabra A., Krarup C., Stirrat C.R., Sethi R., Eaton H.M., Fossel A.H., Liang M.H., The carpal tunnel syndrome: diagnostic utility of the history and physical examination findings. *Annals of Internal Medicine*, 1990, 112, 5, 321-327.

Kilbom A., Work-related neck and upper limb disorders in female electro-mechanical assembly workers. *Book of Abstracts, 23rd International Congress on Occupational Health, Montreal, Canada, 22-28 September 1990*, p. 639.

Kilbom A., Repetitive work of the upper extremity: Part II - The scientific basis (knowledge base) for the guide. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1994, 14, 59-86.

Kilbom A., Persson J., Jonsson B.G., Disorders of the cervicobrachial region among female workers in the electronics industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1986, 1, 37-47.

Koris M., Gelberman R.H., Duncan K., Boublick M., Smith B., Carpal tunnel syndrome. Evaluation of a quantitative provocative diagnostic test. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 1990, 251, 157-161.

Kroemer K.H.E., Cumulative trauma disorders, their recognition and ergonomics measures to avoid them. *Applied Ergonomics*, 1989, 20, 4, 274-280.

Kuorinka I., Jonsson B., Kilbom A., Vinterberg H., Biering-Sorensen F., Andersson G., Jorgensen K., Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 1987, 18, 3, 233-237.

Lin M.L., Radwin R.G., Snook S.H., Development of a relative discomfort profile for repetitive wrist motions and exertions. In: *Proceedings of the 12th triennial congress of the International Ergonomics Association, Toronto, Canada, August 15-19 1994*, vol. 2, 219-221.

Loslever P., Ranaivosoa A., Lepoutre F.X., Analyse des mouvements du poignet et des forces musculaires de préhension au poste de travail I. *Méthodologie. Le Travail Humain*, 1992, 55, 3, 277-290.

Lundborg G., Lie-Stenström A.K., Sollerman C., Strömberg T., Pyykkö I., Digital vibrogram: a new diagnostic tool for sensory testing in compression neuropathy. *J. Hand Surgery*, 1986, 11a, 693-699.

Lundström R.J.L., Responses of mechanoreceptive afferent units in the glabrous skin of the human hand to vibration. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1986, 12, 413-416.

Lundström R., Johansson R.S., Acute impairment of the sensitivity of skin mechanoreceptive units caused by vibration exposure of the hand. *Ergonomics*, 1986, 29, 5, 687-698.

Luopajarvi T., Kuorinka I., Virolainen M., Holmberg M., Prevalence of tenosynovitis and other injuries of the upper extremities in repetitive work. *Scand. J. work Environ. Health*, 1979, 5, suppl. 3, 48-55.

Malchaire J., Cock N., Robert A., Prevalence of musculoskeletal disorders at the wrist as a function of angles, forces, repetitiveness and movement velocities. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1996, 22, 176-181.

Malchaire J., Cock N., Piette A., Dutra Leao R., Lara M., Amaral F., Relationship between work constraints and the development of musculoskeletal disorders of the wrist: a prospective study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1997 (in press).

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 Int. Ergonomics Association, 1991, 36-38.

Marras W.S., Schoenmarklin R.W., Wrist motions in industry. *Ergonomics*, 1993, 36, 4, 341-351.

Masset D., Etude épidémiologique des problèmes lombaires en sidérurgie. Mémoire de Licence en Ergonomie, Université catholique de Louvain, 1992, pp. 75.

Mathiassen S.E., Winkel J., Quantifying variation in physical load using exposure-vs-time data. *Ergonomics*, 1991, 34, 12, 1455-1468.

Mathiowetz V., Grip and pinch strength measurements. In: Amundsen L.R. (ed) *Muscle strength testing. Instrumented and non-instrumented systems*. Churchill Livingstone, New York, 1990, 163-177.

McAtamney L., Corlett E.N., RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 1993, 24, 2, 91-99.

McGeoch K.L., Gilmour W.H., Taylor W., Sensorineural objective tests in the assessment of hand-arm vibration syndrome. *Occupational and Environmental Medicine*, 1994, 51, 57-61.

Moore A., Wells R., Ranney D., Quantifying exposure in occupational manual task with cumulative trauma disorder potential. *Ergonomics*, 1991, 34, 12, 1433-1453.

Nathan P.A., Keniston R.C., Myers L.D., Meadows K.D., Obesity as a risk factor for slowing of sensory conduction of the median nerve in industry. A cross-sectional and longitudinal study involving 429 workers. *J. Occup. Med.*, 1992, 34, 4, 379-383.

Ohlsson K., Attewell R., Skerfving S., Self-reported symptoms in the neck and upper limbs of female assembly workers. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1989, 15, 75-80.

Ohlsson K., Attewell R.G., Palsson B., Karlsson B., Balogh I., Johnsson B., Ahlm A., Skerfving S., Repetitive industrial work and neck and upper limb disorders in females. *American Journal of Industrial Medicine*, 1995, 27, 731-747.

Osterman A.L., Aversa B.A., Greenstein D., Use of the Nervepace Electroneurometer as an effective screening tool in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. Proceedings of the 44th Annual Meeting of the American Society for Surgery of the Hand, Seattle, September 13-16, 1989, pp. 4.

Pelmeur P., Taylor W., Wasserman D.E., Hand-arm vibration. A comprehensive guide for occupational health professionals. Van Nostrand Reinhold, New York, 1992, pp. 226.

Pujol M., Pathologie professionnelle d'hypersollicitation. Atteinte périarticulaire du

membre supérieur. Masson, Paris., 1993, pp. 168.

Punnett L., Robins J.M., Wegman D.H., Keyserling W.M., Soft tissue disorders in the upper limbs of female garment workers. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1985, 11, 417-425.

Punnett L., Keyserling W.M., Exposure to ergonomic stressors in the garment industry: application and critique of job-site work analysis methods. *Ergonomics*, 1987, 30, 7, 1099-1116.

Putz-Anderson V., Cumulative trauma disorders - A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs. Taylor & Francis, London, 1988, pp. 149.

Schenck R.R., Carpal tunnel syndrome: the new 'industrial epidemic'. *AAOHN Journal*, 1989, 37, 6, 226-231.

Silverstein B.A., Fine L.J., Armstrong T.J., Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. *British Journal of Industrial Medicine*, 1986, 43, 779-784.

Silverstein B.A., Fine L.J., Armstrong T.J., Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *American Journal of Industrial Medicine*, 1987, II, 343-358.

Steinberg D.R., Gelberman R.H., Rydevik B., Lundborg G., The utility of portable nerve conduction testing for patients with carpal tunnel syndrome: a prospective clinical study. *J. Hand Surgery*, 1992, 17, 1, 77-81.

Stetson D.A., Keyserling W.M., Silverstein B.A., Leonard J.A., Observational analysis of the hand and wrist: a pilot study. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 1991, 6, 11, 927-937.

Stock S.R., Workplace ergonomic factors and the development of musculoskeletal disorders of the neck and upper limbs: a meta analysis. *American Journal of Industrial Medicine*, 1991, 19, 87-107.

Szabo R.M., Gelberman R.H., Williamson R.V., Dellon A.L., Yaru N.C., Dimick M.P., Vibratory sensory testing in acute peripheral nerve compression. *J. Hand Surgery*, 1984, 9a, 1, 104-109.

Thompson J.S., Phelps T.H., Repetitive strain injuries. How to deal with 'the epidemic of the 1990s', *Postgraduate Medicine*, 1990, 88, 8, 143-149.

Thorson E.P., Szabo R.M., Tendonitis of the wrist and elbow. *Occupational Medicine*, 1989, 4, 3, 419-431.

Toomingas A., Theorell T., Michelsen H., Nordemar R., Associations between perceived psychosocial job factors and prevalence of musculoskeletal disorders in the neck and shoulder regions. Book of abstracts, PREMUS, International scientific conference on prevention of work-related musculoskeletal disorders, Sweden, May 12-14, 1992 (Arbete och Hälsa, 17) p. 289.

Vallbo A.B., Johansson R.S., Properties of cutaneous mechanoreceptors in the human hand related to touch sensation. *Human Neurobiol.*, 1984, 3, 3-14.

Viikari-Juntura E., Neck and upper limb disorders among slaughterhouse workers. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1983, 9, 283-290.

Virokannas H., Vibration perception thresholds in workers exposed to vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 1992, 64, 377-382.

Waersted M., Björklund R.A., Shoulder muscle tension induced by two VDU-based tasks of different complexity. *Ergonomics*, 1991, 34, 2, 137-150.

Waersted M., Westgaard R.H., Working hours as a risk factor in the development of musculoskeletal complaints. *Ergonomics*, 1991, 34, 3, 265-276.

Waris P., Kuorinka I., Kurppa K., Luopajarvi T., Virolaine M., Pesonen K., Nummi J., Kukkonen R., Epidemiologic screening of occupational neck and upper limb disorders. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1979, 5, suppl. 3, 25-38.

Waris P., Occupational cervicobrachial syndromes. A review. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1980, 6, suppl. 3, 3-14.